

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente,
Recursos naturales y Cambio Climático



Veracruz 1988 - 2017

Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Este libro digital se elaboró en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, en Medellín, Veracruz, en noviembre de 2017. C. P. 94277. Tels.: (229) 262 22 03, 04, 05.

Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 1, No. 1, Noviembre 2017, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. (55) 3871-8700, www.inifap.gob.mx. Editor responsable: M.C. Sergio Alberto Curti Díaz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-020610452000-203, ISSN: 2594-14X On line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Julio César Vinay Vadillo, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Cordoba, Paso del Toro, mpio. Medellín de Bravo, ver. CP. 94277, TEL.: 229 262 22 03 AL 05 y 01800 088 22 22 Ext. 87809

<http://rcveracruz.org/doc/AvancesInvestigacionRC2017.pdf>

La cita correcta es:

Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., A. Ríos U., M. V. Vázquez H. y C. Perdomo M. (comps.). 2017. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP. CP. UV. UACH. AVC. ITBOCA. ITUG. ITSH. UPH. Medellín, Ver., México. Año 1, Núm. 1, 2622 p.

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NUEVOS CLONES CRIOLLOS DE MANGO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS	Pág. 722
Víctor Palacio Martínez, Juan Francisco Caballero Pérez, Ángel Villegas Monter y Antonio Mora Aguilera	

PECUARIO

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PROLIFICIDAD DE LA OVEJA TABASCO EN EL TRÓPICO HÚMEDO	Pág. 730
Daniela Carrillo Alemán, Hugo Pérez Ramírez y Cristino Cruz Lazo	
DIGESTIBILIDAD IN VIVO: <i>Brachiaria spp.</i>, <i>Cratylia argentea</i> Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY	739
María Fernanda Vázquez Carrillo, Epigmenio Castillo Gallegos, Cristino Cruz Lazo, Luis Corona Gochi y Octavio Alonso Castelán Ortega	
CARACTERIZACIÓN DE LA VIDA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE VACAS INDUBRASIL EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO	748
Juan Prisciliano Zárate Martínez, Vicente Eliezer Vega-Murillo, Ángel Ríos Utrera, Víctor Delio Hernández Hernández, Eugenio Villagómez Amezcua-Manjarrez y Jorge Fajardo Guel	
EL HUEVO CRIOLLO FÉRIL: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL	758
A. Vélez-Barraza, M.A. Camacho-Escobar, M.P. Jeréz-Salas, J.C. García-López, N.Y. Ávila-Serrano, E.I. Sánchez-Bernal, S.J. López-Garrido, M.M. Galicia-Jiménez y J. Arroyo-Ledezma	
RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CERDAS SOMETIDAS A UNA DIETA ADICIONADA CON NOPAL EN LACTANCIA	765
Rosa Elena Pérez Sánchez, Gerardo Ordaz Ochoa, Aureliano Juárez Caratachea y Ruy Ortiz Rodríguez	
DIGESTIBILIDAD IN SITU de <i>Brachiaria spp.</i>, <i>Cratylia argentea</i> Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY	776
María Fernanda Vázquez Carrillo, Epigmenio Castillo Gallegos, Cristino Cruz Lazo, Luis Corona Gochi y Octavio Alonso Castelán Ortega	
EFFECTOS DE LA TEMPERATURA INTERNA DE CASETA SOBRE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS DEL POLLO DE ENGORDA	783
Carlos Alberto Luna Espinosa, Aureliano Juárez Caratachea, Ernestina Gutiérrez Vázquez y Ruy Ortiz Rodríguez	
EFFECTO DE LA ADICIÓN DEL NOPAL A LA DIETA PARA GALLINAS SOBRE COLESTEROL EN HUEVO	791
Maricruz Calderón González, Aureliano Juárez Caratachea, Rosa Elena Pérez Sánchez y Ruy Ortiz Rodríguez	
EFFECTO DE <i>Cratylia argentea</i>-<i>Brachiaria brizantha</i> SOBRE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACAS F1	799
Maricela Ramírez García, Eliazar Ocaña Zavaleta, Luis Corona Gochi, Carlos Alfredo Sandoval Castro y Epigmenio Castillo Gallegos	
EVALUACIÓN DE LA SEROCONVERSIÓN EN CABRAS VACUNADAS CON DIFERENTES CEPAS CONTRA BRUCELOSIS EN VERACRUZ, MÉXICO	808
Baldomero Molina Sánchez, David I. Martínez Herrera, Violeta T. Pardío Sedas, Ricardo Flores Castro, José F. Morales Álvarez, Joaquín Murguía González, Carlos R. Cerdán Cabrera y José Alfredo Santiago Villagómez Cortés	

