



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

**“CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ENFERMEDADES DE MAYOR
IMPORTANCIA SANITARIA Y ECONÓMICA DE LA GANADERÍA LECHERA
DE LOS ALTOS DEL ESTADO DE JALISCO”**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTORA EN GEOGRAFIA

PRESENTA:

AIDA LILIANA PEÑA CISNEROS

TUTORES PRINCIPALES DE TESIS:

DRA. JAVIERA CERVINI SILVA

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

DR. MANUEL SUAREZ LASTRA

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

DR. FELICIANO MILIAN SUAZO

POSGRADO EN GEOGRAFÍA

MÉXICO, D. F. OCTUBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	12
JUSTIFICACIÓN	13
METODOLOGÍA	19
CAPITULO 1 VALIDEZ DE DIAGNÓSTICOS POR RIVANOL Y REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA PARA BRUCELOSIS BOVINA EN EL MUNICIPIO DE TEPATITLAN DE MORELOS, JALISCO. 2011	23
CAPITULO 2 PREVALENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN LA REGIÓN DE PRODUCCIÓN LECHERA DE JALISCO, MÉXICO	45
CAPITULO 3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN O SUSTITUCIÓN DE ORDEÑA MECÁNICA Y ALMACENAMIENTO FRÍO DE LA LECHE	62
Discusión y Conclusiones Literatura citada	

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ENFERMEDADES DE MAYOR IMPORTANCIA SANITARIA Y ECONÓMICA DE LA GANADERÍA LECHERA DE LOS ALTOS DEL ESTADO DE JALISCO

Resumen

El objetivo del presente proyecto es identificar, medir y conocer la distribución geográfica de las enfermedades de mayor importancia sanitaria y económica de la ganadería lechera del estado de Jalisco, la cual se concentra principalmente en la zona de los altos, con el fin de definir medidas de prevención, control y erradicación que aseguren la calidad sanitaria de la leche y sus productos.

Para cumplir con el objetivo se utilizará un muestreo transversal en la zona de los altos sur de Jalisco, en el municipio de San Ignacio Cerro Gordo,

En establos de tipo familiar, de manera aleatoria se seleccionarán hatos, y dentro de estos se seleccionarán los animales.

En el estudio se incluyen las enfermedades de mayor relevancia sanitaria y económica en la ganadería lechera: paratuberculosis, listeriosis y también las que limitan la comercialización del ganado lechero y sus productos: La tuberculosis y la brucelosis. La determinación de las prevalencias se basará en resultados a pruebas serológicas en la mayoría de los casos o a la respuesta celular en algunos (tuberculosis), Para realizar el diagnóstico bacteriológico de las muestras, se implementará la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

Para determinar los factores de riesgo asociados a la prevalencia de las diferentes enfermedades, en cada uno de los hatos muestreados se aplicará un cuestionario al productor o al encargado. En este cuestionario se incluirán preguntas relacionadas al manejo, la participación en campañas oficiales, las medidas de bioseguridad y las medidas de prevención implementadas en la explotación.

Con la información generada se elaborarán mapas epidemiológicos con estimaciones de riesgo para todas las enfermedades estudiadas, listados de serotipos de agentes etiológicos y una base de datos con la información colectada además de un banco de sueros.

Antecedentes

La presencia de diferentes eventos en salud animal, sean estos positivos o negativos, no ocurren por casualidad. A través del tiempo se ha observado una estrecha relación entre estos eventos y el medio ambiente, las condiciones sociales y otros determinantes. Todos ellos tienen características comunes: su aparición en estrecha relación con su entorno espacial, esto es, en un marco geográfico, en un tiempo determinado y en una población específica.

La epidemiología permite definir la distribución y frecuencia de eventos en salud animal y su determinante dentro de la población. La determinación de los patrones de distribución de eventos que ocurren en el tiempo y espacio es útil para identificar los factores que participan en esa distribución. Estos patrones permiten, a su vez, proponer acciones apropiadas para disminuir o evitar la ocurrencia de los eventos negativos en la salud animal y por ende en la población. Por otra parte, los SIG son herramientas computarizadas que permiten el manejo, proceso y análisis dinámico de información (incluyendo el de variables múltiples en forma simultánea) ya que permite integrar grandes cantidades de datos de diversas fuentes en mapas, gráficos y cuadros. Esto significa que los SIG permiten el procesamiento múltiple de datos que normalmente requiere el uso de 2 o 3 programas computarizados. En este contexto los SIG pueden ser considerados como una de las tecnologías existente más efectivas para facilitar los procesos de información y de toma de decisiones en salud pública veterinaria.

La integración de los métodos y técnicas de la epidemiología y los Sistemas de Información Geográficos (SIG) permite visualizar los patrones epidemiológicos de eventos y procesos en salud animal, así como reconocer la importancia de los factores que los determinan, facilitando la toma de decisiones sobre posibles acciones en salud pública

Al igual que en la mayoría de los campos técnicos y administrativos, la gestión de la información es, cada día, la clave de la eficiencia. Un servicio veterinario moderno requiere sistemas eficaces capaces de recoger la información procedente del terreno, procesarla de manera tal de sacar el mayor provecho de ella y presentarla de forma que los responsables de los programas nacionales y el personal de terreno pueda aplicarlas fácilmente a las acciones adecuadas, logrando así un control eficaz de las enfermedades.

Los SIG son sistemas computacionales que permiten capturar, almacenar, manipular, analizar, visualizar y editar datos con referencia geográfica. Estos sistemas se utilizan desde varios años en campos muy diversos, incluidos, por ejemplo, el urbanismo y la gestión de recursos naturales, entre otros.

Esta tecnología ofrece posibilidades múltiples, cuya utilización parece ideal en materia de control de enfermedades animales. Se puede citar la posibilidad de registrar en su contexto geográfico datos relativos a la incidencia de una enfermedad, sus características demográficas y etiológicas, así como la aplicación de una variedad de funciones de análisis espacial.

En este punto, la evaluación de riesgo cuantitativo tiene una gran aplicación en el campo de la salud pública veterinaria y la salud animal. Es cada vez más frecuente que las autoridades tengan que tomar decisiones oficiales que suponen una evaluación de riesgo de tecnologías o prácticas nuevas respecto a las ventajas potenciales de ciertas acciones en salud animal.

La elección entre las posibles acciones, las posibilidades de pérdida y la magnitud de esta pérdida constituyen los elementos de riesgo. El riesgo percibido y el riesgo real son raramente equivalentes y la utilización de técnicas espaciales y modelación matemática para la evaluación del riesgo tecnológico y sanitario permitirá a las autoridades veterinarias tomar mejores decisiones

La relación entre los sistemas de vigilancia epidemiológica (SVE) y los SIG se da mediante un proceso dinámico, permanente y continuo de intercambio de información. En este proceso el SVE proporciona la información básica sobre los eventos de salud animal, los factores de riesgo, las condicionantes e intervenciones. Los SIG a su vez facilitan el procesamiento e integración de grandes cantidades de datos y producen mapas dinámicos que permiten potenciar el análisis y sintetizar la información. Estos resultados generados por los análisis georeferenciados de los SIG retroalimentan al SVE aumentando su calidad y capacidad para tomar decisiones, así los SIG facilitan las siguientes actividades:

- Localización del evento en salud animal en tiempo y espacio.
- Reconocimiento y monitoreo de un evento en salud animal y sus factores de riesgo en un período de tiempo definido (semanas, meses, años, etc.)
- Identificación de los patrones de distribución espacial de los factores de riesgo y sus posibles efectos tanto en salud animal como en salud pública.
- Identificación de áreas geográficas y grupos poblacionales con mayores necesidades en salud pública y la posible respuesta a ellas, al integrar múltiples variables.
- Evaluación y seguimiento al impacto de las intervenciones en salud pública y animal.

El concepto de Sistemas de Información Geográficos (SIG) aplicados a la salud pública veterinaria, involucra el diseño, desarrollo y uso de las herramientas de SIG aplicadas a diferentes necesidades de descripción de situación, análisis epidemiológico y gestión en salud pública veterinaria. Por su capacidad de integración y proceso de datos, los SIG tienen un gran potencial en diferentes áreas del trabajo en salud pública, ofreciendo nuevas e importantes oportunidades para la descripción y análisis de relaciones entre atributos del entorno y la distribución de eventos en salud en el espacio geográfico.

Aplicación de los SIG en Salud Pública y Epidemiología.

Las ventajas que ofrecen los SIG, son que permiten la descripción y ubicación espacial del problema en estudio, la normalización, organización y actualización de datos, la representación gráfica del problema su interacción entre capas de la información espacial y la aplicación de modelos de simulación.

La salud pública, la epidemiología y el análisis de riesgo, como disciplinas analíticas, se fortalecen con la utilización de estas herramientas tecnológicas. Los principales aportes de los SIG en ellas son la caracterización de áreas territoriales lo que permite identificar y visualizar áreas epidémicas o de riesgo, asociando información a los elementos identificados cartográficamente, facilitando la generación y visualización de áreas caracterizadas por indicadores tales como son los indicadores de comercialización, Indicadores productivos, Densidad ganadera, Tipos de explotación y visualizar la relación espacial entre estos elementos.

La epidemiología descriptiva y analítica; ayuda en el análisis y evaluación de indicadores epidemiológicos como, tasas de incidencia, prevalencia, mortalidad, etc. Indicadores de riesgo, tasas de contacto, seroprotección y cobertura vacunal, entre otras. Finalmente con la modelización epidemiológica se puede realizar tanto modelos de difusión de enfermedades

como de análisis de riesgo y realizar seguimiento retrospectivo y prospectivo de movimientos de animales, muestreos serológicos, focos, sospechas y notificaciones de enfermedades y delimitación de áreas focales y perifocales.

En síntesis, la tecnología ofrecida por los SIG, puede ser utilizada como instrumento de apoyo en las actividades de salud pública veterinaria. La capacidad de integración informática de los SIG permite simplificar, agilizar y automatizar los procesos necesarios para el análisis epidemiológico de la situación de salud animal. El producto de esta integración ayudar a generar una respuesta efectiva y oportuna de acuerdo a las necesidades de atención en salud animal.

Por otra parte el objetivo de la ganadería moderna es producir más con menos, como consecuencia se somete a los animales a fuerte estrés; cada vez se colocan más animales en menos espacio, se les exige mayor cantidad de producto por unidad de alimento ingerido y se les administran medicamentos para acelerar o mejorar los procesos de producción (FAO, 2003). Tanto el estrés, como en ocasiones los medicamentos tienen un efecto sobre los sistemas de defensa del animal, con frecuencia incrementando la susceptibilidad a enfermedades de todo tipo o también modificando el comportamiento de los patógenos, dando origen a cepas resistentes más difíciles de controlar.

Las pérdidas económicas. Las consecuencias de enfermedades en ganado pueden ser complejas y con frecuencia van más allá de los efectos inmediatos. Las enfermedades tienen numerosas consecuencias, entre otras están:

- pérdida de productividad en el sector pecuario (pérdida de producción, costo de tratamiento e inestabilidad del mercado).

- pérdida de ingreso proveniente de actividades que usan recursos animales.
- pérdida de bienestar de los seres humanos (tasas de morbilidad e incluso de mortalidad, calidad y seguridad alimentaria).
- costos de prevención y control (costos de producción, gasto público)
- uso subóptimo del potencial de producción (especies animales, genética y prácticas de crianza de ganado).

Estos efectos sociales y económicos son dables de ser clasificados como e indirectos. El impacto más directo de las patologías de los animales es la pérdida de producción y/o productividad y la consiguiente pérdida de ingreso de los agricultores. El impacto económico también depende de las estrategias en respuesta a las patologías de los animales que adopten los productores y los posibles ajustes al mercado. La pérdida de bienestar de los productores será usualmente menor que el valor del producto perdido, excepto si el productor tiene pocas alternativas o si depende totalmente del producto afectado, siendo este último caso bastante frecuente en los países en desarrollo. Por lo tanto, las pérdidas directas son el resultado de la enfermedad misma (pueden ser muy altas cuando la tasa de mortalidad es de entre 50% y 100%) o desde las medidas de sanidad animal (Le Gall, 2006).

Los costos directos son con frecuencia muy inferiores a los costos indirectos de las patologías de los animales y se relacionan directamente con la contención rápida de los brotes: los estudios de casos prácticos muestran que la detección temprana y la ejecución de medidas apropiadas en el evento de un brote son esenciales para ayudar a minimizar las pérdidas directas al máximo posible. Por el contrario, las medidas de control y erradicación inapropiadas son las responsables de estas situaciones endémicas, cuyo control y erradicación es mucho más difícil y costoso.

La salud pública. Las enfermedades de los animales son también una amenaza para la salud pública (Sainz, 1976). Además del daño ocasionado a la salud del individuo, tienen un fuerte impacto económico por la incapacidad laboral, la medicación y la hospitalización de los enfermos. Los animales domésticos juegan un papel importante en los ciclos de las zoonosis, son los que están en frecuente contacto con los focos naturales y al mismo tiempo conviven con el hombre, de manera directa o a través de sus productos (Flores, 2000). Uno de los objetivos fundamentales de eliminar a las enfermedades de los animales es para proteger a los humanos. Ejemplos de enfermedades zoonóticas son la brucelosis, la leptospirosis, la tuberculosis, la hantaviriosis, la triquinelosis, la cisticercosis y varios tipos de tenias (Correa, 1988).

El comercio internacional. Las enfermedades de los animales se han convertido en las barreras no arancelarias de preferencia de los países ante el derrumbe de todo tipo de aranceles en los marcos de los tratados de libre comercio. La Organización Mundial de Comercio (OMC) ha determinado la eliminación gradual de los aranceles o impuestos a los productos agropecuarios en las operaciones de importación y de exportación entre países, permitiendo que las medidas sanitarias y fitosanitarias sean las reguladoras de las operaciones de comercio agropecuario internacional (Kellar, 1999). En la actualidad, la mayoría de los países están buscando sistemas de vigilancia y monitoreo epidemiológico efectivos en términos de costo-beneficio. Bajo reglas internacionales, ningún país puede establecer requisitos sanitarios en comercialización pecuaria si él mismo no puede demostrar científicamente estar libre (Kellar, 1999; Galina y Guerrero, 1993; Zepeda, 2001; Acevedo, 1998).

