

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN EL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO



Feriberto Román Ponce
Luis Ortega Reyes
Laura Hernández Andrade
Efrén Díaz Aparicio
José Antonio Espinosa García
Gregorio Núñez Hernández
Héctor Raymundo Vera Ávila
Mario Medina Cruz
Felipe de Jesús Ruiz López

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO

Veracruz, Ver., Octubre de 2009

Libro Técnico Núm. 22

I.S.B.N. 978-607-425-171-5

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y
ALIMENTACIÓN**

Lic. FRANCISCO JAVIER MAYORGA CASTAÑEDA
Secretario

Ing. FRANCISCO LÓPEZ TOSTADO
Subsecretario de Agricultura

Ing. IGNACIO RIVERA RODRÍGUEZ
Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. JEFFREY MAX JONES JONES
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y
PECUARIAS**

Dr. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS
Director General

Dr. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Dr. ENRIQUE ASTENGO LÓPEZ
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. MARCIAL A. GARCÍA MORTEO
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO

Dr. VICENTE E. VEGA MURILLO
Director Regional

Dr. SERGIO URIBE GÓMEZ
Director de Investigación

Dr. FRANCISCO JAVIER IBARRA PÉREZ
Director de Planeación y Desarrollo

C.P. VELIA MARTÍNEZ CASTILLO
Directora de Administración

M.C. OSCAR G. CASTAÑEDA MARTÍNEZ
Director de Coordinación y Vinculación en Tabasco

Dr. RAÚL RÍOS SÁNCHEZ
Director de Coordinación y Vinculación en Puebla

PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN EL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO

Editores Técnicos:

Heriberto Román Ponce
Luis Ortega Reyes
Laura Hernández Andrade
Efrén Díaz Aparicio
José Antonio Espinosa García
Gregorio Núñez Hernández
Héctor Raymundo Vera Ávila
Mario Medina Cruz
Felipe de Jesús Ruiz López



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO
VERACRUZ
MÉXICO
OCTUBRE 2009

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Av. Progreso Núm. 5
Barrio Santa Catarina, Del. Coyoacán
04010, México, D. F.
Tel.: (55) 38 71 87 00

I.S.B.N. 978-607-425-171-5

Primera edición 2009

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

Libro Técnico Núm. 22 Octubre de 2009
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO
Melchor Ocampo 234 Desp. 313-322
3er piso. Zona Centro
C.P. 91700
Veracruz, Ver., México
Tels.: (229) 931 71 04 y 931 87 84
Fax: (229) 932 74 95
Correo electrónico: vega.vicente@inifap.gob.mx

La cita correcta de este Libro Técnico es:

Román, P. H., L. Ortega R., L. Hernández A., E. Díaz A., J. A. Espinosa G., G. Núñez H., H. R. Vera A., M. Medina C. y F. J. Ruiz L. (comps.). 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355 p.

CONTENIDO

<i>Capítulo 1. IMPORTANCIA Y PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN MÉXICO</i>	3
INTRODUCCIÓN	3
PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE	5
LITERATURA CITADA	14
<i>Capítulo 2. PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE FORRAJES TROPICALES</i>	19
INTRODUCCIÓN	19
SELECCIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS	19
ESTABLECIMIENTO	26
MANEJO AGRONÓMICO DE LA PRADERA	31
COSECHA DE FORRAJE	35
CONSERVACIÓN DE FORRAJE	42
LITERATURA CITADA	45
<i>Capítulo 3. ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO</i>	53
INTRODUCCIÓN	53
BASES PARA LA PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	54
DISEÑO DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	57
GLOSARIO DE TÉRMINOS NUTRICIONALES	111
LITERATURA CITADA	113
<i>Capítulo 4. MANEJO REPRODUCTIVO EN HATOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO</i>	121
INTRODUCCIÓN	121
SUPERVISIÓN DE ETAPAS Y CONTROL DE EVENTOS REPRODUCTIVOS	121
REGISTRO, ANÁLISIS Y USO ESTRATÉGICO DE INFORMACIÓN	139
LITERATURA CITADA	144
<i>Capítulo 5. MEJORAMIENTO GENÉTICO</i>	149
INTRODUCCIÓN	149
DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO	149
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO	161
LITERATURA CITADA	168

<i>Capítulo 6. SALUD ANIMAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO</i>	175
INTRODUCCIÓN	175
DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES	176
PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES	193
LITERATURA CITADA	214
<i>Capítulo 7. CRIANZA DE BECERRAS Y VAQUILLAS PARA REEMPLAZO EN LECHERÍA TROPICAL</i>	221
INTRODUCCIÓN	221
PREPARTO	221
PARTO	221
DÍA 1	222
LACTANCIA	232
ALIMENTACIÓN HASTA EL DESTETE	233
LITERATURA CITADA	237
<i>Capítulo 8. CALIDAD DE LECHE EN EL SISTEMA BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO</i>	243
INTRODUCCIÓN	243
PREORDEÑO	243
ORDEÑO	250
POSTORDEÑO	263
LITERATURA CITADA	282
<i>Capítulo 9. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN</i>	287
INTRODUCCIÓN	287
PLANEACIÓN	288
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO	297
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA EMPRESA LECHERA	304
LITERATURA CITADA	313
<i>Capítulo 10. PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA</i>	319
INTRODUCCIÓN	319
EL MODELO GGAVATT	319
Formación	326
Promoción	327
Operación	328
Seguimiento	332
Evaluación	334
Anexos	337
LITERATURA CITADA	353

PRÓLOGO

En México es urgente mejorar los índices de productividad y competitividad, en un ambiente de sustentabilidad en todas las actividades económicas, para generar los empleos que demanda la creciente población y propiciar el desarrollo sostenido y sustentable que requiere el país. El sector agropecuario tiene grandes oportunidades de contribuir a lograr un mayor crecimiento en la economía nacional. Esto es particularmente cierto en la industria pecuaria, ya que existen grandes recursos naturales y una gran cantidad de productores dedicados a esta actividad. Uno de los sistemas productivos en donde se debe realizar un mayor esfuerzo, es en la producción de leche de bovino. La leche de vaca es un alimento básico para los humanos, particularmente los niños y los adultos mayores. Sin embargo, tradicionalmente el país ha sido deficitario en el abastecimiento de leche y sus derivados, por lo que se importa anualmente alrededor del 20% del consumo nacional de estos productos.

La leche de bovino se produce en todo el país. Se identifican tres grandes sistemas de producción, el intensivo ubicado en las grandes cuencas lecheras del antiplano y en el norte, el de lechería familiar en los estados del centro y regiones montañosas y el de doble propósito localizado principalmente, en las costas del golfo y el pacífico. La producción de leche se caracteriza por grandes contrastes entre los sistemas de producción, lo que genera una problemática compleja que requiere alternativas diferenciadas de solución. Un factor crítico común, es la demanda de más y mejores componentes tecnológicos en los diferentes procesos de la cadena de producción. Con el propósito de apoyar la adopción y la transferencia de tecnología a través de la capacitación, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) estructuró el Proyecto Nacional de Capacitación para la Competitividad de la Producción de Leche de Bovino en México, el cual fue financiado por la Coordinación General de Ganadería de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

La meta principal de este proyecto fue, capacitar a 800 profesionistas que brinden asistencia técnica a productores de leche en los diferentes sistemas de producción distribuidos en la mayor parte de los estados del país. Para cumplir con esta tarea, se implementó la estrategia de procesos en la estructuración de los cursos, considerando que la producción de leche es un proceso integrado donde participan en forma interrelacionada, pero con diferentes actividades, varios otros procesos.

El objetivo de este libro es presentar en forma detallada la información teórico-práctica que se proporcionó en los cursos a los capacitandos. Después del primer capítulo que es introductorio cada uno de ellos se relaciona con un proceso diferente. Los autores realizaron un gran esfuerzo de análisis y de síntesis, para identificar los factores críticos que consideraron más limitativos para la producción de leche. Es deseo de los autores que el libro sea de utilidad en beneficio de los actores relacionados con la industria lechera y para todos los mexicanos.

IMPORTANCIA Y PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN MÉXICO



Gregorio Núñez Hernández¹
Heriberto Román Ponce²
Héctor Raymundo Vera Ávila³

¹Campo Experimental La Laguna. CIR Norte Centro-INIFAP.

²Floresta sur No. 200, Fracc. Floresta, Veracruz, Ver. hroman_ponce@yahoo.com.mx

³CENID Fisiología-INIFAP.

IMPORTANCIA Y PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La definición de la leche se puede conceptualizar por su origen, composición y valor nutricional para la alimentación humana. Existen diferentes definiciones, encontrándose en ellas los elementos antes mencionados. La leche en cuanto a su origen se ha definido como un líquido secretado por las hembras de todas las especies mamíferas con la finalidad de nutrir a las crías de su especie en su primera fase de vida (Fox y McSweeney, 1998). Esta función es gran importancia, ya que en este período, el desarrollo de la cría es rápido y no puede sustituirse por otro alimento. Algunas definiciones han agregado el concepto que la leche debe provenir de las glándulas mamarias de hembras sanas y que es diferente del calostro, cuya función principal se relaciona con el sistema inmune de la cría.

Algunos autores señalan que la leche es un producto íntegro, no alterado, procedente preferentemente del ordeño higiénico de animales sanos. En cuanto a su composición, se le define como un líquido de composición compleja, blanco y opaco, de sabor ligeramente dulce y de pH casi neutro. Es un líquido que mantiene en suspensión glóbulos de grasa y proteínas; análogo al plasma sanguíneo, constituido además por lactosa, sales minerales y algunos otros elementos (Santos, 1991).

La composición de la leche puede variar, ya que es secretada por todas las especies mamíferas, siendo las leches de vaca, cabra y oveja, las que más se consumen por la población humana (Webb *et al.*, 1974). En general, la composición de la leche de vaca y cabra son más similares entre sí y diferentes en algunas características a la leche de oveja. Por otra parte, existen algunos factores de producción que pueden afectar la composición de la leche como la raza, el estado de lactancia y la alimentación.

La leche está compuesta de 86 a 88% de agua, 3 a 6% de grasa, 3 a 4% de proteína, 5% de lactosa y 0.7% de minerales. En total tiene de 11 a 14% de sólidos totales. Las proteínas de la leche son de dos tipos: las caseínas que constituyen alrededor del 79% y las proteínas del suero como lactoalbúminas, lactoglobulinas e inmunoglobulinas que representan alrededor del 18%, así mismo existe un 6% de nitrógeno que no es proteico. Las caseínas son fosfoproteínas en formas coloidales denominadas micelas. Sus funciones biológicas son el transporte de Ca y P, así como la formación de coágulos para facilitar la digestión.

Las lactoalbúminas y lactoglobulinas son proteínas presentes en el suero de la leche, más solubles en agua que las caseínas y complementan el valor biológico de éstas. Las proteínas de la leche contienen los aminoácidos esenciales para el ser humano.

La grasa es el componente más variable de la leche y se encuentra en una perfecta emulsión; es una de las grasas más complejas en la naturaleza, pero tiene una fácil digestión. Aporta alrededor del 50% de la energía de la leche. Está compuesta de 97 a 98% de triglicéridos (ácidos grasos de cadena corta y larga con diferentes grados de saturación).

Alrededor de dos tercios de los ácidos grasos son saturados, pero contiene los ácidos grasos insaturados esenciales linoleico y araquidónico. La grasa le confiere su sabor único a la leche, el cual no ha sido duplicado por ningún otro tipo de grasa.

La lactosa es la forma en que se encuentran los carbohidratos en la leche. Es un componente único sintetizado sólo por la glándula mamaria. La lactosa consiste de β -D-galactosa and D-glucosa y es el componente menos variable de la leche. La lactosa es el principal osmoregulador del volumen y la principal limitante de la síntesis de la leche en la glándula mamaria. Constituye el 70% de los sólidos del suero y es menos dulce que el azúcar (sucrosa).

Desde un punto de vista nutricional, la leche se considera el alimento más completo que existe en la naturaleza; es una fuente de proteína de alto valor (excelente perfil de aminoácidos esenciales, y de fácil digestión), así como una fuente abundante y equilibrada de calcio, fósforo, magnesio y potasio (Bauman *et al.*, 2006; Huth *et al.*, 2006). La leche, además es rica en vitaminas como la riboflavina, B6, B12 y A. También es una fuente de energía importante. Es un alimento nutricionalmente valioso no sólo para los niños, sino también para los adultos (personas de edad avanzada, mujeres embarazadas y en lactación). La leche es un producto que por sus características físico-químicas puede ser procesada para obtener un gran número de productos lácteos.

Problemática de la producción de leche en México

México es deficitario en la producción de leche y sus derivados, por lo que tiene que importar alrededor del 20% del consumo nacional aparente. Respecto a la producción de leche en México, ésta se lleva a cabo en diferentes regiones ecológicas y sistemas de producción. El sistema de doble propósito se localiza principalmente en las áreas tropicales. Entre sus características destacan el tamaño pequeño o mediano de las unidades de producción (UP), el pastoreo principalmente en praderas de gramíneas tropicales introducidas, predomina el ganado de cruce de Cebú con Holstein o Pardo Suizo para la producción de leche y becerros. Se tiene un uso limitado o nulo de suplementos, se practica la monta directa y muy poco la inseminación artificial. La producción de leche es alrededor de 700 kg/vaca/año (Rosete *et al.*, 1993; Villa-Godoy y Arreguín, 1993; Román-Ponce, 1995; Villagómez, 2000; De Dios, 2001).

El sistema de lechería familiar se localiza principalmente en regiones semiáridas y templadas. Entre sus características destaca el aprovechamiento de los recursos de las familias rurales como mano de obra y residuos de las cosechas de sus parcelas agrícolas, así como el pastoreo de tierras de agostadero. El ganado es principalmente de raza Holstein mantenido en semiestabulación. Se utiliza la monta directa y en ocasiones la inseminación artificial. La alimentación puede contemplar cultivos forrajeros de temporal, uso de granos y ocasionalmente ensilados de cultivos forrajeros. La ordeña puede ser manual o mecánica. La producción de leche es de alrededor de 3,000 kg/vaca/año (Medina y Montaldo, 2004; Cuevas *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2007).

El sistema especializado se localiza en áreas semiáridas y desérticas. Se caracteriza por grandes hatos de ganado Holstein, alimentado con forrajes irrigados, principalmente alfalfa, granos y subproductos. El equipo e instalaciones son especializados y la ordeña es mecánica. La producción de leche es alrededor de 8,000 kg/vaca/año (Barrera y Sánchez, 2003; Núñez *et al.*, 2004; Villamar y Olivera, 2005).

La problemática de producción de leche en cuanto a productividad, competitividad y sustentabilidad, depende del sistema de producción. En el caso del sistema de doble propósito, los principales problemas son el deterioro, la baja productividad y calidad de los recursos forrajeros debido al deterioro de praderas por el manejo inadecuado del pastoreo, la baja fertilidad y la compactación y erosión del suelo. La nutrición del ganado es inadecuada debido a los esquemas de alimentación actuales y a la falta de información sobre sus requerimientos nutricionales, así como de los alimentos en el trópico. El potencial genético es bajo debido a cruza no apropiadas de razas y a la falta de selección de animales genéticamente superiores para utilizarse en esquemas adecuados de mejoramiento genético. Se tiene una baja eficiencia reproductiva debido al anestro posparto, pubertad tardía y condición corporal inapropiada. La salud de los animales es afectada por enfermedades parasitarias e infecciosas. Uno de los mayores problemas son las garrapatas y las enfermedades que éstas transmiten, como la babesiosis y la piroplasmosis.

En el sistema de lechería familiar, la problemática incluye limitantes nutricionales por variación en la disponibilidad y calidad de forrajes, esquemas de alimentación que no cubren los requerimientos nutricionales de los animales. Se carece de programas de mejoramiento genético apropiado a las características del sistema. La eficiencia reproductiva es limitada debido a una baja fertilidad. Se tiene una insuficiente cantidad y calidad de reemplazos debido a la mortalidad de becerras y una tasa de crecimiento subóptimo. Los problemas de salud están asociados a la falta de programas sanitarios, prácticas de higiene que resultan en problemas de inocuidad de los productos.

El sistema tecnificado tiene problemas de altos costos de producción debido al precio de los insumos y las altas inversiones en alimentación por el uso de granos y subproductos de importación. Los problemas reproductivos se asocian a los altos niveles de producción, estrés calórico y enfermedades infecciosas. Los problemas de salud incluyen además enfermedades metabólicas. Otros problemas importantes son el abatimiento de acuíferos por la gran demanda de agua para la producción de forrajes y la ineficiencia en los sistemas de riego. El alto consumo de nutrientes y la gran concentración de animales representan un serio problema potencial de contaminación ambiental.

PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE

La gestión de procesos es un enfoque para la administración de recursos y agregar valor a los productos. Se crea valor cuando las necesidades de los consumidores son identificadas y sus condiciones de satisfacción son resueltas (Galloway, 2002). Existen diferentes razones para la implementación del enfoque de procesos, como son incrementar el valor agregado de los productos internos y externos, acelerar el aprendizaje, incrementar el retorno de la inversión, optimizar la productividad y contribución de los trabajadores, así como mejorar la posición competitiva en el mercado (Figueroa, 2006). El enfoque de procesos se utiliza en el presente manual con el propósito de organizar conocimientos, tecnologías y prácticas para la producción de leche de bovino en México.

Un proceso es un conjunto de acciones, actividades u operaciones vinculadas que permiten lograr un objetivo al transformar un insumo para darle valor agregado. Estas actividades son tareas definibles que se repiten, se pueden medir y conllevan a un resultado.

Cada vez que opera el proceso se puede obtener el mismo resultado. El flujo de actividades para lograrlo constituye un proceso de negocio (Fuhrmann, 2007; Brisson, 2008). Los

procesos de negocio dependen unos de los otros. Todos son similares, reciben un insumo y lo transforman, agregando valor, para producir un resultado. Un proceso existe para producir un resultado; esto es una unidad de trabajo (Dartt, 2001). Hay un cliente para cada proceso, éste se debe diseñar con base en las condiciones de satisfacción del mismo. Los requerimientos son la expresión de las especificaciones o expectativas del cliente que el producto o servicio debe satisfacer.

Los procesos son un conjunto de actividades multidisciplinarias que tienen entradas y salidas bien definidas. Están enfocados a fines, responden a las preguntas ¿Qué? y ¿Cómo? Proceso es el agrupamiento lógico de actividades, insumos, recursos y actores que interactúan para transformar, agregando valor, insumos en productos o servicios, que satisfacen los requerimientos de calidad de los clientes. Algunas definiciones en relación al enfoque de procesos son las siguientes:

Insumo. Información, materiales y recursos necesarios para crear productos y servicios. También se define como entrada.

Actividad de valor agregado. Tarea esencial que contribuye al resultado esperado.

Resultado. Producto, información o servicio resultante del proceso. También se define como salida.

Las características de los procesos se presentan a continuación:

Definibles. Se puede identificar y ordenar la secuencia de las actividades que lo componen.

Repetibles. Para obtener los resultados esperados se tienen que realizar ciertas actividades.

Medibles. Se pueden establecer medidas para ver como se realizan estas actividades.

Predecibles. Es la relación existente entre como se realizan las actividades y los resultados obtenidos.

Controlables. Si son medibles, son controlables.

Inteligentes. Dado que existen puntos de toma de decisiones durante el proceso.

Interdependientes. Son interdependientes, ya que los resultados parciales de un proceso afectan otros procesos.

Los atributos de los procesos son:

- Eficacia del proceso: es la capacidad para alcanzar los resultados.
- Eficiencia del proceso: es el contraste de los resultados alcanzados con los recursos utilizados.

Un sistema de procesos considera la organización de procesos subordinados jerárquicamente. Estos procesos que parten del modelo de negocio (nivel 0), se denominan proceso de negocio (nivel 1), procesos específicos (nivel 2) y procesos detallados (nivel 3).

Proceso clave de negocio (nivel 0): Producen salidas directamente relacionadas a la misión del negocio. Agregan valor al cliente externo. Por ejemplo: vender y comercializar, diseñar, producir, prestar servicios.

Procesos habilitadores o de soporte (nivel 1): producen salidas que alimentan a otros procesos. Agregan valor al cliente interno. Por ejemplo: administrar recursos humanos, administración de finanzas.

Procesos gobernadores o de control (nivel 1): producen salidas que regulan o determinan lineamientos para otros procesos. Por ejemplo: planear, gestionar la calidad, etc.

El modelo de negocio (nivel 0): muestra la relación con el medio exterior (entorno), con los clientes, con los insumos y con la competencia, si existe. Este diagrama debe mostrar las relaciones estratégicas del negocio y el impacto las mismas. En este caso, el modelo considera un enfoque de empresas líderes que ofertan leche de alta calidad nutricional, sana y amigable con el ambiente para satisfacer las necesidades nutricionales y salud de los consumidores de leche de manera sustentable.

Entre los objetivos ideales de estas empresas están: la producción eficiente de leche de calidad, uso sustentable de recursos naturales sin contaminar el medio ambiente y ser empresas eficaces y rentables. La Figura 1 muestra el modelo de negocio considerado en la elaboración de este manual.

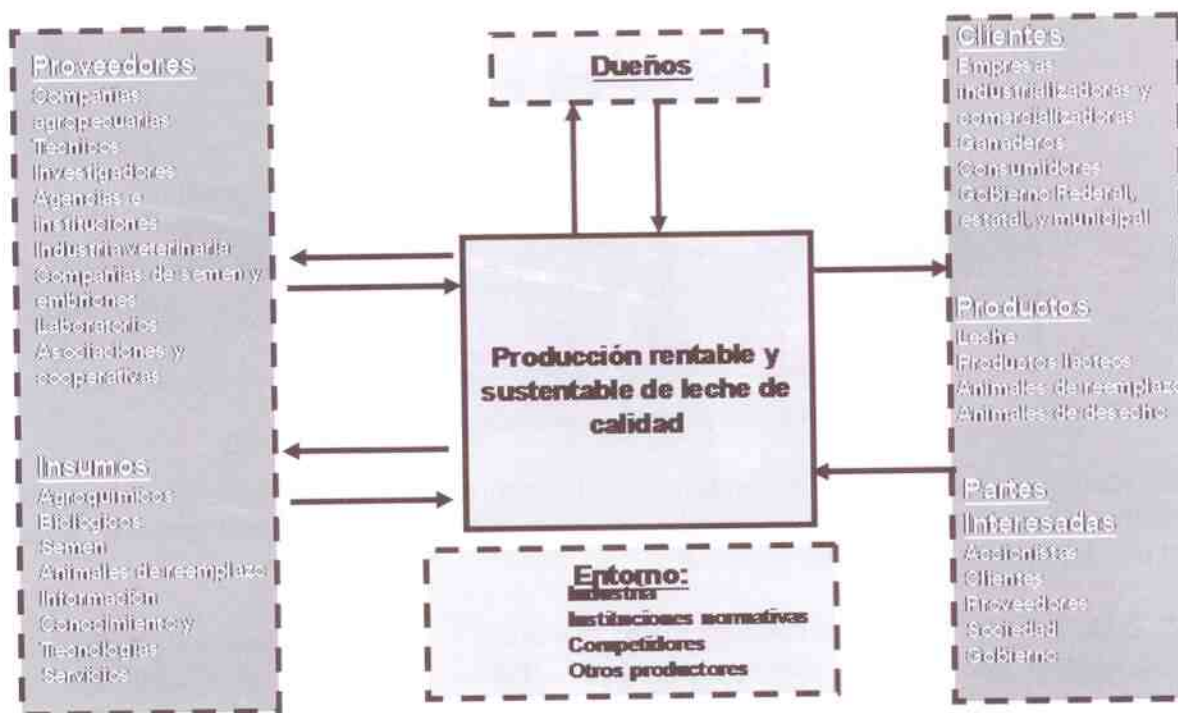


Figura 1. Modelo de negocio de una explotación lechera (nivel 0).

El modelo de negocio de estas unidades o empresas lecheras considera proveedores de insumos y servicios. Entre los insumos y servicios están: ganado, semen, embriones, forrajes, granos, subproductos y aditivos, productos farmacéuticos y biológicos, equipo y material veterinario, conocimientos y tecnologías, y asesoría.

Los principales clientes internos son la crianza de animales de reemplazo y la ordeña, y como clientes externos, otras explotaciones, asociaciones de criadores y ganaderos, así como la industria y los consumidores.

Dentro del entorno se incluyen las instituciones normativas, competidores y sociedad en general.

El nivel 1 son las ocho o diez “grandes acciones o pasos” que se deben realizar, para que el producto se desarrolle u obtenga. Muestra todos los procesos, (gobernadores, principales o claves y de soporte). En la Figura 2 se muestran los procesos de nivel 1 considerados en una explotación lechera.

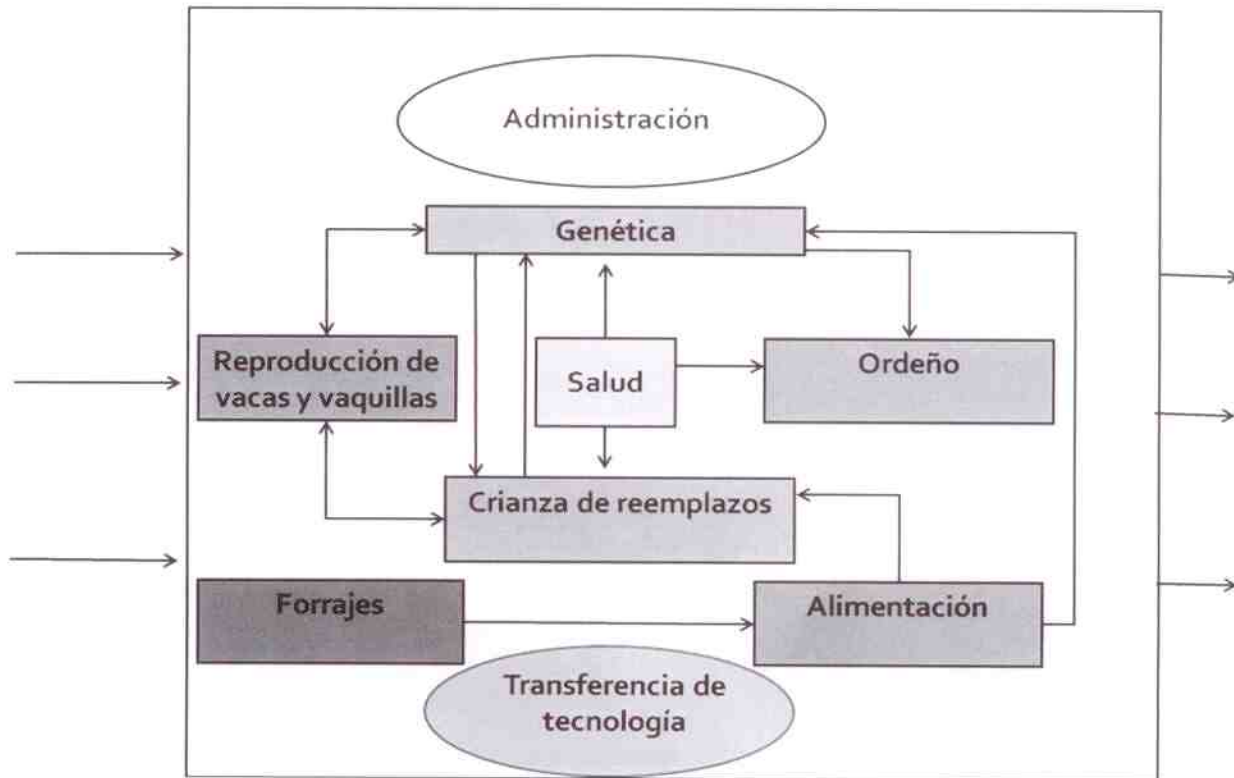


Figura 2. Procesos de nivel 1 en una explotación lechera.

En la mayoría de las explotaciones lecheras, estos procesos principales incluyen: producción de forrajes, alimentación, mejoramiento genético, reproducción, salud animal, ordeña y calidad de leche y crianza de reemplazos.

El nivel 2 se define a partir de cada proceso del nivel 1. Indica los bloques de actividades necesarias para que cumpla con su propósito, define la cadena de insumos-productos intermedios, define las interfaces entre procesos identificando los clientes-proveedores internos, permite interrelacionar todo el modelo de negocio y contiene los indicadores de gestión.

En cada subproceso (nivel 2) se indican las actividades a realizar (nivel 3), en las cuales se consideran los conocimientos, tecnologías y prácticas de trabajo.

PROCESO DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE FORRAJES TROPICALES

El objetivo del proceso de producción de forrajes en las explotaciones lecheras es satisfacer la demanda de forraje en cantidad y calidad nutricional para las diferentes clases de ganado, con la mejor utilización de los recursos disponibles. Este considera cinco procesos de nivel 2

que son: selección de especies forrajeras, establecimiento, manejo agronómico, cosecha y conservación (Figura 3). Cada uno de éstos, está constituido por diferentes actividades o tareas. Los principales insumos son semillas de variedades de especies forrajeras, fertilizantes, agua, agroquímicos, equipo y maquinaria agrícola y tecnología, etc. Los resultados son forrajes con concentraciones específicas de proteína, fibra digestible, energía neta de lactancia y minerales de acuerdo a las diferentes clases de ganado lechero.

Los indicadores de eficiencia son: rendimiento de materia seca por hectárea, nutrientes por hectárea, kg de materia seca por metro cúbico de agua, proteína por metro cúbico de agua, etc. (Ortega *et al.*, 2009).



Figura 3. Proceso de producción sustentable de forrajes tropicales (nivel 2 y 3).

PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO

El objetivo de este proceso es un programa de alimentación que permita lograr y mantener las mayores producciones de leche mediante altos consumos de materia seca, optimización de la fermentación del rumen y metabolismo, suplementar nutrimentos de calidad que escapen a la fermentación en el rumen para complementar los requerimientos nutricionales, mantener la salud animal y la eficiencia reproductiva y no contaminar el medio ambiente. Los de nivel 2 que integran este proceso son: diseño del programa de alimentación, balanceo de dietas, suministro de dietas y monitoreo de la respuesta animal.

Los principales insumos son: forrajes, granos, subproductos, aditivos, equipo de alimentación y tecnología. Los productos son programas de alimentación para cubrir los requerimientos nutricionales a bajo costo de los diferentes grupos de ganado (Figura 4). Los indicadores son: producción por animal, condición corporal, composición de la leche, costo de alimentación por litro de leche, porcentaje de enfermedades metabólicas, etc., (Juárez *et al.*, 2009).

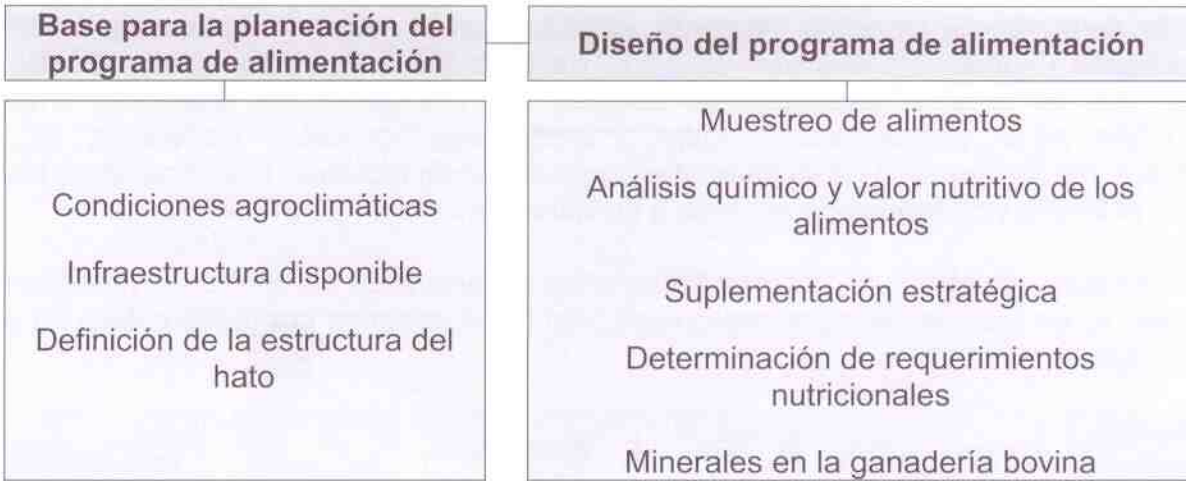


Figura 4. Proceso de alimentación de bovinos en sistema de doble propósito en el trópico (nivel 2 y 3).

PROCESO DE MANEJO REPRODUCTIVO

El objetivo de este, es asegurar vacas en inicio de producción, capaces de concebir en un tiempo postparto acorde a los requerimientos del sistema de producción y mantener la gestación hasta término, de tal manera que se contribuya a la máxima expresión del potencial individual de producción de leche y crías. Este proceso está integrado por los procesos de nivel 2 que son: supervisión de etapas y control de eventos reproductivos y registro y análisis y uso estratégico de información (Figura 5). Los principales insumos son: vaquillas, vacas, semen, toros y productos antibióticos y hormonales. Los productos son vacas y vaquillas al parto, becerras, etc. Los indicadores son: edad y peso al primer servicio y parto, días al primer estro y servicio postparto, días abiertos, tasas de concepción, intervalo entre partos, tasa de abortos, tasa de desechos, etc. (Vera *et al.*, 2009).



Figura 5. Proceso de manejo reproductivo (nivel 2 y 3).

PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

El objetivo de este, es tener vacas con alto potencial genético para la producción de leche y con otras características de interés económico. Los procesos de nivel 2 que lo integran son:

planeación e implementación del programa de mejoramiento genético (Figura 6). Los principales insumos son: información y evaluaciones genéticas, semen, sementales, embriones, vaquillas de reemplazo, etc. Los productos son: vaquillas y sementales (Román *et al.*, 2009).

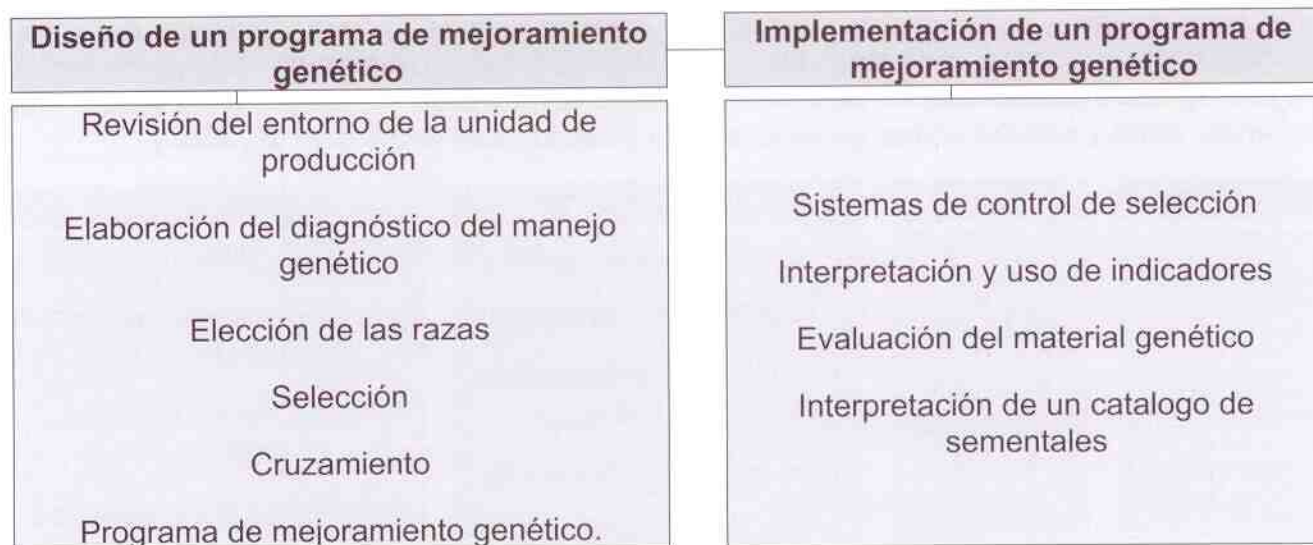


Figura 6. Proceso de mejoramiento genético (nivel 2 y 3).

PROCESO DE SALUD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO

El objetivo de este, es mantener la salud del hato para evitar pérdidas en producción y calidad de la leche, animales, reducir pérdidas económicas por enfermedades, problemas reproductivos, etc. Está compuesto por los procesos de nivel 2 de estrategias de prevención de enfermedades y estrategias de control y prevención de enfermedades. Los principales insumos son: productos farmacéuticos y biológicos, técnicas y equipo de diagnóstico y material veterinario (Figura 7). Los productos son: animales sanos y leche de calidad sanitaria. Los indicadores son: prevalencia e incidencia de enfermedades, tasas de desecho y muertes por enfermedades (Álvarez *et al.*, 2009).

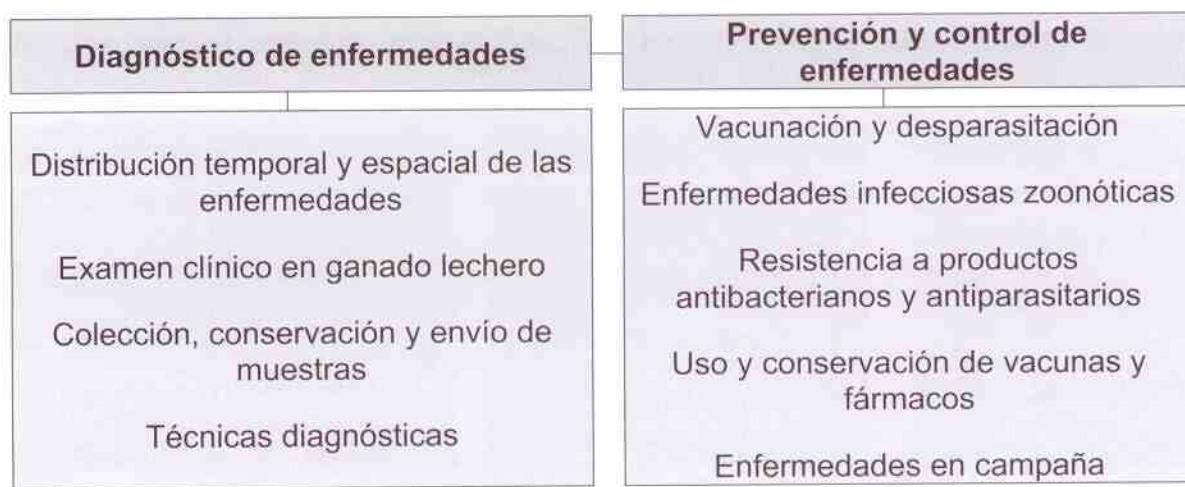


Figura 7. Proceso de salud animal en los sistemas de producción de leche en México (nivel 2 y 3).

PROCESO DE CRIANZA DE BECERRAS Y VAQUILLAS PARA REEMPLAZO

El objetivo de este, es llevar las vaquillas a un peso y edad adecuadas al primer parto para reemplazar los animales de desecho o crecer el hato lechero. Este consta de los siguientes procesos de nivel 2: parto, día 1, lactancia y destete a los seis meses. Los principales insumos son: crías recién nacidas, calostro y leche, granos, sustitutos de leche, coccidiostatos, vacunas, fármacos, etc. Los productos son: animales de reemplazo sanos (Figura 8). Los indicadores son: tasa de mortalidad, edad y peso al destete, edad y peso a la pubertad, edad y peso al primer servicio, edad y peso al parto (Medina *et al.*, 2009).

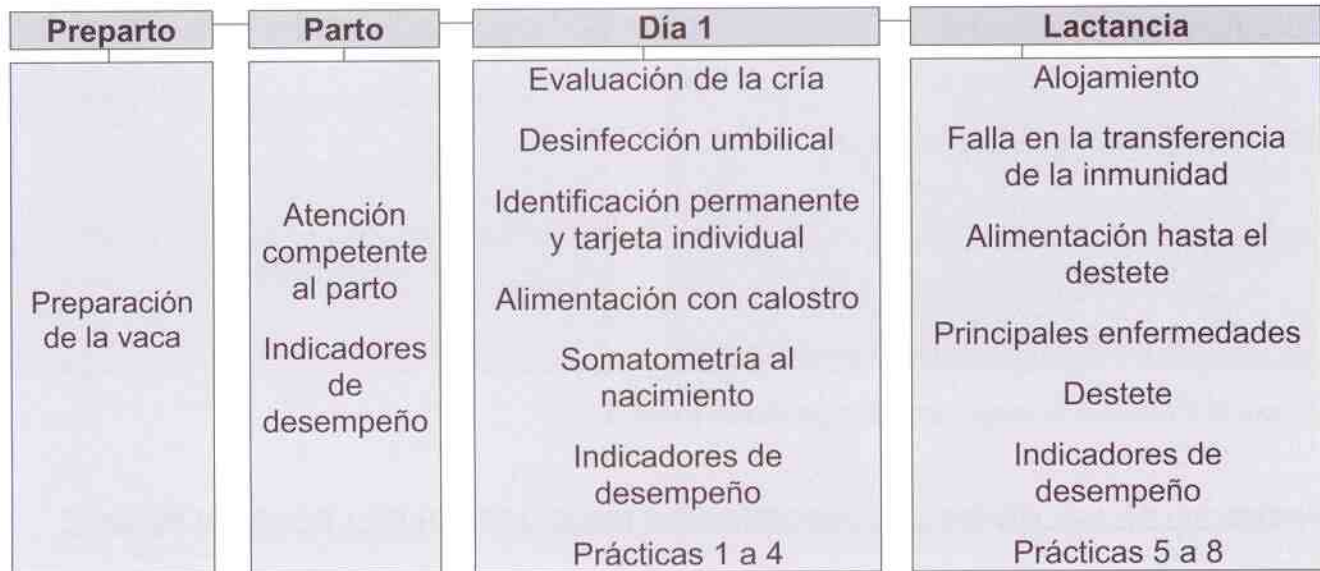


Figura 8. Proceso de crianza de becerras y vaquillas para reemplazo (nivel 2 y 3).

PROCESO DE ORDEÑA Y CALIDAD DE LECHE

El objetivo es obtener leche de calidad sanitaria para el beneficio de la industria láctea y de los consumidores. Los procesos de nivel 2 son: pre-ordeño, ordeño y post-ordeño. Los insumos son: materiales utilizados en la ordeña como toallas, pezoneras, antibacterianos, equipo de ordeño, equipo de enfriamiento, normatividad, etc. Los productos son: leche de calidad y animales sanos (Figura 9). Los indicadores son: cuentas bacterianas, células somáticas, incidencia de mastitis, etc. (Tepal *et al.*, 2009).



Figura 9. Proceso de ordeña y calidad de la leche en el sistema bovino de doble propósito (nivel 2 y 3).

PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE LA EMPRESA BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO

El objetivo de este, es lograr el mejor funcionamiento del negocio, con la obtención del máximo rendimiento empresarial. Este considera los procesos de nivel 2 de planeación, operación y seguimiento y evaluación. Los principales insumos de este son la información de contexto, información de la unidad de producción, conocimientos y tecnologías (Figura 10). Los productos son: manuales, personal capacitado e información para toma de decisiones. Los indicadores son: desempeño de los procesos productivos y económicos de la empresa lechera (Góngora *et al.*, 2009).



Figura 10. Proceso de administración de la empresa bovina de doble propósito (nivel 2 y 3).

PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

El objetivo del proceso de transferencia de tecnología consiste en que los productores de leche conozcan y adopten las tecnologías de forrajes, alimentación, reproducción, genética, salud animal, crianza de becerras, calidad de la leche y administración, para hacer mas eficientes, rentables, sustentables y competitivas sus unidades de producción. El proceso en este manual consiste como nivel 2, en el modelo GGAVATT, y como nivel 3, los antecedentes, fundamentos, ámbito, estructura, componentes, formación, operación, seguimiento y evaluación de este modelo (Figura 11). Los principales insumos son: tecnologías y estrategias de transferencia de tecnología. Los productos son: asesores y productores capacitados para la adopción de tecnología (Roman *et al.*, 2009).



Figura 11. Proceso de transferencia de tecnología (nivel 2 y 3).

LITERATURA CITADA

- Álvarez, M.J.A., Hernández, O.R., Cantú, C.A., Herrera, R.D., Córdova, L.D., Herrera, E.L., Aguilar, R.F., Díaz, A.E., Santillán, F.M.A., Banda, R.V.M. 2009. Capítulo 6 Salud animal en los sistemas de producción de leche en México. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.
- Barrera, G.C., C. Sánchez. 2003. Programa nacional estratégico de necesidades de investigación y de transferencia de tecnología. SNITT. SAGARPA. 205 p.
- Bauman, D.E., I.H. Mather., R.J. Wall., A.L. Lock. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci.* 89:1235-1243.
- Brisson, J. 2008. Benchmarking: What the top and Bottom Herds in Canada are Doing. *WCDS Advances in Dairy Technology*. Volume 20:3-13.
- Cuevas V.R., Espinosa G.J.A., Moctezuma L.G., Jolalpa Barrera J.L., Romero S.F., Vélez I.A., Flores M.B.A., Vázquez G.R. (2007) La cadena Agroalimentaria de la leche de vaca en el estado de Hidalgo: Diagnostico y prospección al año 2020. pp 54-59 INIFAP.
- Dartt, B. 2001. Integrated Dairy Farm Management. *WCDS Advances in Dairy Technology*. Volume 13:1-15.
- De Dios, V.O.O. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Ed. Rovirosa. Páginas 300-332.
- Figuroa, P. 2006. Optimización de productos y procesos industriales. Ediciones Gestión 2000. España.
- Flores, H.E., Olmos, J.J. Ramírez, H. Fuentes, V.O. Reynoso, O. Moreno, H. 2007. ET-59 Caracterización del sistema de producción de leche de la cuenca hidrográfica El Jihuite, Jalisco, México. Memorias del II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. 26 al 29 de noviembre. La Habana, Cuba.
- Fox, P.F, McSweeney, P.L.H. 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic and Professional an imprint of champman y Hall, London. pp 1-2
- Fuhrmann, T. 2006. Managing the Dairy Farm: Key Performance Indicators. *WCDS Advances in Dairy Technology*. Volume 18:3-8.
- Galloway, D. 2002. Mejora continua de procesos. Ediciones Gestión 2000. 2ª. Edición. Barcelona, España.
- Góngora, G.S.F., Espinosa, G.J.A., Cuevas, RV., Moctezuma, L.G., Espinoza, A.J.J., Aguilar, B.U., Aguilar, V.A. 2009. Capítulo 9 Administración de la empresa bovina de doble propósito. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP.CIRGOC. Veracruz, México. 355p.

- Huth, P.J., D.B. DiRienzo., G.D. Miller. 2006. Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health. *Journal Dairy Sci.* 89:1297-1221.
- Juárez, L.F.I., Barradas, L.H.V., López, J. 2009. Capítulo 3 Alimentación de bovinos en sistema de doble propósito en el trópico. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*
- Medina, C.M., Montaldo, V.H. 2004. Algunos parámetros productivos y reproductivos en los Reemplazos Holstein en el Altiplano Central de México. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 24-28 de Octubre del 2004. Buenos Aires, Argentina. Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias AC. 96.
- Medina, C.M., Zárate, M.J., Calderón, R.R.C., Ugarte, B.J., Aguilar, R.F. 2009. Capítulo 7: Crianza de becerras y vaquillas para reemplazo. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*
- Nuñez, H.G., Ortega, R.L., Echavarría, Bores, M.S., Romero, Q.J., Catañeda, P. J. Vázquez, M.O., Vega, G.R., Romano, M.J., Vega, M.C. 2004. Análisis, perspectiva y sostenibilidad de la ganadería nacional. Memoria de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Pag. 81-108.
- Ortega, R.L., Enríquez, Q.J.F., López, G.I., 2009. Capítulo 2 Producción sustentable de forrajes tropicales. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*
- Rosete, F. J. V., A. Villa-Godoy., Villagómez-Amezcuca, E y Lagunes, J. L. 1993. Efecto de la naloxona sobre la liberación de hormona luteinizante y el inicio de la ciclicidad en vacas de doble propósito. *Mem. Reun. Anual de Inv. Pec. Jalisco.* p. 180.
- Román-Ponce, H. 1995. Situación actual y retos de la ganadería bovina en el trópico. In: Villagómez C.J.A., Rodríguez-Chessani M.A. (Eds.), XX Simposium de Ganadería Tropical. *Mem. Téc. No. 2 CIRGOC-INIFAP-SAGAR, Veracruz, México. 108-117*
- Román, P.S.I, Quiroz, V.J., Ruiz, L.F.J., García, P.T.B., 2009. Capítulo 5 Mejoramiento genético. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*
- Román, P.H., González, O.T.A., González, S.A., Cabrera, T.E.J., 2009. Capítulo 10 Transferencia de tecnología. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*
- Santos, A.M. 1991. *Leche y sus derivados lácteos. 1^{era} edición. Ed. Trillas. México. pp 27.*
- Tepal, Ch.J.A., Montero, L.M., Ontiveros, C.M.L., Blanco, O.M.A., Hernández, A.L., Alvarado, I.A., 2009. Proceso: Calidad de la Leche. En: *Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.*

- Vera, A.H.R., Villagomez-Amezcuca, M.E., Santos, E.R., Montiel, P.F., 2009. Capítulo 4 Manejo reproductivo. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro técnico. Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355p.
- Villa-Godoy, A., y Arreguín, A. 1993. Desempeño reproductivo en ganado de trópico: Anestro y edad a primer parto. Memorias del XVI Simposium de Ganadería Tropical. Veracruz, Ver. P 55-84.
- Villagómez, A.M.E. 2000. Efectos de la dieta y el amamantamiento en la fisiología metabólica y reproductiva posparto de vacas bajo un sistema de doble propósito tropical. Tesis doctoral, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Villamar, A. L., E. Olivera C. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. SAGARPA. 39 p.
- Webb, B.H., Jonson, A.H. Alford, JA. 1974. Fundamentals de dairy chemistry. Second Ed. AVI Publishing C., Wesport CT.

PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE FORRAJES TROPICALES



Luis Ortega Reyes¹
Javier Francisco Enríquez Quiroz²
Isaías López Guerrero²

¹Campo Experimental Mochochá. CIR Sureste- INIFAP

²Campo Experimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP

PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE FORRAJES TROPICALES

INTRODUCCION

El sistema de ganado bovino de doble propósito en el trópico de México, contribuye con el 18% de la producción nacional de leche (SIAP, 2007), y las praderas con más del 90% del forraje en la alimentación de las vacas en producción, y prácticamente con el 100% en vacas secas, becerras y vaquillas en desarrollo. En 1999, se inventariaron 11.9 millones de hectáreas de praderas, la mayoría con pastos de los géneros *Cynodon* y *Panicum*.

En la zona tropical, los estados más importantes por su superficie con pastos introducidos son: Veracruz, con 3.1 millones de hectáreas; Chiapas, con 1.5 millones; Tamaulipas, con 1.1 millones; Tabasco, con 849 mil; Yucatán, con 611 mil; Campeche, con 514 mil y Oaxaca, con 510 mil (Villegas *et al.*, 2001).

La producción forrajera en el trópico mexicano se basa en praderas de Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst), con una producción anual de 32 millones de toneladas de materia seca; Privilegio (*Panicum maximum* (Jacq.)), con 21.9 millones de toneladas; Jaragua [*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf.], con 4 millones; Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), con 3.4 millones; Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher), con 2.8 millones; Alemán (*Echinochloa polystachya* Hitchcok), con 2.3 millones y Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), con 1 millón (Villegas *et al.*, 2001). Por otra parte, entre 1990 y 2003 las especies del género *Brachiaria* se empezaron sembrar a mayor escala (3.6 millones de hectáreas en ese periodo), siendo las más importantes, Señal (*Brachiaria decumbens* Staff), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Stapf.), Humidícola [*Brachiaria humidicola* (Rendle) Sch.] e Isleño (*Brachiaria dictyoneura* Staff) (Holman *et al.*, 2004).

A pesar de estas cantidades reportadas de biomasa, se considera que actualmente las praderas introducidas en el país producen solamente un 30% de su potencial, debido a problemas por un mal manejo, que se traduce en menor cantidad de plantas por metro cuadrado, vigor disminuido de las especies y menor producción de forraje por hectárea (Ibarra *et al.*, 2004; Villegas *et al.*, 2001).

El propósito de este capítulo es proveer al lector de la tecnología necesaria, considerando el proceso de la producción sustentable de forrajes (selección, establecimiento, manejo, cosecha y conservación de forrajes tropicales), como una herramienta para optimizar la producción de leche en el trópico del país (ver Figura 3 del Capítulo 1).

Objetivo del proceso: producir forrajes en cantidad, con la calidad nutricional para satisfacer la demanda de las diferentes clases de ganado en las explotaciones lecheras del trópico.

SELECCIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS

El primer paso para el establecimiento de una pradera es seleccionar la especie adecuada, considerando el tipo de clima y suelo del predio del productor, debido a que las fluctuaciones

de la temperatura, radiación solar, cantidad y distribución de la precipitación son los factores determinantes de la adaptación, potencial, rendimiento y calidad de los forrajes.

Clima

En el trópico mexicano, se presentan seis tipos de climas; la superficie más amplia corresponde al grupo de climas A (calientes húmedos), localizados tanto en la vertiente del Golfo de México, como en el Pacífico, en altitudes de 0 a 1000 msnm (Cuadro 1).

CUADRO 1. TIPOS DE CLIMA PRESENTES EN LA REGIÓN TROPICAL DE MÉXICO.

CLIMA/CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	MESES SECOS
Aw0. El más seco de los cálidos subhúmedos; lluvias en verano.	800 a 1,200 mm (junio a octubre)	5 a 7
Aw1. Intermedio en humedad entre Aw0 y Aw2; lluvias en verano.	1,200 a 1,600 mm (junio a noviembre)	5 a 7
Aw2. El más húmedo de los cálidos subhúmedos; lluvias en verano.	1,600 a 2,000 mm (junio a noviembre)	1 a 3
Am. Cálido húmedo; lluvias en verano; precipitación mes más seco <60 mm, con suficiente lluvia para mantener humedad en el suelo en el año.	2,000 a 3,500 mm (mayo a febrero)	1 a 3
Af. Cálido húmedo con lluvias todo el año; precipitación del mes más seco >60 mm.	>3,500 mm	0
BS1. El menos seco de los BS, intermedio entre los muy áridos Bw y los húmedos A o C.	500 a 800 mm	6 a 8

García (1988); Peralta y Ramos (1987).

El Aw es un clima caliente subhúmedo, con temperatura media del mes más frío superior a 18°C. Caracteriza a la Llanura Costera del Golfo, la mayor parte de la Península de Yucatán, la Cuenca del Balsas y la Depresión Central de Chiapas, así como la mayor parte de la vertiente del Pacífico. El Am (caliente húmedo con lluvias en verano) es propio en la llanura tabasqueña y en el declive del Pacífico, en la porción Sudeste de la Sierra Madre de Chiapas. La temporada de mayor precipitación comprende el verano y parte del otoño. Las lluvias en la Sierra Madre de Chiapas se concentran, casi en su totalidad, en el verano, por lo que la temporada seca se acentúa más en la región del Golfo, debido al efecto de los nortes que originan algo de precipitación. El clima Af, caliente húmedo, con lluvias todo el año, abarca parte de Tabasco y Chiapas, y pequeñas áreas de Veracruz y Oaxaca (García, 1988). Otros de menor cobertura territorial son el BS1, el menos seco de los BS, con un clima intermedio entre los muy áridos Bw y los húmedos Aw0, se encuentran en pequeñas áreas del trópico, específicamente en el noreste de la península de Yucatán, en la región costera de Colima y en la Cuenca del río Balsas.

Suelo

Los suelos presentan diferentes capacidades para retener agua, así como cantidad y disponibilidad de nutrimentos para las plantas, que influyen en el desarrollo radicular y aéreo de los forrajes, y consecuentemente en su productividad, la cual resulta de la interacción

entre la productividad del suelo, el nivel de manejo y los factores climáticos (Blanchet *et al.*, 2003).

Entre las propiedades del suelo que intervienen en la adaptación y producción de las especies forrajeras tropicales están fertilidad, textura, salinidad y pH. La fertilidad se refiere a la capacidad del suelo para proveer nutrimentos esenciales a las plantas (si éstos faltan, se reduce el crecimiento o desarrollo del forraje). El crecimiento de las plantas en suelos tropicales puede restringirse por deficiencias de nutrimentos, como fósforo (P) y nitrógeno (N). La textura es la proporción de cada elemento, representada por el porcentaje de arena, limo y arcilla. Un suelo de buena textura brinda a la planta el soporte necesario para su desarrollo radicular y aporte de nutrimentos. El pH se refiere al grado de acidez o alcalinidad. El pH de los suelos de las regiones tropicales de México fluctúa desde moderadamente ácido hasta alcalino. A mayor alcalinidad, baja la disponibilidad de algunos nutrimentos, como el fósforo y algunos elementos menores. En el trópico de México prevalecen ocho órdenes de suelos (Cuadro 2).

Cambisoles, Luvisoles y Vertisoles cubren el 71% de la superficie del trópico; los dos últimos se caracterizan por su buena fertilidad y alta saturación de bases. Los Cambisoles y las Rendzinas abarcan el 31.1% del área tropical, se tipifican por una mediana a baja fertilidad, al igual que los Acrisoles (8.7%) y Nitosoles (5.6%), caracterizados por su acidez. Los Gleysoles (2.3%) permanecen inundados la mayor parte del año y presentan una fertilidad baja. Los Litosoles representan la menor superficie (0.8%), se caracterizan por tener gran cantidad de rocas calcáreas, son poco profundos, de baja fertilidad y con limitantes físicas y químicas (FAO, ISRIC and IUSS, 2006; INEGI, 2008).

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS PREDOMINANTES EN LA REGIÓN TROPICAL DE MÉXICO.

TIPO	DESCRIPCIÓN	TEXTURA	PH	MATERIA ORGÁNICA (%)
Cambisol	Suelos con cambio de color de espesor medio a pedregosos, sitios con topografía accidentada	Migajón arcillo-arenoso	Ácido (5.6 a 6.5)	Muy pobre (0.6 a 1.36)
Luvisol	Fertilidad media, drenaje deficiente y susceptible a erosión	Migajón arcillo-arenoso	Ácido-alcalino (5 a 8)	Rico a muy rico (2.6 a 33.7)
Vertisol	Arcillosos (>30%) color gris-café oscuro o negros, de arcilla, fácilmente agrietables, difícil laboreo y buena fertilidad natural	Arcilloso	Alcalino (7.6 a 8.1)	Medio a muy rico (2.3 a 5.2)
Rendzina	Someros, sobre calizas (>40% de carbonatos de Ca), topografía cerril, fácilmente erosionables	Migajón-arcilloso	Neutro-alcalino (7.1 a 8)	Muy rico (15.7 a 22.8)
Acrisol	Acumulación de arcilla iluvial y fertilidad baja, acidez alta, fácilmente erosionable	Migajón-arenoso	Ácido (4.5 a 4.9)	Pobre a rico (1.1 a 5.6)
Nitosol	Elevados en arcilla, agrietables, topografía ondulada, erosionables, fertilidad media a baja	Franco	Ácido (4.5 a 5.6)	Muy pobre a medio (0.7 a 2.1)
Gleysol	Aluviales, arcillosos, drenaje deficiente (> inundables)	Arcilloso	Neutro a alcalino (7.1 a 8.1)	Muy pobre a pobre (0.7 a 1.5)
Litosol	Someros, con alta pedregosidad, accidentados y susceptibles a la erosión	Arcilloso	Neutro a alcalino (7.1 a 8.3)	Pobre a muy rico (1.8 a 17.1)

Palacios (1977); Ramos y Peralta (1988).