PRUEBA DE DESAFÍO EN UN HATO DE LECHERÍA TROPICAL CON GANADO SUIZO EN PASTOREO	Pág. 818
Pedro Iván Juárez Reyes, Víctor Uzziel Morales Culebro, Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa, Pablo Tadeo Cruz y Nayib Bechara Acar Martínez	
ENSILADO DE PESCADO DE DESCARTE EN LA LOCALIDAD DE ZAPOTITLÁN DE TATAHUICAPAN DE JUÁREZ, VER.	825
Luis David Valerio Bautista, Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa y Nayib Bechara Acar Martínez	
EVIDENCIA SEROLÓGICA DE LA TOXOPLASMOSIS OVINA EN TRES REGIONES DE VERACRUZ, MÉXICO	830
Rafael Suazo Cortez, David Itzcóatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Carlos Ricardo Cruz Vázquez, José Francisco Morales Álvarez, Gabriela Sánchez Viveros y María Elena Galindo Tovar	
EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ARTESANALES DE PRIMAVERA DE NIM (Azadirachta indica A. Juss) CONTRA GARRAPATAS DE BOVINOS EN PASTOREO	840
Teresa Beatriz García Peniche, Isaías López Guerrero, Maribel Montero Lagunes y Roberto Omar Castañeda Arriola	
MORFOGÉNESIS DE HIJATOS DE GRAMÍNEAS NATIVAS A DIFERENTES NIVELES DE CARGA ANIMAL EN TRÓPICO HÚMEDO	850
Jesús Jarillo Rodríguez, Epigmenio Castillo Gallegos y Braulio Valles de la Mora	
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS YACARÉ Y OAXACA, BAJO Melia azederach L. EN VERACRUZ	861
Jesús Jarillo Rodríguez, Epigmenio Castillo Gallegos, Braulio Valles de la Mora y José Isidro Melchor Marroquin	
IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE <i>Brucella</i> spp. AISLADAS DE LECHE DE CABRAS INFECTADAS EN EL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.	866
Ada L. Ameca Cárcamo, David I. Martínez Herrera, Baldomero Molina Sánchez, Violeta T. Pardío Sedas, Ricardo Flores Castro, José Alfredo Santiago Villagómez Cortés y Aidé López Merino	
EPIDEMIOLOGÍA DE LA EPIDIDIMÍTIS DEL CARNERO EN EL ESTADO DE VERACRUZ	875
Jorge Ernesto Eliseo Céspedes Rosas, David Itzcóatl Martínez Herrera, Javier Cruz Huerta Peña, José Alfredo Villagómez Cortés, Argel Flores Primo, José Francisco Morales Álvarez y Ricardo Flores Castro	
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE FABÁCEAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	883
Francisco Enrique Cab Jiménez, Javier Francisco Enríquez Quiroz y Violeta Mariana Loeza Deloya	
IDENTIFICACIÓN DE <i>Brucella</i> spp. EN UN REBAÑO OVINO DEL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.	893
Blanca Lilia Gabriel Véjar, David Itzcóatl Martínez Herrera y Karla María López Hernández	
CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DE TRES GRAMÍNEAS TROPICALES BAJO EL DOSEL DE ÁRBOLES LEGUMINOSOS	902
Persia De Gante-Ramírez, Silvia López-Ortiz, Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez y María de la Luz Avendaño-Yáñez	
RENDIMIENTO DE FORRAJE DE DIFERENTES ECOTIPOS DE <i>Brachiaria</i> spp. INTRODUCIDOS DE ÁFRICA A LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ	911
Javier Francisco Enríquez Quiroz, José Francisco Villanueva Ávalos, Francisco Enrique Cab Jiménez y Jean Hanson	

	Pág.
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MARALFALFA Y MOMBASA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL EN VERACRUZ	918
Javier Francisco Enríquez Quiroz, Francisco I. Juárez Lagunes, Francisco Enrique Cab Jiménez y Maribel Montero Lagunes	
EFFECTO DE ESPECIE Y EDAD AL CORTE DE CINCO GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS A HUEYTAMALCO, PUEBLA, SOBRE LAS FRACCIONES DE PROTEÍNA	924
José de Jesús Mario Ramírez González, Francisco A. Castrejón Pineda y Luis Corona Gochi	
EFICIENCIA DEL LEVAMISOL CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CORDERAS PELIBUEY EN CRECIMIENTO	932
María Fernanda Escamilla-González, Leticia Galindo-Rodríguez y Elke Von Son-de Fernex	
SEROPREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE LEPTOSPIROSIS EN PERROS Y PROPIETARIOS EN VERACRUZ-BOCA DEL RÍO	946
Claudia Nelly Ortega González, David Itzcóatl Martínez Herrera*, Violeta Trinidad Pardío Sedas, José Alfredo Villagómez Cortés, Argel Flores Primo, Dinora Vázquez Luna, Gustavo Celestino Ortiz Ceballos y Jorge Isaac Torres Barranca	
SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN OVEJAS PELIBUEY CON DIFERENTE CONDICIÓN CORPORAL Y NUTRICIÓN FOCALIZADA	955
José Antonio Hernández-Marín, Camelia Alejandra Herrera-Corredor, Ponciano Pérez-Hernández, César Cortez-Romero, Arturo Pro-Martínez y Jaime Gallegos-Sánchez	
EFFECTO DE DIFERENTES DIETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TRASPATIO DE CONEJO NUEVA ZELANDA, IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ	972
Oscar Borjas Vázquez, Norma Mora Collado y Ricardo Serna Lagunes	
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE <i>Toxoplasma gondii</i> EN LECHE DE CABRAS EN MUNICIPIOS DE VERACRUZ	980
Javier Cruz Huerta Peña, David Itzcóatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Carlos Ricardo Cruz Vázquez, María Cecilia Venturini, Juan Manuel Unzaga, Gastón Moré, Joaquín Murguía González, Gabriela Romina Hernández Carbajal y Ricardo Flores Castro	
CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE DE BÚFALA (<i>Bubalus bubalis</i>) DEL SUR DE VERACRUZ	986
Yolanda Retama-Ortiz, Cruz Palacios Gerónimo, Cid Ramón, González-González y José Manuel Julián Sánchez	
INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN SAYULA DE ALEMÁN	992
María Magdalena Rosales Mora, Carlos Alberto Tinoco y Alfaro Pablo Tadeo Cruz	
PREVALENCIA DE RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN TOROS EN TRÓPICO HÚMEDO	1001
Jorge V. Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera, Juan P. Zárate Martínez, Lorenzo Granados Zurita, Víctor M. Banda Ruíz, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas, Sara Olazarán Jenkins y Viridiana Tobón Martínez	
SEROPREVALENCIA DE DIARREA VIRAL BOVINA EN TOROS MANTENIDOS EN CLIMA TROPICAL HÚMEDO	1008
Jorge V. Rosete Fernández, Juan P. Zárate Martínez, Ángel Ríos Utrera, Lorenzo Granados Zurita, Víctor M. Banda Ruíz, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas, Sara Olazarán Jenkins y Edgar Rodríguez Peña	
LA CRIANZA CON GALLINA MEJORA EL DESEMPEÑO DE POLLITOS CAMPEROS	1014
Miguel Ángel Matus-Aragón, Mónica de la C. Vargas-Mendoza, Silvia López-Ortiz y Pablo Díaz-Rivera	