En México se cuenta con un sistema de captura de información sobre salud animal a través del Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SIVE). Este sistema tiene como objetivo capturar y procesar la información generada en todo el país por concepto de diagnóstico de enfermedades en los laboratorios, oficiales y privados (SENASICA-SIVE, 2002). Esta información, aunque importante, ya que ha servido para establecer las políticas sanitarias de ganadería en México, tienen el problema de no ser representativa. Es decir, los laboratorios reportan casos con base en el número de especímenes que reciben, lo que no necesariamente es representativo del número de casos en las explotaciones. Por lo tanto, la estimación de parámetros de enfermedades en las poblaciones, tales como incidencia y prevalencia, no son factibles (González et al. 2000).

Otra fuente de información proviene de instituciones de investigación y de enseñanza superior. Aunque también valiosa, el problema de este tipo de información es que involucra regiones muy pequeñas del territorio nacional, bajo número de unidades de muestreo y alta diferencia temporal y espacial, por lo que las estimaciones no siempre pueden ser extrapoladas: algunas regiones tienen un alto número de investigaciones, mientras que otras apenas tienen uno o dos reportes. Datos proporcionados por este tipo de investigaciones indican que las enfermedades de mayor prevalencia en los bovinos en el país son: leptospirosis (45%), rinotraqueítis infecciosa bovina (42%), Neosporosis (44%), anaplasmosis y piroplasmosis (47%), paratuberculosis (11%), tuberculosis (9%), brucelosis (7%) y diarrea viral bovina (9%) (Milián et al. 2004; Sanchez et al. 2002; Rodríguez et al. 1991; García et al. 1996; Torres et al. 1995; Moreno, 2002; Ramírez, 1998).

Objetivo general

Identificar, medir y conocer la distribución espacial de las enfermedades de mayor importancia sanitaria y económica en lecherías familiares en Jalisco, con el fin de definir medidas de prevención, control y erradicación que aseguren la calidad sanitaria de la leche y sus productos.

Objetivos específicos

1. Determinar la prevalencia de las enfermedades con base en un diseño epidemiológico de muestreo que asegure la representatividad de los resultados
2. Identificar los principales factores de riesgo asociados a la prevalencia de las enfermedades con base a un cuestionario a productores
3. Conocer la ubicación espacial de la problemática zoonositaria de la ganadería lechera a través del uso de sistemas de información geográfica con el fin de regionalizar los problemas
4. Elaborar un manual de recomendaciones zoonositarias a productores y autoridades de salud animal con base a los resultados obtenidos
5. Determinar la inocuidad de la leche y queso fresco en lecherías familiares del estado de Jalisco y su posible asociación zoonótica con tuberculosis, brucelosis y listeriosis.

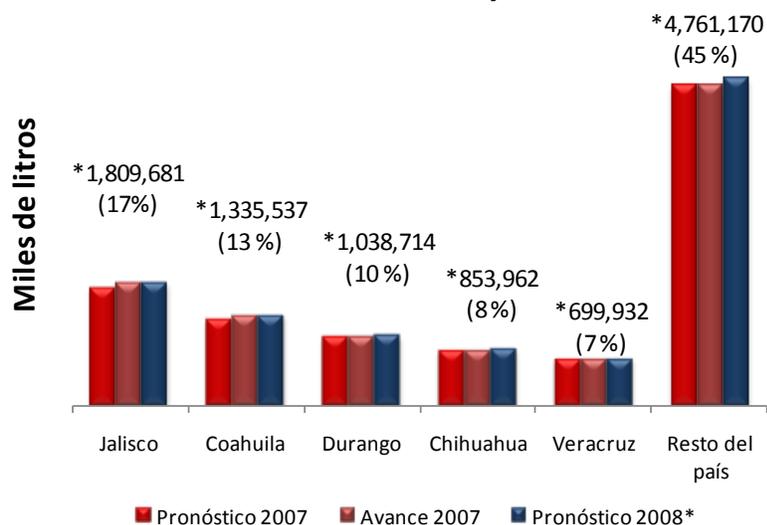
Justificación

Estimaciones oficiales (SAGARPA, 2008) indican que la cantidad de leche que se produjo en México en el año 2007 ascendió a 10,350 millones de litros con un valor estimado de la producción aproximada a 39,000 millones de pesos.



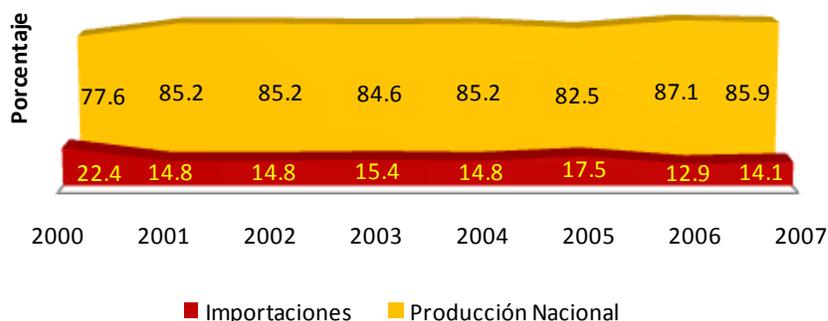
Es importante destacar que la cadena productiva de la leche no se distribuye de manera uniforme en nuestro país, ya que cerca del 55% de la producción se concentra en cinco entidades federativas, las cuales son encabezadas por Jalisco que aporta cerca del 17 %, es decir 1,800,000 litros, sucesivamente y en orden decreciente se encuentran los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua y Veracruz.

Principales estados productores de leche de bovino en los años 2007 y 2008



Desafortunadamente ésta producción no es suficiente para satisfacer las necesidades de suministro nacionales, puesto que abastece aproximadamente el 86% de la demanda nacional y el restante 14 % de éste alimento es importado.

Volumen de las importaciones de leche de bovino como proporción de su producción nacional (%)



La gravedad de ésta situación radica en que irónicamente un porcentaje de la leche que se produce en México destinada para el consumo humano no es apta para ello puesto que no

reúne las características normativas vigentes.

Las particulares que califican a ésta leche como no apta están asociadas al riesgo a la salud que implicaría su consumo.

Estos riesgos implícitos se han catalogados como biológicos cuando la leche contiene microorganismos patógenos y/o sus toxinas. Como riesgos químicos cuando la leche tiene sustancias contaminantes indeseables o añadidas que pueden ocasionar daños a la salud del consumidor y finalmente peligros físicos cuando objetos o partículas de cualquier material no propio de la leche pueden llegar al alimento de manera accidental o intencionalmente.

Para el caso concreto del estado de Jalisco, basado en una investigación de las características descriptivas de las explotaciones especializadas en producción de leche y quesos, se reveló que éstas tienen como distintivos importantes, entre otras, que son administradas por familias y que éstas explotaciones ganaderas en general tenían una antigüedad promedio en el negocio de más de 15 años, con 60% de ellos con enfoque de negocio y 30% de actividad por tradición; con un promedio de animales por hato de 160 ± 280 .

Dentro de las prácticas de manejo, se observó que el 40 % de los ganaderos productores de ganado especializado en leche no permiten amamantar naturalmente a los becerros y utilizan preferentemente sustitutos lácteos. En el ámbito reproductivo se detectó casi el 40 % utilizan la inseminación artificial.

En general, se reveló que aproximadamente el 40 % de las ganaderías no cuentan con la atención de un médico veterinario, ni con asesoría para mejorar sus procesos productivos y por ende mejorar la calidad de sus productos. Específicamente se reporta que el 30 % de la leche proveniente de estos establos familiares no se pasteuriza, sin embargo se asume que una proporción importante de ella se destina a la producción de laticinios, los cuales

representan un riesgo importante a la salud de sus consumidores, en especial en lo referente a zoonosis como tuberculosis, brucelosis y en menor magnitud listeriosis.

Para analizar y enfrentar esta situación la Comisión Estatal para la Erradicación de la Tuberculosis Bovina (COEETB), ha dividido el estado de Jalisco en tres diferentes regiones (alta, baja y libre) dependiendo del nivel de prevalencia de la tuberculosis bovina.

Tal como se esperaba, un estudio de prevalencia de tuberculosis bovina en éste estado reveló que la mayor parte del ganado especializado en carne (64%) se encuentra en la zona libre de TB, con ganaderías que van de las 56 a las 125 cabezas y con un bajo nivel de tecnificación. En la zona de alta prevalencia predomina el ganado especializado en leche (75%) con un nivel de tecnificación de bueno a alto.

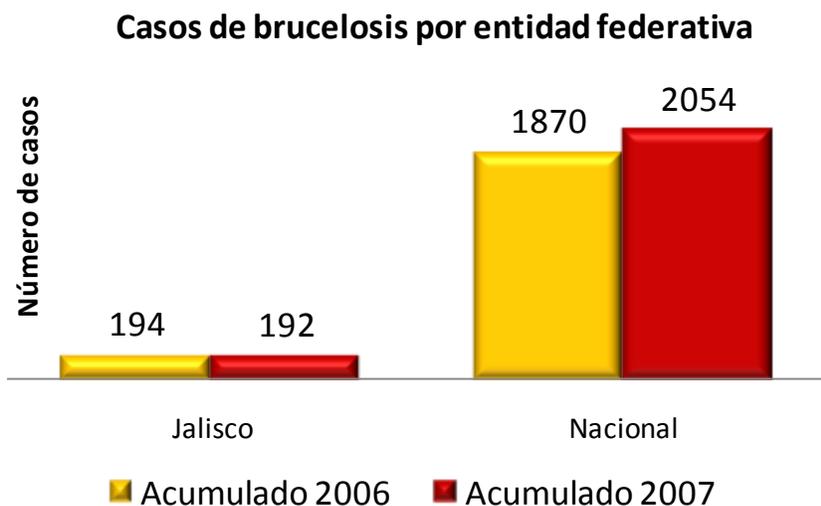
En relación a la movilización de animales se encontró que en la zona de alta prevalencia (Altos Norte, Altos Sur, Ciénega y Centro del estado de Jalisco) el 34% de los ganaderos refirieron que ingresan animales, y de estos, solo el 49 % compra bovinos exclusivamente de hatos con certificado de “libre de TB.” Mientras que en la zona libre el 98% de los productores reportó no haber eliminado animales por tuberculosis, en la zona de alta prevalencia solo el 10% reportó haberlo hecho.

Sobre la percepción y actitud del ganadero al respecto de las zoonosis el 90% de los productores del estado dijeron saber que la TB afectaba al humano, mientras que el 40% ni siquiera sabía que afectaba a otras especies. Igualmente en la zona de alta prevalencia el 80% de los entrevistados no percibe pérdidas económicas o productivas debido a la enfermedad, pero sí reconocen restricciones de movilización de animales y posibles beneficios al erradicarla. En relación a la prevención y el control de la enfermedad, cerca del 85% de los productores sabe que se deben desechar animales reactivos y se deben limpiar y desinfectar las instalaciones. Finalmente, en la zona de baja prevalencia el 9 % dijo saber

de por lo menos un caso de tuberculosis humana, y en la zona de alta prevalencia el 4% contestó de manera similar.

En el ámbito de la salud pública la brucelosis como zoonosis, tiene una trascendencia muy importante asociada al consumo de lácteos no pasteurizados, especialmente en las zonas endémicas en ganado bovino como es el caso de Jalisco.

La magnitud de esta zoonosis queda de manifiesto al contabilizar el número de casos reportados oficialmente por la Secretaría de Salud (SS) en el estado en relación al total de casos nacionales, los cuales representan más del 10% del total nacional.

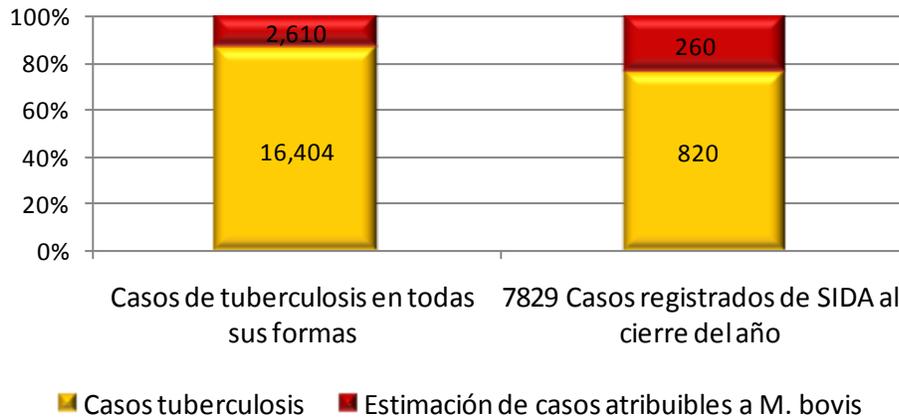


En el caso de la tuberculosis es ampliamente conocido que en el humano es causada por *M. tuberculosis*; sin embargo se ha reportado que *M. bovis*, el responsable de la tuberculosis en el ganado también puede causar la enfermedad en humanos (Grange and Yates, 1994), en relación a esta teoría, se estimaron en 2006 el número de casos atribuibles a *M. bovis* especialmente si se asocian a la epidemia del VIH-SIDA.

Las cifras oficiales de la SS, revelan que aproximadamente el 10% de los casos de tuberculosis en todas sus formas es atribuible a *M. bovis*, y aumenta a más del 20% si se

asocia a la epidemia de VIH-SIDA, ésto incluye la transmisión por consumo de alimentos contaminados.

Estimación de casos de Tb humana , atribuibles a *M.bovis* en 2006



Por lo anteriormente descrito queda de manifiesto la necesidad contar con el diagnóstico situacional de las enfermedades de importancia en los sistemas de lechería familiar en Jalisco. Los beneficios referidos a estos diagnósticos, entre otros, se encuentran el poder dirigir estrategias enfocadas en el contexto de la aplicación de sistemas de calidad que ayuden a la implementación del Sistema de Análisis de Riesgos e Identificación y Control de Puntos Críticos, más conocido por sus siglas en inglés como HACCP con el propósito de apoyar al cumplimiento de la normatividad nacional en el ámbito de éstas competencias y aumentar el valor de los productos y subproductos provenientes de las explotaciones lácteas de tipo familiar.