Una vez identificados los tipos de suelo y clima del predio del productor, debe seleccionarse la especie o especies forrajeras, según su tolerancia a las características de los suelos (Cuadro 3) y su rango de adaptación en altura, precipitación para una óptima producción, tolerancia a sequía, enfermedades y sombreo, así como el uso que se les dará (Cuadro 4).

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS TOLERADOS POR DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES.

ESPECIE O CULTIVAR	SUELO				
	FERTILIDAD	TEXTURA*	pH	TOLERANCIA A SALINIDAD	TOLERANCIA A INUNDACIONES
Guinea <i>Panicum maximum</i> y variedades	Alta-media	A-F	5 a 8	Baja	Baja
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	Media-baja	A-ARC	4 a 7.5	Baja	Baja
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	Media-alta	F	4 a 8	Baja	Baja
Chontalpo o Señal <i>B. decumbens</i>	Media-baja	A-ARC	4.5 a 8	Baja	Baja
Pará <i>B. mutica</i>	Alta-media	A-F	>4.5	Baja	Alta
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i>	Alta-media	F	4.5 a 8	Baja	Baja
Humidícola <i>B. humidicola</i>	Media-baja	A-F-ARC	>4	Media	Alta
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i>	Alta-media	ARC	6.5 a 8.5	Alta	Media
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	Alta-media	F-ARC	4.5 a 7	Baja	Media
Buffel <i>Cenchrus ciliaris</i>	Media	A	7 a 8	Media	Baja
Alemán <i>Echinochloa polystachya</i>	Alta-media	ARC	4 a 8	Media	Alta
Elefante, Merkerón <i>Pennisetum purpureum</i>	Alta	ARC-F	4.5 a 8	Baja	Baja
King Grass, Taiwán <i>P. purpureum</i>	Alta	A	4.5 a 8	Baja	Baja
Cacahuatillo <i>Arachis pintoi</i>	Media-baja	F-ARC	5.4 a 7.2	Media	Media
Tehuana o clitoria <i>Clitoria ternatea</i>	Alta-media	ARC	4.5 a 8.7	Baja	Baja
Kudzú <i>Pueraria phaseoloides</i>	Media-baja	A-F	4 a 6.5	Baja	Media
Centro <i>Centrosema pubescens</i>	Alta-media	F	4 a 6	Baja	Baja
Guaje <i>Leucaena leucocephala</i>	Media-baja	F-ARC	7 a 8.5	Media	Baja
Cocuite <i>Gliricidia sepium</i>	Media	A-ARC	4.5 a 6.2	Baja	Baja

*A=Arenoso F=Franco ARC=Arcilloso

Peralta *et al.* (1987); Peralta (1990); Pastrana *et al.* (1992); Gutteridge y Shelton (1994).

Calidad del forraje

La calidad del forraje está asociada principalmente con el estado de crecimiento de la planta, el tipo de planta y los factores del medio ambiente (Pirela, 2005). De éstos, el clima es el que más afecta el crecimiento y por lo tanto la composición química de los forrajes, la cual varía, dependiendo de la duración de la época seca. A pesar de estos cambios en la calidad de los forrajes, algunas especies son más nutritivas que otras o conservan su calidad por más tiempo; por ello, la información sobre calidad de los forrajes también debe ser un criterio para seleccionar la especie. En el Cuadro 5, se presentan datos mundiales de rangos de proteína cruda y digestibilidad de las principales especies forrajeras para el trópico. La palatabilidad es otro factor importante a considerar, ya que de nada sirve un forraje de alta calidad, si el animal no lo consume o lo consume poco.

CUADRO 4. ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES: USOS, ADAPTACIÓN, RANGOS DE PRECIPITACIÓN Y TOLERANCIA A SEQUÍA, SALIVAZO Y SOMBREO.

ESPECIE O CULTIVAR	USOS	ALTURA (msnm)	PRECIPITACIÓN (mm/año)	TOLERANCIA A		
				SEQUÍA ¹	SALIVAZO	SOMBREO
Guinea <i>Panicum maximum</i> y cultivares	Pastoreo, corte y acarreo, ensilaje y henificado	0 - 2000	> 800	Media	Media	Alta-Buena
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	Pastoreo, control de erosión eólica	0 - 1500	400 - 2500	Alta	Alta	Baja
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	Pastoreo, corte y acarreo	0 - 2000	1000	Media	Alta	Media
Chontalpo o Señal <i>B. decumbens</i>	Pastoreo y cobertera	500 - 2300	1000 - 3000	Media	Baja	Media
Pará <i>B. mutica</i>	Pastoreo	~ 1100	1000 - 4000	Baja	Media	Media
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i>	Pastoreo, corte y acarreo	≤ 1800	1000 - 3500	Media	Media	Media
Humidicola <i>B. humidicola</i>	Pastoreo, henificado, control de erosión	≤ 2000	1000 - 2800	Alta	Alta	Alta
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i>	Pastoreo, corte y acarreo, henificado	≤ 2000	500 - 1500	Media	Media	Alta
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	Pastoreo, corte y acarreo, henificado	≤ 1200	800 - 3000	Baja	Baja	Baja
Buffel <i>Cenchrus ciliaris</i>	Pastoreo	0 a 2000	300 a 750	Alta	Baja	Baja
Alemán <i>Echinochloa polystachya</i> .	Pastoreo, ensilaje, henificado	≤ 800	1000 a 1900	Baja	Media	Baja
Elefante, Merkerón <i>Pennisetum purpureum</i>	Corte, ensilado	0 a 2000	≥ 1000	Media	Alta	Baja
King Grass, Taiwán <i>P. purpureum</i>	Corte, ensilado	0 a 2000	≥ 1000	Baja	Alta	Baja
Cacahuatillo <i>Arachis pintoi</i>	Pastoreo, cobertera	0 a 1800	1000 a 2000	Media		Alta
Tehuana o clitoria <i>Clitoria ternatea</i>	Corte, pastoreo y henificado	0 a 1500	≥ 800	Baja		Baja
Kudzú <i>Pueraria phaseoloides</i>	Pastoreo, cobertera, henificado, corte y acarreo	0 a 1500	1000 a 1500	Media		Alta
Centro <i>Centrosema pubescens</i>	Pastoreo, corte, cobertera y acarreo	0 a 1800	> 1000	Alta		Media
Guaje <i>Leucaena leucocephala</i>	Pastoreo, corte y acarreo	0 a 1600	700 a 1500	Alta		
Cocuite <i>Gliricidia sepium</i>	Corte y acarreo, cerco vivo	0 a 600	650 a 3500	Alta		

¹ Alta siete a nueve meses; Media cuatro a seis meses; Baja <cuatro meses. Fuente: Bogdan (1997); Cook *et al.* (2005); Skerman (1977); Meléndez *et al.* (2006); Peralta *et al.* (1987); Peralta (1990); Pastrana *et al.* (1992).

CUADRO 5. INDICADORES DE CALIDAD Y PALATABILIDAD DE DIFERENTES ESPECIES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES.

ESPECIE O CULTIVAR	RANGOS DE CALIDAD (%) ¹		PALATABILIDAD
	P.C	DIVMS	
Frente de toro, remolino o gramas <i>Paspalum notatum</i>	5 a 20	50 a 70	Moderada a buena
Guinea <i>Panicum maximum</i> y cultivares	6 a 20	50 a 64	Buena
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	7 a 10	30 a 55	Moderada
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	7 a 16	51 a 75	Buena
Chontalpo o Señal <i>B. decumbens</i>	5 a 15	50 a 80	Moderada a buena
Pará <i>B. mutica</i>	14 a 20	55 a 65	Buena
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i>	9 a 16	55 a 62	Buena
Humidícola <i>B. humidicola</i>	5 a 10	45 a 60	Moderada
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i>	7 a 16	40 a 60	Moderada
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	9 a 14	45 a 70	Moderada a buena
Buffel <i>Cenchrus ciliaris</i>	6 a 16	50 a 60	Moderada
Alemán <i>Echinochloa polystachya</i>	13 a 18	55 a 63	Buena
Elefante, Merkerón <i>Pennisetum purpureum</i>	9 a 19	68 a 74	Buena
King Grass y Taiwán <i>P. purpureum</i>	9 a 19	68 a 74	Buena
Cacahuatillo <i>Arachis pintoi</i>	13 a 25	60 a 70	Buena
Tehuana o clitoria <i>Clitoria ternatea</i>	18 a 23	60 a 74	Buena
Kudzú <i>Pueraria phaseoloides</i>	12 a 24	50 a 70	Moderada a baja
Centro <i>Centrosema pubescens</i>	24	53 a 71	Moderada
Guaje <i>Leucaena leucocephala</i>	18 a 28	55 a 70	Buena
Cocuite <i>Gliricidia sepium</i>	18 a 30	60 a 65	Moderada a baja

¹Valores reportados en varios trabajos de diferentes partes del mundo; los valores más altos corresponden a la etapa de inicio del crecimiento. Fuente: Cook *et al.* (2005).

También deben considerarse las necesidades de proteína, fibra, digestibilidad y energía, como un criterio adicional al seleccionar la especie o especies adecuadas para las diferentes clases de ganado (vacas en producción, vacas secas, vaquillas y becerras). Los requerimientos de la calidad nutricional están relacionados principalmente con el nivel de producción de leche. Las becerras y vaquillas en crecimiento demandan forrajes altos o moderados en proteína y energía, mientras que las vacas secas precisan forrajes regulares en proteína y energía. Las vacas en producción necesitan forrajes con altos contenidos de proteína y/o energía, con concentraciones regulares o bajas de fibra. Algunos valores relacionados con la calidad de los pastos tropicales en México se presentan en el Cuadro 6.

CUADRO 6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FORRAJES TROPICALES COSECHADOS A 28 DÍAS EN VERACRUZ, MÉXICO.

ESPECIE O CULTIVAR	MATERIA SECA (%)	PROTEÍNA CRUDA (%)	FIBRA DETERGENTE NEUTRO (%)	LIGNINA (%)
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i> ¹	26.7	8.0	74.7	7.5
Pangola <i>Digitaria decumbens</i> ¹	26.8	7.0	70.0	7.3
Guinea <i>Panicum maximum</i> ¹	22.5	7.4	69.3	6.2
Llanero <i>Andropogon gayanus</i> ¹	25	8.6	70.2	6.1
Chontalpo o señal <i>Brachiaria decumbens</i> ¹	21.9	7.8	69.6	6.3
Insurgente <i>B. brizantha</i> ¹	23	8.9	66.1	5.6
Humidicola <i>B. humidicola</i> ¹	19.3	7.5	73.6	7.8
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i> ²	15.06	12.63	65.6	10.61
Kudzú <i>Pueraria phaseoloides</i> ³	20.8	16.1	48.9	9.5
Guaje <i>Leucaena leucocephala</i> ³	29.0	21.2	40.3	6.0
Cacahuatillo <i>Arachis pintoi</i> ³	21.8	15.8	40.4	8.8

¹Juárez et al. (2002); ²Juárez et al. (2004); ³Juárez et al. (2005).

Producción de forraje

Además de la calidad, otro criterio importante para seleccionar las especies forrajeras es el conocimiento de la producción total de forraje y su distribución anual. En general, los forrajes presentan diferentes patrones de crecimiento como respuesta a las condiciones del suelo, los patrones de clima y al tipo de cosecha (corte o pastoreo). En la mayoría del trópico mexicano, se han efectuado diversas evaluaciones de la producción de pastos y leguminosas forrajeras. Aunque existen algunas variaciones entre especies, más del 70% de la producción de forraje se presenta en la época de lluvias y el resto se distribuye en las épocas de seca y nortes. Los datos de producción anual de materia seca (MS) y de épocas de seca y lluvias de especies forrajeras en México se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 7. VALORES DE PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE DIFERENTES ESPECIES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES.

ESPECIE O CULTIVAR	PRODUCCIÓN ESTACIONAL (kg MS/ha) ¹		PRODUCCIÓN ANUAL (t MS/ha)
	SECA	LLUVIAS	
Frente de toro, remolino o gramas <i>Paspalum notatum</i>	1590	3200	3 a 8
Guinea <i>Panicum maximum</i> y cultivares	5330	19326	25
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	3953	17844	22
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	5257	16500	22
Chontalpo o señal <i>B. decumbens</i>	4861	15841	21
Pará <i>B. mutica</i>	--	--	8 a 10
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i>	5000	14000	18 a 20
Humidícola <i>B. humidicola</i>	3953	15448	19
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i>	2709	8023	11
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	2577	18478	21
Buffel <i>Cenchrus ciliaris</i>	281	9888	10
Alemán <i>Echinochloa polystachya</i>	--	--	10 a 12
Elefante, Merkerón <i>Pennisetum purpureum</i>	5000	27000	32
King Grass <i>P. purpureum</i> ²	4500	25000	28 a 30
Taiwán <i>P. purpureum</i> .	5000	27000	32
Cacahuatillo <i>Arachis pintoi</i>	2696	5595	8.5
Tehuana o clitoria <i>Clitoria ternatea</i>	1462	3940	5.5
Kudzú <i>Pueraria phaseoloides</i>	2848	7742	10.8
Centro <i>Centrosema pubescens</i>	2376	7864	10.4
Guaje <i>Leucaena leucocephala</i>	2340	6631	9.1
Cocuite <i>Gliricidia sepium</i>	15000	7000	22

¹ Estimada por cortes cada seis semanas, considerando 150 días de crecimiento en secas y 215 en lluvias. Fuente: Base de datos de la RIEPT-MCAC (Enríquez *et al.*, 1999); ² Ortega (1986).

ESTABLECIMIENTO

El establecimiento de forrajes es una de las etapas más importantes del proceso de producción sustentable; comprende desde la preparación del terreno para la siembra, hasta el período de la primera utilización como corte o pastoreo del potrero. Se considera la etapa de mayor riesgo, ya que en gran parte, depende de una humedad adecuada (Faría, 2005). Una planeación cuidadosa del establecimiento, disminuye los riesgos, permite una buena cobertura vegetal del forraje y un óptimo rendimiento en la producción.

Preparación de la cama de siembra

Cualquier cultivo, incluyendo las praderas tropicales, deben sembrarse sobre terreno previamente preparado. Una buena cama de siembra, además de impedir la competencia con malas hierbas, facilita la distribución uniforme de la semilla y asegura que entre rápidamente en contacto con las partículas del suelo, agua y fertilizantes. La preparación del terreno o cama de siembra se efectúa antes del inicio de las lluvias; los métodos de preparación incluyen la forma convencional, la labranza mínima o la labranza cero. La probabilidad de éxito, rapidez del establecimiento y los costos son mayores con la preparación convencional, y menores con la labranza cero.

El método convencional consiste en chapeo, barbecho y dos pasos de rastra cruzados. Si el suelo se encuentra muy compactado, es aconsejable un subsoleo. Se barbecha preferentemente con humedad residual del ciclo de lluvias anterior a la siembra, para incorporar materia orgánica, facilitar la aireación e inducir la ruptura del ciclo biológico de algunos organismos patógenos del suelo. Después del barbecho, el terreno se deja sin ninguna labor por dos o tres meses y después se hace el primer rastreo, para destruir terrones y malas hierbas. Antes de sembrar, se da otro paso de rastra, de preferencia cruzado al anterior, para terminar de mullir el terreno y eliminar la maleza, e inmediatamente después se siembra.

En el método de labranza mínima, la tierra se trabaja muy poco, y por lo general, se dan uno o dos pasos de rastra. Una ventaja importante de la labranza mínima es que los pastos se siembran después del paso de la rastra.

En el método de labranza cero, no se usan implementos agrícolas para preparar el terreno, y la cubierta vegetal se elimina mediante chapeo, quema, uso de herbicidas o combinaciones de éstos. El chapeo tiene como objetivo destruir la vegetación, para eliminarla posteriormente mediante la quema o aplicación de herbicidas no selectivos. La quema debe realizarse antes del inicio de la temporada de lluvias, con el material seco. Si se utilizan herbicidas, se esperan de dos a tres semanas a que aparezca el rebrote de la vegetación remanente (Enríquez *et al.*, 1999; Faria, 2005).

Época de siembra

La época de siembra más adecuada es una vez que las lluvias se han establecido, ya que las condiciones climáticas favorecen la germinación de la semilla y el desarrollo de la nueva planta; por lo anterior, se requiere un buen conocimiento del clima de la zona. Para asegurar un buen establecimiento del pasto, debe haber humedad en el suelo, por lo menos tres meses después de la siembra; en el trópico, estas condiciones se presentan entre los meses de junio a septiembre (Enríquez *et al.*, 1999).

Densidad y método de siembra

La densidad de siembra es la cantidad de semilla por hectárea, necesaria para lograr una población de plantas con una buena cobertura al establecimiento. Los principales medios de propagación de las especies forrajeras son semilla botánica o material vegetativo (cepas, estolones, rizomas y estacas). La cantidad de semilla o material vegetativo depende del método de siembra, la especie y la calidad de la semilla. Para la propagación por semilla botánica, es muy importante conocer la densidad de siembra, con base en el valor cultural (VC) de la semilla (Enríquez y Quero, 2006). Esto es necesario, ya que el manejo de la

semilla desde el lugar de origen hasta el punto de venta afecta la germinación, y generalmente el valor de ésta es menor al indicado en la etiqueta. En el manejo y uso de la semilla se debe considerar lo siguiente:

1. Verificar que la semilla sea de la más alta calidad, y la etiqueta tenga los datos de pureza y germinación, con fecha de prueba reciente.
2. Evitar la exposición de la semilla a altas temperaturas durante el transporte y almacenamiento, mantenerla en un lugar seco, con sombra, y sembrarla lo más pronto posible. No almacenarla de un año para otro.
3. Hacer una prueba de germinación o emergencia de las plántulas y calcular el VC.

Procedimiento para calcular el VC de la semilla:

Seleccionar al azar una muestra pequeña de semilla de varios bultos, mezclar la muestra, seleccionar 100 semillas que estén llenas y colocarlas en un recipiente suficientemente grande. Es ideal una charola de germinación, vasos o charolas de unisel, etc. Como sustrato puede utilizar arena, algodón estéril, toallas de papel u otros materiales que conserven la humedad. Colocar la semilla muy superficialmente, a no más de 1 centímetro de profundidad. Repetir el procedimiento cuatro veces. Mantener las semillas con humedad constante y contar semanalmente por tres semanas. El número total de plántulas emergidas, dividido entre el total de semillas puestas a germinar, es igual al porcentaje de germinación.

Ejemplo: un lote de semillas de pasto Humidícola tiene marcado en la etiqueta un porcentaje de pureza del 70% y las pruebas de germinación dieron como resultado un 70% de emergencia. El VC de la semilla se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VC = \frac{\% \text{ pureza} \times \% \text{ germinación}}{100}$$

$$VC = \frac{70 \times 70}{100} = 49\%$$

Para calcular la cantidad de semilla comercial por hectárea, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{kg SC/ha} = \frac{\text{kg de SPG recomendada} \times 100}{\text{VC de la muestra}} = \frac{4 \times 100}{49} = 8.2 \text{ kg/ha}$$

En donde SPG es la semilla pura germinable. Los kilogramos recomendados de ella, para las principales especies forrajeras tropicales, se presentan en el Cuadro 8.

El método de siembra depende del tipo de material que se va a usar (semilla botánica o material vegetativo) y de los costos de establecimiento. El material vegetativo puede ser cepa, caña o guía. Las cepas son plantas con todo y raíz que se trasplantan de un lugar a otro; su propagación es muy efectiva, pero suele ser muy lenta y costosa y se requieren hasta 4 toneladas de cepas por hectárea. Las cañas y las guías son tallos (culmos en las gramíneas), con la propiedad de originar una nueva planta, a partir de las yemas axilares localizadas en los nudos, distribuidas alternadamente a lo largo del tallo y cubiertas por la base de la vaina de las hojas (Enríquez *et al.*, 1999; Sierra, 2002).

CUADRO 8. SEMILLA O MATERIAL VEGETATIVO POR HECTÁREA DE DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS, PARA DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA.

PASTOS QUE SE SIEMBRAN POR SEMILLA	SEMILLA PURA GERMINABLE (kg/ha)		
	VOLEO	SURCO O LÍNEA	ESPEQUE
Guinea <i>Panicum maximum</i> y cultivares	4.0	3.0	2
Chontalpo o señal <i>Brachiaria decumbens</i>	4.0	3.5	2
Insurgente <i>B. brizantha</i>	4.5	4.0	2
Humidícola <i>B. humidicola</i>	4.0	3.5	2
Mulato <i>B. brizantha</i> x <i>B. ruziziensis</i>	4.5	4.0	2
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	4.5	4.0	2

PASTOS QUE SE SIEMBRAN POR MATERIAL VEGETATIVO	MATERIAL VEGETATIVO (t/ha)		
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>			
Estrella de África <i>Cynodon plectostachyus</i>	2.0	1.5	1.0
Humidícola <i>B. humidicola</i>			
Pará <i>B. mutica</i>			
Taiwán, Elefante, King grass <i>Pennisetum purpureum</i>	N/A	3.0	1.5

Si utiliza semilla para la siembra, los métodos más comunes son: voleo, surcado o rayado y espeque. El voleo consiste en esparcir la semilla uniformemente en forma manual o con voleadora. El surcado o rayado puede ser manual o con maquinaria, a una profundidad de 2 a 5 centímetros y a distancias entre 50 a 70 centímetros; la semilla se deposita a lo largo del surco o línea. Antes de la siembra es importante calibrar el equipo, para asegurar una distribución y cantidad de semilla adecuada. En la siembra por espeque, se hace un hoyo en el suelo, para depositar la semilla. En todos los casos, una vez depositada la semilla botánica se tapa con un paso ligero de ramas, procurando que ésta quede a una profundidad no mayor a 2.5 centímetros.

Cuando se usan cañas, deben estar maduras (tres a cinco meses de edad), sin hojas, punta, ni base. Los métodos de siembra son en surco o espeque; en el primer caso, la caña puede depositarse completa o en trozos (con tres a cuatro nudos), en el fondo del surco. Cuando se utiliza el método de espeque, los trozos con tres a cuatro nudos se colocan a la mitad del terraplén del surco en ángulo de 45°, procurando que dos de los tres o cuatro nudos queden enterrados en el suelo.

Control de maleza y plagas al establecimiento

Para asegurar un buen establecimiento de la pradera, es importante eliminar toda competencia de plantas indeseables. La maleza puede controlarse con herbicidas antes de la siembra (preemergentes) o después (postemergentes). Los pre-emergentes controlan las semillas de maleza depositadas en el suelo, así como plántulas de reciente emergencia. Los post-emergentes deben aplicarse al poco tiempo de su emergencia, cuando la maleza esté en su período más activo de crecimiento; una buena referencia es cuando las plantas indeseables alcanzan 15 centímetros de altura.

La efectividad de los herbicidas se ve afectada por el pH, materia orgánica, textura y banco de semillas de especies indeseables en el suelo. En los Cuadros 9 y 10 se presentan los resultados de la evaluación de diferentes ingredientes activos de herbicidas para el control

pre y postemergentes de especies indeseables. En general, las dosis más altas se recomiendan cuando los suelos tienen más del 10% de materia orgánica o el banco de semillas de plantas indeseables es muy abundante.

CUADRO 9. HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA CONTROLAR MALEZA EN EL ESTABLECIMIENTO DE PASTO INSURGENTE Y PRADERA MIXTA DE PASTO INSURGENTE-LEUCAENA.

HERBICIDA PREEMERGENTE	SUELO	DOSIS (kg i.a./ha) ¹	SELECTIVIDAD	DAÑO CAUSADO AL FORRAJE (%) ²	CONTROL DE MALEZA (%) ³	BIOMASA (t MS/ha) ⁴
Atrazina	Litosol	1.0	Insurgente	3	80	3.88
Atrazina	Litosol	2.5	Insurgente	3	90	4.76
Imazethapyr	Cambisol	0.07	Insurgente	10	86	6.36
Imazethapyr	Cambisol	0.10	Insurgente	25	91	6.45
Imazethapyr	Litosol	0.09	Insurgente-Leucaena	25 0	80	6.68 0.18
Imazethapyr	Litosol	0.12	Insurgente-Leucaena	25 0	82	8.95 0.47
Imazethapyr	Cambisol	0.06	Insurgente-Leucaena	0 0	69	2.16 0.16

¹ Dosis aplicada al suelo un día después de la siembra del pasto; ² A los 28 días posteriores a la emergencia (DPE) del pasto; ³ A los 42 DPE; ⁴ A los 143 y 130 DPE para litosol y cambisol, respectivamente (Rivas *et al.*, 2003; Rivas *et al.*, 2004a; Rivas *et al.*, 2004b).

CUADRO 10. HERBICIDAS POSTEMERGENTES PARA CONTROLAR MALEZA EN CLITORIA, PASTO INSURGENTE Y PRADERA MIXTA DE PASTO INSURGENTE-LEUCAENA.

HERBICIDA POSTEMERGENTE	SUELO	DOSIS (kg i.a./ha) ¹	SELECTIVIDAD	DAÑO CAUSADO AL FORRAJE (%) ²	CONTROL DE MALEZA (%) ³	BIOMASA (t MS/ha) ⁴
Bentazón	Cambisol	0.6	Clitoria	0	63	2.34
Bromoxinil	Cambisol	0.6	Clitoria	0	74	2.36
Imazethapyr	Cambisol	0.12	Clitoria	0	67	2.23
2,4-D + picloram	Litosol	0.72+0.19	Insurgente	0	70	3.93
Bentazón ⁵	Litosol	0.8	Insurgente-Leucaena	0 5	82	15.50 0.13
Imazethapyr ⁵	Cambisol	0.05	Insurgente-Leucaena	0 5	61	7.90 0.03

¹ Dosis aplicada cuando la maleza alcanzó 15 cm de altura; ² A los 28 días posteriores a la aplicación del herbicida en Clitoria e Insurgente y a los 14 de la última aplicación en la asociación; ³ A los 28 días de aplicado el herbicida; ⁴ A los 138 días posteriores a emergencia (DPE) de la Clitoria, 143 del Insurgente y 130 de la asociación; ⁵ Dosis aplicada tres veces cada 21 días (Rivas *et al.*, 2001; Rivas *et al.*, 2005; Rivas *et al.*, 2007).

Las plagas más comunes al establecimiento son insectos y pájaros; su daño puede prevenirse tratando la semilla con insecticidas.

Ejercicio: Se necesita establecer una pradera de 12 hectáreas, en un rancho con ganado de doble propósito y vacas que producen un 15% más de leche que el promedio reportado para el trópico. El predio está ubicado a una altitud de 1000 msnm, tiene una pendiente $\geq 10\%$, suelo mecanizable de tipo vertisol, fertilidad regular, textura franco arcillosa, pH ≤ 5.5 y no se encharca. La precipitación media anual es de 1000 milímetros. La temporada de lluvias inicia

a finales de junio y termina en octubre; el comportamiento es unimodal, con seis a siete meses de sequía y temperaturas muy altas durante los meses más secos. Con la información proporcionada, determinar lo siguiente:

1. Especie forrajera más adecuada.
Supongamos que la semilla adquirida indica en la etiqueta un 90% de pureza, 65% de germinación y un costo de \$150.00/kg. Sin embargo, en la prueba de germinación resulta un 55% de germinación, y se requieren 4.0 kg de SPG de semilla.
2. Calcular el VC de la semilla.
3. Calcular la cantidad de semilla comercial por hectárea.
4. Calcular el costo de semilla comercial por hectárea.
5. Indicar el método de siembra más adecuado y por qué.

MANEJO AGRONÓMICO DE LA PRADERA

El manejo agronómico de la pradera es una de las prácticas fundamentales para su sustentabilidad. Principalmente, consiste en diseñar un plan de control de plantas indeseables, plagas y enfermedades. Cuando sea económicamente factible se debe incluir también la fertilización de la pradera, con el fin de reponer los nutrientes que las especies forrajeras extraen del suelo, para su crecimiento y producción óptima de biomasa (Bogdan, 1997).

Control de maleza

La maleza en los potreros o en los cultivos forrajeros es cualquier especie vegetal indeseable que no es consumida por el ganado o sin otros usos (ej: plantas medicinales, sombra, etc.) y que compite con las plantas forrajeras por agua, luz, nutrientes y espacio; puede reducir la producción de forraje de un 20 hasta un 85%, y puede ser hospedera de hongos, insectos y enfermedades que dañan a los pastos. Algunas de estas especies contienen sustancias tóxicas, que al ser ingeridas por los animales pueden provocarles alteraciones metabólicas, intoxicación, abortos, hipotiroidismo, fotosensibilización, alteraciones neuromusculares e incluso la muerte. Los principales factores que propician la presencia de plantas indeseables son: 1) inadecuado manejo del pastoreo, 2) falta de labores de cultivo, 3) introducción de especies forrajeras de limitada adaptación a un área en particular, 4) plagas y enfermedades, 5) clima y 6) suelo.

El primer paso para controlar la maleza es clasificarla en uno de los siguientes tres tipos: 1) hoja angosta, que incluye plantas monocotiledóneas de las familias de las gramíneas, ciperáceas y juncáceas, con una alta capacidad competitiva y resistencia a las condiciones adversas de sequía o inundación; 2) hoja ancha, que son plantas dicotiledóneas de crecimiento herbáceo y ciclo anual o bianual y por lo general de fácil control y 3) arbustivas perennes y bianuales dicotiledóneas, que presentan mayor grado de dificultad para controlarlas, debido a su sistema radical profundo y ramificado.