	Pág.
CALIDAD NUTRICIONAL DE <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. cv. MARALFALFA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO DURANTE UN AÑO	1021
Maribel Montero Lagunes, Francisco I. Juárez Lagunes y Javier F. Enríquez Quiroz	
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE OVEJAS EN CONDICIÓN CORPORAL BAJA SUPLEMENTADAS CON SALES DE CALCIO DE ÁCIDOS GRASOS	1029
Pedro Molina Mendoza, Jesús Germán Peralta Ortiz, Guadalupe Torres Cardona y Blas Rogelio Ávila Castillo	
CONSUMO APARENTE DE MATERIA SECA POR VAQUILLAS PASTANDO UNA ASOCIACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA	1038
Braulio Valles de la Mora, Epigmenio Castillo Gallegos, Miguel Ángel Alonso Díaz, Jesús Jarillo Rodríguez y Eliazar Ocaña Zavaleta	
CONTROL DEL AMAMANTAMIENTO EN EL RESTABLECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN OVEJAS PELIBUEY	1045
Gladis Morales-Térán, Miguel Ángel Sánchez Hernández, Rosa de Jesús Arenas y Ricardo Acevedo Goméz	

FORESTAL

	Pág.
ALMACÉN DE CARBONO EN PLANTACIONES DE <i>Pinus patula</i> Y <i>Pinus ayacahuite</i> EN SAN MIGUEL TENEXTEPEC, AMANALCO, ESTADO DE MÉXICO	1055
Aurora Arias Téllez y René García-Martínez	
RETENCIÓN DE SUELOS POR PRESAS DE MORILOS EN EL PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ	1064
Clara Muñiz Mandujano, Celia Cecilia Acosta Hernández, Pascual Linares Márquez y Zoylo Morales Romero	
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Quercus laurina</i> Bonpl. EN EL NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA	1073
Felipe Neri Hernández Soto, Miguel Gutiérrez Mauricio, Emanuel Mora Castañeda, María del Pilar Cuevas Ruiz y María Guadalupe Amador Martínez	
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTA CON FINES DE REFORESTACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ	1082
Karla Ivonne Vásquez Morales, Guillermo Rodríguez Rivas, Jesús Dorantes López y Francisco Xavier Pérez Vásquez	
EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA PARTE AÉREA DE <i>Cedrela odorata</i>	1091
Erik Pablo Carrillo y María Guadalupe Olivera Borja	
EVALUACIÓN DE LOS BROTES EN ESTACAS DE TILA (<i>Tilia americana</i> var. <i>mexicana</i> (Schltdl.) Hardin) COMO INDICADOR DE ENRAIZAMIENTO	1099
Christian Iván Santes Almaráz y José Luis López Ayala	
INOCULACIÓN DE UNA ESPECIE FORESTAL CON SUELO DE BOSQUE, CRECIENDO EN DOS TIPOS DE SUSTRATOS	1105
Karina Ramírez-Razo, Jesús Pérez-Moreno, Magdalena Martínez-Reyes, Juan José Almaráz-Suárez, Patricio Sánchez Guzmán y Javier Suárez Espinosa	
GUÍA DE DENSIDAD Y SIMULACIÓN DE REGÍMENES DE ACLAREO PARA <i>Pinus patula</i>	1114
Jesús Alberto Camacho Montoya, Wenceslao Santiago García, Gerardo Rodríguez Ortiz y Pablo Martínez Antúnez	

EVALUACIÓN DE LA SEROCONVERSIÓN EN CABRAS VACUNADAS CON DIFERENTES CEPAS CONTRA BRUCELOSIS EN VERACRUZ, MÉXICO

Baldomero Molina Sánchez²¹², David I. Martínez Herrera^{212*}, Violeta T. Pardío Sedas²¹², Ricardo Flores Castro²¹³, José F. Morales Álvarez²¹³, Joaquín Murguía González²¹⁴, Carlos R. Cerdán Cabrera²¹⁵ y José Alfredo Santiago Villagómez Cortés²¹²