Impacto ambiental

Con esta investigación se podrá en el ámbito de la competencia del tema identificar, medir y conocer la distribución geográfica de las enfermedades de mayor importancia sanitaria y económica de la ganadería lechera del estado de Jalisco, la cual se concentra principalmente en la zona de los altos, con el fin de definir medidas de prevención, control y erradicación que aseguren la calidad sanitaria de la leche y sus productos.

Y podrá ser una información basal para futuras investigaciones para elaborar mapas epidemiológicos con estimaciones de riesgo para todas las enfermedades estudiadas, listados de serotipos de agentes etiológicos y una base de datos con la información colectada además de un banco de sueros.

Metodología

Enfermedades de importancia sanitaria y económica. Las enfermedades a incluir en el estudio están: aquellas consideradas de mayor relevancia sanitaria y económica en la ganadería lechera, las relacionadas con los abortos y los problemas reproductivos, tales como: brucela y listeriosis. Luego están las que limitan la comercialización del ganado lechero y sus productos, donde se incluyen: La tuberculosis, la paratuberculosis enfermedad que afecta, además de la productividad la calidad de la leche. Por su importancia, estas serán las enfermedades consideradas en el estudio.

Diseño de muestreo. Para cumplir los objetivos propuestos, el trabajo se enfocará la cuenca de los altos de Jalisco.

El diseño de muestreo será, en una primera etapa una determinación aleatoria de los hatos a muestrear, para posteriormente hacer una determinación aleatoria de los animales a muestrear dentro de cada hato y finalmente se obtendrá una muestra de leche representativa del hato.

El tamaño de la muestra. El número de animales a muestrear será determinado considerando una prevalencia del 10% para brucelosis, una de las enfermedades de mayor relevancia y una de las que mayor información sobre prevalencia proporciona para basar la determinación del tamaño de la muestra, con un margen de error del 1% y un nivel de confianza del 95%. Esto asegura un tamaño de muestra conservador que cumpla la muestra requerida para las estimaciones de prevalencia de cualquiera de las otras enfermedades.

Las muestras biológicas (sangre y leche)

Técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

Hoy en día, el diagnóstico molecular permite identificar y caracterizar organismos patógenos mediante el análisis de sus ácidos nucleicos, estos métodos surgen de la necesidad de contar con técnicas diagnósticas que tengan altos niveles de sensibilidad, especificidad y rapidez en sus resultados; la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), hace posible detectar una secuencia específica de ADN del microorganismo que se desea identificar a partir de muestras clínicas como sangre, leche, orina, saliva y otros fluidos corporales, además de muestras de tejidos.

Actualmente hay el interés por parte de los productores lecheros, de la industria láctea y de los servicios oficiales de las campañas zoonosanitarias, en el uso de métodos rápidos y sensibles de detección de *Mycobacterium Bovis* y *Brucella abortus* en leche. Con este fin, se propone establecer la técnica de PCR en la región y además detectar otras dos

enfermedades en el ganado bovino; paratuberculosis y listeriosis, mismas que también causan pérdidas económicas directas e indirectas en el sector ganadero.

El aislamiento de *Mycobacterium bovis*, continúa siendo “la prueba de oro” en el diagnóstico de la enfermedad, pero es sumamente lento dado el tiempo de crecimiento largo de la bacteria; así para tener un resultado hay que esperar dos meses. Los métodos de amplificación enzimática de DNA como el PCR permiten acortar el tiempo de diagnóstico de dos meses a dos días.

En el caso de *Brucella*, esta técnica hace posible detectar diferencias mínimas de cepas estrechamente ligadas entre si, al mismo tiempo que detecta secuencias específicas de ADN del microorganismo a partir de muy pequeñas cantidades del mismo.

La determinación de las prevalencias se basará en resultados a pruebas serológicas en la mayoría de los casos o a la respuesta celular en algunos (tuberculosis), por lo que el tejido a obtener será sangre sin heparina para la obtención de suero. La sangre será en tubos vacutainer de 7 ml obtenida de la vena coccígea. Para fines del estudio, enfermedad será definida como la presencia de anticuerpos no vacunales o indicadores de respuesta celular en los animales muestreados. La leche se obtendrá de los tanques colectores de la ordeña. Por lo tanto, prevalencia general será determinada dividiendo el número de animales positivos a la prueba entre el número de animales muestreados mientras que prevalencia de hato será determinada dividiendo el número de hatos con al menos un animal positivo entre el total de hatos muestreados. Las pruebas diagnósticas a utilizar por enfermedad serán aquellas reportadas en la literatura. Cada muestra irá identificada con un número clave de hato, el número consecutivo dentro del hato de la muestra, la edad aproximada, la raza y el sexo del animal.

La georeferenciación.

Cada uno de los hatos muestreados será geo-referenciado utilizando sistemas manuales de referenciación geográfica (GPS, por sus siglas en inglés). La información a obtener será longitud, latitud y altura sobre el nivel del mar. Esta información será utilizada para elaborar mapas epidemiológicos de acuerdo a la prevalencia de las enfermedades, y posteriormente para hacer estudios de predicción en áreas no muestreadas.

Cuestionarios. Con el fin de determinar algunos factores de riesgo asociados a la prevalencia de las diferentes enfermedades, en cada uno de los hatos muestreados se aplicará un cuestionario al productor o al encargado. En este cuestionario se incluirán preguntas relacionadas al manejo, la participación en campañas oficiales, las medidas de bioseguridad y las medidas de prevención implementadas en la explotación.

Análisis estadísticos.

A los resultados de este estudio se les dará el siguiente tratamiento estadístico: la información obtenida será analizada a través de gráficas y cuadros de frecuencia, donde la variable de respuesta será siempre la prevalencia de las enfermedades. Posteriormente, en un análisis más completo, para determinar la relación entre la prevalencia y factores específicos se utilizarán, análisis bi-variados en una primera fase, y un análisis multivariado en una segunda fase, donde solo aquellos factores con una $P \leq 0.20$ de relación con la variable de respuesta serán consideradas. De esta forma se obtendrán medidas de RR, RM y fracciones atribuibles.

Transcripción de los resultados para publicación de artículos científicos Una vez terminada la investigación se redactarán y harán la difusión de los siguientes documentos: Publicaciones científicas, por lo menos una tesis de licencia, un documento del diagnóstico geográfico situacional del estatus sanitario de los hatos productores de la leche.

Capítulo 1

VALIDEZ DE DIAGNÓSTICOS POR RIVANOL Y REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA PARA BRUCELOSIS BOVINA EN EL MUNICIPIO DE TEPATITLÁN DE MORELOS, JALISCO. 2011

Resumen

El municipio de Tepatitlán de Morelos en Jalisco tiene un territorio principalmente semiplano, con una altura de 2,667 metros sobre el nivel del mar. En relación al uso de suelo, Tepatitlán es un territorio predominantemente agrícola, con una actividad económica pecuaria basada en la producción de huevo de gallina, carne de cerdo, carne de pollo y de bovino. En Tepatitlán destaca la producción de leche de vaca debido a que cuenta con la bioclimatología adecuada para la producción láctea bajo el sistema familiar. La brucelosis bovina, asociada principalmente a la lechería, es una zoonosis grave. Los diagnósticos empleados se basan en pruebas falibles de aglutinación por rosa de bengala y confirmatoria de rivanol; por lo cual es necesario evaluar su validez utilizando la prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) como estándar de oro. El objetivo del estudio fue evaluar la validez del diagnóstico para detectar brucelosis bovina en Tepatitlán. Se analizaron simultáneamente las tres pruebas en 329 animales. Resultados: la incertidumbre con respecto a la especificidad de la prueba de rosa de bengala es del 13% comparada con rivanol y la incertidumbre en la especificidad de rivanol del 46.76% comparada con PCR.

Palabras clave: brucelosis bovina, diagnóstico, validez, distribución espacial.

Introducción

La brucelosis bovina es una grave zoonosis que afecta la ganadería lechera de países con bajos recursos económicos a nivel mundial (Corbel 1997; Moreno y Moriyón, 2002). Se manifiesta en Europa, en el oeste de Asia, en algunas zonas de África y en toda América. En Sudamérica, la brucelosis se encuentra en varios países, donde en muchos casos es endémica y un problema sanitario importante (Corbel 1997; Lucero y colaboradores, 1999; Rodríguez y colaboradores, 2001). En Norteamérica, es especialmente prevalente en las zonas agrícolas del norte y centro de México (Gándara y colaboradores, 2001).

Brucella abortus es el agente causal de la brucelosis bovina, el cual ocasiona enormes pérdidas a la industria pecuaria de manera directa, debido a incrementos en los costos de producción de la leche. La gravedad de esta zoonosis incurre en un riesgo a la salud de las personas que trabajan o consumen productos crudos provenientes de animales infectados, además de un período de convalecencia prologando y los elevados costos del tratamiento. Dado que la brucelosis afecta primordialmente a la población económicamente activa ésta conlleva un impacto a la micro y macroeconomía (Rodríguez y colaboradores, 2001).

Es importante resaltar que en ésta investigación se integraron determinantes para comprender y asociar la presencia de la brucelosis bovina. Dichos componentes se mencionan a continuación:

- La percepción que el productor tiene en relación a la brucelosis bovina y como ésta repercute en las tasas prevalentes de la enfermedad en su ganado;

- La sensibilización del productor para diagnosticar a tiempo la enfermedad en su ganado, lo que a su vez representa la única herramienta para minimizar las consecuencias de la misma;
- Por último, la evaluación de la validez de las pruebas diagnósticas rutinarias para la brucelosis bovina (parámetros que indican la capacidad probabilística de una prueba de diferenciar entre muestras positivas y negativas) en animales localizados en la región de Los Altos de Jalisco.

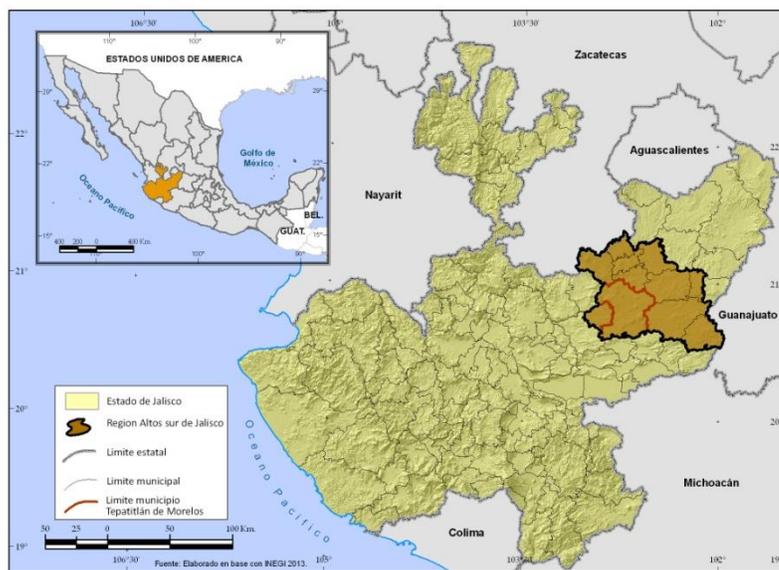
Descripción geográfica del área del estudio

El componente geográfico tiene una gran relevancia sobre el quehacer humano, sobre su desarrollo y su productividad, ya que en gran medida éste define las adaptaciones de los seres vivos a su entorno. Las zonas geográficas están definidas por diferentes características como son la duración del día, la temperatura, la luminosidad, la humedad, la precipitación pluvial, entre otras. La geografía establece las condiciones de selección natural para las especies, mismas que responden de manera distinta a dichos factores con cambios adaptativos, como son la resistencia o la susceptibilidad a agentes nocivos causantes de enfermedades (González y colaboradores, 2010).

La distribución geográfica de las especies está determinada en gran medida por las condiciones ambientales, en donde las variables mayormente restrictivas, son las de origen climático. Como ejemplo de estudio de nichos de distribución de especies animales se encuentra el trabajo reportado por Torres (2010).

La bioclimatología animal provee información sobre la fisiología y la productividad pecuaria, ya que el comportamiento animal se correlaciona con la temperatura, la humedad relativa, la radiación, el viento y el fotoperíodo (Johnson, 1994), así como con las condiciones de confort en las que vive el animal, lo cual se ha demostrado con el índice de Temperatura-Humedad THI (por sus siglas en inglés) aplicado en la producción lechera (Berri y colaboradores, 1964; Kadzere y colaboradores, 2002). Como ejemplo se tiene la producción láctea bajo el sistema de lechería familiar en la región Altos Sur, especialmente en el municipio de Tepatitlán de Morelos¹, con una extensión de 1,447 Kms² (144,700 Has) y situado entre los 21,01'30", y los 20,35'00" Latitud Norte, y los 102,33'10" y los 102,49'00" Longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 1,780 m.