Los métodos de control de maleza son los siguientes: 1) manual, se utilizan instrumentos como el machete, coa, tarpala, azadón, etc., y es apropiado para áreas con poca invasión de maleza de cualquier tipo o que está concentrada en manchones; 2) mecánico con chapeadora o desvaradora, recomendable para praderas con un alto grado de invasión de plantas indeseables, especialmente arbustivas. Antes de aplicarlo, se sugiere un pastoreo

intensivo; y 3) químico, mediante herbicidas selectivos (actúan solamente sobre plantas susceptibles) o no selectivos (actúan sobre cualquier planta).

Por su modo de acción los herbicidas se clasifican en: a) residuales, se aplican directamente al suelo, controlan plántulas y semillas; b) de contacto, con poca movilidad en la planta y actúan sobre la parte en donde se aplica; son más efectivos cuando se aplican a las hojas y c) sistémicos, este tipo de herbicidas es absorbido por las partes aéreas de la planta o la raíz y transportado por el xilema o floema hasta los lugares de acción (Cuadro 11). En general, actúan interrumpiendo algunas rutas metabólicas o inhibiendo fotosíntesis o funciones celulares (Ferrel *et al.*, 2008).

CUADRO 11. TIPO DE MALEZA, PRODUCTOS, DOSIS Y SELECTIVIDAD PARA CONTROLARLA EN POTREROS DEL TRÓPICO DE MÉXICO.

MALEZA PREDOMINANTE	NOMBRE COMÚN	DOSIS INGREDIENTE ACTIVO (kg/ha)	SELECTIVIDAD	OBSERVACIONES
Gramíneas y algunas de hoja ancha	Atrazina	0.8 a 1.2	<i>Brachiaria</i> <i>Panicum</i> <i>Andropogon</i>	Aplicar en preemergencia, al establecimiento
Hoja ancha	2,4-D	0.4 a 0.8	Gramíneas en general	Controla maleza en postemergencia
Hoja ancha y arbustivas	2,4-D + Picloram	0.19 + 0.72 0.32 + 1.20	Gramíneas en general	Utilizar la dosis mayor en áreas densamente pobladas de maleza
Gramíneas	Alaclor Pendimetalina Metolaclor	0.9 a 1.2 0.3 a 0.6 1.0 a 1.5	<i>Centrosema</i> <i>Pueraria</i> <i>Desmodium</i> <i>Neonotonia</i>	Aplicar en preemergencia.
Gramíneas y ciperáceas	Glifosato Paraquat	0.7 a 1.4 0.3 a 0.6	No selectivo	Controla gramíneas y ciperáceas, en aplicaciones dirigidas.

Fuente: Ferguson y Sánchez (1986).

Control de plagas

Esta actividad consiste en monitorear e identificar las plagas, observar los daños, definir el método de control, y seleccionar los productos, dosis y formas de aplicación.

Las principales plagas en los pastos del trópico son la mosca pinta o salivazo y el gusano falso medidor. La mosca pinta (*Aenolamia spp.*) daña cuando las ninfas se alimentan de la savia de las raíces y parte basal de las plantas, deteriorando los tejidos de conducción, lo que impide el paso de agua y nutrimentos a la parte aérea de la planta. Ello origina una clorosis general de la planta, cuya intensidad está asociada al grado de infestación. Un daño aún más severo, lo ocasionan los adultos por inyección de sustancias cáusticas en el tejido vegetal. Éste se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas expandidas en los puntos de las picaduras, que finalmente provocan la muerte de las plantas.

Una estrategia para disminuir el daño de la mosca pinta es diversificar las praderas, con más de un tipo de pasto, o introduciendo especies resistentes al ataque del insecto como los pastos Insurgente, Llanero y Humidícola. También puede prevenirse y controlarse mediante el manejo del pastoreo, en donde una carga animal adecuada permite cosechar al máximo

posible el forraje y disminuir la acumulación de material muerto, que a su vez reduce las condiciones propicias para el desarrollo y multiplicación de la plaga. Si está presente, se puede exponer a los rayos del sol mediante el pastoreo intensivo de especies rastreras hasta una altura de 10 a 15 centímetros y de las amacolladas de 30 a 40 centímetros, lo que ocasiona su muerte por deshidratación.

El control químico es el último recurso para controlar la mosca pinta, ya que incrementa los costos de mantenimiento y afecta a la fauna benéfica de insectos. El insecticida se aplica oportunamente cuando se tienen de 20 a 25 salivazos de tamaño semejante al del adulto por metro cuadrado. Existe gran cantidad de productos químicos para controlar plagas de insectos, pero deben seleccionarse aquéllos de baja residualidad y toxicidad, seguirse las indicaciones del fabricante y excluirse del pastoreo las praderas tratadas entre 15 y 20 días, para evitar daños o intoxicaciones en los animales. Algunos productos y dosis para controlar esta plaga se presentan en el Cuadro 12.

CUADRO 12. PRODUCTOS Y DOSIS RECOMENDADAS PARA LAS PRINCIPALES PLAGAS DE GRAMÍNEAS TROPICALES.

ESTADIO	INGREDIENTE ACTIVO	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS/ha	
			P.C.*	i.a.**
Ninfa de salivazo y/o larva de falso medidor	Carbaril	Sevín G 5	40.0 kg	10.0 kg
	Triazofós	Dipterex PS. 80	1.0 kg	0.25 kg
	Carbaril	Sevín PH 80	2.0 kg	0.50 kg
	Malatión	Malatión 1000	1.5 kg	0.35 kg
Adulto de ambas plagas	Metidatión	Supracid	1.5 a 2.0 L	0.50 kg
	Fentionce	Lebaycid	1.0 a 1.5 L	0.35 kg

[†] Con base en volumen de 400 L de agua; es importante que el pasto no rebase los 40 cm de altura.

*Producto comercial **Ingrediente activo.

Calderón *et al.*, (1982a); Calderón y Valencia (1982b); Lapointe y Ferrufino (1991); Valerio *et al.*, (1996).

El gusano falso medidor (*Mocis latipes*) en estado adulto es una palomilla de color café-grisáceo, la cual deposita sus huevecillos en el envés de las hojas de las gramíneas. Las larvas son sumamente voraces y cuando sobrepasan de 20 por metro cuadrado, pueden consumir más del 50% del follaje en pocos días; sus hábitos de consumo son nocturnos.

Las especies de pastos más susceptibles a esta plaga son las del género *Cynodon*, así como Pangola, Guinea, Privilegio, Llanero, Chetumal, ente otros. En general, se presenta cuando hay períodos de lluvia, seguidos de una sequía severa, a finales del mes de julio y agosto (sequía intraestival o canícula); al reinicio de las lluvias, las poblaciones del falso medidor disminuyen considerablemente por la acción de diversos insectos y hongos que ejercen un control biológico natural.

Esta plaga puede controlarse mediante el pastoreo con cargas altas, para ejercer un control mecánico a través del consumo del follaje y pisoteo de las larvas. En el caso de control químico, debe efectuarse cuando la población de gusanos supere los 15 por metro cuadrado; los productos y dosis se presentan en el Cuadro 12.

Fertilización

Un factor común en la mayoría de los suelos tropicales, es que éstos son bajos en nutrientes, particularmente en nitrógeno y fósforo (Fisher *et al.*, 1996). La fertilización de

praderas tiene como objetivo reponer los nutrimentos del suelo como nitrógeno, fósforo y potasio, removidos por las plantas para su crecimiento y producción de biomasa; la extracción depende de la especie forrajera y su manejo. Algunos factores que deben considerarse en el uso de los fertilizantes en praderas tropicales son: recuperación de la inversión, especies forrajeras y composición botánica de la pradera, nutrientes del suelo y su disponibilidad, cantidad e nutrientes removidos y pérdida de nutrientes en el suelo (Crowder y Chheda, 1982).

Las especies y cultivares forrajeros requieren diferentes nutrimentos; algunos forrajes crecen mejor en suelos con alta fertilidad, y por lo general son altamente extractivos de nutrimentos. Otros se adaptan a suelos pobres de baja fertilidad y requieren mínimas cantidades de fertilizante, ya que son poco extractivos.

El Cuadro 13 muestra una clasificación de los pastos y leguminosas, de acuerdo a sus requerimientos en fertilidad del suelo.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE FERTILIDAD DEL SUELO.

FAMILIA	FERTILIDAD DEL SUELO		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Gramíneas	Estrella	Insurgente	Chontalpo o Señal
	Pangola	Privilegio	Humidicola
	Elefante	Alemán	Jaragua
	King grass	Pará	Isleño
	Insurgente	Buffel	Llanero
	Alemán	Caña japonesa	
	Pará	Bigalta	
	Cruza 1	Estrella	
Leguminosas	Tehuana	Centrosema	Kudzú
	Soya perenne	Soya perenne	Cacahuatillo
	Centrosema	Cacahuatillo	Guaje
		Guaje	
		Kudzú	
	Cocuite	Cocuite	

Fuente: Enríquez *et al.* (1999).

En general, los pastos tropicales responden bien a la fertilización nitrogenada y recuperan de un 50 a 80% de la cantidad aplicada, mientras que el resto se pierde por lavado o denitrificación. Para un mejor aprovechamiento, se recomienda dividir la fertilización nitrogenada en varias aplicaciones (después de cada corte o pastoreo) y en ambos casos después de haber llovido.

En el trópico mexicano, se han definido diferentes dosis de fertilizantes para praderas bajo pastoreo y pastos de corte (Cuadro 14), útiles como guía, considerando que pueden ajustarse de acuerdo a la fertilidad del suelo y el tipo de planta. También se recomienda consultar al experto forrajero de su región.

CUADRO 14. FERTILIZACIÓN SUGERIDA EN DIFERENTES PASTOS DURANTE EL ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO ANUAL.

ESPECIE O CULTIVAR	DOSIS DE FERTILIZACIÓN (kg/ha/año)			
	ESTABLECIMIENTO		MANTENIMIENTO	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Requerimiento bajo: Llanero, Chontalpo, Humidícola, Jaragua y Bigalta	25	15	50	30
Requerimiento medio: Privilegio, Insurgente, Alicia, Buffel, Caña japonesa	40	25	80	50
Requerimiento alto: Estrella, Pangola, King grass, Elefante, Taiwán, Tanzania, Alemán y Pará	60	30	120	60

Fuente: Enríquez *et al.* (1999).

COSECHA DE FORRAJE

El forraje se cosecha de dos formas: corte manual o mecánico y directamente por el pastoreo de los animales. Para cada caso es importante conocer el punto óptimo de cosecha (cantidad y calidad) para conservarlo (heno o silo) o utilizarlo (pastoreo).

Corte (momento óptimo, intensidad, duración y frecuencia)

Las especies forrajeras responden de manera distinta al corte y frecuencia del mismo; en general, su calidad disminuye conforme avanza su crecimiento, por lo que es importante conocer el momento óptimo del corte. Los cultivos forrajeros para ensilar, como maíz y sorgo, deben cortarse cuando el grano presenta un tercio de línea de leche (un poco más maduro que masoso-lechoso), y los pastos de corte, como *Pennisetum*, cuando el rebrote tiene una edad entre 75 (primer corte) y 90 días (en los siguientes cortes) (Cuadro 15).

CUADRO 15. ETAPA DE CORTE Y RENDIMIENTO PARA ENSILAJE DE ALGUNAS ESPECIES FORRAJERAS.

ESPECIE O CULTIVAR	ESTADO DE MADUREZ O EDAD DE REBROTE ¹	RENDIMIENTO ANUAL EN BASE FRESCA (t/ha) ²
Maíz <i>Zea mays</i>	Un tercio de línea de leche (30 a 35% de MS)	40 a 50
Sorgo forrajero <i>Sorghum vulgare</i>	Grano lechoso a masoso	40 a 50
Taiwán <i>Pennisetum purpureum</i>	75 a 90 días del rebrote	80 a 90
King grass <i>P. purpureum</i>	75 a 90 días del rebrote	75 a 85
Guinea <i>Panicum máximum</i>	45 días del rebrote	55 a 60
Tanzania y Mombasa <i>P. maximum</i>	45 días del rebrote	60 a 70
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	42 días del rebrote	55 a 60
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i> y Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	35 días del rebrote	35 a 45

Fuente: López (1988); López (1997); López (1999).

¹ Se refiere a la edad del cultivo, al primer corte bajo condiciones óptimas de crecimiento. La edad al corte se alarga a medida que avanza la estación de crecimiento de la pradera; en el maíz, se da un solo corte, en el sorgo dos cortes, y en el resto, los cortes que permita la estación de crecimiento durante la época de lluvias.

² Rendimiento aproximado de cultivos y praderas en buenas condiciones y fertilizados con una dosis media.

Los forrajes para henificar se cortan entre 50 y 70 días del rebrote, a una altura de 5 centímetros para especies rastreras, y de 15 centímetros para las erectas. Independientemente de que el corte sea manual o mecánico, se cosechan, transportan y almacenan lo más rápido que las condiciones lo permitan, de preferencia sin exceder cinco o seis días.

Pastoreo

A través del pastoreo, los animales consumen las plantas para adquirir la energía y los nutrientes; éste varía en función de factores asociados a los animales y a las plantas. Esta cosecha del forraje se maneja de manera que pueda obtenerse una óptima producción animal por unidad de área, sin deteriorar los recursos planta-agua-suelo.

La planeación adecuada del pastoreo requiere definir los objetivos del sistema de producción (ej: incrementar la producción de leche, mantener la productividad y condición de las praderas, reducir costos de operación, etc.) y considerar los siguientes aspectos: superficie disponible para el pastoreo, plantas forrajeras, requerimiento de forraje de los bovinos y número de hatos a pastorear, carga animal y capacidad de carga, métodos de pastoreo y desarrollo del plan de pastoreo.

Superficie disponible para el pastoreo. Deben inventariarse los principales recursos del rancho: ubicar y dibujar un mapa de los potreros disponibles para pastoreo e identificar las áreas del rancho destinadas para forrajes de corte (Figura 1). De ser posible, identificar también los tipos de suelo, ya que de éstos depende la productividad del forraje.



Figura 1. Mapa de los recursos forrajeros del rancho.

Plantas forrajeras. Las plantas forrajeras de las praderas (gramíneas o leguminosas) tienen diferentes formas de crecimiento, persistencia, palatabilidad y calidad; también, responden en forma distinta a las condiciones de suelo, patrones del clima y manejo del pastoreo (Blanchet *et al.*, 2003). Por esto, es importante conocer las especies presentes en los potreros y su grado de preferencia por los bovinos (palatables, menos palatables y no palatables). Las palatables son las plantas clave o más importantes para diseñar el grado de utilización de los potreros.

Requerimiento de forraje de los bovinos. Dependiendo de la edad y estado fisiológico, los bovinos presentan diferentes necesidades de forraje en base seca (Cuadro 16), las cuales deben expresarse en Unidades Animal (UA), o sea, cantidad de materia seca (MS) de forraje que requiere una vaca en producción de 450 kg de peso, con becerro de hasta seis meses de edad, o sin él (Society for Range Management, 1989).

La cantidad de forraje que requiere una UA se estima bajo las siguientes bases: una vaca consume aproximadamente el 2.5% de su peso vivo de forraje en base seca + 0.5% de pérdida por pisoteo y desperdicio = 3% de utilización. Entonces, una UA necesita: 450 kg x 3% = 13.5 kg de MS por día; para un mes serían 13.5 x 30 = 405 kg de MS, y para un año 13.5 x 365 = 4,928 kg de MS. En el Cuadro 16, se presentan diferentes equivalencias de UA, para distintas categorías de bovinos y sus requerimientos de materia seca.

CUADRO 16. REQUERIMIENTOS DE MATERIA SECA (MS) POR UNIDAD ANIMAL.

CATEGORÍA	UA EQUIVALENTES	MS REQUERIDA POR DÍA (kg) ¹	MS REQUERIDA POR MES (kg) ¹	MS REQUERIDA POR AÑO (kg) ¹
Becerro destetado con menos de 360 kg	0.75	<10.8	<328	<3,942
Torete o vaquilla entre 360 y 400 kg	0.85	10.8 a 12	328 a 344	3,942 a 4,380
Vaca de 450 kg con becerro ²	1.00	13.5	405	4,928
Vaca entre 500 y 590 kg con becerro ²	1.15	15 a 17.7	456 a 538	5,475 a 6,460
Vaca >600 kg con becerro ²	1.25	18	547	6,570
Toro de 900 kg	1.50	27	821	9,855

¹ Considerando un 3% utilización (2.5% de consumo + 0.5% pérdida); ² hasta seis meses de edad.

Para estimar los requerimientos de forraje de un hato determinado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Requerimiento diario de MS del hato} = (\text{No. de animales}) (\text{Peso promedio}) (\% \text{ utilización})$$

Ejemplo: un rancho ganadero de doble propósito tiene dos hatos: uno de 150 vacas, con peso promedio de 450 kilogramos y becerros de cinco meses; el otro de 135 animales entre vaquillas y toretes, con peso promedio de 380 kilogramos. La necesidad de forraje diario para el primer hato sería (150 vacas) (450 kg promedio de PV) (3% utilización) = 2,025 kg MS por día; para el segundo hato = (135 bovinos jóvenes) (380 kg promedio de PV) (3% utilización) = 1,539 kg MS por día.

Carga animal y capacidad de carga. La carga animal es el número de animales que pastorean una determinada área (Holechek *et al.*, 2004); Ésta tiene una gran influencia en la recuperación de las plantas, la producción futura de forraje, la calidad de forraje disponible, la producción animal y la composición de las especies en la pradera en el largo tiempo. La carga animal de un determinado rancho no necesariamente es el número correcto de animales que deba tener el predio; es decir, si se tienen más animales que forraje disponible, las plantas de las praderas serán sobrepastoreadas y los animales no podrán satisfacer sus necesidades de MS. Por el contrario, si se tienen menos animales que forraje

disponible, se presenta un uso ineficiente de la pradera y se obtienen menores ganancias por hectárea.

La cosecha óptima de forraje se obtiene conociendo la capacidad de carga (CC) de las praderas, o sea, el número de animales que pueden pastorear determinada superficie, bajo un uso adecuado y por tiempo definido, sin deteriorar el recurso forrajero. Se expresa en hectáreas por unidad animal por año (ha/UA/año). Para calcular la CC, es necesario conocer: (1) la producción de forraje disponible (kg MS/ha) en el tiempo de pastoreo (época del año, mes, etc.); (2) la cantidad de forraje que pueden remover los animales sin deteriorar la planta (% de utilización), en general, este porcentaje está entre el 50 y 65%; y (3) la cantidad necesaria de forraje para alimentar una Unidad Animal (UA).

La capacidad de carga se estima mediante la siguiente fórmula:

$$CC = \frac{\text{Consumo de forraje por UA por época}}{(\text{Producción de MS/ha de forraje}) (\% \text{ utilización del forraje})}$$

Ejemplo, una pradera de pasto Insurgente produce 20,000 kilogramos de MS/ha/año; el 70% de la producción se presenta de junio a noviembre y el 30% de diciembre a mayo. Se pretende que los bovinos remuevan el 65% del forraje disponible en la época de mayor producción y el 50% en la época de menor producción. En los seis meses de pastoreo por época, una UA requiere 2,464 kilogramos de forraje en base seca ¿Cuál sería la capacidad de carga de la pradera para los dos periodos?

$$CC \text{ junio-noviembre} = \frac{2,464 \text{ kg}}{(20,000 \text{ kg/ha}) (70\%) (65\%)} = 0.27 \text{ ha/UA o } 3.7 \text{ UA/ha}$$

$$CC \text{ diciembre-mayo} = \frac{2,464 \text{ kg}}{(20,000 \text{ kg/ha}) (30\%) (50\%)} = 0.82 \text{ ha/UA o } 1.22 \text{ UA/ha}$$

Los resultados indican que se necesitan 0.27 ha/UA para la época de mayor producción de forraje (junio a noviembre) y 0.82 ha/UA para la de menor producción (diciembre a mayo). Si se tiene un rancho con 230 hectáreas, en la época de mayor producción las praderas pueden proveer de forraje a $230/0.27 = 852$ UA y en la de menor producción, solamente tienen forraje para alimentar bien a $230/0.82 = 280$ UA. En estos casos, es importante ajustar la carga animal en la época de menor producción de forraje, o bien tener un alimento alternativo, como heno o silo, que complete la cantidad necesaria de MS, para el tamaño del hato.

Si desconoce la producción de forraje de las especies de sus potreros, puede estimarla con el siguiente procedimiento:

1. Caminar diagonalmente a lo largo y ancho del potrero (forma radial), aventar un objeto en dirección a donde está caminado. Colocar un marco cuadrado de 1 metro por lado, hecho de varilla, madera o PVC, al ras del suelo en donde cayó el objeto y cortar todo el forraje contenido en el mismo. Repetir este procedimiento entre 15 y 20 veces por potrero, tratando de abarcar todas las áreas del mismo.
2. Pesar y embolsar el forraje en cada corte, registrar los pesos en kilogramos en una libreta e identificar cada dato, de acuerdo al número de corte en cada potrero.

3. Estimar el rendimiento de forraje fresco del potrero: sumar todos los pesos, dividirlos entre el número de cortes y multiplicar el resultado por los m² del potrero.
4. Estimar el rendimiento de forraje en base seca: poner a secar al menos cinco bolsas con las muestras que cortó en una estufa a 65°C por 48 h. Si se carece de estufa, secar las muestras al sol por tres a cuatro días o hasta que sequen bien. El porcentaje de materia seca del forraje cosechado se obtiene dividiendo el peso seco promedio de las muestras que se secaron, entre el peso fresco promedio de esas muestras. Finalmente, multiplicar el porcentaje de materia seca obtenido, por el rendimiento de forraje fresco del potrero (paso 3), el resultado será la producción de forraje en base seca.

Método de Pastoreo. Es un procedimiento definido de manejo del pastoreo, diseñado para alcanzar uno o varios objetivos específicos. Para una eficiente cosecha de forraje, se consideran básicamente dos métodos de pastoreo: continuo y rotacional, con diversas variantes (Vallentine, 2001). En las praderas tropicales, el más indicado es el de rotación de los potreros, que permite lograr una buena producción animal con el tiempo, a través del mejoramiento o mantenimiento de la cantidad (eficiencia de la captura de energía) o calidad (eficiencia de conversión) del forraje producido o consumido. El sistema rotacional considera periodos de pastoreo y descanso para dos o más pasturas o unidades de pastoreo; sus ventajas y desventajas se presentan en el Cuadro 17.

CUADRO 17. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE PASTOREO ROTACIONAL MÁS COMUNES.

PASTOREO ROTACIONAL SIMPLE	PASTOREO ROTACIONAL INTENSIVO
Sistema con más de un potrero. El ganado se rota, para permitir períodos de descanso y pastoreo de los forrajes.	Sistema con muchas divisiones. Generalmente, por medio de un cerco eléctrico; el ganado se mueve frecuentemente de una división a otra, según el crecimiento y utilización del forraje.
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejor producción y condición de la pradera. • Descanso de las praderas y rebrote del forraje. • Estación de pastoreo más prolongada. • Mejor distribución de las heces. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor producción y utilización por unidad de superficie. • Alta posibilidad de carga animal por periodos cortos. • Mejor distribución de las heces en los potreros. • Control de plantas indeseables, generalmente por el pastoreo. • Mayores opciones de pastoreo y reducción, en cierto grado, de forrajes de corte.
<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayores costos de cercado y sistemas para abastecer agua, que los del pastoreo continuo. • Menor producción de forraje y utilización de la pradera, comparado con el pastoreo rotacional intensivo. 	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo cuidadoso de la oferta de forraje. • Altos costos iniciales, debido al cercado y sistema de distribución de agua. • Mayor manejo.

Fuente: Blanchet *et al.* (2003).

Desarrollo del Plan de Pastoreo. Es importante para manejar apropiadamente las especies de la pradera. Incluye el cálculo del número de potreros, tiempo de ocupación y descanso.

El número mínimo de potreros en un sistema depende del tiempo de reposo de los pastos, el cual permite a las plantas rebrotar y producir forraje para el siguiente periodo de crecimiento. El periodo de descanso varía, según el periodo de crecimiento de los pastos; se debe utilizar el promedio recomendado para cada especie o un periodo mayor. En el Cuadro 18, se presentan los reposos recomendados para algunos pastos del trópico de México. Un periodo de descanso menor al promedio, resulta en un sistema con pocos potreros o potreros muy grandes.

Otro componente importante para determinar el número de potreros es el periodo de pastoreo u ocupación, el cual se basa en el nivel de manejo deseado, disponibilidad de mano de obra, objetivo de producción del ganado y las características de los forrajes. Los periodos de ocupación mayores a seis días pueden dañar el rebrote nuevo, disminuyen la habilidad de los pastos para rebrotar y afectan la producción de forraje rápido. Los periodos de ocupación cortos son ideales para ganado lechero.

CUADRO 18. TIEMPO DE REPOSO (DÍAS) PARA PASTOS TROPICALES EN DISTINTAS ÉPOCAS DEL AÑO.

ESPECIE O CULTIVAR	ÉPOCA DEL AÑO		
	NORTES	LLUVIAS	SECA
Señal o Chontalpo <i>Brachiaria decumbens</i>	30	20 a 25	30 a 40
Humidicola <i>B. humidicola</i>	25 a 30	20 a 25	30 a 35
Insurgente <i>B. brizantha</i>	40 a 50	30 a 35	45 a 55
Llanero <i>Andropogon gayanus</i>	35 a 50	30 a 40	45 a 60
Jaragua <i>Hyparrhenia rufa</i>	60	35 a 45	50 a 60
Guinea <i>Panicum máximum</i>	50 a 60	40 a 55	88
Elefante <i>Pennisetum purpureum</i>	60 a 70	45 a 50	80
Pará <i>B. mutica</i>	50	35 a 45	65 a 75
Alemán <i>Echinochloa polystachya</i>	35 a 45	45 a 60	70 a 80
Estrella <i>Cynodon plectostachyus</i>	30	20 a 25	30 a 45
Alicia <i>C. dactylon</i>	30 a 35	25 a 50	35 a 40
Bigalta <i>Hemarthria altissima</i>	30 a 35	20 a 30	35 a 45

Fuente: Meléndez (1998).

El número mínimo de potreros en la pradera para cada hato del rancho se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de potreros} = \frac{\text{Tiempo de reposo o descanso (días)}}{\text{Tiempo de ocupación (días)}} + \text{No. de grupos}$$

Supongamos que se tiene una pradera de pasto Estrella de África que requiere un periodo de descanso de 25 días en la época de lluvias y un periodo de ocupación de cinco días, pastoreado por un solo grupo de animales. Con la fórmula referida, el número de potreros necesarios son $25/5+1 = 6$ potreros.

El tamaño de potrero base se calcula considerando las necesidades de forraje del ganado, el tiempo de ocupación y el forraje disponible; sin embargo, aunque éste se defina, como la producción de forraje varía conforme la estación, será necesario ajustar su tamaño (en el caso de contar con cerco eléctrico) o la duración del periodo de pastoreo o carga animal (en el caso de cerco fijo).

El tamaño requerido del potrero para condiciones promedio de crecimiento, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de potrero} = \frac{(\text{requerimiento diario de forraje del hato}) \times (\text{días de ocupación})}{\text{kg de forraje disponible para pastoreo por ha}}$$

Si se tiene un hato de 35 vacas, con peso promedio de 450 kilogramos, para una pradera de pasto Guinea, cuya producción durante la época de lluvias es de 530 kilogramos de MS/ha cada seis semanas, con 65% de utilización y cinco días de ocupación, el tamaño de potrero se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de potrero} = \frac{(35 \times 450 \times 3\%) \times (5)}{530 \times 65\%} = \frac{2362.5}{344.5} = 6.9 \text{ ha}$$

Los potreros preferentemente deben tener suelo, topografía y especies forrajeras similares. La forma también es importante, debiendo ser lo más cuadrada posible, pues permite un pastoreo más uniforme. Los potreros de forma alargada tienden a sobrepastorearse en un extremo y subutilizarse en el otro. El ganado no debe caminar más de 240 metros hacia el agua. El tipo de cerco dependerá del tipo de animales que va a contener, preferencias del productor y costos.

Aún con el cálculo del tamaño del potrero, es importante monitorear el pastoreo, de manera que el ganado se mueva de un potrero a otro cuando el forraje se haya pastoreado hasta el nivel de utilización deseado. Por lo general, si se remueve más del 60% del forraje, se afecta el crecimiento de la raíz y la reposición de reservas. Tampoco debe pastorearse si el potrero no tiene los días de descanso recomendados, de acuerdo a la época del año.