Resumen

La vacunación contra brucelosis, permite proteger el inventario pecuario y disminuir el riesgo de contagio al humano. Las vacunas autorizadas para proteger a hembras susceptibles, son Rev – 1 y RB51 (Villa et al., 2008). La RB51 es segura y no genera confusión diagnóstica en pequeños rumiantes, debido a que carece de cadenas laterales de lipopolisacáridos tipo O (Martínez et al., 2010). En la actualidad, se han generado nuevas cepas vacunales como la RB51 – SOD (Superóxido Dismutasa), que ha sido evaluada en modelos murino (Vemulapalli et al., 2000). El presente trabajo tiene como propósito identificar anticuerpos contra *Brucella* spp. para establecer la seroprevalencia en rebaños caprinos y determinar la seroconversión en animales vacunados con RB51 – SOD, Rev-1 y RB51 para comparar interferencia diagnóstica y de forma indirecta, conocer la protección conferida en hembras susceptibles vacunadas. Se utilizaron 216 hembras con serología negativa en rebaños infectados; se aplicaron 2 mL de vacuna por vía subcutánea en el lado izquierdo del cuello. Antes y después de la vacunación, se tomaron muestras serológicas de todas las hembras de los rebaños que participaron en el estudio para evaluar la seroprevalencia inicial de los rebaños y luego, para conocer la seroconversión a los 30, 60, 90 días después de la vacunación; para ello, se realizaron pruebas en serie con el uso de la aglutinación con de Rosa de Bengala al 3% (RBPT) como tamiz y la de Inmunodifusión Radial Simple (SRD) como confirmatoria. Se encontró una seroprevalencia general de 1.28% (IC_{95%} 0.5 -2.7) y que confirma la exposición de los rebaños a *Brucella* spp. Al final del periodo de observación; es decir, a los 90 días post-vacunación, se observó que 2.7% (IC_{95%} 0.49 – 14.1) de las hembras que se vacunaron con cepa Rev – 1 de *Brucella melitensis* se les confirmó seroconversión con la prueba de

²¹² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. dmartinez@uv.mx

²¹³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Microbiología (CENID-Microbiología), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

²¹⁴ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Ver.

²¹⁵ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.

SRD; en contraste las que se vacunaron con las cepas RB51 y RB51 – SOD, no presentaron reacción a la prueba serológica confirmatoria.

Palabras clave: *Brucella spp.*, vacunación, cepas, RB51 – SOD, seroprevalencia

Introducción

La brucellosis es una zoonosis de distribución mundial y alta contagiosidad. La Organización Mundial de la Salud (OMS), la considera dentro de las 10 zoonosis olvidadas, y con ello favorece la permanencia en el humano (Arenas-Gamboa et al., 2016). Es causada por bacterias del género *Brucella*, organismos Gram negativos, intracelulares facultativos, la mayoría aerobios estrictos. Cuentan con cadenas de lipopolisacáridos complejos que las hacen más virulentas que otras bacterias (Gul y Khan, 2007). La enfermedad se presenta en unidades de producción de ganado bovino, ovino y caprino, donde esta última es la más importante debido a la posibilidad de transmisión a humanos (Blasco et al., 2011). En los pequeños rumiantes se caracteriza por disminución en la producción de leche, abortos, pérdida de peso, muerte fetal, retención placentaria, crías débiles y orquitis aguda (El Idrissi et al., 2001). Las personas pueden infectarse por ingestión de alimentos contaminados con la bacteria, como leche no pasteurizada o sus derivados elaborados con ésta, y por interacción directa con animales infectados o por inhalación (Gul y Khan, 2007). Una alternativa para controlar la enfermedad en los animales es la vacunación de las hembras; y evita consecuencias económicas y médicas de brucellosis en animales y el humano. En zonas endémicas de Brucellosis en pequeños rumiantes, la vacunación intensiva se realiza con la cepa Rev – 1 de *B. melitensis*, en hembras jóvenes y adultas. El principal indicador de la reducción de la brucellosis en los animales es la disminución concomitante de casos humanos que se alcanza gracias a la vacunación (Villa et al., 2008). No obstante, la eficacia de la cepa Rev – 1, esta provoca la confusión diagnóstica hasta en 75% de los animales vacunados a partir de la segunda semana post-vacunación y alcanza su máximo entre la segunda y la sexta, que tiende a disminuir hasta llegar a cero en 14 semanas (El Idrissi et al., 2001). En México la cepa RB51 fue aprobada desde 1998 para ser usada en ganado bovino, misma que ha sido evaluada en cabras y ovejas en condiciones controladas y de campo con buena protección contra el desafío experimental con *B. melitensis*, aunque se especula que la protección conferida pudiera ser menor que la obtenida con la cepa Rev – 1, pero tiene la ventaja indiscutible de que no produce interferencia diagnóstica post-vacunación en la serología convencional (Villa et al., 2008; Martínez et al., 2010). Debido a la necesidad de contar con alternativas para controlar la enfermedad en las zonas endémicas, se busca