(Figura 1) Localización de la zona de estudio

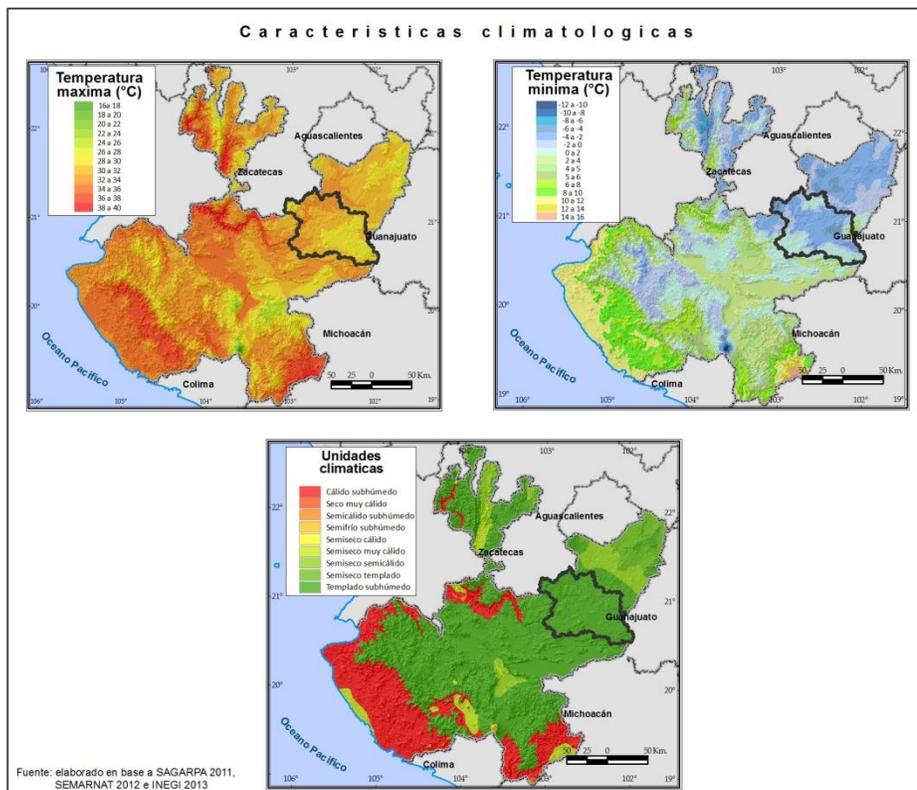


¹ El municipio de Tepatitlán de Morelos en 2012 fue dividido, ya que parte de su territorio pasó a formar un nuevo municipio denominado San Ignacio Cerro Gordo, el cual corresponde en su mayoría a la zona en donde se tomaron las muestras para obtener los diagnósticos.

Los límites físicos del la municipio son: al Norte Yahualica, Valle de Guadalupe y Cañadas de Obregón al Sur; Tototlán y Atotonilco al Este; San Miguel el Alto, San Ignacio Cerro Gordo y Arandas, Cuquío Acatic y Zapotlanejo al Oeste.

Más de la mitad de la extensión del municipio es de zonas semiplanas, la tercera parte son zonas planas y el resto de zonas accidentadas. La principal altura es del Cerro Gordo de Tepatitlán, que se localiza al oriente de la cabecera, con una altura de 2,667 metros sobre el nivel del mar. Este cerro es el de mayor altitud de Los Altos de Jalisco y está ubicado en el lugar número 13 de las mayores altitudes del estado. Por el contrario, el Cerro del Carnicero y el Cerro del Pandillo tienen 2,300 y 2,091 metros de altura, respectivamente. Al Sureste se elevan los Cerros de Basurto y Picachos, con 2,000 y 2,100 metros sobre el nivel del mar. Al Sur se encuentra la Loma de la Trinidad con 1,750 metros, destacada por su extensión. Al Norte se localizan los Cerros del Coro, Pelón y Azoteas con alturas de 1,950; 2,150 y 2,100 metros, respectivamente.

(Figura 2) Características Climatológicas

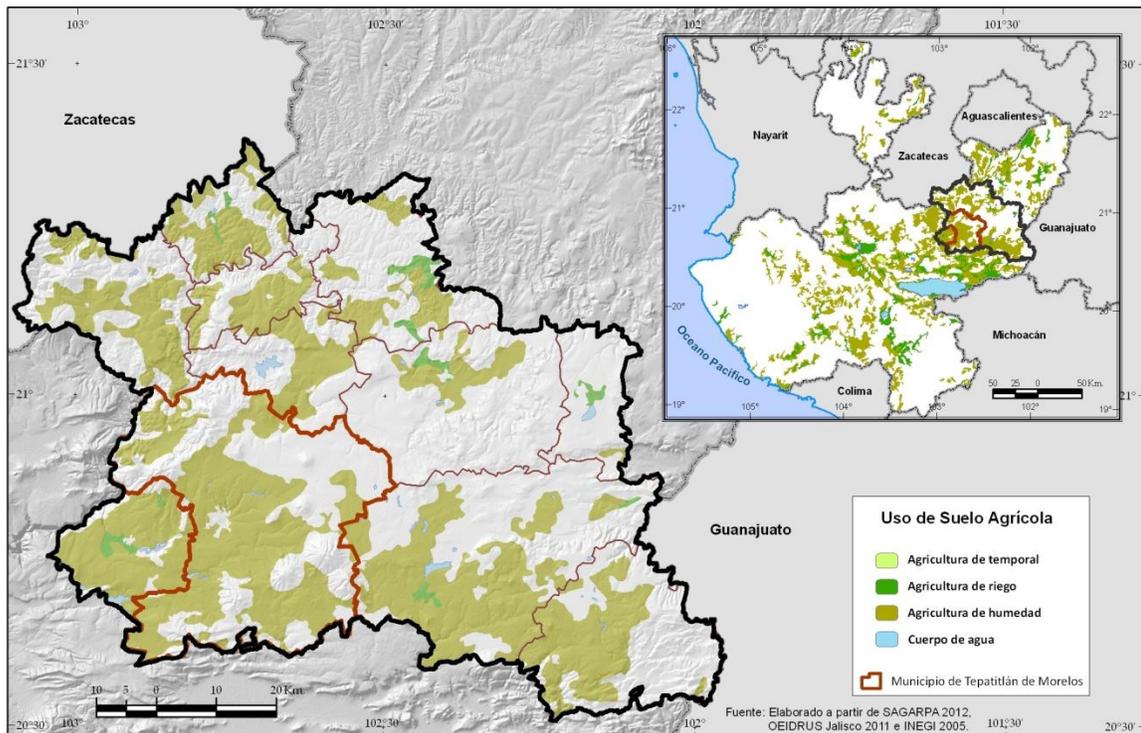


En relación a la hidrología, Tepatitlán cuenta con los ríos Tepatitlán, Verde, Calderón y Los Arcos. También con los arroyos Laborcilla, Milpillas, Juanacasco, San Pablo, El Tecolote, Jesús María, Perón, Mezcala, Guayabo, La Vieja, El Jihuite y El Ocote. Finalmente, en su territorio se encuentran las presas de Carretas, Jihuite, La Red, Calderón, La Vieja y El Pantano.

Acerca de los principales ecosistemas, la flora está representada por roble blanco, pino, encino, mezquite, fresno, palo dulce y pastizales. Con respecto a la fauna, se encuentran presentes el conejo, la liebre, el coyote, el zorro, el zorrillo, el armadillo, el venado algunos reptiles y diversas aves.

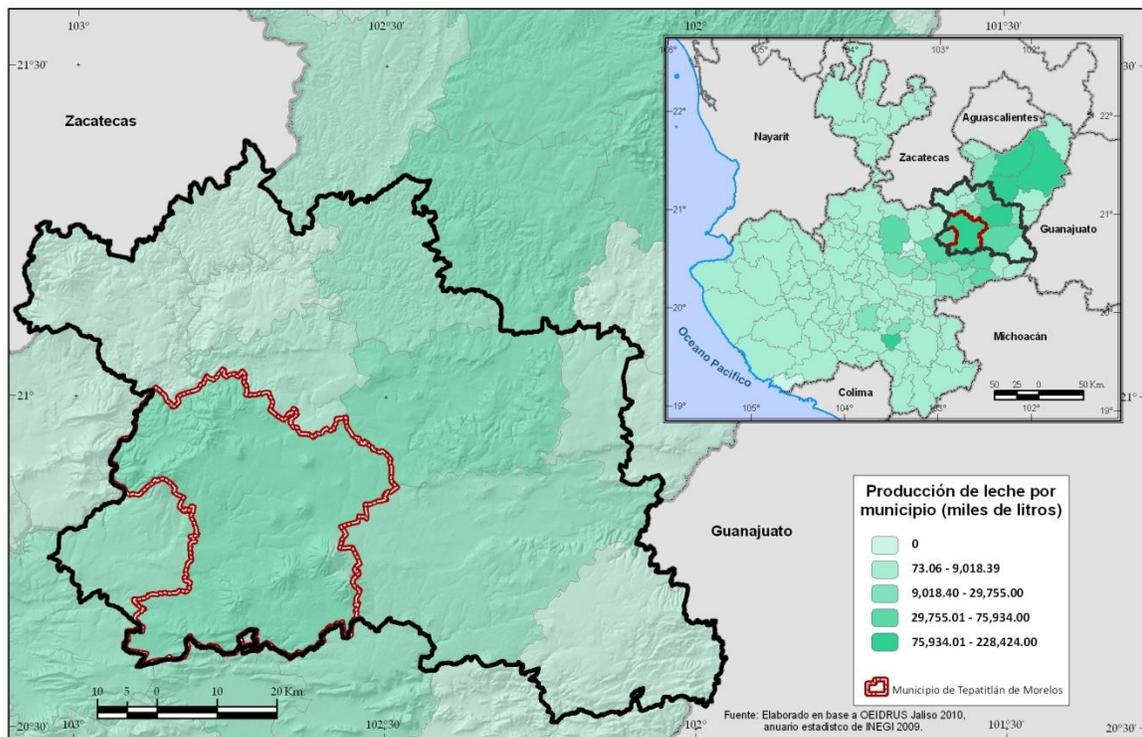
En relación a las características y uso del suelo, la mayor parte tiene un uso agrícola y pecuario. La tenencia de la tierra en su mayoría corresponde a la propiedad privada. Según el Censo de Población y Vivienda elaborado por el INEGI al 2010 el municipio está conformado por 136,123 habitantes, de los cuales 66,244 (48.67%) son hombres y 69,879 (51.35%) son mujeres. La población se encuentra distribuido por delegaciones de la siguiente manera: Capilla de Guadalupe (13,308 Habs), Pegueros (4,000 Habs), San José de Gracia (5,190 Habs), Capilla de Milpillas (4,450 Habs), Mezcala (2,085 Habs), Tecomatlán (958 Habs)

(Figura 3) Uso de suelo agrícola



La principal actividad económica de Tepatitlán es la ganadería, lo que se manifiesta tanto por el volumen como por el valor de la producción. Este municipio destaca en los siguientes productos: leche de vaca, huevo de gallina, carne de cerdo, carne de pollo y carne de bovino. Si bien en otros lugares se produce mayor cantidad de cada uno de estos productos de manera separada, la importancia de la producción ganadera tepatitlense es que en el mismo territorio se tienen las actividades ganaderas de varias especies productivas, con niveles de producción superiores a los obtenidos en otras localidades ganaderas.

(Figura 4) Producción de leche por municipio



Situación de la brucelosis bovina en los Altos de Jalisco

En el Estado de Jalisco en el 2009 la prevalencia oficial estimada por la Comisión Estatal para el Control y Erradicación de La Tuberculosis y Brucelosis Bovina (COEETB) reportó que la zoonosis fue de 1.82 por cada 100 animales.

En particular, la ganadería lechera en la región de los Altos Sur en Jalisco está considerada gravemente afectada, debido a que registra una prevalencia de 3.16%. Presumiblemente, dicha situación se relaciona a una multicausalidad que incluye aspectos logísticos en la implementación de la campaña de vacunación, así como aspectos económicos de la región y percepciones sociales y actitudes del productor mismo.

A nivel federal la brucelosis en animales está regulada por la norma oficial vigente NOM-041-ZOO-1995 (SAGARPA 2012), en la cual se establece acerca del diagnóstico de la enfermedad lo siguiente: "El diagnóstico de brucelosis en bovinos, caprinos, ovinos y porcinos, se debe realizar en los laboratorios aprobados por la Secretaría, con muestras de suero sanguíneo, leche, líquidos corporales y muestras de tejidos, mediante pruebas inmunológicas, estudios bacteriológicos u otros que sean autorizados por la Secretaría". En este mismo documento se estipula que las pruebas inmunológicas establecidas que debe realizar el personal oficial o aprobado son: a) la prueba para especies lisas (*Brucella abortus*), b) la prueba de tarjeta, c) la prueba de rivanol, d) la prueba de fijación del complemento y e) la prueba de anillo en leche.

Y prosigue: "*La pruebas de tarjeta y de anillo en leche podrán ser realizadas por un Médico Veterinario oficial o aprobado, o bien, por un laboratorio aprobado. Las pruebas de rivanol, fijación del complemento e inmunodifusión doble, deberán ser realizadas por un*

laboratorio aprobado. Los Médicos Veterinarios aprobados que apliquen la prueba de tarjeta en campo y los laboratorios aprobados deben pasar pruebas de aptitud, tener la infraestructura mínima necesaria que garantice la correcta realización de la prueba y llevar registro tanto de todas las pruebas que realicen, como de los reactivos utilizados.”
(SAGARPA 2012)

IMPORTANCIA DEL TEMA

Sobre éste tema en epidemiología, se sabe, que en mayor o menor grado todos los diagnósticos son falibles, por ello es necesario determinar su “validez” para inferir de manera precisa el estado real de la salud en una población. La validez de una prueba es definida como la capacidad de la misma para distinguir entre quien tiene la enfermedad y quien no la tiene y así lograr un diagnóstico preciso (NOM-041-ZOO-1995). La validez se compone de la sensibilidad y especificidad y se comparan con el estándar de oro. El estándar de oro es una fuente externa de “verdad” con respecto al estatus de enfermedad de cada individuo en la población. En éste estudio la prueba de estándar de oro utilizada será PCR que por sus siglas significa reacción en cadena de polimerasa.

Para conocer si la prueba empleada tiene validez, es decir, que realmente detecte los casos de los no casos en una población, es necesario que tenga una alta sensibilidad y especificidad (Gordis, 2005). La sensibilidad de una prueba se define como la capacidad de identificar correctamente a aquellos que tienen la enfermedad. Es decir es la proporción de las personas enfermas que son denominadas "correctamente positivas" por la prueba (verdaderos positivos). Por otra parte, la especificidad de la prueba se define como la capacidad de la prueba de identificar correctamente a aquellos que no tienen la enfermedad.

La proporción de personas que no tienen la enfermedad que son llamadas "correctamente negativas" por la prueba.