Debido a las diferencias de suelo, topografía, manejo, etc, el número de animales que puede mantener un potrero es variable. La siguiente ecuación permite determinarlo.

$$\text{No. de animales} = \frac{(\text{kg de MS de forraje disponible para pastoreo/ha}) \times (\text{No. de ha})}{(\text{peso individual de los animales}) \times (\% \text{ req de MS}) \times (\text{días})}$$

$$\text{No. de animales} = \frac{(530 \text{ kg MS/ha} \times 65\% \text{ utilización}) \times (7 \text{ ha})}{(450) \times (3\%) \times (5)} = 35 \text{ vacas}$$

Por último, la siguiente ecuación precisa el número de días que un determinado número de animales puede pastorear en un potrero.

$$\text{No. de días} = \frac{(\text{kg de MS de forraje disponible para pastoreo/ha}) \times (\text{No. de ha})}{(\text{Requerimiento de MS diario del hato})}$$

$$\text{No. de días} = \frac{(530 \text{ kg de MS/ha} \times 65\% \text{ utilización}) \times (7 \text{ ha})}{(450) \times (3\%) \times (35 \text{ vacas})} = 5 \text{ días}$$

Ejercicio: Usted está asesorando un rancho que tiene un hato de ganado de doble propósito, dividido en tres grupos: grupo 1, 50 vacas en producción, con peso promedio de 450 kilogramos y becerros entre uno y cuatro meses de edad; grupo 2, 38 vacas secas, con peso promedio de 450 kilogramos; y grupo 3, 30 toretes o vaquillas, con peso promedio de 380 kilogramos. El rancho cuenta con 110 hectáreas de praderas de pasto Tanzania, que produce 20 toneladas de MS/ha/año, de los cuales el 70% se presenta de junio a noviembre

y el 30% de diciembre a mayo. Se pretende que los bovinos remuevan el 65% del forraje disponible en la época de mayor producción y el 50% en la de menor producción. Con la información proporcionada, responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántas UA tiene el rancho?
2. ¿Cuál es la carga animal actual del rancho?
3. ¿Cuál sería el requerimiento diario y anual de forraje en base seca de cada grupo de animales?
4. ¿Cuál sería la capacidad de carga del rancho de junio a noviembre y de diciembre a mayo?
5. ¿Es necesario ajustar la carga en una u otra época y qué recomendaría?

La pradera de Tanzania se manejará intensivamente, con periodo de ocupación máximo de cinco días en la temporada de lluvias y descanso de 40 días; cada grupo de animales se pastorea por separado.

6. ¿Cuántos potreros necesita para obtener este manejo?
7. ¿Cuál es el tamaño de potrero necesario para cada grupo de animales?

CONSERVACIÓN DE FORRAJE

Esta actividad consiste en conocer las alternativas disponibles para la conservación de forrajes, de tal manera que los excedentes estacionales puedan usarse como suplemento alimenticio del ganado durante la época de escasez de forraje.

Tipo y almacenamiento

Existen diversas formas de conservación de forraje, siendo las principales el ensilaje y la henificación.

Ensilaje. Es un método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad (60 a 70%), mediante la compactación, expulsión del aire y producción de un medio anaeróbico, el cual permite el desarrollo de bacterias que acidifican el forraje. El valor nutritivo del producto ensilado es similar al del forraje antes de ensilar (SAGARPA, 2008). Las plantas forrajeras con mejores propiedades para una buena fermentación (rendimiento y contenido de carbohidratos solubles) son el maíz y el sorgo, los cuales deben cosecharse cuando el grano está en un estado lechoso masoso, a un tercio de línea de leche para el primero, y lechoso masoso para el segundo. Otras especies exitosas como ensilaje son los pastos de corte del género *Pennisetum* (Elefante, Taiwán y sus variedades).

Para obtener un silo de buena calidad deben seguirse los siguientes pasos:

- Cortar y picar el forraje en trozos pequeños, (≤ 2.5 cm), para facilitar la eliminación del aire y lograr un buen proceso anaeróbico de fermentación, que permita mayor digestibilidad y calidad del silo. Un material bien fermentado presenta un color verde a café claro, con aroma agradable y sabor un poco ácido, palatable para los animales.
- Transportar el material picado al silo, lo más pronto posible, para no afectar el proceso de fermentación.

- Apisonar el material picado, para eliminar la mayor cantidad de aire posible. En los silos subterráneos y de pastel, se recomienda apisonar con cuatro o cinco pasos de tractor por cada capa de 50 centímetros de material picado. El silo de torre tiene un implemento que apisona el material conforme se va llenando.
- Sellar el silo con un plástico y cubrirlo con una capa delgada de tierra o arena (2 a 3 cm), para evitar la entrada de aire.

Los silos o estructuras donde se deposita el forraje para su fermentación son básicamente de dos tipos: subterráneos (trinchera o bunker) y aéreos (torre o pastel).

Silo subterráneo. Para este tipo de silo se hace una zanja en la tierra; las paredes y el piso deben ser preferentemente de concreto o bloques, con pendiente de 2%. Su forma es de pirámide trapezoidal y su capacidad depende del diámetro y altura, considerando que un metro cúbico está en el rango de 600 a 800 kilogramos, dependiendo del tipo de material ensilado, tamaño de las partículas y grado de compactación. Es importante tomar en cuenta que las pérdidas de material son de aproximadamente 18%. Para construir un silo de trinchera con capacidad de almacenamiento desde 13 hasta 280 toneladas, se recomienda utilizar la información del Cuadro 19.

CUADRO 19. DIMENSIONES DE SILO DE TRINCHERA CONSIDERANDO 650 kg DE ENSILAJE/m³

BASE MAYOR (m)	Base menor (m)	ALTURA (m)	LARGO (m)	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)	CAPACIDAD (t)
4.0	3.0	1.0	6.0	3.50	21.00	13.650
4.0	3.0	2.0	10.0	7.00	70.00	45.500
4.0	3.0	3.0	15.0	10.50	157.50	102.375
6.0	4.5	1.0	10.0	5.25	52.50	34.125
6.0	4.5	2.0	15.0	10.50	157.50	102.375
6.0	4.5	3.0	20.0	15.75	315.00	204.750
6.0	4.5	4.0	25.0	21.00	525.00	341.250
8.0	6.5	2.0	15.0	14.50	217.50	141.375
8.0	6.5	3.0	20.0	21.75	435.00	282.750

Área del trapecio= $(B+b/2) h$; Volumen de la pirámide trapezoidal = $A \times l$. En donde B = Base mayor, b = base menor, h = altura, A = área y l = largo. Capacidad = Volumen x peso ensilaje por m³.

Silo aéreo. Este tipo de silo se construye sobre la superficie del suelo, y es por lo general de pastel o torre. Los de torre son construcciones metálicas o de concreto, por lo general con bandas transportadoras para llenar el silo y distribuirlo. Su capacidad depende de su diámetro y altura; por ejemplo, la de uno con un diámetro de 6 metros y altura de 10 metros, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Área del fondo de la torre } (\pi \times r^2) (\text{altura del silo}) = 3.1416 \times (3)^2 \times 10 = 283 \text{ m}^3.$$

Los silos tipo pastel son más económicos que los de torre, ya que se hacen encima de la superficie de suelo y no requieren de infraestructura (paredes o excavación). Se recomienda hacerlos en un lugar elevado para asegurar un buen drenaje.

La cantidad de forraje a ensilar debe calcularse con base al tamaño del hato y los kilos que se suministrarán diariamente (Cuadro 20).

CUADRO 20. REQUERIMIENTOS DIARIOS DE ENSILAJE EN BOVINOS DE DIFERENTES EDADES.

CLASE DE ANIMAL	kg/DÍA ¹
Vacas en lactación	15 a 25
Vacas secas	15 a 20
Novillos engorda	8 a 10
Becerras	2 a 5

¹Considerando un 50% de los requerimientos de alimento.

Henificación. Este proceso convierte un forraje verde y perecedero en un producto que puede ser almacenado en forma segura y transportado fácilmente sin riesgo de deteriorarse; al mismo tiempo, se tienen pérdidas mínimas de materia seca y nutrientes. En el momento del corte, el forraje contiene entre 70 y 90% de humedad, la que debe ser reducida entre 12 y 20% antes de que el heno pueda ser almacenado en forma segura (Suttie, 2003). El fundamento del método se basa en que la humedad de un alimento constituye uno de los factores más importantes que influyen favorablemente en el crecimiento microbiano (bacterias y mohos). Estos microorganismos son los responsables de las fermentaciones y enmohecimiento de los forrajes, y por lo tanto de su deterioro. Al reducirse el contenido de agua de los forrajes verdes mediante la henificación (y otros métodos), disminuyen las condiciones favorables para el desarrollo microbiano, lo que permite que puedan almacenarse en grandes cantidades sin que se presente una fermentación pronunciada o se enmohezcan. Un heno con 85 a 90% de materia seca puede conservarse sin peligro de que se fermente; la sencillez del proceso y su larga tradición convierten la henificación en uno de los principales métodos de conservación de los forrajes.

Es importante efectuar adecuadamente la henificación para evitar pérdidas en cantidad y calidad nutricional. Mientras más humedad tengan los forrajes, requieren mayor tiempo para secarse, lo cual es importante ya que las pérdidas por respiración durante el secado de las plantas después del corte, son del 2 al 15% y corresponden principalmente a carbohidratos no estructurales, y cesan en cuanto el porcentaje de humedad en las plantas llega a ser menor del 40%. Los factores ambientales que más afectan la tasa de secado, son la intensidad de radiación solar y el movimiento de aire. Para evitar las pérdidas por lluvia se puede consultar el pronóstico del tiempo de la semana próxima al corte.

Para aumentar la tasa de deshidratación, el forraje se debe cortar en hileras anchas y esparcirlo sólo una vez, preferentemente el primer día. El corte temprano por la mañana y hasta el mediodía permite aprovechar toda la radiación solar del primer día y tener una rápida disminución de la humedad del forraje. La utilización de rodillos puede ayudar a disminuir el tiempo de secado. La práctica de voltear el forraje tiene un beneficio, aunque es menor que el corte en hileras anchas o esparcir el forraje. Para minimizar las pérdidas se debe procurar que la humedad sea de 40 a 50% al voltear el forraje. El volteo puede ser realizado entre 4 y 6 horas después de la cosecha. Si el forraje permanece húmedo, puede ser necesario voltearlo otra vez.

Las pérdidas en el alomillado son de 3 a 6% y disminuyen cuando se realiza una vez que el forraje alcanza un 45% de humedad. En caso necesario, es posible re-alomillarlo una vez más antes de empacarse. El empaque se realiza protegiendo el forraje contra el sol y la lluvia, cuando el forraje alcanza de 18 a 20% de humedad, con objeto de inhibir hongos y calentamiento, así como propiciar una buena preservación durante el almacenamiento y disminuir pérdidas en cantidad y calidad. Las pérdidas son de 2 a 5% y afectan el contenido

de carbohidratos no estructurales y proteína. Sin embargo, cuando existe calentamiento ocurren daños mayores con disminuciones en el aprovechamiento de la proteína por los animales. Estas pérdidas se disminuyen principalmente con un contenido adecuado de humedad del heno. El heno puede almacenarse en forma de pacas o "en greña" (suelto a granel), en un lugar donde se asegure su protección contra la humedad y los animales. Algunas características deseables en cualquier tipo de heno son:

- Buena proporción de hojas
- Color verdoso
- Limpio, seco y libre de hongos
- Con fragancia típica del cultivo con que se haya elaborado

Para favorecer el consumo del heno, se recomienda picar el material.

Ejercicio: Se necesita alimentar 40 vacas por cinco meses (150 días) en la época de seca, con 20 kilogramos por día de ensilado de sorgo forrajero, que en dos cortes produce 50 toneladas por hectárea de forraje fresco (60% en el primer corte y 40% en el segundo). Considerar un 10% de pérdidas en el campo e igual porcentaje por el proceso de ensilaje y transporte hasta los comederos. El tipo de silo es de pastel, con forma rectangular. Con la información proporcionada, responder las siguientes preguntas:

1. ¿Qué cantidad de ensilaje requiere para alimentar el hato durante cinco meses?
2. ¿Cuál es el rendimiento neto por hectárea de ensilado en cada corte?
3. Con base en la cantidad de forraje requerido y el rendimiento neto del sorgo forrajero, calcular el número de hectáreas a sembrar de este cultivo.
4. Si un metro cúbico de silo de sorgo forrajero tiene 650 kilogramos, ¿Cuál sería el tamaño de silo en metros cúbicos, para ensilar el rendimiento neto de cada corte?
5. Calcular los metros cuadrados del silo, dividiendo los metros cúbicos que va a ensilar entre la altura del silo (1 a 4 metros, preferentemente).
6. Calcular el largo del silo, dividiendo el resultado de los metros cuadrados del silo entre el ancho del silo (ideal 6 metros para el paso del tractor).

LITERATURA CITADA

- Blanchet K, Moechning H, Dejonges-Hughes J. 2003. Grazing Systems Planning Guide. University of Minnesota Extension Service. USDA-NRCS. St. Paul, Minnesota, USA 47p.
- Bogdan AV. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. AGT Editor S. A. México, D.F. 674p.
- Calderón M, Arango G, Varela F. 1982a. Cercópodos plagas de los pastos en América Tropical. Biología y control. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia 51p.
- Calderón M, Valencia CA. 1982b. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia 50p.

- Cook BG, Pengelly, BC, Brown SD, Donnelly JL, Eagles DA, Franco MA, Hanson J, Mullen BF, Partridge IJ, Peters M, Schultze-Kraft R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Crowder LV, Chheda HR. 1982. Tropical Grassland Husbandry. Longman Group Ltd. Harlow, Essex, UK. 562 p.
- Enríquez QJ, Meléndez NF, Bolaños AE. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7., Veracruz, México. 262p.
- Enríquez Q., J. F. y Quero C., A. R. 2006. Producción de semilla de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico Núm. 11., Veracruz, México. 109p.
- Faría MJ. 2005. Establecimiento de Pasturas. p.156-161. En: González-Stagnaro C, Soto-Belloso E Editores. Manual de Ganadería Doble Propósito. Ediciones Astro data, S.A. Maracaibo, Venezuela.
- FAO (Food and Agriculture Organization), ISRIC (International Soil Reference and Information Centre) and IUSS (International Union of Soil Science). World Reference Base for Soil Resources. 2006. A framework for international classification, correlation and communication. FAO. World Soil Resources Report 103. Rome, Italy.
- Ferguson JE, Sánchez M. 1986. El control integrado de malezas en la producción de semillas de pastos tropicales. II Curso Intensivo sobre la Producción de Semillas Tropicales. CIAT. Cali, Colombia.
- Ferrell JA, Sellers BA, MacDonald GE, Brecke BJ, Mullahey JJ. 2008. Weed Management in pastures and rangelands–2008. SS-AGR-08, Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. [consulted the 20 of September the 2008]. <http://edis.ifas.ufl.edu>. Accesed: Sept 20, 2008.
- Fisher MJ, Rao IM, Thomas RJ, Lascano CE. 1996. Grassland in the well-watered tropical lowlands. In: Hodgson J, Illus AW (ed). The Ecology and Management of Grazing Systems. CAB International. Oxon, UK. pp.393-423.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª edición. Offset Larios, S.A. México, D.F. 219p.
- Gutteridge R. Sheltonm HM. 1994. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB International. Wallingford, UK. 389p.
- Holechek JL, Pieper RD, Herbel CH. 2004. Range Management: principles and practices. 5th editon. Prentice-Hall Book Co. New Jersey, NJ. 607p.
- Holman F, Rivas L, Argel P, Pérez E. 2004. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Cali, Colombia: CIAT. Documento de trabajo 197.

- Ibarra FF, Martín RM, Ramírez MF. 2004. El subsoleo como práctica de recuperación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Tec Pecu Mex*; 42 (1):1-16.
- INEGI. Aspectos generales del territorio Mexicano. Recursos Naturales. Edafología. [Consultado el 30 de Julio de 2008]. <http://www.inegi.gob.mx>. Consultado: 30 de Julio, 2008.
- Juárez LF, Montero LM, Hernández HVD. 2002. Manejo nutricional del ganado de doble propósito en pastoreo. p. 1-11. En: Memoria Técnica del Día del Ganadero del Campo. INIFAP-CIRGOC. Experimental Playa Vicente. Playa Vicente, Veracruz, México.
- Juárez LF, Montero LM, Hernández HV. 2004. Valor nutritivo de los forrajes tropicales para bovinos. p.1-29. En: Memoria Técnica del Día del Ganadero del Campo Experimental La Posta. INIFAP-CIRGOC. Paso del Toro, Ver., México.
- Juárez LF, Montero LM, Alpírez MF, Contreras JJ, Canudas LE. 2005. Evaluación nutricional de leguminosas para bovinos de doble propósito. p. 205-212. En: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 2. Veracruz, Ver., México.
- Lapointe LS, Ferrufino CA. 1991. Plagas que atacan los pastos tropicales durante su establecimiento. p. 81-102. En: Lascano C, Spain J editores. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Veracruz, México. CIAT. Cali, Colombia.
- López GI. 1988. Rendimiento de materia seca y proteína cruda de siete gramíneas cosechadas a cuatro frecuencias de corte en clima cálido subhúmedo [Tesis licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 67p.
- López GI, Rivera JE. 1997. Comportamiento agronómico de pasto Tanzania fertilizado con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en un suelo vertisol de Paso del Toro, Ver. Memoria de la X Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. INIFAP-CIRGOC. Veracruz, Ver., México.
- López GI. 1999. Producción, Manejo y Conservación de Forrajes Tropicales. p.1-25. En Memorias del Día del Ganadero. Tecnología INIFAP para el nuevo milenio. INIFAP-CIRGOC. Veracruz, Ver., México.
- Meléndez NF. 1998. Manual de Manejo de Praderas para Tabasco. INIFAP-CIRGOC. C.E. Huimanguillo. Folleto técnico Núm. 22. Huimanguillo, Tab., México. 66p.
- Meléndez NF, González MJA, Pérez PJ. 2006. Manejo tecnológico del pasto Estrella Africana en el trópico. Instituto Para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa, Tab., México.

- Ortega SA. 1986. King grass y Taiwán: Una alternativa de solución al problema de escasez de forraje en regiones tropicales. Publicación Especial. SARH-INIFAP. C. E. La posta. Paso del Toro, Ver., México.
- Pastrana AL, Meléndez NF, Amaya HS. 1992. Pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Scheweickerdt. Una nueva opción para producir forraje en Tabasco. INIFAP-CIRGOC. C.E. Huimanguillo. Folleto Técnico Núm. 1., Huimanguillo, Tab., México. Área Pecuaria. 31p.
- Palacios VE. 1977. Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevadero, Instructivo de Campo. Montecillos, Estado de México. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 247p.
- Peralta MA, Ramos AS. 1987. Diagnóstico de los sistemas de producción bovina en el trópico de México. En: La investigación en pastos dentro del contexto científico y socioeconómico de los países. V Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). CIAT. David, Chiriquí, Panamá., pp. 329-371.
- Peralta MA, Ramos SA, Enríquez QJF, López NJ, Cigarroa de AA, Palomo SJ, Córdova B A. 1987. Pasto llanero *Andropogon gayanus* Kunth. Una alternativa para el trópico de México. INIFAP. Veracruz, Ver., México. Folleto Técnico Núm. 2. 17p.
- Peralta MA. 1990. Pasto Insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst., ex A. Rich.) Stapf. para incrementar la producción de carne y leche en el trópico de México. INIFAP. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Oaxaca. Oaxaca. Oax., México. Folleto Técnico Núm. 1. 23p.
- Pirela M. 2005. Valor Nutritivo de los pastos tropicales. p.176-182. En: González-Stagnaro E, Soto-Belloso E, editores. Manual de Ganadería Doble Propósito. Ediciones Astro data, S.A. Maracaibo-Venezuela.
- Ramos SA, Peralta MA. 1988. La situación de los forrajes tropicales en México. p.65-83. En: Memoria de la Tercera reunión de consulta del Grupo Regional de Desarrollo de Pastos y Forrajes de Centroamerica México y el Caribe (GREDPAC). Veracruz, Ver., México.
- Rivas PF, Castillo HJ, Ortega RL. 2001. Herbicidas post-emergentes al cultivo del pasto insurgente para el establecimiento de praderas. En: Memorias del XXV Congreso Nacional de Buiatría. Veracruz. Ver., México. [CD].
- Rivas PF, Castillo HJ, Perera A, Williams MM, Ortega RL. 2003. Preemergence herbicides for tropical forage legume establishment. Weed Sci. Soc. Am. p.12-13. Abstracts. Weed Sci. Soc., Fort Lauderdale, Fl. USA.
- Rivas PF, Castillo HJ, Ortega RL, Guillén EC. 2004a. Herbicidas aplicados al suelo para establecer pasto insurgente y leucaena en asociación. p.152. En: Memorias del XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yuc., México.

- Rivas PF, Castillo HJ, Perera RA, Ortega L. 2004b. Establecimiento del pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) utilizando herbicidas preemergentes. p.88-95 En: Memoria de la I Reunión Estatal Agropecuaria y Forestal. Fundación Produce Yucatán, A.C. Mérida, Yuc., México.
- Rivas PF, Castillo HJ, Ortega RL, Perera AP. 2005. Control de malezas con herbicidas postemergentes para establecer clitoria. p.57-59. En: Memoria de la II Reunión Estatal Agropecuaria y Forestal. Fundación Produce Yucatán, A.C. Mérida, Yuc., México.
- Rivas PF, Castillo HJ, Ortega RL, Perera A. 2007. Herbicidas postemergentes para establecer una asociación Insurgentes-Leucaena. pp.1-4. En: Memoria de la IV Reunión Estatal Agropecuaria y Forestal. Fundación Produce Yucatán, A.C. Mérida, Yuc., México.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación. Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. Fichas Técnicas. [Consultado el 25 de septiembre de 2008] <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/index.htm>.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Leche de Bovinos. Avance acumulado de la producción pecuaria Año 2007. [Consultado el 30 de septiembre de 2008]. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Sierra PO. 2002. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. 2ª Ed. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Skerman PJ. 1977. Tropical Forage Legumes. FAO Plant Production and Protection Series No. 2. FAO, Rome. 506p.
- Society For Range Mangement. 1989. Glossary of Terms Used in Range Management: A Definition of Terms Commonly Used in Range Management. Society for Range Mangement. 3rd. Ed. Denver, Co., USA. 20p.
- Suttie JM. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 29. [Consultado el 20 de febrero de 2009]. <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s00.htm#Contents>.
- Valerio RJ, Lapointe LS, Kelemu S, Fernández DC, Morales JF. 1996. Pest and Diseases of *Brachiaria* Species. In: Miles JW, Mass BL, do Valle CB editors. *Brachiaria*: Biology, Agronomy, and Improvement. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Tropical Forage Program and Communications Unit. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Campo Grande, Brazil. pp.87-105.
- Vallentine JF. 2001. Grazing Management. 2nd ed. Academic Press. San Diego, California. USA. 659p.
- Villegas DG, Bolaños MA, Olguín PL. 2001. La Ganadería en México. p. 45-47 En: Colección Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.

ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN EL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO



Francisco Indalecio Juárez Lagunes¹
Hipólito Víctor Barradas Lagunes²
Juan López³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U. V.

²Campo Experimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

³CENID Microbiología-INIFAP.

ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN EL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO

INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado es un componente fundamental para el buen funcionamiento del sistema de producción de leche en ambientes tropicales, similar a los sistemas intensivos y de lechería familiar, aunque con particularidades muy diferentes a las del ganado lechero especializado. Una de ellas, y quizá la más importante, es que la mayor parte de los nutrientes para producción de leche los deben derivar del forraje colectado mediante el pastoreo; además, la vaca de doble propósito pastorea bajo medios ambientes muy calurosos, afectando sus requerimientos nutricionales.

Los forrajes tropicales disponibles para estas vacas tienen una concentración de nutrientes solubles muy baja y son muy altos en fibra, en cuya condición influyen: la fisiología propia de los pastos tropicales, las altas temperaturas ambientales y la estacionalidad de las lluvias. El productor y su agente de cambio deben conocer primero la dinámica de los cambios en el valor nutritivo de los pastos a lo largo del año, mediante los análisis de un laboratorio de nutrición animal.

Una de las ventajas regionales de la alimentación del ganado de doble propósito es la disponibilidad de diversos esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales con potencial de uso, como los subproductos de la caña de azúcar, maíz, frijol, cítricos, cervecería, arroz, oleaginosas, etc., y los de origen animal, como las grasas animales (sebo, grasa de pollo) y algunas harinas como las de pescado (Barradas 1990).

Dado que el sistema de producción bovina de doble propósito es muy versátil, es inviable generalizar recomendaciones de alimentación; ésta debe ser de acuerdo al nivel de producción esperada y de la tecnología ya adoptada en la unidad de producción, desde la más simple como la suplementación con melaza y urea, hasta la elaboración de dietas integrales por computadora, con la inclusión de ensilaje de maíz u otros forrajes.

Generalmente, la vaca productora de leche en el sistema de doble propósito no es de raza pura, sino la conforma un mosaico genético, producto de diferentes cruzamientos entre ganado cebuino (Brahman, Indobrasil, Gyr, etc.) y europeo (Holstein, Suizo Pardo y Simmental, entre otros). Este hibridismo origina que genéticamente fraccione los nutrientes hacia carne y/o leche, impidiéndole especializarse en producción de leche, y obtener rendimientos elevados, aunque el potencial es todavía alto.

En la medida que los hatos reciban una mejor alimentación, podrán alcanzar ese potencial lechero; deberá contarse en tiempo y forma con los insumos (pastos y forrajes, granos, concentrados) que cubran los requerimientos nutricionales del ganado en sus diferentes etapas fisiológicas (crianza, desarrollo y producción). Así mismo, un adecuado balanceo de dietas, aunado a la apropiada oferta, elaboración y suministro de alimentos, posibilita establecer programas integrales de alimentación. El resultado será una buena respuesta animal, que se monitorea a través del propio consumo de raciones y dietas y su efecto en producción y calidad de leche, así como en la condición corporal. Obviamente, las medidas

de alimentación elegidas interactúan o repercuten en los aspectos de salud animal, comportamiento reproductivo y rentabilidad, por lo que la armónica interrelación de todos los componentes, posibilitará el éxito de cada unidad de producción.

Los temas de este capítulo, tienen como propósito capacitar a los agentes de cambio en las herramientas de manejo nutricional, que les permitan establecer estrategias de alimentación para ganado de doble propósito, enfocadas a conseguir una producción de leche más eficiente y rentable. Como punto inicial, se esquematiza el proceso de alimentación en dos subprocesos y sus respectivas actividades (ver Figura 4 del Capítulo 1).

BASES PARA LA PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN

Conocimiento de condiciones agroclimáticas

Fundamento. La información agroecológica, el tipo, disponibilidad y calidad de recursos alimenticios de una zona o región determinada, es parte del proceso para estimar las necesidades nutricionales del ganado.

Principios básicos de la actividad. Buscar información documental y electrónica de las variables climáticas mensuales para temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, ya que afectan la producción y calidad de forrajes y otros alimentos para el ganado, e interactúan también con los requerimientos nutricionales.

De igual forma, la información sobre altitud, el tipo y composición de suelo y la topografía, son determinantes para decidir cuáles especies establecer, estimar rendimientos forrajeros y de granos, y programar ciclos de cultivo y conservación de forrajes, todo esto con efecto directo en el potencial productivo.

Lo recomendable es contar con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) que permita geoposicionar la unidad de producción, lo que a su vez facilita la consulta en la información oficial disponible (CNA, INIFAP, CONABIO).

Infraestructura disponible

Fundamento. Para diseñar estrategias de alimentación del hato ganadero, es necesaria la información sobre áreas de pastoreo y de cultivo, obras de captación, almacenamiento y distribución de agua para consumo o riego, instalaciones para alojamiento y manejo del ganado, almacenamiento de granos y forrajes y bodegas de insumos.

Principios básicos de la actividad. Para el sistema de producción de leche tropical, en el que la alimentación del ganado se basa en el pastoreo extensivo, el punto de partida es: conocer la superficie total establecida con pastos, sus especies, cobertura estimada en porcentaje, capacidad de rebrote a través del año y capacidad de carga animal.

Por otra parte, y por la presentación recurrente de épocas críticas de escasez de forrajes, se requiere información sobre:

Las áreas de cultivo establecidas con forrajes de corte para conservación, ensilaje o henificación; las áreas destinadas a la producción de granos, como maíz o sorgo; así como las áreas de cultivos forrajeros perennes; como caña de azúcar o pastos del género *Pennisetum*, y en su caso, de lotes establecidos con leguminosas tropicales.

Dada la iniciativa de reforestación de predios ganaderos, también conviene recabar información sobre:

Las especies forestales existentes en la unidad de producción, con énfasis en las de uso forrajero (leucanea, ramón, guácimo y cocoite, entre otras).

El recurso agua, si se cuenta con ella, el tipo y volumen de las obras de captación y almacenamiento y si existe infraestructura complementaria de distribución y consumo. En los casos que aplique, conocer la capacidad y características de riego.

Por la importancia en el pastoreo, se requiere información sobre:

Número y extensión de divisiones, tipo de pastoreo que se practica, distancias al corral de manejo o de ordeño y a los aguajes, especialmente del lote de producción. Para las vacas en ordeño tradicional, se requieren dos recorridos diarios al corral de manejo o de ordeño, esto es, temprano en la mañana (amamantamiento y ordeño) y en diferentes horarios por la tarde (amamantamiento). Según los usos de cada región pueden recorrerse de uno a dos kilómetros diarios.

A lo anterior, debe añadirse la distancia que recorrerá el ganado por el propio pastoreo (la ida o idas al aguaje), lo cual puede facilitarse con división de potreros y pastoreo rotacional, obras de captación, conducción y distribución de agua, de manera que el ganado se desplace lo menos posible. Si se carece de estas facilidades en la unidad de producción, deben ajustarse las necesidades nutricionales, por el gasto energético adicional.

En regiones tropicales, donde la actividad ganadera depende del temporal, la disponibilidad y calidad de los pastos varía durante el año, dependiendo de la duración de la estación de lluvias, y en contraparte, de la extensión del período de sequía, el cual varía desde tres hasta seis o siete meses, según se trate de regiones con clima tropical lluvioso, húmedo, subhúmedo o seco, con precipitaciones anuales mayores de 3,000 a menores de 1,000 mm, respectivamente, repartidos principalmente en los meses de junio a octubre. Como consecuencia de la distribución de las lluvias, la disponibilidad de pasto en los potreros difiere entre épocas, desde abundancia en los meses de verano, hasta mínima disponibilidad en invierno y primavera (Hernández 2001). Por ello, para enfrentar la escasez durante la sequía, se requieren medidas de producción y/o conservación de forraje durante los meses lluviosos.