desarrollar cepas de sobreexpresión de antígenos específicos para inducir una respuesta inmunitaria mayor y más eficaz; así, se ha demostrado que la sobreexpresión de Cu/Zn SOD (Superóxido dismutasa) en modelos murinos, manifestó una mejor protección frente a la infección experimental por *B. abortus*, con una protección igual o mejor que la inducida por Rev-1, contra la infección por *B. melitensis* (Shurig et al., 2002; Solorio-Rivera et al., 2007); no obstante, no se cuenta con información del uso de la cepa en animales domésticos sobre la seroconversión y eficacia, entonces el objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de *Brucella* spp. en rebaños caprinos y determinar la seroconversión en animales vacunados con Rev-1 (*B. melitensis*), RB51 y RB51-SOD (*B. abortus*) para estimar seroconversión inducida y de forma indirecta, nivel de protección conferido en las hembras susceptibles.

Materiales y Métodos

El estudio es un ensayo clínico de fase III, realizado de septiembre a diciembre de 2016 para evaluar la seroprevalencia y seroconversión de rebaños caprinos positivos a brucelosis en la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México, por las vacunas Rev – 1 de *Brucella melitensis*; RB51 y RB51 – SOD de *Brucella abortus*. Para ello, se estimó el número de animales con el programa Win Episcope Ver. 2.0, para una prevalencia para Veracruz notificada por Roman et al. (2017) de 0.52% en cabras, un intervalo de confianza de 95% y un error del 5%. El tamaño mínimo de muestra fue de 72 cabras por bloque y cepa; cada bloque estuvo integrado por grupo vacunal (36) y grupo control (36). Los grupos se integraron por cabras mayores de 3 meses, seronegativas a brucelosis y nunca vacunadas; los animales positivos a brucelosis se mantuvieron en los rebaños para exposición permanente al resto. A las hembras de los grupos vacunados de cada bloque, se les aplicaron 2 mL de la vacuna por vía subcutánea en el lado izquierdo del tercio medio del cuello. El primer bloque la cepa Rev – 1 de *Brucella melitensis* a dosis de 1 – 2x10⁹ UFC; el segundo la cepa RB51 de *Brucella abortus*, recibió 3x10⁸ a 3x10⁹ UFC y el tercero con RB51 – SOD de *Brucella abortus* a dosis de 3x10⁸ a 3x10⁹ UFC. Cada bloque tuvo su grupo control que recibieron 2 mL de Solución Salina Fisiológica, vía subcutánea en la región del cuello. Se realizó muestreo inicial para identificar la seroprevalencia de los rebaños y después de seguimiento a los 30, 60 y 90 días post-vacunación, a través de muestra sanguínea colectada de la vena yugular de cada uno de los animales con tubos vacutainer sin anticoagulante (BD Vacutainer Oxford, UK); después, se colocaron en hielera con refrigerantes para mantenerlos a temperatura de 4°C y transportarlos al laboratorio. Las muestras se centrifugaron a 1000 g x por 10 minutos a temperatura ambiente. Por último, los sueros se colocados en viales

Eppendorf y se congelaron a -20°C para su posterior análisis. La seroprevalencia inicial de los rebaños, así como la seroconversión en los tres bloques utilizados se hizo con pruebas diagnósticas en serie; aglutinación con Rosa de Bengala al 3% (RBPT) como tamiz e Inmunodifusión Radial Simple (SRD) como confirmatoria (Garín-Bastuji et al., 2006; Rahman y Baek, 2008). El análisis se calculó por epidemiología descriptiva (seroprevalencia de brucelosis inicial y seroconversión producida durante el periodo de observación). Las diferencias entre grupos y la significancia de asociación, se realizó por análisis de datos categóricos (χ^2) y el grado de asociación por Riesgo Relativo (RR) (Thrusfield, 2005).

Resultados y discusión

El Cuadro 1, muestra la seroprevalencia inicial de Brucelosis en Xaltepec que corresponde a los tres bloques, con prueba RBPT, que resultó 22.1, 26.1 y 16% (IC_{95%} 16.5 – 28.9, 19.9 – 33.2 y 11.1 – 22.3, respectivamente), pero al confirmarse por SRD, se redujo a 0.5, 1.1 y 2.2% (IC_{95%} 0.3 – 3.4, 0.1 – 4.3 y 0.7 – 5.9), respectivamente; y así la prevalencia general fue 1.2% (IC_{95%} 0.5 – 2.7).

Cuadro 1. Seroprevalencia de Brucelosis en rebaños caprinos de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México.

Bloque/Cepa	Muestra	RBPT			SRD		
		Positivo	Prevalencia (%)	CI _{95%}	Positivo	Prevalencia (%)	CI _{95%}
Rev – 1	185	41	22.1	16.5 – 28.9	1	0.5	0.3 – 3.4
RB51	180	47	26.1	19.9 – 33.2	2	1.1	0.1 – 4.3
RB51 – SOD	181	29	16.0	11.1 – 22.3	4	2.2	0.7 – 5.9
Total	546	117	21.4	18.1 – 25.1	7	1.2	0.5 – 2.7

RBPT, Prueba de Rosa de Bengala al 3%. SRD, Prueba de Inmunodifusión Radial simple.