Además de lo anterior, resulta necesario conocer el valor predictivo positivo y negativo de la misma. Éstos son parámetros que indican la capacidad de un ensayo de diferenciar entre muestras positivas y negativas (Gordis, 2005). El valor predictivo positivo se define como la proporción de pacientes que son identificados como positivos por la prueba que realmente tienen la enfermedad. En tanto que el valor predictivo negativo se refiere a la proporción de pacientes identificados como negativos que realmente no tienen la enfermedad.

Valor predictivo de una prueba

Aquí hay que partir de algunas preguntas ¿qué tan firme es la prueba para identificar a pacientes con la enfermedad y sin la enfermedad? Esto es un punto importante, particularmente en poblaciones libres de la enfermedad. Si analiza una población se debe saber qué proporción de la población que tiene la enfermedad estará correctamente identificada. Esta es una importante consideración de salud pública. En el ambiente clínico, sin embargo, otra pregunta debe ser importante para los médicos: si los resultados de la prueba son positivos en estos pacientes, ¿cuál es la probabilidad de que este paciente tenga la enfermedad? Esto es llamado el valor predictivo positivo de la prueba (Altman, 1994). Para calcular el valor predictivo se divide el número de verdaderos positivos por el número total de quienes resultaron positivos (verdaderos positivos + falso positivos). Una pregunta paralela puede hacerse con relación a la prueba negativa: ¿si el resultado de la prueba es negativo, cuál es la probabilidad de que esos pacientes no tengan la enfermedad? Esto es

llamado el valor predictivo negativo de la prueba. Este se calcula dividiendo el número de verdaderos negativos entre todos aquellos que resultaron negativos (verdaderos negativos + falsos negativos; Argimon, 2005).

Pruebas de repetición

Por otra parte, hay que considerar que si el resultado de una prueba no puede ser reproducido, el valor y la utilidad de la prueba son mínimos (Burgueño, 1995). Los factores que contribuyen a la variación entre los resultados de la prueba son: variación intrasujetos (variaciones dentro de sujetos individuales), y variación intraobservador (variación entre aquellos que interpretan los resultados de la prueba).

Variación intra-sujeto: Son las variaciones obtenidas en la medición de algunas características humanas, frecuentemente varían en el tiempo durante un corto período (Cabello, 1997). Las variaciones pueden ser considerables tanto como las condiciones bajo las cuales ciertas pruebas fueron conducidas; por lo tanto, en la evaluación de cualquier resultado, es importante considerar las condiciones bajo las cuales la prueba fue desarrollada, incluyendo la hora del día.

Variación inter-observador: Dos examinadores frecuentemente no derivan en el mismo resultado (Cabello, 1997). Las variaciones en las cuales los observadores están de acuerdo o en desacuerdo incluyen los exámenes físicos, las pruebas de laboratorio, u otras relacionadas con características humanas. Se deben expresar los límites de las coincidencias en términos cuantitativos.

Porcentaje de acuerdo total: Los observadores son instruidos a categorizar cada prueba dentro de un resultado de un cierto número de categorías (Sandler, 1980; Morrison 1992). Para calcular el porcentaje de acuerdo total, se suman las celdas donde se lee el grado de acuerdo, se divide esa suma entre la suma de todos los reactivos de acuerdo y se multiplica el resultado por 100 para obtener un porcentaje.

En este estudio se busca determinar la validez de las pruebas: aglutinación por rosa de bengala y la confirmatoria de rivanol usadas de manera rutinaria para el diagnóstico oficial de brucelosis bovina en animales localizados en la región de los Altos de Jalisco, teniendo como prueba estándar de oro “PCR”.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio se incluyó una muestra de 299 animales, localizados en siete establos familiares del municipio de Tepatitlán en la porción que hoy es el municipio de San Ignacio Cerro Gordo, Jalisco. Los establos fueron seleccionados por conveniencia de un padrón de 56 establos. Para determinar algunos de los factores asociados a la prevalencia de la brucelosis bovina en cada uno de los hatos muestreados se aplicó un cuestionario al productor o al encargado. En este cuestionario se incluyeron preguntas relacionadas al manejo, la participación en campañas oficiales, las medidas de bioseguridad y las medidas de prevención implementadas en la explotación; Posteriormente se obtuvieron sueros sanguíneos de todos los animales del establo.

Cada una de estas muestras de suero sanguíneo fue analizada simultáneamente, primero por la prueba de aglutinación por rosa de bengala, segundo por rivanol, ambas bajo las características de análisis requeridas en la norma oficial mexicana NOM-041-ZOO-1995.

El criterio de positividad para rivanol fue la aglutinación a una concentración de 1:400 y tercero por PCR.

Extracción de ADN. La extracción de ADN de acuerdo al protocolo propuesto por Romero y López (1999) el consistió en tomar un mililitro de la muestra, centrifugarla y obtener un pellet, el cual fue resuspendido en 1 mL de buffer TE (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH. 8.0) y lizados por la incubación con 200 µg de lisozima y SDS 1%. Luego, se indujo una digestión con 500 µg de proteinasa K a 65°C durante una hora. Se mezcló con 1 volumen de fenol-cloroformo-álcohol isoamílico (25:24:1) durante 5 minutos a temperatura ambiente y centrifugado a 10,000 rpm por 10 minutos. El sobrenadante fue colectado y el DNA fue precipitado con una solución 0.3 M de acetato de sodio y etanol absoluto frío. El DNA se resuspendió en 100 µL de TE.

Cuantificación por espectrofotometría. El ADN bacteriano se cuantifica en un espectrofotómetro de luz ultravioleta a una longitud de onda de 260 nm y posteriormente se revisa la presencia del ADN por electroforesis en un gel de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio (Sanguinetti, 1994; Williams, 2000). La cuantificación se hace adicionando un microlitro de la muestra a una celda con agua destilada, se homogeniza la muestra y se introduce en la cámara de lectura dando cinco segundos para la estabilización de la muestra y por último se registra la lectura del equipo. Antes del análisis de las muestras se calibra el equipo con un blanco de agua destilada.

Estandarización de la PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa). Para la estandarización de la PCR se usó como control positivo el ADN de *Brucella abortus* proveniente de la vacuna CEPA 19.

Para cada protocolo de amplificación de ADN se realizaron curvas de calibración a diferentes concentraciones de cloruro de magnesio ($MgCl_2$), con el fin de optimizar el uso de la PCR. Se emplearon cuatro concentraciones de 1.5 a 5.5 mM, con incrementos de 0.5 mM.

Condiciones de la PCR para la Identificación de Brucella abortus. Se prepararon mezclas de reacción de acuerdo al método reportado por Romero (1995). La composición fue la siguiente: 2.5 μM de $MgCl_2$, 200 μM de cada desoxirribonucleotido trifosfatado, 0.4 μM de cada oligonucleótido (Tabla 1) y 2.5 U de taq DNA polimerasa (Invitrogen, LTC) en 1X de buffer para PCR (50 mM KCl, 3.0 mM $MgCl_2$, 20 mM Tris-HCl). En otro tubo se adicionan 5 μL de ADN (50 ng) y 45 μL de mezcla de reacción. Los tubos de PCR se pasaron a un termociclador (Techne, BSL) y fueron calentadas a 95° C por 5 minutos, y sometidos a 35 ciclos de desnaturalización a 94° C por 30 segundos, una alineación a 54° C por 90 segundos y extensión de 72° C por 90 segundos, seguidos de una extensión final a 72° C por 6 minutos. El volumen final se ajustó a 25 μL .

Electroforesis. Los genes amplificados en las PCR fueron visualizados por electroforesis en gel de agarosa al 1% teñidos con bromuro de etidio. Se observó la banda de amplificación en un transluminador de luz ultravioleta (UVP, LLC) a 260 nm en presencia de un marcador de pares de bases que servirá para determinar el tamaño del fragmento amplificado.

Los resultados de cada animal fueron comparados y con ellos se generó una base de datos la cual fue analizada con el programa estadístico SPSS.

Figura 5. Secuencia de oligonucleótidos utilizados en la PCR para la amplificación de *Brucella spp*

Oligonucleótidos	Secuencia (5' a 3')	Gen blanco	Tamaño esperado (bp)
F4	TCG AGC GCC CGC AAG GGG	Brucell a16 S	905
R2	AAC CAT AGT GTC TCC AC AA	rRNA	

Fuente: Romero y colaboradores, 1995.

RESULTADOS Y DISCUSION

La prevalencia bruta de brucelosis en los establos estimada empleando las pruebas de rosa de bengala y de rivanol correspondió a 23.7 y 12.2 por cada 100 animales, respectivamente (Figura 1 y Tabla 1). Sin embargo, la variabilidad de la prevalencia entre establos por cada tipo de prueba resultó ser muy importante. Así pues, se obtuvieron rangos para el primer y segundo caso de 15.9 a 31.3 y 1.5 a 25 por cada 100 animales, respectivamente.

Los resultados de la determinación de la validez para el diagnóstico de los 329 animales probados fueron los siguientes: 78 animales (23.7%) resultaron positivos empleando la técnica de aglutinación rosa de bengala y 40 (12.2%) la de rivanol. Para la prueba de rosa de bengala, la sensibilidad fue del 97.5% (IC 95%; 92.66-100.00), la

especificidad del 86.51% (IC 95%; 82.57-90.44), el valor predictivo positivo del 50.00% (IC 95%; 38.90- 61.10), y el valor predictivo negativo del 99.60% (IC 95%; 98.82- 100).

La determinación de la validez de la prueba estándar de oro (PCR), indicó una sensibilidad del 100%, con un intervalo de confianza del 95%, una especificidad del 53.24% (IC 95%; 49.30-57.17%), el valor predictivo positivo del 12.16% (IC 95%; 8.63-15.69), y el valor predictivo negativo del 100% (IC 95%; 100-100).

CONCLUSIONES

En la epizootiología, el criterio para seleccionar la prueba diagnóstica más eficaz, obedece a discernimientos muy variados que van desde el costo y la capacidad volumétrica de los análisis, hasta la facilidad para acceder a tecnología de punta, entre muchos otros factores. Sin embargo, cualquiera que sea la prueba diagnóstica seleccionada, la probabilidad de que el resultado sea fallido existe en mayor o menor grado. Por tal motivo, es necesario determinar su validez y de esa manera poder inferir la situación de salud de una población de manera acertada.

Las implicaciones de esta inferencia, certera o no, varían en magnitud e importancia en momentos críticos en el control de la enfermedad que se esté diagnosticando, en el caso específico de la brucelosis bovina un diagnóstico certero es medular para evitar el probable contagio entre los animales expuestos. Por ello, resulta de vital importancia implementar pruebas válidas y precisas para lograr un diagnóstico certero.

En este trabajo como punto a resaltar se observó una gran variabilidad en la prevalencia bruta de brucelosis entre establos, independientemente del tipo de prueba. Ésta

situación puede ser el reflejo de las condiciones de bioseguridad implementadas, aún cuando ésta situación no afecta la validez de los diagnósticos en los animales.

Finalmente, el grado de incertidumbre en los animales probados con respecto a la especificidad de la prueba de rosa de bengala es del 13%. Es decir, que trece de cada 100 animales diagnosticados como negativos realmente no lo son, lo cual representa un riesgo de contagio al resto de la manada por el posible foco de contagio que puedan representar.

Referencias

1. Altman, G. y M. Bland, (1994). "Statistics Notes: Diagnostic tests 1: sensitivity and specificity" en *Revista BMJ* [en línea] Vol. 308 No. 6943. Junio 1994, London, disponible en: http://www.cchil.org/hospitalmedicine/images/resources/052312-030104pm-04990_00to60.pdf [accesado el 15 junio 2012].
2. Argimon, J. y J. Jiménez, (2005) *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. 4ta edición, Editado por ELSEVIER. Barcelona / Harcourt.
3. Berry, I., Shanklin, M, y H. Johnson, (1964). "Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity" en *Revista American Society of Agricultural and Biological Engineers* [en línea] Vol. 7 Núm 3. 1964, St. Joseph Michigan, disponible en: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=40772&t=2&redir=&redirType=> [accesado el 12 junio 2012]
4. Burgueño, M., García Bastos, J. y J. González Buitrago, (1995). "Las curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas" en *Revista Medicina Clínica* [en línea] Vol. 104 Num. 17. Mayo 1995, Salamanca, disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7623495> [accesado el 13 junio 2012]
5. Cabello López, J. y F. Pozo Rodríguez, (1997). "Estudios de evaluación de las pruebas diagnósticas en cardiología" en *Revista Española de Cardiología* [en línea] Vol. 50 Núm. 7. Julio 1997, España, disponible en <http://www.revespcardiol.org/es/vol-50-num-7/sumario/31> [accesado el 20 junio 2012]

6. Corbel, M., (1997). "Brucellosis: an overview" en Jerusalem, Israel. *1st International Conference on Emerging Zoonoses*, Junio 1997, en Jerusalem, Israel / in PMC Emerge Infect Disease / pp.213-221.
7. Gándara, B., López, A., Rigel, M. y E. Martínez-Romero, (2001). "Limited genetic diversity of *Brucella* spp en *Revista Journal Clinical Microbiology* [en línea] Vol. 39 Num. 1. January 2001, USA, US National Library of Medicine National Institutes of Health Limited, disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC87708/> [accesado el 20 junio 2012]
8. Gonzalez, C., Wang, O., Strutz, S., Sánchez, V., Sarkar S, (2010). "Climate change and risk of Leishmaniasis in North America: Predictions from ecological niche models of vector and reservoir species" en *Revista Plos Negl Trop Dis* [en línea] Vol. 4 Núm. 1. January 2010, Universidad Nacional Autónoma de México, disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20098495> [accesado el 3 junio 2012]
9. Johnson, HD., (1994). *Handbook of agricultural meteorology*. Edición de John F. Griffiths. Oxford University Press. New York.
10. Kadzere, C., Murphy, M., Silanikove N., y E. Maltz, (2002). "Heat stress in lactating dairy cows: a review" en *ELSEVIER* [en línea] Vol. 77. 2002, Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, disponible en: [www.elsevier.com/locate / livprodsci](http://www.elsevier.com/locate/livprodsci) [accesado el 3 junio 2012]
11. León, G., (2005) *Diseños de estudios en epidemiología: Epidemiología*. 3ra edición por Elsevier. España.
- Moreno, E., Moriyón, I., (2002). "Brucella melitensis: a nasty bug with hidden credentials for virulence" en *Revista Proceedings of the National Academy of Sciences*