Recientemente, un estudio realizado por Montero-Lagunes *et al* (2008) reitera esta estacionalidad para la producción y rendimiento de materia seca de seis pastos tropicales (Mombasa, Estrella de África, Insurgente, Mulato, Chetumal y Carretero) en regiones costeras del Golfo de México, con rendimientos acumulables de materia seca de más de 16 toneladas en promedio anual; cuando la producción se presenta por cuatrimestres, las diferencias entre épocas son muy marcadas (Cuadro 21).

CUADRO 21. COMPARATIVO DE CONSUMO REQUERIDO DE MATERIA SECA (MS) Y EL RENDIMIENTO EN BASE SECA DE SEIS PASTOS TROPICALES, TOTAL ANUAL Y POR CUATRIMESTRES (ÉPOCAS)¹.

TIPO DE ANIMAL	PESO PROM, (kg)	REQ. DIARIO DE MS (3% P.V.)	REQ. MS POR CUATRIMESTRE (3% P.V.)	RENDIMIENTO EN BASE SECA (kg/ha)			
				TOTAL ANUAL	EPOCA 1 (15JUN-14OCT)	EPOCA 2 (15OCT-14FEB)	EPOCA 3 (15FEB-14JUN)
Vaca en producción	500	15	1800	16135	13686	1998	451

¹Promedio de seis pastos tropicales (Mombasa, Estrella de África, Insurgente, Mulato, Chetumal y Carretero). P.V.=Peso Vivo

Los rendimientos en las épocas 1 y 2 exceden a los requerimientos de materia seca de vacas en producción, con peso de 500 kilogramos; sin embargo, en los meses con mayor impacto de sequía (febrero a inicios de junio), la oferta de forraje vía pastoreo directo es insuficiente para cubrir las necesidades de consumo de materia seca, ya que sólo se produce alrededor del 25% del consumo, sin considerar la calidad de nutrientes, ni la utilización incompleta del forraje.

Una práctica recomendable es la exclusión del pastoreo del 10 al 20% del área, durante los últimos meses del periodo lluvioso, y poner especial atención al control de maleza, resiembra, y en lo posible, fertilización, para asegurar mayor rendimiento y calidad de la pastura (es deseable cambiar esta sección de potreros cada año, lo cual mejoraría la superficie total de pastoreo). Un primer corte se destinaría a ensilaje y el segundo a henificado. La disponibilidad de forraje estimada a través del año, se detalla en el Capítulo 2.

Otra práctica deseable es destinar algunas hectáreas del rancho o parcela a la siembra de cultivos forrajeros para corte y ensilaje, entre los que destacan el maíz y el sorgo forrajero. La extensión de esta área de cultivo estará en función de las semanas o meses en que se requiera el ensilado, así como del número y tipo de animales a los que se proporcionará este forraje suplementario. Para estos cálculos, el tipo y capacidad de silos, ver Capítulo 2.

En general, los potreros se asignan a los diferentes grupos o tipos de animales, según la calidad y cobertura de los pastos establecidos. Lo anterior se indica en el Cuadro 22.

CUADRO 22. ASIGNACIÓN DE POTREROS PARA DIFERENTES GRUPOS DE GANADO EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN REGIONES TROPICALES, DE ACUERDO A CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DE PASTOS

CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DE PASTOS EN POTREROS O DIVISIONES	LOTES O GRUPOS DE GANADO
Alta	Vacas en producción Becerras (as) en crianza hasta destete ¹
Buena	Becerras destetadas y vaquillas de 12 a 24 meses de edad
Regular	Vaquillas de más de dos años de edad Vacas horras
Baja	Vacas horras y animales de desecho

¹ Para el lote de becerros en crianza, las divisiones o potreros que se les asignen deben ser exclusivos, con el fin de reducir las infestaciones por parásitos gastrointestinales y pulmonares.

La información sobre infraestructura, puede complementarse con el tipo de instalaciones en la unidad de producción para manejo del ganado y su alojamiento (cercos perimetrales y divisorios, galera de ordeño, corral de manejo, etc.). Adicionalmente, si bien poco frecuente, conocer las facilidades para almacenamiento de granos y forrajes (como galera para pacas de heno), y los espacios de bodega para insumos (medicamentos, concentrados, subproductos agroindustriales, mezclas minerales, semillas y fertilizantes), tanque para melaza y otros. En el formato donde se compile y caracterice esta información, deberán considerarse dimensiones, capacidad y estado físico de la infraestructura. Como referencia, apoyarse en el Manual de Manejo de Ganado de Doble Propósito del INIFAP (Koppel *et al.* 2002) y en los formatos para capturar inventario de infraestructura, los cuales se detallan en el Capítulo 9 (Encuesta para el diagnóstico estático de GGAVATT's).

Definición de la estructura del hato

Fundamento. Estructurar el hato, de acuerdo a los distintos tipos o grupos de animales, cada uno con diferentes necesidades de alimentación, para programar las áreas de pastoreo y los volúmenes de forraje conservado, requeridos para los diferentes lotes de animales en cada época del año.

Principios básicos de la actividad. Las necesidades nutricionales varían de acuerdo a la etapa productiva del animal (Shimada, 2007). En el hato conviene manejar varios grupos: animales en crianza, becerros (as) destetados (as), vaquillas en desarrollo, vacas en producción y vacas en descanso (secas u horras), más sementales. Los lotes pueden ampliarse a becerros de tres meses de edad y tres meses al destete, destetados machos, destete a inicio de manejo reproductivo en hembras, novillonas gestantes, vaquillas de primer parto, vacas del parto a tres meses de lactancia, vacas del tercer mes a final de la lactación, vacas horras, vacas y vaquillas próximas al parto, sementales y animales de trabajo.

DISEÑO DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN

Muestreo de alimentos

Fundamento. Colección y manejo apropiado de las muestras, para obtener un material representativo de la composición nutricional del alimento muestreado, y adecuado para los análisis químicos en el laboratorio.

Principios básicos de la actividad. La obtención y preparación de la muestra no debe alterar la composición de los nutrientes que se determinarán cuantitativamente. Durante el manejo de la muestra, los componentes más fácilmente alterables son la humedad, los solubles o volátiles y el contenido de energía. La humedad es la que más afecta la repetitividad de la composición nutricional, por lo que debe determinarse con precisión, pues los componentes se expresan en base seca. Existen técnicas documentadas de muestreo y manejo de las muestras para áreas de pastoreo, ensilados, henos, cargas de granos o subproductos en camiones o lotes en bodegas, materiales líquidos en tanques, heces, etc. (Tejada, 1989).

Descripción de la actividad. Para determinar el número de muestras en las áreas de pastoreo, deben considerarse la especie de pasto, cobertura, maleza y relieve, entre otros factores; la técnica más práctica es la de "cinco de oros", que consiste en tomar cinco muestras, una en cada esquina del potrero y otra en el centro, utilizando un cuadrado de un metro por lado, lanzándolo al azar en la zona de muestreo. En superficies de más de 10 hectáreas, debe considerarse más de un muestreo. En pastos rastreros, el corte de las muestras para determinar la calidad nutritiva del forraje se realiza a 15 centímetros arriba del suelo, y en pastos erectos o amacollados, a 30 centímetros.

Otra opción es el "*hand plucking*" a la altura del pastoreo, el cual simula lo que el animal pudiera cosechar (Canudas, 1988). También es apropiada la técnica de determinación de la masa forrajera total, seleccionando áreas representativas del potrero excluyendo sitios al pastoreo, con un cajón de un metro cuadrado de área, y sitios similares expuestos al pastoreo en muestreos apareados como lo describe Klingman *et al.* (1943). Esta técnica consiste en seleccionar un sitio al azar y un segundo sitio similar al primero en masa y

composición forrajera, tanto como sea posible. El cajón se asigna al azar a uno de los sitios y el otro se identifica con estacas pintadas. Cada 28 días, la masa total forrajera se determina en ambos sitios. La cantidad de forraje adentro del cajón representa al forraje antes del pastoreo y la de forraje en el área de las estacas pintadas, al forraje después del pastoreo. Al forraje muestreado se le puede determinar: 1. La masa forrajera total, 2. La composición botánica, 3. La acumulación de materia seca, 4. El consumo de materia seca, 5. La tasa de crecimiento, y 6. La composición química y valor nutritivo.

En el caso de los henos, cada lote debe identificarse por corte y variedad, mediante un muestreador, con un diámetro de 3/8 a 3/4 y 30 a 40 centímetros de longitud. Se toman de 15 a 20 muestras representativas, aproximadamente de 200 a 300 gramos cada una, y se prepara una muestra compuesta para analizarla: se inserta el muestreador completo con un ángulo de 90° en el medio de la paca, y se coloca la muestra de aproximadamente 200 gramos en bolsas dobles de plástico selladas; se mantiene en condiciones frescas y se envía al laboratorio para su análisis, cerca del tiempo en que se utilizará. Debe ir debidamente identificada con al menos los datos siguientes: propietario y predio, tipo de forraje, lote, y tipo de análisis solicitados.

Para forrajes ensilados, se identifica el silo y se toman de 10 a 15 muestras, a una profundidad de 20 a 25 centímetros, guiándose con una cuadrícula en la cara del silo, para obtener muestras representativas de aproximadamente 500 gramos, que se colocan en bolsas dobles de plástico, selladas y mantenidas en congelación y se envían lo antes posible al laboratorio. La muestra compuesta debe pesar alrededor de 200 gramos e identificarse con al menos los datos siguientes: propietario y predio, tipo de forraje, lote, y tipo de análisis que se realizarán. Se envía cerca del tiempo en que se va utilizar.

Análisis químico y valor nutritivo de alimentos

Fundamento. Conocer la composición químico-nutricional y la presencia de factores antinutricionales y/o tóxicos de los ingredientes a utilizar en la elaboración de dietas o complementos alimenticios, mediante técnicas como química húmeda, espectrofotometría y digestibilidades *in vitro*, entre otras, para obtener una formulación más precisa.

Principios básicos. La amplia variación debida a condiciones ambientales, especies, estado de madurez, método de conservación, entre otras, afecta la composición química de los ingredientes y la respuesta productiva de los animales.

Los análisis de laboratorio permiten conocer la concentración y solubilidad de fracciones de nitrógeno, fracciones de fibra, carbohidratos no estructurales, grasa y minerales. Mediante análisis específicos, es posible determinar factores antinutricionales, como taninos condensados, micotoxinas, nitratos, glucósidos cianogénicos (López, 2000).

Descripción de la actividad. La composición química de los alimentos se describe por fracciones de carbohidratos y de proteínas, de acuerdo al esquema del Cornell Net Carbohydrates and Protein System (CNCPS versión 5, 2003), usado para predecir producción de proteína microbiana, degradación y escape de carbohidratos y proteínas, y estimaciones de energía metabolizable y proteína metabolizable.

Si se desea conocer la calidad nutritiva de los forrajes, es necesario analizar diferentes variables. La proteína degradable y soluble es convertida a amonio en la síntesis de proteína microbiana, con una alta calidad, por su balance de aminoácidos para la producción de

leche; además, puede promoverse mediante fuentes baratas de proteína. Los forrajes con mucha proteína degradable rápidamente en el rumen (proteína soluble y degradable), son menos eficientes en la utilización de su proteína, debido a que se rebasa la capacidad de síntesis de proteína de los microorganismos del rumen (Broderick, 1996).

Otros análisis de laboratorio de los forrajes son los de fibra (Van Soest, 1967). La fibra detergente neutro (FDN) representa la sustancia menos digestible de los forrajes (celulosa, hemicelulosa y lignina), ya que se digiere lentamente; su efecto de llenado en el rumen puede limitar el consumo de las vacas lecheras.

La determinación de fibra detergente ácido (FDA) representa la hemicelulosa y lignina, comúnmente utilizada para predecir la digestibilidad o el valor energético de los forrajes; es una sustancia indigestible que también limita la digestibilidad de otros componentes de la fibra, como la celulosa y hemicelulosa.

La FDN, FDA o lignina pueden relacionarse con el valor energético de los forrajes, pero con serias limitaciones, como interacción entre especies de forrajes, efectos climáticos, variación de la digestibilidad de las mismas fracciones fibrosas, variabilidad en la proporción FDA-lignina, etc. (Van Soest, 1996). Lo recomendable es desarrollar y validar ecuaciones para cada región, antes de estimar el valor energético de los forrajes. En el caso de forrajes con taninos, debe considerarse su análisis, ya que estos metabolitos también limitan la digestibilidad de los alimentos (López *et al.*, 2004).

Análisis de laboratorio que se recomiendan. Los procedimientos para determinar cada fracción son los seguidos por Sniffen *et al.* (1992), y los métodos de fraccionamiento de la proteína cruda son los estandarizados por Licitra *et al.* (1996).

1. El residuo del procedimiento con fibra detergente neutro (FDN) es la matriz total de fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) (Van Soest *et al.*, 1991). Para análisis de FDN, se sugiere el procedimiento desarrollado por el Dr. Mertens y aprobado por el AOAC (method 2002.04).
2. El contenido de lignina es un indicador de fibra indigestible (Van Soest *et al.*, 1991). La fibra indisponible (CHO C) es estimada como lignina x 2.4, factor no constante para todos los alimentos. Puede sobreestimar la fracción C de carbohidratos (indigestibles) en alimentos poco lignificados. La técnica recomendada es la hidrólisis con ácido sulfúrico al 72%, del residuo de FDA (Van Soest *et al.*, 1991). Es posible utilizar el método de permanganato de potasio, pero debe ajustarse el resultado, multiplicándolo por 0.82
3. Fibra disponible (CHO B2), es $FDN - (NFDN \times 6.25) - CHO C$; se usa para predecir digestión ruminal de la fibra y producción de proteína microbiana a partir de la fibra. Se asume que la digestibilidad intestinal de la fibra es de 20%. Las pectinas, junto con otros carbohidratos solubles, pueden determinarse indirectamente por análisis de fibra dietaria total (FDT) y fibra detergente neutro ambas, corregidas por cenizas y nitrógeno, y tomadas por diferencia. Por definición, la diferencia es el contenido de fibra soluble. El análisis de FDT que se usa, es la modificación de Jeraci *et al.* (1989).
4. El nitrógeno total es medido por el procedimiento de Kjeldahl (AOAC, 1980)
5. El nitrógeno soluble (NNP + proteína verdadera soluble) es medido para identificar el N rápidamente degradado en el rumen (Krishnamoorthy *et al.*, 1983).
6. La proteína verdadera es precipitada a partir de la proteína soluble, para separar la fracción NNP (fracción proteica A) de la proteína verdadera, rápidamente degradable

(fracción proteica B1). La fracción proteica B1 típicamente contiene albúminas y globulinas, y provee péptidos, que responden a los requerimientos nutricionales de las bacterias fermentadoras de carbohidratos no fibrosos, para una máxima eficiencia de crecimiento microbiano. Una pequeña cantidad de esta fracción escapa a la degradación ruminal y se asume que es 100% digerida en el intestino. La fracción proteica A provee amonio, para el crecimiento de los microorganismos fermentadores de carbohidratos fibrosos y no fibrosos.

7. El sistema de análisis detergente (Van Soest *et al.*, 1991) se diseñó para analizar las fracciones de carbohidratos y proteínas de los forrajes; tiene limitaciones en el análisis de otros alimentos, particularmente en los subproductos de origen animal y en pastas de oleaginosas. El nitrógeno, insoluble en detergente neutro (sin sulfito de sodio) y en detergente ácido (Van Soest *et al.*, 1991), mide la proteína lentamente degradable y la indisponible.
8. La proteína insoluble en detergente ácido (PIFDA) (Van Soest *et al.*, 1991), se usa para identificar la proteína indisponible (fracción proteica C) y se asume que tiene digestibilidad de cero en rumen e intestino.
9. Las PIFDN – PIFDA identifican la proteína disponible de lenta degradación (fracción proteica B3). Esta fracción típicamente contiene proteínas del tipo de las prolaminas y extensinas, y escapan mayormente a la degradación del rumen. Se asume que su digestibilidad es del 80% en el intestino.
10. $(\text{Nitrógeno total} \times 6.25) - A - B1 - B3 - C =$ (fracción proteica B2) proteína de degradación intermedia. Esta fracción típicamente contiene glutelinas, con una degradación ruminal y escape muy variable, dependiendo de las características individuales del ingrediente y del nivel de consumo. La fracción B2 que escapa del rumen tiene una digestibilidad intestinal del 100%.
11. Cenizas (AOAC, 1980).
12. Grasa soluble en solventes (extracto etéreo) (AOAC, 1980). Toda esta fracción se asume que escapa a la digestión ruminal, parcial o totalmente hidrogenada, y tiene una digestibilidad intestinal del 95%.
13. Carbohidratos no fibrosos (NFC), azúcar y almidón principalmente. Se calculan como $100 - PC - [(FDN - PIFDN) - \text{grasa} - \text{cenizas}]$. Las pectinas están incluidas en esta fracción, se degradan tan rápido como los almidones, pero no elevan el ácido láctico en el rumen.
14. La fracción A de CHO es CHO no fibrosos menos almidón. Se asume que estos polisacáridos libres de almidón se degradan más rápidamente que los almidones. Casi toda esta fracción es completamente degradada en el rumen, y la poca que pudiera escapar se degrada al 100% en el intestino. Para analizar azúcares, se usa la reacción de fenol/sulfúrico o la Antron. Ambas técnicas, descritas por Southgate (1976), pueden usarse sobre el residuo de la extracción con 80% de etanol, para remover azúcares.
15. La fracción B1 de CHO es CHO no fibrosos menos azúcar. El almidón se determina después de lavar el alimento de interés, con alcohol al 80%, para remover azúcares. El método de almidón que se usa es el AOAC method 996.11/AACC method 76.13, con una modificación: en el primer paso, se deja reposar por 30 minutos en lugar de seis. Esta fracción tiene una degradación ruminal variable, dependiendo del nivel de consumo, tipo de grano, grado de hidratación y tipo de procesamiento. La producción de proteína microbiana es muy sensible a la degradación ruminal del almidón. La

fracción B1 que escapa del rumen se asume con una digestibilidad alta, dependiendo del tipo de grano y su procesamiento.

Variación con la edad de la composición química de forrajes tropicales. Se divide en dos secciones: la primera describe el valor nutritivo de los pastos tropicales, y la segunda de las leguminosas tropicales. Al final de estas secciones, en los Cuadros del 13 al 18, se incluye la composición química-nutricional de los pastos estudiados. Posteriormente, se enlista un glosario de los términos nutricionales utilizados.

En México, 51.3 millones de hectáreas están en áreas tropicales (SAGARPA, 2000); de éstas, el 37% las pastorean 3.9 millones de bovinos, los cuales contribuyen con el 25% de la leche y el 35% de la carne que se produce. El papel de los forrajes en esta actividad productiva es determinante, por su relativo bajo costo, disponibilidad y facilidad de obtención, en contraste con otras fuentes de alimentación (Enriquez *et al.*, 1999). La eficiencia de los pastos tropicales se incrementa conociendo su valor nutritivo, y México carece de modelos modernos de simulación, para predecirlo, porque se desconocen las fracciones nitrogenadas, de carbohidratos y de fibra, así como sus tasas de digestión (Contreras, 2002).

Los métodos comúnmente usados para tal fin, se desarrollaron en áreas templadas, cuyas condiciones son diferentes a las tropicales, y en consecuencia el potencial de error es muy grande y con tendencia a la sobreestimación. Para gramíneas tropicales, el Sistema de Análisis Proximal se considera obsoleto, aunque sigue todavía en uso, lo que ocasiona gastos innecesarios y arroja valores erróneos de Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno desde el punto de vista nutricional (Van Soest, 1994).

En los últimos años se han desarrollado nuevos métodos para evaluar dicho valor nutritivo, con información sobre las fracciones de nitrógeno, carbohidratos y fibra, así como sus tasas de digestión; su implementación hará más eficiente el uso de los recursos de laboratorio, forrajes y animales (Juárez *et al.*, 1999). Actualmente, se desconoce la importancia y los procedimientos de análisis e interpretación de los resultados del laboratorio, por lo que es imprescindible actualizar a profesionistas y ganaderos en estos conocimientos nutricionales, para mejorar la ganadería tropical (Montero *et al.*, 1998).

Gran proporción del ganado productor de leche en sistemas de doble propósito, obtiene sus nutrientes de praderas de gramíneas; por lo tanto, se requieren sistemas nutricionales dinámicos, para predecir la producción de leche de vacas en praderas con valor nutritivo variable, bajo las condiciones ambientales predominantes en el trópico, y diseñar suplementos que cumplan con los objetivos de la producción.

Pastos tropicales. Los pastos tropicales crecen y maduran rápidamente, y de la misma manera cambia su calidad nutricional, problema que siempre han enfrentado los ganaderos. Las principales limitaciones son la reducción en el contenido de proteína y en la calidad de la fibra, por un incremento en el contenido de lignina a medida que el forraje madura, lo cual debe resolver el nutricionista. En primer lugar, debe tenerse un manejo adecuado de las praderas, para mantener una calidad nutricional estable en el forraje, y en segundo lugar, la fermentación ruminal debe ser lo más eficiente posible, para suministrar los nutrientes requeridos por el animal. En el pasado, las raciones ofrecidas a rumiantes se formulaban de manera similar a la de los monogástricos, pero se desconocía que pasaba en el rumen con los nutrientes.

El presente estudio se enfoca a la proteína y a la fibra de los forrajes comúnmente utilizados en la alimentación de los bovinos de doble propósito en el centro del estado de Veracruz. Su objetivo es evaluar nutricionalmente siete gramíneas forrajeras tropicales, considerando fracciones químico-nutricionales, sus tasas de cambio con la edad al corte, y valores de energía y proteína metabolizables, según los sistemas de predicción desarrollados por el NRC (National Research Council) 2000 para requerimientos nutricionales del ganado de carne, y el NRC 2001 para ganado lechero, y el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) de la Universidad de Cornell en los Estados Unidos de América (EUA) (Fox *et al.*, 1992; Sniffen *et al.*, 1992; Russell *et al.*, 1992). Dichos sistemas fraccionan los nutrientes, para calcular la energía y la proteína metabolizables del forraje.

Relación entre producción de forraje y contenido de proteína y lignina. Se evaluaron los cambios en la concentración de los nutrientes, con relación a la edad del pasto. La primera asociación sobresaliente es la producción de forraje con la de proteína. Los pastos inician su crecimiento con un valor de proteína alto, un rendimiento bajo, y un contenido de lignina bajo; a mayor edad, el rendimiento es más alto, con un valor de proteína más bajo. Desde el punto de vista zootécnico, los extremos son desfavorables. El punto donde se cruzan las dos tendencias pudiera ser el óptimo de utilización, ubicado entre los 40 y los 60 días de edad. Sin embargo, el nivel del cruce varía de acuerdo al tipo de pasto: los pastos Tanzania, Estrella, Llanero (Figuras 12, 13 y 14) y Mombasa (Figura 15) mostraron el cruce alrededor de un valor de proteína del 7%, coincidentemente, desde el punto de vista nutricional, el mínimo requerido para la digestión normal de un bovino (Van Soest, 1994). De éstos, el pasto Tanzania es la mejor opción, por su mayor rendimiento (>5,000 kg de materia seca por hectárea), siguiéndole en ese aspecto, los pastos Llanero, Estrella y Mombasa.

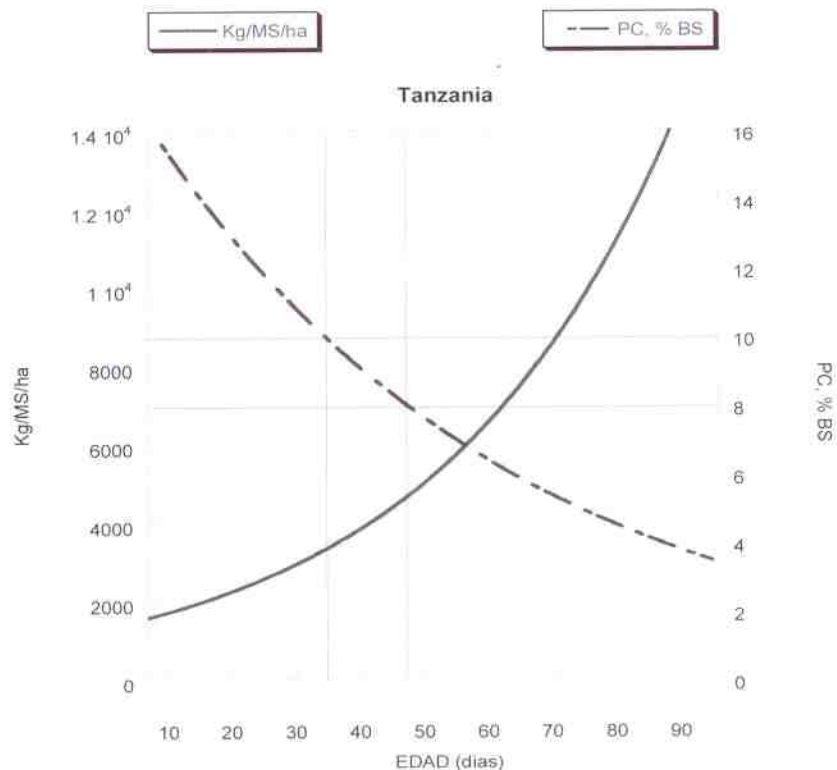


Figura 12. Cambios en rendimiento y composición química con la edad del pasto Tanzania (*Panicum maximus*).

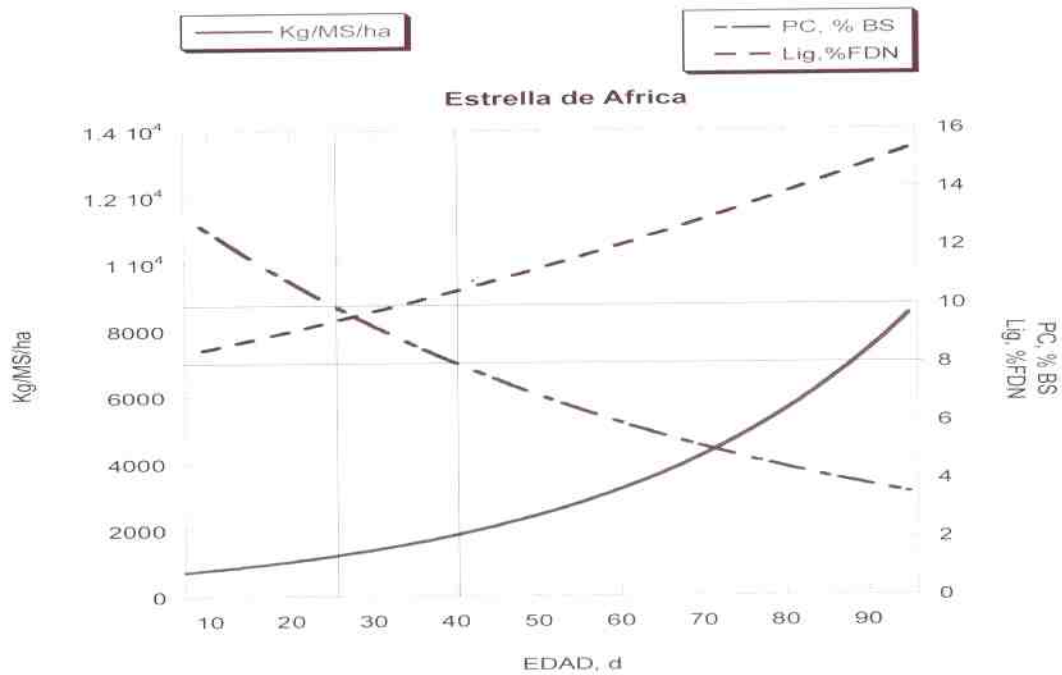


Figura 13. Cambios en rendimiento y composición química con la edad del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*).

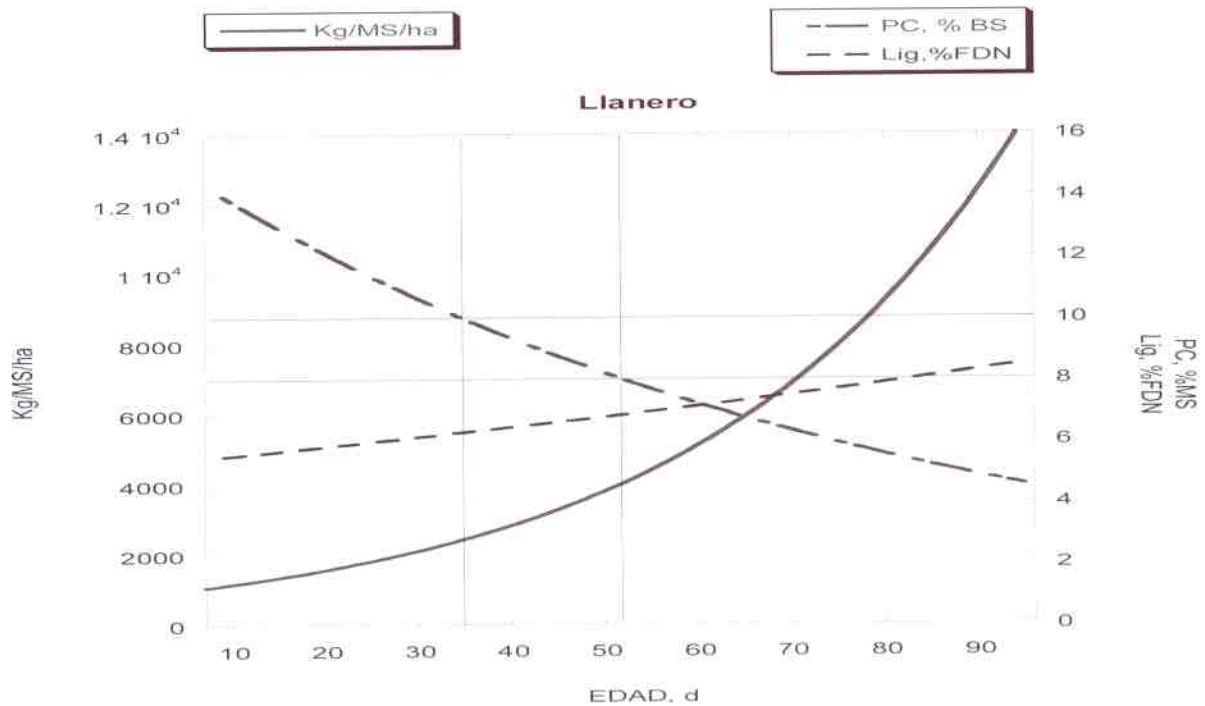


Figura 14. Cambios en rendimiento y composición química con la edad del pasto Llanero (*Andropogon gayanus*).