El Cuadro 2, muestra los datos de seroconversión en cabras vacunadas a los 30, 60 y 90 días post-vacunación. Con la cepa Rev – 1 a los 30 días fue de 77.7% (IC_{95%} 61.9 – 88.2); a los 60 y 90 días, de 72.2% (IC_{95%} 56.0 – 84.1) y 63.8% (IC_{95%} 47.5 – 77.5), respectivamente; pero a las 12 semanas pos-vacunación más del 50% de los animales vacunados permanecían positivos a la prueba RBPT. Las hembras vacunadas con RB51 y RB51 – SOD, durante el periodo de evaluación solo uno y dos animales fueron positivos, respectivamente a RBPT (IC_{95%} 0.4 – 14.1 y 1.5 – 18.1, respectivamente).

Cuadro 2. Seroconversión a RBPT en cabras después de la vacunación en Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México.

Cepa/Grupo	N	Tiempo post-vacunación (días)											
		30	60	90	Positivo	Seroconversión (%)	IC _{95%}	Positivo	Seroconversión (%)	IC _{95%}	Positivo	Seroconversión (%)	IC _{95%}
Rev 1	Vacunado	36	28	77.7	61.9 - 88.2	26	72.2	56.0 - 84.1	23	63.8	47.5 - 77.5		
	Control	36	4	11.1	4.4 - 25.3	4	11.1	4.4 - 25.3	4	11.1	4.4 - 25.3		
RB51	Vacunado	36	1	2.7	0.4 - 14.1	1	2.7	0.4 - 14.1	1	2.7	0.4 - 14.1		
	Control	36	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0		
RB51 - SOD	Vacunado	36	2	5.5	1.5 - 18.1	2	5.5	1.5 - 18.1	2	5.5	1.5 - 18.1		
	Control	36	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0		

RBPT, Prueba Rosa de Bengala al 3%.

Cuadro 3. Seroprevalencia de Brucelosis con SRD en cabras vacunadas en Xaltepec, Perote, Veracruz, México.

Cepa/Grupo	Tiempo post-vacunación (días)											
	30	60	90	Positivo	Seroprevalencia (%)	IC _{95%}						
Rev 1	Positivo	Seroprevalencia (%)	IC _{95%}	Positivo	Seroprevalencia (%)	IC _{95%}						
	Vacunado	1/28	2.7	0.49 - 14.1	1/26	2.7	0.49 - 14.1	1/23	2.7	0.49 - 14.1		
RB51	Control	0/4	0.0	0.0	0/4	0.0	0.0	0/4	0.0	0.0		
	Vacunado	0/1	0.0	0.0	0/1	0.0	0.0	0/1	0.0	0.0		
RB51 - SOD	Control	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0		
	Vacunado	0/2	0.0	0.0	0/2	0.0	0.0	0/2	0.0	0.0		
SRD	Control	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0		

SRD, Inmunodifusión Radial Simple.

Los animales no vacunados resultaron negativos a las pruebas serológicas. Los sueros positivos a RBPT, fueron confirmados con la prueba SRD a los 30, 60 y 90 días post-vacunación; así de los vacunados con cepa Rev – 1 a los 30, 60 y 90 días, solo se confirmó un animal, y eso representó 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1) de las cabras vacunadas; en cambio, todos los vacunadas con RB51 y RB51- SOD fueron negativas (Cuadro 3). 1(2.75%) de las cabras vacunadas con Rev – 1, se infectó durante el estudio. Un animal vacunado con cepa RB51 y dos con la cepa RB51 – SOD, expresaron anticuerpos que fueron identificados por RBPT, pero fueron descartados por SRD.

La seroprevalencia general de Brucelosis en los rebaños en estudio fue 21.4% (IC_{95%} 18.1 – 25.1) con prueba RBPT como tamiz y con prueba confirmatoria SRD fue 1.2% (IC_{95%} 0.5 – 2.7), que son prevalencias similares a las encontradas por Román – Ramírez et al. (2017) en 14 municipios de la zona centro del estado de Veracruz de 18.18% y 0.59%, respectivamente; y es mayor a la señalada para rebaños caprinos del estado de Michoacán, México, donde la seroprevalencia a nivel animal fue del 9.8% (IC_{95%} 8.8 – 10.7) (Solorio – Rivera et al., 2007). Lo anterior muestra que los rebaños ubicados en la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México son animales expuestos a la brucelosis y las condiciones de manejo generan oportunidad para la permanencia de la infección; también es necesario valorar la cepa vacunal que se utiliza en los programas de erradicación de la brucelosis, porque demuestra que más del 20% de animales reaccionaron a la prueba tamiz, pero no son animales infectados (Blasco y Molina- Flores, 2011; Coelho et al., 2013; Ali et al., 2015). Al evaluar la seroconversión, los animales vacunados con cepa Rev – 1 mostraron 77.7% (IC_{95%} 61.9 – 88.2), 72.2% (IC_{95%} 56.0 – 84.1) y 63.8% (IC_{95%} 47.5 – 77.5), a los 30, 60 y 90 días post – vacunación; esto coincide con lo reportado por Blasco et al. (2011) quienes señalan que la vacunación con dosis completa (1×10^9 UFC) provoca interferencia diagnóstica y dificulta la aplicación de la vacunación como única alternativa en programas de erradicación de brucelosis en los rebaños caprinos. Los sueros positivos a RBPT se sometieron a confirmación con SRD, donde solo un animal resultó positivo, que representa 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1), y puede indicar que la vacuna no lo protegió o bien que el animal estaba infectado antes de la vacunación, a pesar de que resultó negativo a la prueba inicial. Los animales vacunados no fueron desafiados a una dosis controlada de *Brucella melintesis*, el desafío fue por exposición natural en los rebaños infectados; y representa que los animales seroreactores pueden procesar el agente y mantener una condición de animal reaccionante a pruebas serodiagnósticas, pero no infectado de brucelosis (Martínez et al., 2005; Román – Ramírez et al., 2017). Dentro de los grupos de cabras vacunadas con las cepas RB51 y RB51 – SOD, 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1) y 5.5% (IC_{95%} 1.5 – 18.1) reaccionaron a RBPT durante el periodo de la evaluación, respectivamente; pero al someterse a SRD, resultaron negativas. La cepa RB51 se usa oficialmente para la vacunación solo de hembras