- of the United States of America [en línea] Vol. 99. No. 1. January 2002, Pamplona, Spain, disponible en: <http://www.pnas.org> [accesado el 25 junio 2012]
12. Morrison, AS., (1992). *Screening in Chronic disease*. 2da edition Oxford University Press, California.
13. NOM-041-ZOO-1995 SAGARPA. (1996). “Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales” en el Diario Oficial de la Federación el 20 de agosto de 1996, una Aclaración el 20 enero de 1997 y su Modificación el 6 de febrero de 2004. [en línea]. Disponible en: www.dof.gob.mx [accesado el 25 junio 2012]
14. Orduña, A. et al; (2002). *Manual de Brucelosis*. 1ra edición por Rodriguez Torres. Zamora, España. Editorial Dirección General de Salud Pública junta de Castilla y León.
15. Romero, C., Gamazo, C., Pardo, M., y I. Lopez-Goni, (1995). “Specific detection of Brucella DNA by PCR” en *Revista American Society for Microbiology* [en línea] No. 33:615-7. 1995 Pamplona, Spain, disponible en: <http://jcm.asm.org/content/33/3/615> [accesado el 3 junio 2012]
16. Romero, C., y I, Lopez-Goñi., (1999). “Improved Method for Purification of Bacterial DNA from Bovine Milk for Detection of Brucella spp. by PCR” en *Revista American Society for Microbiology* [en línea] Vol. 65 No. 8 Mayo 1999, Pamplona, Spain disponible en: <http://aem.asm.org/content/65/8/3735.full.pdf+html> [accesado el 4 junio 2012]
17. Sandler, G., (1890). “The importance of the history in the medical clinic and the cost of unnecessary test” en *Revista American Health Journal* [en línea] Vol. 100. No. 6, Diciembre 1980, Barnsley, England disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7446394> [accesado el 4 junio 2012]

18. Sanguinetti, J. C., Díaz, N. E., y A. J, Simpson (1994). "Rapid silver strain and recovery of PCR products separated on polyacrylamide gels" en *Revista Europe PubMed Central* [en línea] Vol. 17 No. 5. 1994, Brazil, disponible en: <http://europepmc.org/> [accesado el 18 junio 2012]
19. Torres, R., y J. Jayat, (2010). "Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina" en *Revista Scielo* [en línea] Vol. 17 No. 2, Diciembre 2010, Argentina, disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832010000200008 [accesado el 15 junio 2012]
20. Williams, P. K., Yamashiro, T. C. Livak, K. J., y C.A, Batt., (1996). "A PCR-based Assay for the Detecction of Escherichia coli Shiga Like Toxin Genes in Ground Beef" en *Revista Applied and Enviromental Microbiology* [en línea] Vol. 62 No. 4 Abril 1996, USA disponible en: <http://aem.asm.org/content/62/4/1347> [accesado el 23 junio 2012]

CAPITULO 2

PREVALENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN LA REGIÓN DE PRODUCCIÓN LECHERA DE JALISCO, MÉXICO

Resumen—Este estudio reporta factores asociados a la prevalencia de brucelosis en bovinos lecheros determinados en 107 establos por tarjeta de aglutinación rosa de bengala. De acuerdo a regresiones de Poisson, la razón de prevalencia (RP) ajustada a la zonas de Alta Producción Láctea (APL) resulto ser 6.8 mayor que aquella ajustada a la zona de Baja Producción Láctea (BPL; $4.78 \leq IC95\% \leq 9.78$). Los factores de riesgo o protección asociados fueron: recibir o no atención veterinaria (RP=1.81; $1.42 \leq IC95\% \leq 2.31$); producción estabulada vs extensiva (RP=2; $1.88 \leq IC95\% \leq 2.97$), evitar o no la lactancia natural (RP=0.25; $0.18 \leq IC95\% \leq 0.34$), e introducir animales sanos o no (RP=0.38; $0.30 \leq IC95\% \leq 0.47$).

INTRODUCCIÓN

La brucelosis bovina es una grave zoonosis que afecta la ganadería lechera de países con bajos recursos económicos a nivel mundial [1], y ocasiona enormes pérdidas a la industria pecuaria de manera directa, debido a incrementos en los costos de producción de la leche [2]. *Brucella abortus* es el agente causal de la brucelosis bovina. Así pues, la gravedad de esta zoonosis incurre en un riesgo a la salud de las personas que trabajan o consumen productos no pasteurizados provenientes de animales infectados, [3] además de un período de convalecencia prologando y los elevados costos del tratamiento en los seres humanos [4].

La brucelosis bovina es una zoonosis global, pues se manifiesta en Europa, en el oeste de Asia, en algunas zonas de África y en toda América [1]. La brucelosis se encuentra en varios países de Sudamérica de forma endémica [5], por lo cual resulta un problema sanitario importante.

En México, la brucelosis es especialmente prevalente en las zonas agrícolas del norte y centro [6] [16]. Al afectar primordialmente a la población económicamente activa, se genera un impacto en la micro y macroeconomía [6] A nivel federal, la brucelosis en animales está regulada por la norma oficial vigente NOM-041-ZOO-1995 [7].

Brucelosis bovina en Jalisco

En el Estado de Jalisco en el 2009 la prevalencia oficial estimada por la Comisión Estatal para el Control y Erradicación de La Tuberculosis y Brucelosis Bovina (COEETB) reportó que la zoonosis fue de 1.82 por cada 100 animales. [8]

En particular, la ganadería lechera en las regiones de los Altos, Centro y Ciénega de Jalisco están consideradas gravemente afectadas, debido a que registran una prevalencia alrededor del 3.16% [8]. Se ha reportado que dicha situación es de carácter multicausal; esto es, que en ella influyen aspectos logísticos, de implementación en la campaña de vacunación, así como aspectos económicos, percepciones sociales y actitudes del productor mismo [2].

Con el fin de estudiar los factores que afectan la prevalencia de la brucelosis bovina, se integraron los determinantes siguientes:

- (i) La percepción que el productor tiene en relación a la brucelosis bovina y como ésta repercute en las tasas prevalentes de la enfermedad en su ganado;

- (ii) La sensibilización del productor para permitir que el veterinario aprobado diagnostique a tiempo la enfermedad en su ganado, lo que a su vez representa la única herramienta para minimizar las consecuencias de la misma;
- (iii) Las características productivas y de manejo de los animales y, finalmente,
- (iv) Algunas determinantes socioeconómicas y un proxy del nivel de tecnificación con el que se cuenta en estas ganaderías familiares.

TRABAJOS RELACIONADOS

En la población de Punjab, India; Dhand y colaboradores [9], estudiaron la epidemiología de la brucelosis empleando el programa informático de muestreo denominado 'Survey Toolbox'. Dhand y colaboradores estimaron valores de prevalencia general de brucelosis en la población de hasta 12,09%. En búfalos y bovinos las tasas de prevalencia fueron de 13,4% y 9,9% respectivamente. Además de que ejemplares con antecedentes de aborto mostraron índices de seroprevalencia de brucelosis significativamente mayor comparado con el resto de los animales.

En otro estudio independiente, Muma y colaboradores [10] analizaron el riesgo individual asociado con la prevalencia de brucelosis en ganado bovino. Las ovejas se encontraban en tres áreas compartidas con fauna silvestre. Muma y colaboradores reportaron índices de seroprevalencia entre 14 y 28%, adjudicado a prácticas de pastoreo locales, trashumante y en la ribera del río; en tanto que la historia de abortos se asoció significativamente a la prevalencia de brucelosis.

Finalmente, Moreno y colaboradores [11] determinaron que la seroprevalencia de brucelosis bovina en el municipio de Tijuana, Baja California, México, alcanzo índices de hasta 7.7%, atribuido a factores de riesgo como los son: la no remoción de desechos de abortos y de

partos de los bovinos; la presencia de perros en la unidad de producción; así como la ordeña de animales reactivos junto con los sanos.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un estudio transversal [13] entre enero y diciembre del 2012 para determinar la posible asociación entre algunas características productivas y prácticas zootécnicas con la prevalencia de la brucelosis bovina en el estado de Jalisco.

El tamaño de muestra se determinó con la fórmula de datos globales (1) considerando una prevalencia de hato del 5%, un margen de error del 3% y un nivel de confianza del 95% [14].

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q} \quad (1)$$

El total de la muestra (n = 106 establos) se dividió en dos zonas lecheras: de alta producción (Altos Norte, Altos Sur, Centro y Ciénega) y la de baja producción (Costa Norte, Costa Sur, Norte, Sierra Occidental, Sierra De Amula, Sur, Sureste Y Valles).

El número de establos participantes por zona se decidió con base en la distribución del inventario ganadero de la delegación estatal de la SAGARPA [15]. Asimismo, como criterio de inclusión se requirió que las unidades de producción tuvieran diagnósticos oficiales de brucelosis del año 2011 o 2012

Para determinar algunos de los factores asociados a la prevalencia de la brucelosis bovina a cada uno de los productores participantes se aplicó un cuestionario que incluía preguntas relacionadas al manejo, medidas de bioseguridad y medidas de prevención implementadas en la unidad de producción.

La prevalencia de brucelosis se obtuvo de los dictámenes de prueba en tarjeta por el Método de Aglutinación Rosa de Bengala de la Campaña de La Comisión Estatal para la Erradicación de la Tuberculosis Bovina y Brucelosis del Estado de Jalisco que previamente tenían las explotaciones participantes [8].

El análisis estadístico consistió primeramente en una descripción de la información a través de cuadros de frecuencia y promedios, dependiendo del tipo de variable. Posteriormente se realizó un análisis de regresión de Poisson [17] [18], a fin de determinar la posible asociación entre diferentes factores y prevalencia de brucelosis bovina [19]. El nivel de asociación de cada una de las variables explicativas y la variable de respuesta se determinó a partir de un análisis bi-variado. Las variables con un valor de $p \leq 0.20$ fueron incorporadas a un modelo multivariado de regresión de Poisson. [19].

RESULTADOS

Se incluyeron 107 establos lecheros de tipo familiar. De ellos, 90 establos pertenecieron a las regiones de mayor producción (84% de la muestra) con 19,890 animales probados para brucelosis y con una prevalencia media de 0.07; y, 17 de las regiones de menor producción (16% de la muestra) con 3205 animales probados y con una prevalencia media de 0.02. (Tabla 1).

El tamaño medio de los hatos lecheros fue de 215 animales. Se encontró que las unidades de producción ganaderas que participaron en el estudio tenían una antigüedad promedio de más de 15 años, 60% de ellos con enfoque de negocio y 30% de actividad por tradición.

El 70 % de las unidades de producción lechera manifestaron que no contaban con tecnología para producir, al contar únicamente con ordeñadora mecánica y un tanque de refrigeración.

En relación a la movilización de animales, se encontró que en ambas zonas cerca del 80% de las ganaderías no permite la entrada de animales nuevos. Además, los ganaderos que refirieron que sí ingresan animales, comentaron que cerca del 50% compran bovinos de hatos sin certificado de "*libre de brucelosis*".

La convivencia con otras especies depende del tipo de explotación. En caso del ganado lechero, el 80% está estabulado y el 20% restante pastorea en praderas. En este sentido, el 75% de los ganaderos dijeron que sus animales no tenían ningún contacto con fauna silvestre, situación reportado como de riesgo por Gammel y colaboradores [12]; y el 18 % dijo que en ocasiones tenían contacto con armadillos, tlacuaches o zorrillos. La anterior situación está referida como práctica de riesgo por Schneider y colaboradores [3]

En cuanto la práctica médica, en general, se detectó que en la zona de alta producción, únicamente el 40 % de las ganaderías cuentan con asesoría de un Médico Veterinario de manera rutinaria; mientras que el resto solo lo requieren en casos de emergencia. En contraste, en la zona de baja producción, únicamente el 5% cuenta con supervisión de un Médico Veterinario de forma rutinaria y el 56 % solicita la asesoría veterinaria solo en caso de emergencias. Aquí cabe señalar que en ambas zonas de producción la brucelosis no se considera emergente.

En relación a las prácticas de manejo, se observó que cerca de la mitad de los ganaderos de la región de alta producción no segrega a las becerras de las vacas diagnosticadas como positivas a brucelosis, a diferencia de la región de menor producción donde cerca del 70 % manifestó que si las segrega. También se observó que el 55% de los

ganaderos de las regiones de mayor producción permiten la lactancia natural restringida para la cría de las becerras y el 36% utilizan preferentemente sustitutos lácteos. En las regiones de menor producción, el 78% aún utiliza la monta natural, a diferencia de las regiones de las de mayor producción con 43% y el 47% utilizan inseminación artificial y el trasplante de embriones solo lo utilizan el 9% de los encuestados para cargar a sus vacas.

En relación a la percepción del ganadero sobre la brucelosis, 90% de los productores encuestados manifestaron saber que la brucelosis afecta al humano, mientras que el 40% ni siquiera sabía que afectaba a otras especies.

En la zona de alta producción, cerca del 60% de los ganaderos entrevistados percibe pérdidas económicas y productivas asociadas a la enfermedad. Casi el 79% de los ganaderos entrevistados reconocen los signos más importantes de la enfermedad en su ganado como son los abortos; el 88% dijo que sabía que los animales que eran diagnosticados positivos debían desecharse, más aun, cerca del 95% de los ganaderos entrevistados dijeron no haber eliminado animales por brucelosis. El 77% de los ganaderos entrevistados refirieron no contar con una solución real o accesible para controlar la enfermedad; de igual forma dijeron no percibir a la brucelosis como un problema dentro de su unidad de producción.