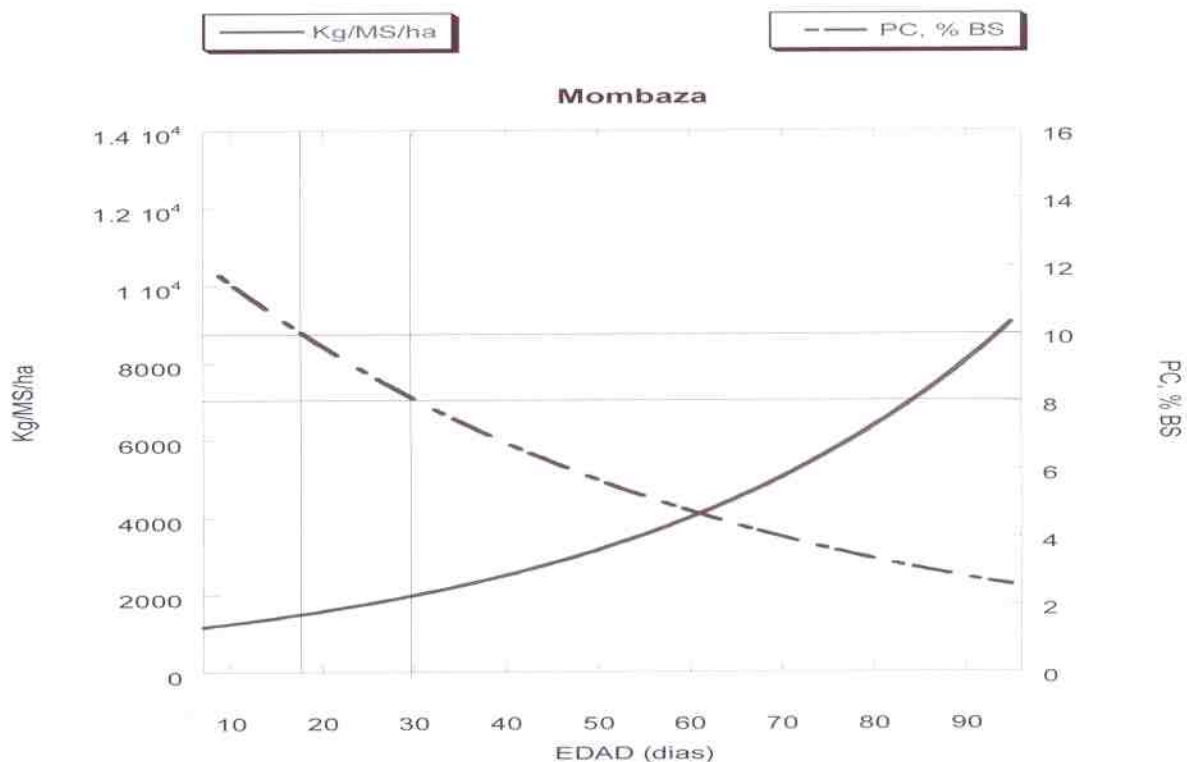


Figura 15. Cambios en rendimiento y composición química con la edad del pasto Mombaza (*Panicum maximum*).

Los pastos Mulato (Figura 16) y Pangola (Figura 17) son diferentes al momento del cruce; contienen más de 10% de proteína, lo que significa que a mayor edad, pueden originar mayor rendimiento. Bajo las condiciones del estudio, el pasto Insurgente presentó niveles de proteína tan bajos, que a los 21 días ya estaba en el límite del 7% y tenía rendimientos muy pobres. La lignina, principal factor de indigestibilidad en pastos tropicales, se incrementa con la edad a una tasa exponencial promedio de 0.005%/día, y muestra el cruce con proteína a una edad más temprana que el cruce de proteína con rendimiento.

Cada pasto es diferente, por ejemplo, Estrella (Figura 13) muestra el cruce de proteína con lignina a los 40 días de edad, es decir, 20 días antes del cruce de proteína con rendimiento. La pregunta es: ¿cuál es el punto óptimo de utilización del Estrella, a los 40 días de edad, cuando su calidad nutricional está en rangos de digestibilidad y proteína aceptables, pero el rendimiento es menor, o a los 60 días de edad, cuando rendimiento y proteína están en un punto de equilibrio, pero la digestibilidad está disminuida? Lo importante es que, si el Estrella se utiliza dentro del rango de los 40 y los 60 días de edad, estará aprovechándose de una manera óptima.

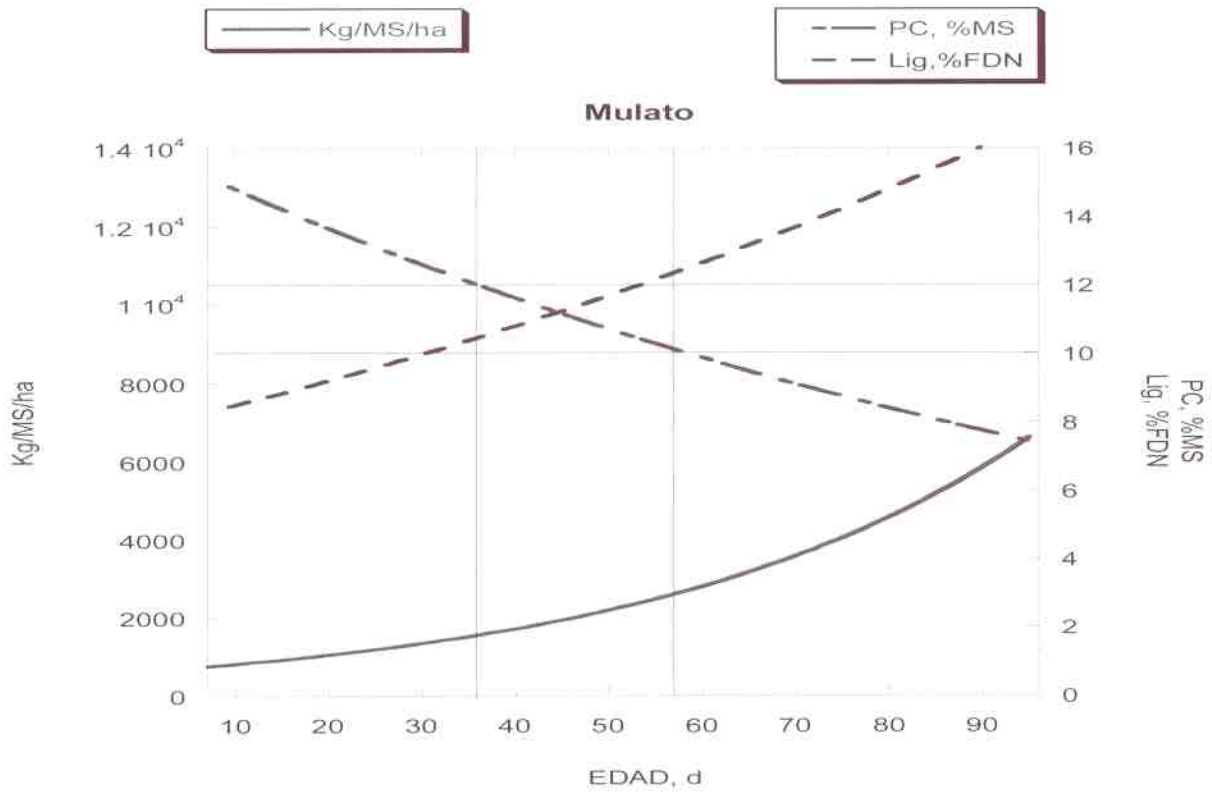


Figura 16. Cambios en materia seca, proteína cruda y lignina con la edad en pasto Mulato (*Brachiaria spp.*)

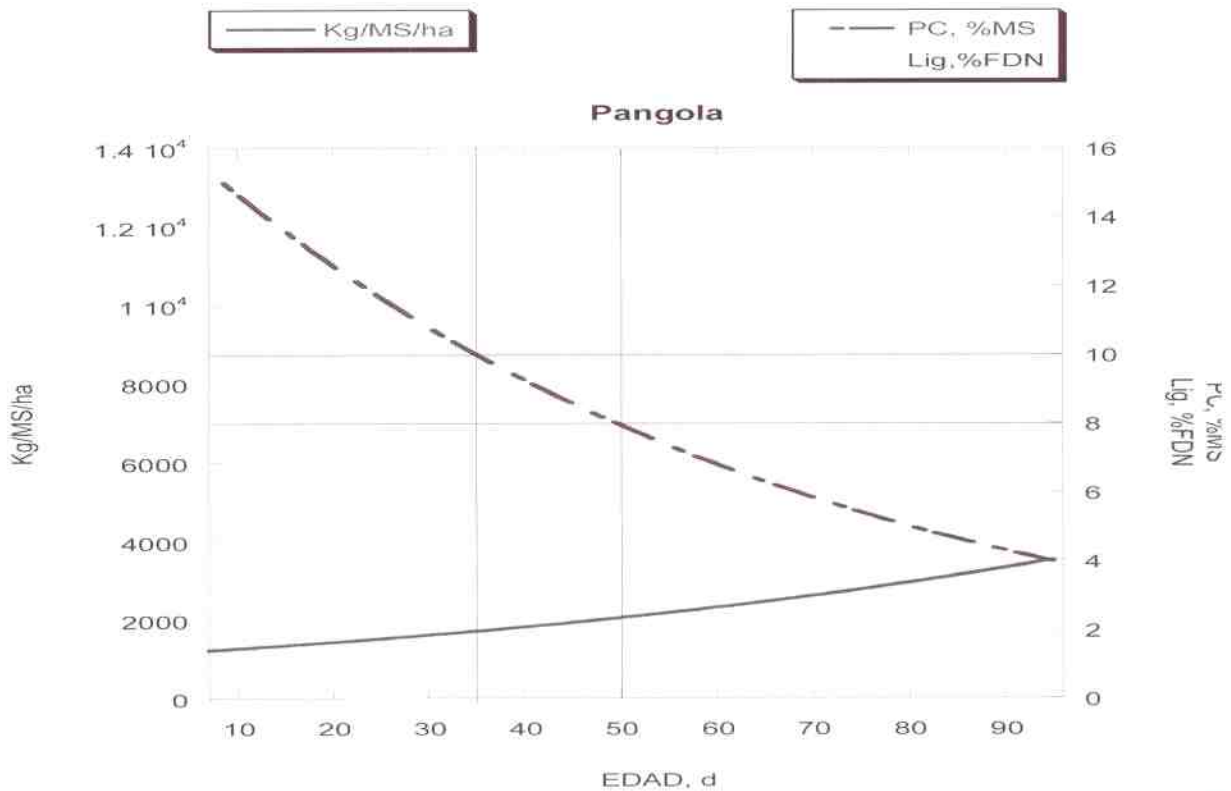


Figura 17. Cambios en materia seca y proteína cruda con la edad en pasto Pangola (*Digitaria decumbens*).

El rango del Llanero está entre los 35 y los 55 días. El Mulato (Figura 16) sigue sorprendiendo, al coincidir en el cruce rendimiento, proteína y lignina a los 50 días de edad.

En Pangola, el contenido de lignina no cambia con la edad; por lo tanto, el cruce de proteína con rendimiento puede ser la referencia, aunque como presenta un valor de proteína alto, es posible aumentar su rendimiento hasta los 60 días de edad. Se carece de información sobre lignina para los pastos Mombasa, Tanzania e Insurgente, pero la proteína y el rendimiento se cruzan entre los 40 y los 50 días, tiempo óptimo de utilización.

La información sobre composición química nutricional de los pastos se adjunta en los Cuadros 23 al 28; no incluye sólo datos crudos, ya que los resultados de los análisis de laboratorio se procesaron, dándoles un concepto más nutricional.

CUADRO 23. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO ESTRELLA DE AFRICA *Cynodon plectostachyus*.

Edad	% MS	FDN % MS	Lig % FDN ¹	PC % MS	EE % MS	Min % MS
7	18.08	74.65	7.93	14.29	4.13	10.74
14	20.26	76.25	8.20	13.75	4.05	10.48
21	19.00	76.83	8.63	12.62	3.83	10.39
28	22.35	70.00	10.36	8.19	1.88	8.80
35	19.87	62.94	11.60	7.82	6.47	10.23
42	18.92	69.00	10.80	6.75	5.25	9.88
49	22.97	68.20	11.22	5.75	4.25	9.79
56	24.05	67.90	11.65	5.11	4.07	9.75
63	27.02	49.33	17.74	7.04	2.72	9.26
70	27.83	75.21	12.96	5.37	4.41	9.12
77	33.12	76.25	13.70	4.75	3.60	8.85
96	36.00	77.25	14.30	3.90	2.80	8.65

¹Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

CUADRO 24. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO MULATO *Brachiaria spp.*

EDAD	% MS	FDN, % MS	Lig % FDN ¹	PC % MS	EE % MS	Min % MS
7	13.01	64.08	7.20	14.30	2.11	13.66
14	16.47	67.02	8.85	14.79	4.66	14.33
21	13.87	66.48	9.95	13.41	3.54	13.37
28	15.06	65.60	10.61	12.63	2.88	12.44
35	13.88	63.96	11.50	11.62	3.07	12.04
42	12.50	64.50	10.96	11.59	2.75	11.69
49	17.46	64.76	11.11	11.21	3.05	23.84
56	23.30	56.87	12.17	10.55	2.82	11.69
63	20.34	62.95	11.95	10.36	3.10	11.50
70	21.69	61.29	13.14	9.58	3.36	12.48
77	21.50	62.12	12.54	9.97	3.23	11.99
96	25.85	53.37	16.37	6.76	3.02	10.92

¹Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

CUADRO 25. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO Pangola *Digitaria decumbens*.

Edad	% MS	FDN % MS	Lig % FDN ¹	PC % MS	EE % MS	Min % MS
7	16.54	50.50	26.24	16.25	4.10	11.28
14	18.00	52.32	26.75	15.54	4.49	10.73
21	15.35	62.85	23.90	11.95	4.93	10.22
28	17.79	63.22	23.69	7.81	2.92	8.48
35	15.70	58.65	20.95	9.25	4.47	9.09
42	16.73	59.50	24.12	8.30	4.25	8.35
49	18.49	61.50	23.98	7.75	4.05	7.90
56	22.57	61.96	23.96	7.12	6.82	7.72
63	22.48	61.40	24.20	5.43	2.88	7.90
70	22.70	62.45	24.09	7.49	3.38	9.56
77	25.67	64.46	23.35	4.89	3.09	8.34
96	23.75	66.25	23.02	4.25	2.25	6.25

¹ Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

CUADRO 26. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO Llanero *Andropogon gayanus*.

Edad	% MS	FDN % MS	Lig % FDN ¹	PC % MS	EE % MS	Min % MS
7	13.11	64.45	7.53	12.07	3.79	9.92
14	19.53	63.11	5.37	14.16	3.35	9.87
21	16.70	67.12	6.01	13.46	3.86	9.45
28	13.57	66.14	4.89	12.19	3.92	9.46
35	15.91	69.30	6.06	9.40	2.32	9.96
42	19.28	65.70	7.00	4.97	2.69	8.82
49	20.70	63.58	7.63	6.84	2.25	9.64
56	18.45	68.70	7.06	9.43	3.85	10.17
63	22.23	69.02	7.39	7.21	2.68	9.60
70	23.19	71.75	7.51	4.84	0.80	9.90
77	20.44	71.34	7.67	6.62	0.18	9.64
96	21.15	72.75	8.11	4.50	0.14	9.65

¹ Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

Conclusiones. En pastos tropicales, no deben generalizarse recomendaciones, ya que cada uno tiene sus características propias, con alguna ventaja nutricional sobre las demás. El productor debe ponderar la característica más conveniente. Es necesario complementar esta información con datos de tasas de digestión de las fracciones nutricionales más importantes, así como con algunas pruebas de comportamiento animal, principalmente con relación a variaciones en el consumo voluntario de fibra. Dada la variabilidad de los pastos tropicales, los resultados de este trabajo sólo se aplican a la época de lluvias en la zona centro del estado de Veracruz.

CUADRO 27. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO MOMBASA
Panicum maximun var Mombasa.

Edad	% MS	FDN % MS	PC % MS	EE % MS	Min % MS
7	14.94	64.85	14.34	3.59	11.11
14	18.29	63.90	12.46	4.68	11.78
21	15.77	65.43	8.51	3.60	12.58
28	19.26	65.95	7.29	4.06	12.96
35	16.63	66.15	7.29	3.59	13.77
42	17.75	66.35	6.91	3.59	10.90
49	20.18	66.52	4.68	3.32	32.85
56	21.33	66.75	5.12	1.19	11.91
63	25.46	67.75	4.08	1.93	15.69
70	26.79	68.75	4.57	1.44	27.42
77	26.61	69.20	3.18	1.96	10.14
96	24.82	69.60	3.07	1.26	10.91

¹Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

CUADRO 28. FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA EN PASTO Insurgente
Brachiaria brizantha.

Edad	MS %	FDN % MS	Lig % FDN ¹	PC, % MS	EE % MS	Min % MS
7	14.54	50.50		11.50	4.25	8.25
14	22.70	52.66		8.52	5.26	9.57
21	14.89	62.11		9.49	2.86	13.76
28	16.88	76.21		6.00	3.91	12.62
35	15.25	71.70		4.81	5.04	12.58
42	15.59	66.25		4.25	4.25	12.50
49	20.69	67.25		3.25	3.25	12.48
56	29.01	67.36		1.89	3.05	12.37
63	27.87	69.46		1.73	2.34	8.85
70	24.01	78.21		2.43	2.46	8.09
77	28.60	96.35		2.83	2.60	10.03
96	28.49	74.28		1.99	2.85	9.68

¹Lig % FDN = (Lig. % MS * 100) / FDN, % MS

Leguminosas tropicales. Las leguminosas tropicales se aprovechan muy poco en la alimentación animal, sin embargo, abundan en la mayor parte de los ecosistemas tropicales de México. Se caracterizan por sus altos contenidos de proteína, los cuales varían del 14 al 28%, y contenidos de fibra menores al 40%, que permiten mayor consumo voluntario y digestibilidad; esto incrementa los rendimientos productivos de carne y leche hasta en más de 50% (Lascano y Ávila, 1991).

Las leguminosas forrajeras tropicales cuentan con múltiples e importantes evaluaciones de tipo agronómico; sin embargo, existe poca información sobre su valor nutritivo, para mejorar su eficiencia en el ganado (Montero *et al.*, 1998). Con este fin, se han desarrollado nuevos modelos como el CNCPS en su sección para bovinos de doble propósito, así como el NRC para bovinos de leche y bovinos de carne, que entre otros análisis, requieren fraccionar la

proteína, pero falta información de la composición química de leguminosas tropicales, lo cual dificulta el uso de estas herramientas computacionales. Licitra *et al.* (1996), Pichard y Van Soest (1977) y Van Soest (1994) han desarrollado métodos para fraccionar la proteína de los alimentos, utilizando ácido túngstico en la determinación de nitrógeno no proteico (fracción A); amortiguador borato-fosfato, para medir proteína soluble (fracciones B₁ y B₂), y ambas, nitrógeno insoluble en soluciones detergente neutro y ácido, permiten determinar proteína insoluble (fracción B₃) e indigestible (fracción C). Mediante este esquema analítico, se determinaron las fracciones de nitrógeno de siete leguminosas tropicales: cacahuatillo (*Arachis pintoii*), kudzú (*Pueraria phaseoloides*), flemigia (*Flemigia* sp.), cratylia (*Cratylia argentea*), zornia (*Zornia* sp.), cocoite (*Gliricidia sepium*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) a cuatro edades de corte (44, 61, 101 y 162 días), para estimar su valor nutritivo en ganado de doble propósito, utilizando el modelo CNCPS.

Rendimiento en producción de hoja de las leguminosas. Los resultados de rendimiento promedio por especie de los cuatro cortes, se muestran en el Cuadro 29. Las variedades de cratylia y zornia presentan los valores más altos de producción de materia verde, materia seca y materia orgánica. Destacan sus rendimientos de más de 3,000 kilogramos de materia seca por hectárea; cabe señalar que sólo se cosecharon las hojas. La leguminosa con los rendimientos más bajos fue el kudzú, con sólo 827 kilogramos de materia seca por hectárea; las otras especies tuvieron producciones intermedias, aproximadas a los 1,753 kilogramos por hectárea.

CUADRO 29. PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE (MV), MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGÁNICA (MO) POR LEGUMINOSA.

LEGUMINOSA	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MO (kg/ha)
Cacahuatillo	7,976.3 ^{ab}	1,748.4 ^{ab}	1,615.7 ^{ab}
Cocoite	5,190.3 ^{ab}	1,702.3 ^{ab}	1,541.5 ^{ab}
Cratylia	12,203.7 ^a	3,423.2 ^a	3,114.5 ^a
Flemigia	5,771.9 ^{ab}	1,691.2 ^{ab}	1,606.8 ^{ab}
Kudzú	3,905.5 ^b	827.0 ^b	785.7 ^b
Leucaena	6,623.2 ^{ab}	1,870.2 ^{ab}	1,724.1 ^{ab}
Zornia	12,506.5 ^a	3,272.3 ^a	3,147.0 ^a
Dev Std	967.09	524.89	483.05

Ocho observaciones x leguminosa. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ Dev Std=Desviación estándar.

El rendimiento de un forraje se relaciona directamente con el crecimiento de la planta. En el Cuadro 30, se aprecia cómo se incrementa en forma sostenida la producción de materia seca, de 1,023 a 3,086 kg/ha por corte, de los 44 a los 162 días.

CUADRO 30. PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE (MV), MATERIA SECA (MS) Y MATERIA ORGÁNICA (MO) DE LAS LEGUMINOSAS POR EDAD AL CORTE.

EDAD (Días)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MO (kg/ha)
44	4,020.9 ^b	1,023.6 ^b	950.5 ^a
61	8,116.4 ^{ab}	1,788.4 ^{ab}	1,662.7 ^{ab}
101	8,579.7 ^{ab}	2,407.3 ^{ab}	2,239.3 ^{ab}
162	10,241.4 ^a	3,086.3 ^a	2,881.8 ^b
Dev Std	1,486.98	396.78	365.15

Catorce observaciones x edad. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ Dev Std=Desviación estándar.

La tendencia es similar para materia orgánica, ya que el contenido de cenizas no cambia con la edad al corte. Sin embargo, la magnitud del incremento es diferente para materia verde, debido a que el contenido de materia seca (%) cambia con la edad (Cuadro 31).

CUADRO 31. COMPOSICIÓN QUÍMICA NUTRICIONAL DE LAS LEGUMINOSAS POR EDAD AL CORTE.

EDAD (Días)	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	Cenizas (%)	EE (%)
44	22.5 ^a	18.6 ^a	45.2 ^a	7.0 ^a	3.3 ^a
61	25.3 ^{ab}	17.5 ^a	45.6 ^a	7.2 ^a	3.5 ^a
101	28.8 ^{bc}	17.0 ^{ab}	46.9 ^a	6.8 ^a	3.9 ^a
162	30.3 ^c	15.2 ^b	47.3 ^a	6.5 ^a	4.0 ^a
Dev Std	1.2	0.45	0.79	0.29 ^a	0.3

Catorce observaciones x edad. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ MS=Materia seca; PC=Proteína cruda; FDN=Fibra detergente neutro; EE=Extracto etéreo; Dev Std=Desviación estándar.

Composición química nutricional. Los contenidos de materia seca (%) de las leguminosas son diferentes (Cuadro 32), ya que unas son más suculentas que otras. Las leguminosas rastreras cacahuatillo y kudzú tienen menor contenido de MS (alrededor de 21%), mientras que las arbustivas cocoite y leucaena tienen los valores más altos (aproximadamente 30% MS). Cocoite y cratylia contienen la mayor cantidad de cenizas (9.5%), y kudzú y zornia, la menor cantidad (4%). El contenido de cenizas repercute en las cantidades de materia orgánica.

CUADRO 32. COMPOSICIÓN QUÍMICA NUTRICIONAL POR LEGUMINOSA.

LEGUMINOSA	MS (%)	PC (%)	Cenizas (%)	EE (%)	FDN (%)
Cacahuatillo	21.8 ^a	15.8 ^{bc}	7.9 ^{bc}	2.6 ^{bc}	40.4 ^a
Cocoite	33.4 ^c	17.8 ^b	9.5 ^c	5.2 ^a	40.4 ^a
Cratylia	25.8 ^{ab}	18.4 ^a	9.4 ^c	3.1 ^{bc}	47.6 ^b
Flemigia	28.8 ^{bc}	15.8 ^{bc}	5.1 ^a	4.7 ^{ab}	54.7 ^c
Kudzú	20.8 ^a	16.1 ^{ab}	4.9 ^a	4.5 ^a	48.9 ^b
Leucaena	29.0 ^{bc}	21.2 ^a	7.5 ^b	3.7 ^{ab}	40.3 ^a
Zornia	27.5 ^{abc}	14.5 ^c	3.8 ^a	1.7 ^c	51.6 ^{bc}
Dev Std	1.2	0.59	0.4	0.4	1.041

Ocho observaciones x leguminosa. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ MS=Materia seca; PC=Proteína cruda; EE=Grasa cruda; FDN=Fibra detergente neutro; Dev Std=Desviación estándar.

Los porcentajes de proteína están en los rangos reportados por la literatura y van de 14.5% para zornia hasta 21% para leucaena; los demás promedian 16.8%. El contenido de pared celular representada por la FDN, agrupa a las leguminosas aquí estudiadas en dos grupos: altas y bajas en FDN. Cacahuatillo, cocoite y leucaena tienen 40% de FDN, y cratylia, flemigia, kudzú y zornia contienen 50% de FDN.

La proporción de materia seca se incrementa con la edad, asociada a un proceso de madurez que se refleja en un menor contenido de agua en la hoja. El cambio va de 22.5 a 30.3% de MS. La proteína tiene un patrón de comportamiento inverso al crecimiento de la planta, es decir, disminuye con la edad, de 18.6% a los 44 días a 15.2% a los 162 días, causado por una menor actividad metabólica de la planta y por menor proporción de

contenido celular, que es donde se encuentra la mayor parte de la proteína de la planta. Aunque el contenido de FDN va asociado al crecimiento del forraje en las gramíneas, éste no es muy manifiesto en leguminosas; por lo tanto, con la edad no cambian la FDN, las cenizas, ni el extracto etéreo.

Fracciones de fibra. En el Cuadro 33, se presenta la información correspondiente a las fracciones más importantes de fibra nutricional; como se había comentado en el Cuadro 31, hay leguminosas con concentraciones bajas y altas de FDN. La FDA no tiene tan marcada esta diferencia. Destacan la leucaena y el cocoite por tener los valores más bajos, 17.8 y 24.3%, característica que impacta positivamente en el valor nutricional. El resto promedia 33.6%. La lignina es un factor de indigestibilidad de los forrajes; las nuevas variedades como flemigia y zornia presentan cantidades altas de lignina, seguidas por cratylia y kudzú. Las mejores parecen ser las ya conocidas cacahuatillo, cocoite y leucaena.

CUADRO 33. FRACCIONES DE FIBRA POR ESPECIE DE LEGUMINOSA.

LEGUMINOSA	FDN (% MS)	FDA (% MS)	LIGNINA (% MS)
Cacahuatillo	40.4 ^a	30.1 ^c	8.8 ^{ab}
Cocoite	40.4 ^a	24.3 ^b	7.7 ^{ab}
Cratylia	47.6 ^b	31.1 ^c	9.8 ^b
Flemigia	54.7 ^c	33.6 ^c	14.1 ^c
Kudzú	48.9 ^b	33.4 ^c	9.5 ^b
Leucaena	40.3 ^a	17.8 ^a	6.0 ^a
Zornia	51.6 ^{bc}	39.6 ^d	10.1 ^b
Dev Std	1.04	1.21	0.66

Ocho observaciones x leguminosa. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).
¹MS=Materia seca; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; Dev Std=Desviación estándar.

Al evaluar las fracciones de fibra por edad al corte (Cuadro 34), la cantidad de FDN no cambia, como suele suceder en gramíneas, en las que esta fracción se incrementa con la edad. No obstante, la FDA sufre un dramático incremento conforme la leguminosa madura, en parte asociado a una lignificación de la misma. Es decir, la cantidad de la fibra es la misma, pero su calidad disminuye.

CUADRO 34. FRACCIONES DE FIBRA POR EDAD AL CORTE.

EDAD (Días)	FDN (% MS)	FDA (% MS)	LIGNINA (% MS)
44	45.2 ^a	24.3 ^a	7.3 ^a
61	45.6 ^a	28.6 ^b	8.1 ^a
101	46.9 ^a	32.1 ^c	11.3 ^b
162	47.3 ^a	34.9 ^c	11.1 ^b
Dev Std	0.97	0.91	0.50

Catorce observaciones x edad. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).
¹MS=Materia seca; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; Dev Std=Desviación estándar.