bovinas, es una cepa mutante rugosa, no induce respuesta de anticuerpos anti-LPS, permite el uso de pruebas serológicas convencionales para el diagnóstico de brucelosis en los animales, y se considera que su uso es seguro en pequeños rumiantes (Yang et al., 2013). La cepa RB51 – SOD, se obtuvo para generar la sobreexpresión de una proteína periplásmica del antígeno protector conocido como Cu/Zn SOD (Superoxido dismutasa), que provoca la respuesta celular inmune por linfocitos T cooperadores tipo Th1 y la protección contra la cepa de *B. abortus* 2308, que se ha demostrado en modelos murinos (Oñate et al., 2003). De las hembras vacunadas con esta cepa, dos de las 36 (5.5%; IC_{95%} 1.5 – 18.1) seroconvirtieron según la RBPT, pero al someterse a SRD también resultaron negativos, esto es indicativo de que los animales fueron capaces de procesar la *Brucella* spp. y establecieron una respuesta inmune que generó la producción de inmunoglobulinas contra la cepa de campo que se pudieron identificar por la prueba tamiz (Dorneles et al., 2015), pero la RB51 – SOD indujo en efecto la activación de macrófagos a través de los linfocitos Th1 que protegieron a las cabras. Olsen et al, (2009) realizaron la evaluación de la cepa RB51 – SOD en bisontes, que resultó menos eficaz que la RB51 para protección contra el aborto y la infección uterina en esa especie (Goodwin y Pascual, 2016).

En el estudio que aquí se describe, para el caso de las cepas RB51 y RB51 – SOD, que son cepas de *B. abortus*, algunos animales resultaron positivos solo a la prueba tamiz, lo que pudo descartarse mediante prueba de SRD, identificándose como negativos a brucelosis. En respuesta al objetivo de la evaluación de las cepas, se destaca que la seroconversión de la cepa Rev – 1 en rebaños infectados, es similar a lo obtenido por otros autores (Blasco y Molina – Flores 2011), mayor de la que resultó con las cepas RB51 y RB51 – SOD y representa que se tengan que realizar pruebas confirmatorias a 45.3% de los animales integrantes de la muestra durante el periodo de la evaluación, e incrementa el costo del diagnóstico (Dorneles et al., 2015; Goodwin y Pascual, 2016).

Las vacunas de ingeniería representan el futuro para el control de la brucelosis, una de las zoonosis de mayor importancia; no obstante, se necesitan estudios para desarrollar y evaluar su comportamiento sobre las vacunas actuales en términos de seguridad, eficacia y otras características deseables a nivel de campo.

Conclusiones

La caprinocultura de la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México es afectada por la Brucelosis, con una seroprevalencia de 1.2%.

La expresión de la seroconversión en los animales vacunados con cepa Rev-1 de *B. melitensis*, fue mayor al 50% durante las primeras 12 semanas post-vacunación; superior a la

mostrada por los animales vacunados con RB51 y RB51 – SOD de *B. abortus*, lo que pone en ventaja a estas últimas sobre la primera, porque la seroconversión genera confusión diagnóstica con las pruebas serológicas convencionales y consideradas como oficiales para la Campaña Nacional contra la Brucellosis. Con los resultados obtenidos, es necesario continuar con la evaluación de la seroconversión y eficacia vacunal de las cepas durante el tiempo útil de las cabras.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias; el proyecto PRODEP “Apoyo a la integración de Redes Temáticas de colaboración Académica”; al CONACYT, al CENID – Microbiología del INIFAP y al Virginia Polytechnic Institute and State University; además a los caprinocultores de la comunidad de Xaltepec, Perote, Veracruz, México, al Comité para Fomento y Protección Pecuaria del estado de Veracruz y al Sistema Producto Caprino Veracruzano, por las facilidades otorgadas.