En el análisis multivariado las razones de prevalencia de riesgo demostraron que las regiones de mayor producción de leche tiene una prevalencia 7 veces mayor que las regiones de menor producción. El ganado estabulado mostró una prevalencia 2 veces mayor que de las unidades de producción lechera de tipo extensivas. Las unidades de producción lechera que no tienen atención de un médico veterinario de manera rutinaria mostraron una prevalencia 2 veces mayor que las que sí la tienen. (Tabla 2).

Las razones de prevalencia protectoras que se obtuvieron en el modelo multivariado son las siguientes:

- (i) Los establos medianamente tecnificados mostraron una prevalencia 5 veces menor ($0.17 \leq IC95\% \leq 0.28$) con respecto a aquellos altamente tecnificados;
- (ii) Con relación a la forma de crianza de las becerras, en aquellas unidades de producción en donde no se permite la lactancia materna se obtuvo una prevalencia 4 veces menor que las que si se permite; ($0.18 \leq IC95\% \leq 0.34$);
- (iii) Respecto a las prácticas zootécnicas, los valores de RP obtenidos indicaron una prevalencia 3 veces menor para animales que pastorean con respecto a aquellos que no lo hacen;
- (iv) Por último, el ganado con certificado negativo de brucelosis mostró una prevalencia 3 veces menor ($0.30 \leq IC95\% \leq 0.47$) con respecto a aquel con estatus de salud desconocido. (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados indicaron que son varios los factores que inciden causalmente en la prevalencia de la brucelosis bovina en Jalisco (Tablas 2 y 3)

(i). La prevalencia presentó variabilidad de acuerdo a la localización geográfica de las regiones, situación ligada al tipo de ganado. Las zonas de mayor prevalencia presentaron ganado alto productor de leche, para el que es sabido que las condiciones de explotación, hacinamiento, manejo frecuente y estrés favorecen la diseminación de la enfermedad [1].

(ii) La lactancia natural del becerro se asoció positivamente a la prevalencia de la

brucelosis. Esta asociación concuerda con el postulado de que aunque se considera una ruta de contagio poco importante, la infección a través de la leche ocurre con frecuencia. [1]

(iii) Así mismo, la influencia del pastoreo del ganado en agostaderos puede estar asociada a la presencia de fauna silvestre como reservorio. Sin embargo, en la actualidad no existen reportes de que la fauna silvestre tenga un papel epidemiológico de importancia en la diseminación de la enfermedad en México, como lo es en otros países como Zambia [10].

(iv) La displicencia y una actitud negativa del ganadero respecto a la brucelosis, así como la falta de reconocimiento de pérdidas económicas debidas a la enfermedad, influyeron sobre la prevalencia de la enfermedad en el hato. La producción prescindió de medidas de bioseguridad para prevenir la enfermedad, favoreciendo su diseminación. De igual forma, se requiere de mayores esfuerzos para la sensibilización del productor sobre el impacto de la enfermedad en la producción y del riesgo que ésta representa para la salud pública.

(v) El análisis ajustado de los factores asociados arrojó asociaciones que se interpretaron como una disminución de la prevalencia de la enfermedad. Las ganaderías con un mayor número de animales, de 55 a 125, mostraron menor prevalencia comparado con aquellos que cuentan con 50 animales o menos. Los resultados se atribuyeron a un menor grado de tecnificación y/o a un menor interés por parte del productor por el ganado, y ser productor de leche por razones de tradición que de negocio.

(vi) La segregación o separación de los animales brucelosos y el pastoreo del ganado en praderas introducidas también se asociaron con una menor prevalencia. Los resultados obtenidos confirmaron que prácticas simples de manejo pueden ayudar a reducir la prevalencia de la enfermedad en las explotaciones.

(vii) En relación a las implicaciones en salud pública, se observó que aproximadamente el 10% de los ganaderos refirieron conocer a alguna persona cercana que

padeciera brucelosis y que pudiera estar en contacto con animales brucelosos. Estas observaciones resultaron ser consistentes con investigaciones que indican que la brucelosis humana puede ser adquirida en el lugar laboral debido a contacto entre trabajadores que se encuentran en contacto directo con animales positivos [3].

Los resultados presentados en este estudio fueron de tipo transversal. Se consideró la evaluación de factores determinantes. En este estudio no se consideraron los efectos temporales en la prevalencia. Finalmente, los resultados presentados en las Tablas 2 y 3 se refieren a la asociación entre los posibles factores asociados y la prevalencia de la enfermedad por unidad de producción.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que existe una asociación entre el modo de producción lechero, mostrando más enfermedad en ganado estabulado procedente de unidades de producción con el nivel de tecnificación medio, así como la práctica de la lactancia natural, y el pastoreo;

Los resultados también muestran que son factores causales la ignorancia del productor acerca de la importancia de la enfermedad y su impacto, así como el desconocimiento de las medidas restrictivas en la movilización de animales afectados con la prevalencia de brucelosis.

En contraparte, otros factores, como el de contar con asesoría de un Médico Veterinario, interés del productor por saber más sobre la enfermedad, la no presencia de fauna silvestre en el hato, la introducción de animales libre de brucelosis, la segregación de animales reactivos y la implementación de medidas generales de bioseguridad mostraron tener un efecto protector contra la brucelosis bovina.

Los resultados del presente estudio plantean la necesidad de sensibilizar al productor sobre el impacto negativo de la enfermedad en el hato y el riesgo que la enfermedad representa para la salud pública.

Tablas

TABLA 1 PREVALENCIA DE BRUCELOSIS BOVINA EN LAS GANADERÍAS PARTICIPANTES POR ZONIFICACIÓN DE ACUERDO A LAS REGIONES DE JALISCO.

Producción láctea por municipio	Regiones ^a	Número de Ganaderías participantes	Número de animales probados	Prevalencia media de la zona ^b	Prevalencia Máxima encontrada en la zona ^c
Mayor producción* (mayor a 10,000 ton en 2012)	Altos Norte	13	2461	0.01	0.10
	Altos Sur	49	9588	0.08	0.31
	Centro	15	2546	0.08	0.23
	Ciénega	13	5295	0.06	0.22
Prevalencia media de las regiones de mayor producción		90	19890	0.07	0.31

Menor producción* (menor a 10,000 ton en 2012)	Costa Norte	6	865	0.05	0.32
	Costa Sur	3	501	0.00	0.00
	Norte	1	475	0.00	0.00
	Sierra Occidental	2	567	0.00	0.00
	Sierra de Amula	2	228	0.00	0.00
	Sur	0	0	0.00	0.00
	Sureste	2	419	0.00	0.00
	Valles	1	150	0.00	0.00
Prevalencia media de las		17	3205	0.02	0.32
Total del Estado		107	23095	0.06	0.32

^a Los municipios se agregaron de acuerdo a la región a la que pertenecen.

^b La prevalencia media fue obtenida de las ganaderías participantes en la zona. Animales positivos a Brucelosis bovina en tarjeta (Método de Aglutinación Rosa de Bengala), Prueba diagnóstica oficial Mexicana (Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995).

TABLA 2 RAZONES DE PREVALENCIA DE FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A BRUCELOSIS BOVINA EN GANADERÍAS PARTICIPANTES

Variable	Categorías de la variable	Razón de Prevalencia ^a	Error estándar	Valor p	IC 95%
Atención veterinaria de rutina	a) Cuenta con atención veterinaria de rutina	1.81	0.23	0.000	1.42 2.31
	b) *No cuenta con atención veterinaria de rutina				
Modo de producción	a) Estabulado	2.16	0.25	0.000	1.72 2.71
	b) Semi-estabulado	2.37	0.28	0.000	1.88 2.97
	c) *Extensivo				
Ubicación regional basada en producción lechera	a) Regiones de mayor producción	6.83	1.25	0.000	4.78 9.78
	b) *Regiones de menor producción				

^a Regresión de Poisson multivariado ajustado por la producción láctea regional (zona de mayor producción a 10,000 toneladas de litros por municipio, comparada con la de menor producción en 2012) Fuente: SIAP, con información de la Delegación Estatal de la SAGARPA.

(www.oeidrus-jalisco.gob.mx)

*Categoría con la cual se compararon la o las demás categorías dentro de la variable

TABLA 3 RAZONES DE PREVALENCIA DE FACTORES DE PROTECCIÓN ASOCIADOS A BRUCELOSIS BOVINA EN GANADERÍAS PARTICIPANTES

Variable	Categorías de la variable	Razón de Prevalencia ^a	1/R P	Error estándar	Valor p	IC 95%
Los animales salen a pastorear	c) Pastorea	0.37	2.73	0.04	0.000	0.29 0.46
	d) *No pastorea					
Se permite la lactancia de la becerra	a) Becerras no lactan de sus madres	0.25	4.06	0.04	0.000	0.18 0.34
	b) Becerras con lactancia restringida	0.79	1.26	0.08	0.023	0.65 0.97
	c) *Lactancia natural sin restricciones					
El ganadero compra animales libres de Tb	a) Compra animales con certificado negativo TB	0.38	2.67	0.04	0.000	0.30 0.47
	b) *Desconoce el estatus de salud del animal que compra					
Nivel de tecnificació	a) Tecnificación baja	0.61	1.64	0.07	0.000	0.49 0.76
	b) Tecnificación media	0.22	4.56	0.03	0.000	0.17 0.28

n del estable	c) *Tecnificación alta					
---------------	------------------------	--	--	--	--	--

^a Regresión de Poisson multivariado ajustado por la producción láctea regional (zona de mayor producción a 10,000 toneladas de litros por municipio, comparada con la de menor producción en 2012) Fuente: SIAP, con información de la Delegación Estatal de la SAGARPA.

(www.oeidrus-jalisco.gob.mx)

*Categoría con la cual se compararon la o las demás categorías dentro de la variable

REFERENCIAS

- [1] FAO, Animal Production and Health, “*Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance*”, FAO, 2003. [en línea]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4723E/y4723E00.pdf>
- [2] A. L. Peña, C. Hernández, L. Martínez, “Asociación entre la brucelosis bovina y la Percepción y/o actitud del ganadero, en los Altos de Jalisco, México”, en *XIX Congreso Nacional de Patología Veterinaria*, México, pp.197-203, Mayo 2010.
- [3] R.Schneider, M. Diniz, M. Lunardi, A. Benetti, L.Camargo, S. Freitas, R. Lopes, D. Sampaio, “Prevalence of Brucellosis and Risk Factors associated with its transmission to slaughterhouse employees in the Cuiaba metropolitan area in the state of Mato Grosso”, *Ciências Agrárias, Londrina*, vol. 34, no.5, pp.2367-2374, 2013.
- [4] J. Serra. P. Godoy, “Incidencia, etiología y epidemiología de la brucelosis en un área rural de la provincia de Lleida,” *Revista Española de Salud Pública*, vol. 74, pp. 45-53, Enero 2000.

- [5] Baumgarten, "Brucellosis: a short review of the disease situation in Paraguay," *Veterinary Microbiology*, vol. 90, pp. 63–69, Febrero 2002.
- [6] SENASICA "Brucelosis: Situación Actual", Diciembre 201. [en línea]. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4414>
- [7] NOM-041-ZOO-1995 SAGARPA. "Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales,". *Diario Oficial de la Federación* el 20 de agosto de 1996, una Aclaración el 20 enero de 1997 y su Modificación el 6 de febrero de 2004. [en línea]. Disponible en: www.dof.gob.mx
- [8] UGRJ. "Informe de actividades 2010 de la Comisión Estatal para la Erradicación de la Tuberculosis Bovina Y Brucelosis del estado de Jalisco. A.C. México", Junio 2011. [en línea]. Disponible en: http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=60&Itemid=368
- [9] N.K. Dhand, S. Gumber, B.B. Singh, Aradhana, M.S. Bal, H. Kumar, D.R. Sharma, J. Singh, K.S. Sandhu, "A study on the Epidemiology of Brucellosis in Pujab (India) using Survey Toolbox", *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, vol.24, no. 3, pp.879-885, December 2005.
- [10] J.B. Muma, K. Samui, V. Siamudaala, "Prevalence of antibodies to *Brucella spp.* and individual risk factors of infection in traditional cattle, goats and sheep reared in livestock-wildlife interface areas of Zambia", *Tropical Animal Health and Production*, vol. 38, pp. 195-206, June 2006.
- [11] J. Moreno, T. Rentería, R. Searcy, M. Montaña, "Seroprevalencia y factores de riesgo asociados a brucelosis bovina en hatos lecheros de Tijuana, Baja California," *Técnica pecuaria México*, vol.40, no.3, pp. 243-249, Mayo 2002.

- [12] S. Gameel, S. Mohamed, A. Mustafa, S. Azwai, "Prevalence of camel brucellosis in Libya", *Tropical Animal Health and Production*, vol. 25, pp. 91-93, July 1993.
- [13] L. Gordis. *Diseños de Estudios en Epidemiología*, 3ra Ed. España: Elsevier, 2005.
- [14] W.W. Daniel, *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*, Ed. México: Limusa Wiley, 2006.
- [15] OIEDRUS "Producción de leche en Jalisco", Marzo 2014. [en línea]. Disponible en: <http://www.oiedrus-jalisco.gob.mx/boletines/produccion-leche-jalisco>
- [16] A. Salinas, B. Manrique, S.G. Sosa, "Análisis estadístico para datos de conteo: Aplicaciones para el uso de los servicios de salud," *Salud Pública de México*, vol.51, no.5, pp. 397-406, Septiembre 2009.
- [17] C. Zocchetti, D. Consonni, P. Bertazzi, "Relationship between prevalence rate ratios and odds ratios in cross-sectional studies," *International Journal of Epidemiology*, vol.26, no.1, pp. 220-223, February 1997.
- [18] L. López, J.A. Villaseñor, H. Vaquera, "Dos pruebas de bondad de ajuste para procesos de Poisson no homogéneos," *Agrociencia*, vol. 36, no.6, pp. 703-712, Noviembre 2002.
- [19] G. Coutin, J. Borges, R. Batista, A. Zambrano, P. Feal, "Métodos para la vigilancia de eventos en salud", *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol.38, no. 3, [online].2000, vol.38, n.3 [citado 2014-04-28], pp. 157-166. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156130032000000300001&lng=es&nrm=iso

CAPITULO 3

EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN O SUSTITUCIÓN DE ORDEÑA MECÁNICA Y ALMACENAMIENTO FRÍO DE LA LECHE

Resumen

El sistema de lechería familiar se caracteriza principalmente por utilizar mano de obra familiar no asalariada y presentar un nivel tecnológico de bajo a medio. El objetivo del presente estudio fue evaluar del impacto económico de la implementación de ordeñadora mecánica y almacenamiento frío de la leche, para lo cual se desarrolló un modelo económico virtual de costo beneficio de tipo determinístico entre las alternativas de emplear una ordeñadora mecánica y un tanque de enfriamiento, (denominado “leche fría”), contra el sistema de ordeña manual tradicional y almacenamiento en cántaras (“leche caliente”). Se utilizaron datos de 40 productores de leche del sistema familiar de Jalisco, los cuales entregaban la producción láctea diaria de sus establos a una empresa acopiadora; la variable de resultado evaluada fue la ganancia potencial que se obtendría por el reemplazo del sistema tradicional. Adicionalmente, se realizaron escenarios de sensibilidad univariados, para determinar la robustez de los efectos. Supuestos: el precio pagado en la acopiadora fue de \$3.98 litro de leche fría y \$3.61 para caliente. El costo del equipo de ordeña y tanque de enfriamiento fue de \$170,000 (adecuado al número medio de cabezas) mas costos de mantenimiento y vida útil de 8 años. Resultados: la media de cabezas ordeñadas fue de 60 con 20 litros diarios por cabeza, bajo éstas condiciones la implementación de éste equipo

aumenta la producción diaria media en 15% y la ganancia neta del productor por venta de leche se incrementa en 27%, lo cual amortiza la inversión en 2 años aproximadamente.

Introducción

La producción de Leche en México se desarrolla en distintos niveles de tecnología y formas de manejo, por lo que notablemente se distinguen 3 sistemas de producción: el especializado, el doble propósito y el Familiar. El sistema de lechería familiar en México contribuye con aproximadamente el 30% de la producción de leche, el estado de Jalisco es el más representativo de dicho sistema y el que aporta un mayor porcentaje (17 %) de la producción a nivel nacional. Dicho sistema de producción se caracteriza por su alta dependencia de mano de obra familiar no asalariada, un nivel tecnológico de bajo a medio, tamaño de hato de entre 10 y 90 vacas principalmente de la raza Holstein y manejo semi-estabulado(Cervantes et al 2001).

La tecnología de ordeño para vacas lecheras ha evolucionado con el paso del tiempo, en la década de los 80's, los investigadores neerlandeses comenzaron a trabajar en el desarrollo de sistemas de ordeño que no requerían ayuda humana para las actividades de ordeño de las vacas; sistemas conocidos como Robóticos o Automatizados (AMS o RMS por sus siglas en ingles) (Lind, et al; 2000).

Hay ventajas y desventajas asociadas a la adopción de AMS (Automatic Milking System) en sistemas de lechería familiares. Las diferencias importantes entre dichos sistemas y el convencional, radican principalmente en el aumento de inversión, disminución de los requisitos de trabajo y aumento de la producción y

calidad de la leche. Además demostró que los productores que ordeñaban a sus animales de manera tradicional o manual, podían manejar solo un relativo número bajo de animales. La automatización de los equipos de ordeño y el uso de bombas de vacío hacen más fácil el ordeño de las vacas. En el caso de los RMS (Robotic Milking System), también reducen el número de actividades requeridas para el ordeño de las vacas, en relación con sistemas alternativos utilizando 2 ordeños por día, lo que, en consecuencia, reduce el tiempo necesario destinado a dicha actividad. (Hyde and Engel 2002).

En un estudio realizado por (Rotz et al, 2003) concluyen que el beneficio de las AMS es logrado si un incremento substancial en producción (5 a 10%) es mantenido a través del ordeño mecánico frecuente con sistemas automáticos. Una reducción en el costo inicial de un equipo de ordeño automático o un largo incremento en el valor de las actividades de ordeño pueden mejorar el retorno neto de un sistema automatizado en relación con sistemas tradicionales de ordeño en todos los tamaños de hato.

Edman y Varner (1995), demostraron que el aumento de dos a tres ordeños diarios resulta en un aumento de la producción desde 7-8 libras por vaca por día.

El costo laboral de la mano de obra para manejar un hato de 60 vacas lecheras representa aproximadamente el 20% de los gastos de manejo del establo por año y los costos de mantenimiento de una máquina de ordeño, según la literatura citada, es el equivalente al 45% del valor de compra del equipo (Rogers, 2001).

El uso de equipos de ordeño automatizados y tanques de enfriamiento para la conservación de la leche dentro de la explotación, reducen la manipulación excesiva de la leche, lo cual redundará en una mayor inocuidad del producto. Lo

anterior se puede constatar por un mayor tiempo en la prueba de reductasa; que es una medida indirecta de la cantidad de bacterias y contaminantes que contiene la leche; la reductasa es una enzima que producen las bacterias presentes en la leche, y su concentración se mide a través del tiempo (en minutos) que tarda en reducir el azul de metileno; a mayor tiempo de reducción menor es la cantidad de bacterias y contaminantes, y mejor la calidad, por ello es que el tiempo de reductasa es un parámetro utilizado en sistemas de pago por calidad, donde a mayor tiempo, mayor pago por litro de leche. (Cervantes y soltero 2004).

Material y métodos

Se tomaron datos provenientes de una base de datos llevada en una empresa acopiadora de leche en los Altos de Jalisco a la cual entregan se producción diaria alrededor de 200 productores lecheros. La base de datos registraba las siguientes variables: identificación del ganadero, uso o no en su establo de ordeñadora mecánica y tanque de enfriamiento, número de animales ordeñados, litros entregados por día, precio pagado por litro y tiempo en minutos de reductasa de la leche al momento de entrega en la acopiadora. Se determinó el tamaño de muestra de 40 establos tomando metodología de la diferencia entre dos medias de poblaciones. Los datos de calidad registrados de 40 establos se seleccionaron aleatoriamente. La selección de la muestra definió el uso de “cadena fría” para conservación de leche, como los establos en los que se cuenta con un tanque de enfriamiento funcionando correctamente, en el cuál la leche se almacena hasta el momento de su entrega; y “cadena caliente” a los establos que almacenan la leche en cántaras (contenedores o vasijas tradicionales para almacenamiento de leche)

posterior a la ordeña manual tradicional. Por otra parte se cotizó el precio de varias ordeñadoras mecánicas y tanques de enfriamiento adecuados para optimizar el ordeño de una media de 60 animales en producción y almacenar su producción diaria entre 3 y 4 °C.

Modelo Económico: Para determinar las ventajas económicas y posible conveniencia de la implementación de sistemas automatizados de ordeño, se desarrolló un modelo económico de tipo costo beneficio de tipo determinístico, entre las alternativas de emplear el sistema de ordeña en frío comparado con el sistema de ordeña tradicional, en el cual se evaluaron los costos y los beneficios de ambas estrategias. Para el desarrollo de éste modelo se consideraron los siguientes supuestos (Tabla 1): Número vacas promedio en los establos familiares, producción media de leche por animal, costo tanque de enfriamiento, frecuencia de mantenimiento de equipo (meses), vida útil del equipo (años) y precio litro leche entregada con cadena fría; en éste estudio se denominó “leche fría”, al empleo de una ordeñadora mecánica y un tanque de enfriamiento en el establo, y cadena caliente o “leche caliente” al sistema de ordeña manual tradicional y almacenamiento en cántaras (vasijas de almacenamiento tradicional). Además se concibieron diferentes escenarios en cuanto a costo de inversión del equipo, el número de vacas en producción y el posible aumento en la productividad de las vacas (sugerido en la literatura citada). La medida de resultado evaluada fue la ganancia económica potencial que se obtendrían ocasionadas por el reemplazo del sistema tradicional. Los costos han sido reportados en pesos mexicanos al 2010. Adicionalmente, se realizaron escenarios de sensibilidad univariados, con ésta metodología se comparan los distintos

resultados de un modelo económico en función de las variaciones en las variables causales, lo que permite identificar las variables más críticas y simular escenarios bajo diferentes supuestos (Wagner, 2006) en éste caso las variables fueron costo variable del equipo, número de animales y plazo de amortización constantes.

Tabla	Supuestos del Modelo
1	
	Variables
	Valor Puntual
	Costo Equipo Ordeñadora
	\$120,000
	Costo Tanque de Enfriamiento
	\$50,000
	Costo de Mantenimiento
	\$2,000
	Frecuencia de mantenimiento de equipo (meses)
	6
	Vida Útil del equipo (años)
	12
	Subsidio Gobierno
	50%
	Vacas Promedio
	60
	Producción Promedio Vaca leche caliente
	20
	% de ganancia en la ordeña con
	15%

maquina	
Producción Promedio Vaca frio	23
Precio Litro Leche Caliente	\$3.61
Precio Litro Leche Frio	\$3.98

Tabla 1. Supuestos del Modelo Económico para evaluar Rentabilidad de la Implementación de Ordeño Mecánico y Tanque de enfriamiento en explotaciones Lecheras Familiares

Resultados

La descripción de la muestra de ganaderos participantes mostró que la media de cabezas ordeñadas fue de 60 vacas con 20 litros diarios por cabeza; el precio pagado por litro en la cadena fría fue de \$4.00 pesos y en cadena fría \$3.60 pesos. La muestra se conformó por 30 ganaderos que entregaban la leche fría y utilizaban una ordeñadora mecánica y 10 que ordeñaban de la manera tradicional y entregaban la leche en cántaras, el tiempo de reductasa a la entrega de la leche en la planta acopiadora se calculó bajo 2 categorías, en la categoría de leche fría una media de 368.8 minutos y en el caso de leche caliente 463.4 minutos, éste era el criterio para la compensación de 40 centavos en el pago por litro entregado (Tabla 2). Finalmente con los supuestos descritos se implementó el modelo determinístico cuyos resultados muestran que bajo éstas condiciones la implementación de éste equipo aumenta la producción diaria media en 15% y la

ganancia neta del productor por venta de leche se incrementa en 27%, lo cual amortiza la inversión en 2 años aproximadamente.

Tabla 2		Resúmenes de casos	
Tipo de ordeñadora y método de conservación de la leche	n	tiempo de reductasa a la entrega de la leche	
Ordeña tradicional y almacenamiento en cántaras	10 productores (25%)	Media	368.8
		Mediana	411.7
		Desv. típ.	144.4
Ordeña mecánica y almacenamiento en tanque refrigerante	30 productores (75%)	Media	463.4
		Mediana	500.0
		Desv. típ.	112.3

Discusión y Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que hay una distancia marcada entre el tiempo de reductasa registrado para leche proveniente de cadena fría y cadena caliente, lo que podría deberse a que el uso de cadena de conservación fría para leche ofrece una leche entregada de mejor calidad sanitaria, evidenciando también, que la refrigeración como método de conservación de leche es efectivo debido a que reduce la multiplicación de bacterias en la leche en el periodo de tiempo desde la obtención hasta entrega de la misma. Cabe mencionar que dicha carga bacteriana también puede estar ligada a prácticas de manejo del hato y, en gran medida, prácticas de ordeño implementadas en la explotación (Ruvalcaba et al 2009). La diferencia en el precio recibido por litro de leche utilizando cadena fría representa mayores ingresos económicos directos para el ganadero, lo cual es un aliciente muy importante para que éste quiera implementar un sistema de ordeño mecánico e implementar un sistema de almacenamiento de leche manteniendo dentro de lo posible la cadena fría. El modelo económico desarrollado nos muestra que la ganancia neta se afecta positivamente con la implementación de equipo mecánico de ordeño y tanque de enfriamiento; señalando que el modelo solamente contempla los gastos de inversión en equipo y variaciones en la productividad de las vacas, sin considerar amortizaciones en los gastos de alimentación y manejo del hato.

Literatura citada

1. Lind, O., A.H. Ipema, C. de Koning, T.T. Mottram, and H.J. Hermann. (2000). "Automatic Milking: Reality, Challenges, and Opportunities."

Conference Proceedings of the International Symposium on Robotic Milking. Lelystad, The Netherlands. H. Hogeveen and A. Maijering, eds. Wageningen Pers.

2. Hyde, J. and P. Engel. (2002). "Investing in a Robotic Milking System: A Monte Carlo Simulation Analysis." *Journal of Dairy Science* (85): 2207-2214.
3. Erdman, R.A. and M. Varner. (1995). "Fixed yield responses to increased milking frequency," *Journal of Dairy Science* 78: 1199-1203.
4. Rogers, D. (2001). "Milking Parlor as a Profit Center." *Milking Systems and Parlors: Planning and Managing for Quality Milk and Profitability*. Natural Resource, Agricultural, and Engineering Service Conference Proceedings. Camp Hill, PA..
5. C.A. Rotz, C.U. Colner, K.J. Soder. 2003. Automatic Milking Systems, Farm Size, and Milk Production. *Journal of Dairy Science*. 86: 4167-4177.
6. Cervantes Escoto, F.; Santoyo Cortés, H.; Álvarez Macías, A. 2001. *Lechería Familiar, Factores de Éxito para el Negocio*. Plaza y Valdez Editores. México, D.F.
7. Ruvalcaba Gómez, J. M.; Estrada Cortés, E.; Méndez Robles, M.D.; Hernández Jáuregui, A. L.; Ramírez López, R.; Ruezga Iñiguez, M.A.; Bustos Carmen, E.; Gutiérrez Ruvalcaba, J. M.; García Ruíz, M. I. 2009. *Análisis Microbiológico de la Leche de Ranchos con Diferentes Prácticas de Rutina de Ordeño en el Sistema de Lechería Familiar en Jalisco*. *Memorias XI Congreso Internacional Inocuidad de Alimentos*. México.
8. Cervantes Escoto, F.; Soltero Beltrán, E. 2004. *Escala, Calidad de Leche, y Costos de Enfriamiento y Administración en Termos Lecheros de los Altos*

de Jalisco. Técnica Pecuaria en México, mayo-agosto, año/vol. 42, numero
002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
México, México. Pp. 207-218