Literatura citada

- Ali, S., Akhter, S., Neubauer, H., Melzer, F., Khan, I., Ali, Q. et al. 2015. Serological, cultural, and molecular evidence of *Brucella* infection in small ruminants in Pakistan. *J. Infect. Dev. Countr.* 9(5):470-75.
- Arenas-Gamboa, A. M., Rossetti, C. A., Chaki, S. P., García-González, D. G., Adams, L. G. and Ficht, T. A. 2016. Human Brucellosis and Adverse Pregnancy Outcomes. *Curr. Trop. Med. Rep.* 3:164-72.
- Blasco, J. M. y Molina-Flores, B. 2011. Control and eradication of *Brucella melitensis* infection in sheep and goats. *Vet. Clin. N. Am-Food A.* 27(1):95-104.
- Coelho, A. M., Díez, J. G. y Coelho, A.C. 2013. Brucellosis en pequeños rumiantes: efecto de la aplicación de un programa especial de vacunación en masa con REV-1. *Rev Electron Vet.* 14(12):1-16.
- Dorneles, E. M., Sriranganathan, N. and Lage, A. P. 2015. Recent advances in *Brucella abortus* vaccines. *Vet. Res.* 46(1):76.

El Idrissi, A. H., Benkirane, A., El Maadoudi, M., Bouslikhane, M., Berrada, J. and Zerouali, A. 2001. Comparison of the efficacy of *Brucella abortus* strain RB51 and *Brucella melitensis* Rev. 1 live vaccines against experimental infection with *Brucella melitensis* in pregnant ewes. Rev. Sci. Tech. OIE. 20(3):741-744.

Fosgate, G. T., Adesiyun, A. A., Hird, D. W., Johnson, W. O., Hietala, S. K., Schurig, G. G. et al. 2003. Evaluation of brucellosis RB51 vaccine for domestic water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Trinidad. Prev. Vet. Med. 58(3):211-25.

Garin-Bastuji, B., Blasco, J. M., Marín, C. and Albert, D. 2006. The diagnosis of brucellosis in sheep and goats, old and new tolos. Small Ruminant Res. 62:63-70.

Goodwin, Z. I. and Pascual, D. W. 2016. Brucellosis vaccines for livestock. Vet. Immunol. Immunop. 181:51-58.

Gul, S. T. and Khan, A. 2007. Epidemiology and epizootiology of brucellosis: A review. Pak. Vet. J. 27:145-151.

Martínez, H. D. I., Morales, M. J. A., Peniche, C. A. E., Molina, S. B., Rodríguez, C. M. A., Loeza, L. R. et al. 2010. Use of RB51 Vaccine for small ruminants Brucellosis prevention, in Veracruz, México. International Journal of Dairy Science 5:10-17.

Martínez-Martínez, O. L., Pérez De la Rosa, R., Díaz Aparicio, E., Snyderlaar Hardwicke, A. C., Hernández Andrade, L. y Suárez Güemes, F. 2005. Estudio de la eliminación en la leche de la cepa Rev 1 de *Brucella melitensis* en cabras vacunadas con dosis reducida. Tec. Pec. Mex. 43(3).

Olsen, S. C., Boyle, S. M., Schurig, G. G. and Sriranganathan, N. N. 2009. Immune responses and protection against experimental challenge after vaccination of bison with *Brucella abortus* strain RB51 or RB51 overexpressing superoxide dismutase and glycosyltransferase genes. Clin. and Vaccine Immunol. 16(4):535-540.

Oñate, A. A., Céspedes, S., Cabrera, A., Rivers, R., González, A., Muñoz, C. et al. 2003. DNA vaccine encoding Cu, Zn superoxide dismutase of *Brucella abortus* induces protective immunity in BALB/c mice. Infect Immun. 71(9):4857-61.

Rahman, S. and Baek, B. K. 2008. Diagnostic efficacy of *Brucella abortus* strain RB51 in experimentally inoculated Sprague-Dawley rats using western blot assay. J. Infect. Dev. Countr. 2(5):384-88.

Román-Ramírez, D. L., Martínez-Herrera, D. I., Villagómez-Cortés, J. A. J., Peniche-Cerdeña, Á. E., Morales-Álvarez, J. F. y Flores-Castro, R. 2017. Epidemiología de la brucelosis caprina en la Zona Centro del Estado de Veracruz. *Gaceta Médica de México* 153(1):26-30.

Schurig, G. G., Sriranganathan, N. and Corbel, M. J. 2002. Brucellosis vaccines: past, present and future. *Vet. Microbiol.* 90(1):479-96.

Solorio-Rivera, J. L., Segura-Correa, J. C. and Sánchez-Gil, L. G. 2007. Seroprevalence of and risk factors for brucellosis of goats in herds of Michoacan, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 82(3):282-90.

Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. 3ra ed. Blackwell Science Oxford, UK.

Vemulapalli, R., He, Y., Cravero, S., Sriranganathan, N., Boyle, S. M. and Schurig, G. G. 2000. Overexpression of protective antigen as a novel approach to enhance vaccine efficacy of *Brucella abortus* strain RB51. *Infect. Immun.* 68(6):3286-89.

Villa, R., Perea, M., Aparicio, E. D., Mobarak, A. S., Andrade, L. H. and Güemes, F.S. 2008. Abortions and stillbirths in goats immunized against brucellosis using RB51, rfbK and Rev 1 vaccines. *Tec. Pec. Mex.* 46(3).

Yang, X., Skyberg, J. A., Cao, L., Clapp, B., Thornburg, T. and Pascual, D. W. 2013. Progress in *Brucella* vaccine development. *Front. Biol.* 8(1):60-77.