Fracciones de proteína. La fracción nutricional más importante en las leguminosas son las proteínas; su contenido es alto, pero se conoce poco acerca de su calidad como alimento para bovinos. Para ahondar más en su conocimiento, las proteínas de las leguminosas se fragmentaron, según su solubilidad, en cinco fracciones nutricionales diferentes (A, B₁, B₂, B₃ y C). El Cuadro 35 presenta los resultados de las fracciones nitrogenadas, expresadas como por ciento de la materia seca. Leucaena destaca por contener más de 20% de proteína cruda y zornia no llegó al 15%. La fracción A se mantiene muy constante en 3.5%.

Nuevamente, leucaena sobresale con la fracción B₁ + B₂, y es la segunda más alta en la fracción B₃. Zornia y kudzú mantienen los niveles más bajos de fracción C. La edad al corte no modifica estadísticamente ($P < 0.05$) las fracciones proteicas.

CUADRO 35. FRACCIONES DE PROTEÍNA (N x 6.25) (% MS) DE LAS LEGUMINOSAS.

LEGUMINOSA	PC	A	B ₁ +B ₂	B ₃	C
Cacahuatillo	15.8 ^{bc}	3.9 ^a	3.4 ^{ab}	5.6 ^{bc}	2.9 ^a
Cocoite	17.8 ^b	3.4 ^a	4.4 ^{ab}	7.3 ^{abc}	2.7 ^a
Cratylia	18.4 ^{ab}	3.6 ^a	4.7 ^{ab}	8.0 ^{ab}	2.0 ^{ab}
Flemigia	15.8 ^{bc}	2.3 ^a	2.1 ^b	8.9 ^a	2.5 ^{ab}
Kudzú	16.1 ^{bc}	2.1 ^a	2.9 ^{ab}	10.3 ^a	0.9 ^b
Leucaena	21.2 ^a	3.4 ^a	5.9 ^a	9.6 ^a	2.3 ^{ab}
Zornia	14.5 ^c	5.5 ^a	3.5 ^{ab}	4.6 ^c	0.8 ^b
Dev Std	0.59	0.71	0.78	0.65	0.37

Ocho observaciones x leguminosa. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ PC=Proteína cruda; A=Nitrógeno no protéico; B₁+B₂=Proteína soluble; B₃=Proteína insoluble; C=Proteína indigestible; Dev Std=Desviación estándar.

Una forma muy conveniente de expresar las fracciones nitrogenadas es como por ciento de la proteína cruda, en lugar de como por ciento de la materia seca (Cuadro 16). En general, la fracción A representa el 21% de la proteína cruda, la B₁ + B₂ el 22%, la B₃ el 45%, y la fracción C, el 12%. Cabe destacar que casi el 50% de la proteína está en la fracción de lenta solubilidad (B₃), y existen marcadas diferencias en la distribución de las fracciones por especie (Cuadro 36).

CUADRO 36. FRACCIONES DE PROTEÍNA (N x 6.25) (% PC) DE LAS LEGUMINOSAS.

LEGUMINOSA	PC	A	B ₁ +B ₂	B ₃	C
Cacahuatillo	15.8 ^{bc}	25.3 ^{ab}	21.2 ^a	35.3 ^c	18.1 ^a
Cocoite	17.8 ^b	20.2 ^{ab}	23.9 ^a	40.2 ^{bc}	15.8 ^{ab}
Cratylia	18.4 ^{ab}	19.0 ^{ab}	25.7 ^a	44.1 ^{bc}	11.1 ^{ab}
Flemigia	15.8 ^{bc}	15.4 ^b	12.6 ^a	56.0 ^{ab}	16.0 ^{ab}
Kudzú	16.1 ^{bc}	12.6 ^b	17.0 ^a	64.9 ^a	5.5 ^b
Leucaena	21.2 ^a	16.4 ^{ab}	27.2 ^a	45.7 ^{bc}	10.6 ^{ab}
Zornia	14.5 ^c	36.2 ^a	25.5 ^a	32.0 ^c	6.3 ^b
Dev Std	0.59	4.23	4.73	3.79	2.31

Catorce observaciones x leguminosa. Distinta literal por columna muestra diferencia estadística ($P < 0.05$).

¹ PC=Proteína cruda; A=Nitrogeno no protéico; B₁+B₂=Proteína soluble; B₃=Proteína insoluble; C=Proteína indigestible; Dev Std=Desviación estándar.

Evaluación biológica. Para determinar el valor nutritivo de un forraje, se requiere conjuntar características agronómicas (ej: rendimiento de MS), químicas (ej: contenido de PC y FDN), y biológicas (ej: tasas de digestión, consumo voluntario); sería erróneo describir éste, considerando aisladamente algunas de estas variables. Integrar toda la información requiere procesos computacionales complejos, los cuales consideran las características del animal y su función productiva, la composición química-nutricional del alimento, las tasas de digestión de sus fracciones de carbohidratos y proteína, y las condiciones ambientales y de manejo.

En los últimos años, se han desarrollado nuevos métodos que integran dicha información, para evaluar el valor nutricional de los alimentos (nivel 2 del NRC de ganado de carne, 1996); y el sistema de Cornell de Carbohidratos y Proteínas Netas (CNCPS) (Sniffen *et al.*,

1992; Fox *et al.*, 1992; Russell *et al.*, 1992). En estos modelos, la disponibilidad de los nutrientes se calculó basándose en una competencia entre la tasa de digestión y la tasa de paso por el rumen. La información se generó mediante el modelo CNCPS, versión 5.034, para predecir el valor nutricional de las siete leguminosas en estudio, midiendo el potencial de producción de leche en vacas de doble propósito. La producción de leche se fijó en 10 kilogramos por vaca por día. La dieta base fue pasto Pangola, suplementado con leguminosa. En el Cuadro 37, se muestra la capacidad de consumo de forraje en base seca, y la cantidad correspondiente de pasto y de leguminosa. La última columna del Cuadro 37 indica la cantidad de FDN que consumieron las vacas en por ciento del peso corporal.

CUADRO 37. CAPACIDAD DE CONSUMO TOTAL, DE PASTO Y DE LEGUMINOSA DE LAS VACAS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN CNCPS V 5.034.

LEGUMINOSA	MATERIA SECA (kg/d)	PASTO (kg/d)	LEGUMINOSA (kg/d)
Cacahuatillo	13.1	8.0	5.1
Cocoite	13.1	7.1	6.0
Cratylia	13.0	8.6	4.4
Flemigia	12.7	8.4	4.3
Kudzú	13.1	9.1	4.0
Leucaena	13.1	9.5	3.6
Zornia	13.0	6.0	7.0
Edad (días)			
44	13.1	9.2	3.8
61	13.1	8.1	5.0
101	13.0	8.3	4.7
162	13.0	8.3	4.7

CNCPS=Cornell Net Carbohydrate and Protein System; MS=Materia seca.

En el Cuadro 38 se aprecia que las leguminosas cocoite, leucaena, kudzú y cacahuatillo tienen potencial para producir más de 10 kilogramos de leche por día. A las leguminosas de nueva introducción como cratylia, flemigia y zornia, les falta potencial para superarlas. La edad al corte no influye sobre el valor nutricional de las leguminosas.

CUADRO 38. VALOR NUTRICIONAL DE LA SUPLEMENTACIÓN CON LEGUMINOSAS PARA VACAS DE DOBLE PROPÓSITO, DE ACUERDO AL CNCPS v 5.034.

LEGUMINOSA	EM _L /kg	PM _L /kg
Cacahuatillo	10.8	10.8
Cocoite	12.1	12.1
Cratylia	9.9	9.9
Flemigia	7.5	7.5
Kudzú	11.5	11.5
Leucaena	11.8	11.8
Zornia	9.9	9.9
Edad (días)		
44	11.3	11.3
61	11.0	11.0
101	10.2	10.2
162	10.2	10.2

CNCPS=Cornell Net Carbohydrate and Protein System; EM_L=Energía metabolizable para lactación; PM_L=Proteína metabolizable para lactación.

Conclusiones. Con base en las características químicas y de modelos de simulación nutricionales como el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) v. 5.034, el valor nutricional de las leguminosas evaluadas en este estudio para ganado bovino de doble propósito en Veracruz, fue, de mayor a menor: cocoite, leucaena, kudzú, cacahuatillo, cratylia, zornia y flemigia.

Variación estacional de la composición química de pastos tropicales. Las gramíneas tropicales son la fuente alimenticia de rumiantes, con mayor potencial para producir carne y leche en el mundo (Lascano y Ávila, 1991). Sin embargo, se usan ineficientemente, por desconocimiento de las variaciones en su composición química a lo largo del año. Hasta la fecha, falta cuantificar la influencia de las estaciones del año sobre las fracciones de fibra y de nitrógeno, contenidas en los forrajes tropicales en la zona centro del estado de Veracruz (Juárez *et al.*, 2004a).

Gran parte de los estudios se han efectuado en la época de lluvias, por lo que se carece de información sobre la época de secas (Juárez *et al.*, 2004b). Estudios aislados evidencian que la composición química de los pastos tropicales es muy dinámica e influenciada por las interacciones entre temperatura ambiental, humedad del suelo y radiación solar (Van Soest, 1994). El rendimiento y la composición química del pasto se afecta de diferente manera en las épocas de lluvias tempranas, lluvias tardías, invierno y secas sobre, variando así su disponibilidad y valor nutritivo para los rumiantes. Por lo tanto, en la medida que se logre conocer, comprender y predecir la composición química de un pasto, en función de la época del año, se tomarán decisiones más colegiadas sobre determinaciones de carga animal, rotación de potreros y especie o especies a utilizar, para mejorar la producción animal.

Por lo anterior, fue objetivo de estudio: determinar la composición química de cinco pastos tropicales (Chetumal, Insurgente, Estrella de África, Mombasa y Mulato) durante cinco épocas del año (lluvias tempranas, lluvias tardías, lluvias residuales, invierno y secas), en el Campo Experimental La Posta de Paso del Toro, Veracruz, el cual se ubica en el kilómetro 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en la coordenada que forma el paralelo 19° 02' de latitud Norte, con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste.

Según la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), predomina el clima intermedio del tipo cálido subhúmedo, con lluvias en verano (Aw_1). Los datos de la estación meteorológica El Copital, la más cercana a este campo experimental, indican que los promedios de temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5°C, respectivamente, con una precipitación pluvial de 1336.8 milímetros y una evaporación de 1379.5 milímetros (Cuadro 39). La altitud del sitio es de 16 metros sobre el nivel del mar. Predominan los suelos del tipo Vertisol, con pH ácido de alrededor de 5.4, textura arcillosa y un contenido de materia orgánica, de alrededor del 2.6%.

Las especies evaluadas fueron: Mombasa (*Panicum maximum* cv. Mombasa), Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Mulato (*B. brizantha* X *B. radicans*) y Chetumal (*B. humidicola*). Se sembraron el 15 de junio de 2006, al principio de la época de lluvias, sobre terreno preparado convencionalmente con barbecho, y doble rastra o cruzado, de manera que la cama de siembra garantizara una adecuada distribución de la semilla y las condiciones óptimas para establecer las plantas. Se sembró a chorrillo, al fondo de los surcos previamente marcados, a una profundidad no mayor de 3 centímetros; posteriormente, la semilla se tapó con rastrillo o ramas poco pesadas, para protegerla y favorecer su germinación, sin cubrirla con exceso de tierra.

CUADRO 39. ESTADÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EL COPITAL.

MES	TEMPERATURA	OSCILACIÓN	PRECIPITACIÓN	LLUVIA (d)	LUZ (h d ⁻¹)
	MEDIA (°C)	TÉRMICA (°C)	PLUVIAL (mm)		
Enero	22.20	12.10	12.30	2.00	11.00
Febrero	22.80	12.30	9.70	1.80	11.40
Marzo	24.70	13.00	12.80	1.80	11.90
Abril	27.00	13.40	14.10	1.50	12.40
Mayo	28.00	12.60	42.90	3.10	12.90
Junio	27.60	11.50	200.50	10.70	13.10
Julio	26.80	10.70	322.50	14.80	13.00
Agosto	26.80	11.00	290.60	13.50	12.70
Septiembre	26.60	10.80	263.70	13.30	12.20
Octubre	25.50	10.80	104.80	7.30	11.60
Noviembre	24.20	11.50	42.40	3.90	11.10
Diciembre	22.80	11.50	20.40	3.20	10.90
Anual	25.40	11.80	1336.80	77.00	12.00

Se usó la dosis de fertilización de 100-50-00, correspondiente a kilogramos de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) por hectárea, respectivamente. El N se aplicó en forma de urea y el P₂O₅ en forma de superfosfato de calcio triple. Por lo tanto, se usaron 222.22 kilogramos de urea y 111.11 kilogramos de superfosfato de calcio triple por hectárea, equivalentes a 278 gramos de urea y 139 gramos de superfosfato de calcio triple en los 12.5 m² de cada parcela experimental. El total de urea se dividió en dos fracciones iguales, que se aplicaron al principio y a mediados de la época de lluvias. El superfosfato de calcio triple se aplicó todo en una sola ocasión, mezclado con la primera fracción de urea.

Todas y cada una de las especies en estudio se cosecharon a los 35 días (d) de rebrote, iniciando con un corte de uniformidad. Se consideró época de lluvias tempranas al periodo comprendido por los meses de junio y julio; lluvias tardías, agosto y septiembre; lluvias residuales, noviembre y diciembre; invierno, enero y febrero, y secas, abril y mayo.

De acuerdo con López (1999), el diseño experimental fue de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas; se tuvieron cuatro repeticiones (bloques) para las parcelas mayores que representaron la especie, y 40 repeticiones para las parcelas menores que representaron la época de corte. Las parcelas grandes fueron rectángulos de 2.5 metros de ancho por 5 metros de largo (12.5 m²); en cada una, se sembraron cuatro surcos a lo largo del rectángulo, con una separación entre surcos y entre los bordes de la parcela de 0.5 metros. La parcela experimentalmente útil fue de 4 metros cuadrados dentro del rectángulo y con 0.5 metros libres a todos los lados, para evitar el efecto de orilla. El marco para muestrear en cada frecuencia de corte fue de 1 metro cuadrado, colocado lo más al centro posible, cubriendo los dos surcos centrales.

En las especies cespitosas, como Estrella de África y Chetumal, la altura de corte fue a 5 centímetros de la superficie del suelo, en las especies semiamacolladas como Insurgente y Mulato, a 10 centímetros, y en las amacolladas, como Mombasa y Llanero, a 20 centímetros. La distancia entre parcelas dentro de un mismo bloque fue de 1 metro, y entre los bloques y alrededor del jardín, de 2 metros. Al muestrear, se registró el rendimiento de forraje mediante el pesaje de todo el material fresco cortado, en cada una de las parcelas pequeñas de 1 m². Cuando el forraje cosechado en el m² superó los 1,300 gramos, se mezcló lo más

rápido posible y se tomaron dos submuestras: una de unos 500 gramos, para secar y determinar el rendimiento total; y otra, de unos 800 gramos, para separar los componentes potencialmente comestibles de los no comestibles (López-Guerrero *et al.*, 2005).

La submuestra para determinar rendimiento, se colocó y se pesó en bolsas de papel, para posteriormente llevarla al laboratorio a secar en estufas de aire forzado a 55 °C por 48 horas, o hasta peso constante. Todos estos pesos se registraron y se determinó el porcentaje y el rendimiento de materia seca (MS) de la muestra por hectárea, según las fórmulas siguientes: el porcentaje de MS se obtuvo por regla de tres simple: Peso fresco de la muestra es a 100%, como peso seco de la muestra es a X%. El peso seco por m² es igual al peso fresco total por m², multiplicado por el porcentaje de MS de la muestra, dividido entre 100. El rendimiento por hectárea es igual al peso seco por m², multiplicado por 10,000 m² que conforman una hectárea. La composición química del forraje se evaluó con la submuestra, de unos 800 gramos, dividida manualmente en dos partes: una con el material potencialmente comestible, integrado por las hojas verdes y la parte tierna de tallos y pseudotallos (cogollos), y otra con el resto del material (tallos y material muerto).

Los materiales separados se embolsaron y secaron en estufa de aire forzado a 55 °C por 48 horas o hasta peso constante. Enseguida, se molieron en un molino Wiley, utilizando una criba de 1 mm (Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA. Modelo 4), y se almacenaron en refrigeración hasta su posterior análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal del Campo Experimental La Posta.

El contenido de materia seca, cenizas, grasa cruda y proteína cruda se midió con procedimientos estándar del AOAC (1990); las fracciones de nitrógeno, por las técnicas descritas por Licitra *et al.* (1996) y Fox *et al.* (2004): el nitrógeno no protéico, mediante la técnica del ácido túngstico; proteína soluble, utilizando como amortiguador el borato-fosfato; proteína en paredes celulares, con solución detergente neutro; proteína indigestible, mediante solución detergente ácido. Las fracciones de carbohidratos y de fibra, se determinaron por el método detergente de Van Soest, carbohidratos estructurales, mediante extracción, con solución detergente neutro y detergente ácido (Van Soest *et al.*, 1991); lignina, celulosa y cenizas insolubles en ácido, usando los procedimientos de Goering y Van Soest (1970). Sólo al material potencialmente comestible, se le determinó la composición química. El total de forraje producido por especie y por época, se analizó estadísticamente como un diseño de bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas, usando el procedimiento mixed del SAS (2005), y el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + E_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de la i-ésima especie, cortada a la j-ésima época del año en el k-ésimo bloque.

μ = Media general debida al ambiente.

β_k = Efecto debido al k-ésimo bloque.

A_i = Efecto debido a la i-ésima gramínea forrajera.

E_{ik} = Error experimental para parcela mayor.

B_j = Efecto debido a la j-ésima época del año.

$AB_{(ij)}$ = Efecto debido a la interacción de especie por época del año.

ε_{ijk} = Error experimental para la interacción especie*época.

Se asume que el error experimental se distribuye normal, independiente, con media cero y varianza sigma cuadrada. Las medias se compararon por el método de Tukey, y se consideraron diferentes a una $P \leq 0.05$.

La estadística descriptiva general del rendimiento y la composición química de los pastos evaluados se presenta en el Cuadro 40. Es notable la distancia entre los valores mínimos y máximos, no obstante que sólo se está trabajando con una edad al corte (35 días). Si se consideraran otros cortes como a los 21, 28 o 42 días, las variaciones serían mayores (Juárez *et al.*, 2004a).

CUADRO 40. PROMEDIOS GENERALES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CINCO PASTOS TROPICALES CORTADOS A 35 DÍAS DE EDAD DURANTE TODO EL AÑO (n=200).

VARIABLE	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
MS (kg ha ⁻¹)	1670	45	7564	1703
MS (%FV)	26.76	15.42	43.57	7.19
PC (%MS)	8.40	2.91	15.26	2.71
Psol (%PC)	26.13	2.05	53.49	11.33
NNP (%Psol)	33.55	2.03	98.21	27.21
PIDN (%PC)	42.42	12.00	78.89	15.54
PIDA (%PC)	15.93	2.76	54.30	11.41
FDN (%MS)	65.97	53.63	80.06	5.40
FDA (%MS)	36.68	25.37	48.19	4.21
Lignina (%MO)	2.62	1.01	6.45	1.14
Cenizas (%MS)	10.68	1.03	17.21	2.45
EE (%MS)	2.69	1.01	4.87	0.77

MS=materia seca; FV=forraje verde; PC=proteína cruda; Psol=proteína soluble; NNP=nitrógeno no proteico; PIDN=proteína insoluble en detergente neutro; PIDA=proteína insoluble en detergente ácido; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; MO=materia orgánica; EE=extracto etéreo.

Cuando se desagrega la información por especie de pasto a lo largo del año (Cuadro 41), en la zona de estudio es notable que: el Insurgente no compite en rendimiento con los demás pastos, el Estrella muestra el contenido más alto de proteína, y el Mulato es el menos fibroso con los valores más bajos de FDN y FDA; estos datos coinciden con lo previamente encontrado por Juárez *et al.* (2004a) y Juárez-Lagunes *et al.* (1999).

Con relación a la época del año (Cuadro 42), destacan los altos rendimientos de MS al inicio de las lluvias, la caída en el contenido de PC durante las lluvias tardías, el alto valor de Psol y bajo nivel de lignina en el invierno, y el considerable deterioro del forraje en la época de secas.

El alto contenido de NNP en la época de lluvias tempranas es un artificio como respuesta a la fertilización nitrogenada, aplicada en el período como manejo rutinario de las parcelas experimentales. En las fracciones de fibra (FDN, FDA y lignina), los rangos de variación fueron muy pequeños, lo cual indica que no afecta el medio ambiente de la zona de estudio, como la edad de la planta, cuyo estado de madurez influye marcadamente sobre estas fracciones químicas (Van Soest, 1994; Enríquez, 1999).

CUADRO 41. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PASTOS TROPICALES POR ESPECIE.

PASTO	CHETUMAL	ESTRELLA	INSURGENTE	MOMBASA	MULATO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
MS (kg ha ⁻¹)	1949 ^a	1634 ^{ab}	1494 ^b	1733 ^{ab}	1585 ^{ab}	108.6
MS (%FV)	24.11 ^d	31.83 ^a	26.93 ^b	26.02 ^{bc}	24.92 ^{cd}	0.412
PC (%MS)	6.85 ^c	10.03 ^a	8.50 ^b	8.11 ^b	8.54 ^b	0.242
Psol (%PC)	21.33 ^c	26.77 ^b	33.61 ^a	23.86 ^{bc}	25.09 ^{bc}	1.381
NNP (%Psol)	30.43 ^a	36.79 ^a	30.97 ^a	33.22 ^a	36.34 ^a	2.862
PIDN (%PC)	44.04 ^b	52.10 ^a	38.41 ^c	48.76 ^{ab}	28.79 ^d	1.444
PIDA (%PC)	17.02 ^b	17.65 ^a	15.81 ^a	16.05 ^a	13.10 ^a	1.732
FDN (%MS)	68.59 ^b	71.71 ^a	63.62 ^c	67.22 ^b	58.69 ^d	0.428
FDA (%MS)	39.21 ^b	37.25 ^c	34.02 ^d	40.77 ^a	32.16 ^e	0.279
Lignina (%MO)	2.25 ^b	3.29 ^a	2.44 ^b	2.55 ^b	2.55 ^b	0.154
Cenizas (%MS)	11.13 ^b	8.92 ^c	9.68 ^c	12.55 ^a	11.10 ^b	0.195
EE (%MS)	2.62 ^{ab}	2.66 ^{ab}	2.71 ^{ab}	2.52 ^a	2.95 ^b	0.089

MS=materia seca; FV=forraje verde; PC=proteína cruda; Psol=proteína soluble; NNP=nitrógeno no proteico; PIDN=proteína insoluble en detergente neutro; PIDA=proteína insoluble en detergente ácido; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; MO=materia orgánica; EE=extracto etéreo.

Distintas literales dentro de filas indican diferencias ($P \leq 0.05$) entre medias.

CUADRO 42. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PASTOS TROPICALES POR ÉPOCA.

ÉPOCA CQ	LLUVIAS TEMPRANAS	LLUVIAS TARDÍAS	LLUVIAS RESIDUALES	INVIERNO	SECAS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
MS (kg ha ⁻¹)	4135 ^a	2786 ^b	916 ^c	306 ^d	252 ^d	108.6
MS (%FV)	20.71 ^d	20.32 ^d	25.34 ^c	31.68 ^b	35.75 ^a	0.412
PC (%MS)	10.70 ^a	7.74 ^b	10.10 ^a	8.15 ^b	5.34 ^c	0.242
Psol (%PC)	33.66 ^a	22.65 ^b	23.66 ^b	28.43 ^a	22.27 ^b	1.381
NNP (%Psol)	67.57 ^a	17.89 ^c	15.28 ^c	19.34 ^c	47.67 ^b	2.862
PIDN (%PC)	30.97 ^c	32.92 ^c	44.51 ^b	52.46 ^a	51.25 ^a	1.444
PIDA (%PC)	10.06 ^b	17.34 ^a	15.56 ^b	14.31 ^b	22.37 ^a	1.732
FDN (%MS)	65.23 ^b	67.71 ^a	65.07 ^b	65.49 ^b	66.45 ^{ab}	0.428
FDA (%MS)	37.71 ^b	38.74 ^a	36.97 ^b	36.83 ^b	33.16 ^c	0.279
Lignina (%MO)	3.12 ^a	2.89 ^a	2.22 ^b	2.07 ^b	2.80 ^a	0.154
EE (%MS)	2.93 ^b	1.84 ^a	3.28 ^a	2.57 ^c	2.83 ^{bc}	0.089
Cenizas (%MS)	10.70 ^b	9.80 ^c	12.26 ^a	12.29 ^a	8.33 ^d	0.195

Distintas literales dentro de filas indican diferencias ($P \leq 0.05$) entre medias.

CQ= composición química; MS=materia seca; FV=forraje verde; PC=proteína cruda; Psol=proteína soluble; NNP=nitrógeno no proteico; PIDN=proteína insoluble en detergente neutro; PIDA=proteína insoluble en detergente ácido; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; MO=materia orgánica; EE=extracto etéreo.

Las interacciones de pasto por época varían su composición química; por falta de espacio, sólo se presentan las más importantes. En el Cuadro 43, se resumen las medias ajustadas de PC para los efectos de especie por época. La literal (^a) se le asigna al valor más alto de PC. El pasto Estrella fue el mejor, con el mayor número de literales (^a), seguido (en orden descendente) por el Insurgente, Mulato, Mombasa y Chetumal. Respecto a las épocas, la

mejor fue la de lluvias tempranas, seguida de lluvias residuales, invierno, lluvias tardías y secas. Irónicamente, en lluvias tardías hay buen rendimiento de forraje, pero de mala calidad, y en invierno el rendimiento es bajo, pero con mayor calidad proteica. Datos similares encontraron Esqueda *et al.* (2007) en pasto Llanero y Estrella.

CUADRO 43. INTERACCIÓN PASTO POR ÉPOCA PARA PROTEÍNA CRUDA (% MS).

PASTO	CHETUMAL	ESTRELLA	INSURGENTE	MOMBASA	MULATO
Lluvias tempranas	8.48 ^{cdef}	12.42 ^{ab}	10.61 ^{abc}	9.82 ^{bcde}	12.18 ^{ab}
Lluvias tardías	5.45 ^{gh}	8.64 ^{cdef}	8.86 ^{cdef}	6.60 ^{fgh}	9.16 ^{cdef}
Lluvias residuales	8.61 ^{cdef}	12.71 ^a	10.07 ^{abcd}	9.84 ^{bcd}	9.24 ^{cdef}
Invierno	6.98 ^{efgh}	9.89 ^{abcd}	8.47 ^{cdef}	7.69 ^{defg}	7.70 ^{defg}
Secas	4.73 ^h	6.49 ^{fgh}	4.48 ^h	6.58 ^{fgh}	4.43 ^h

Desviación estándar 0.541. Distintas literales indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

La proteína soluble en rumen indica la disponibilidad del nitrógeno, para favorecer digestión (Fox *et al.*, 2004; Tedeschi *et al.*, 2002). El pasto con mayor Psol es el Insurgente, fracción nitrogenada favorecida por la época de lluvia temprana, seguida por la de invierno (Cuadro 44). Por otro lado, la PIDN es la fracción nitrogenada con solubilidad lenta, que mayormente escapa a la digestión del rumen, pero puede utilizarse parcialmente en intestinos; ésta se ve afectada más por la época, que por la especie de pasto.

CUADRO 44. INTERACCIÓN PASTO POR ÉPOCA PARA PROTEÍNA SOLUBLE (% PC).

PASTO	CHETUMAL	ESTRELLA	INSURGENTE	MOMBASA	MULATO
Lluvias tempranas	34.25 ^{ab}	30.02 ^{abcd}	39.47 ^a	28.94 ^{abcd}	35.59 ^{ab}
Lluvias tardías	7.78 ^e	17.12 ^{de}	40.67 ^a	27.45 ^{abcd}	20.26 ^{bcde}
Lluvias residuales	25.85 ^{abcd}	28.54 ^{abcd}	30.14 ^{abcd}	15.51 ^{de}	18.25 ^{cde}
Invierno	20.05 ^{bcde}	34.94 ^{ab}	35.62 ^{ab}	26.15 ^{abcd}	25.40 ^{abcd}
Secas	18.73 ^{cde}	23.23 ^{bcde}	22.16 ^{bcde}	21.27 ^{bcde}	25.95 ^{abcd}

Desviación estándar 3.088. Distintas literales indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

Las épocas que favorecen la acumulación de proteína de lenta degradación son las de invierno y secas (Cuadro 45). La situación se agrava más en la época seca, ya que la cantidad de proteína es baja, y aunada a su lenta disponibilidad, impacta negativamente sobre el comportamiento animal (Rueda-Maldonado *et al.*, 2003).

CUADRO 45. INTERACCIÓN PASTO POR ÉPOCA PARA PROTEÍNA INSOLUBLE EN DETERGENTE NEUTRO (% PC).

PASTO	CHETUMAL	ESTRELLA	INSURGENTE	MOMBASA	MULATO
Lluvias tempranas	32.64 ^{fghij}	40.86 ^{cdefg}	22.59 ^{hij}	41.49 ^{cdefg}	17.25 ^j
Lluvias tardías	34.36 ^{efghi}	39.15 ^{cdefgh}	29.95 ^{ghij}	39.77 ^{cdefg}	21.35 ^{ij}
Lluvias residuales	43.93 ^{bcdefg}	53.62 ^{abcd}	37.20 ^{defghi}	50.84 ^{abcde}	36.94 ^{defghi}
Invierno	59.19 ^{ab}	64.15 ^a	47.82 ^{abcdef}	63.79 ^a	27.32 ^{ghij}
Secas	50.08 ^{abcde}	62.73 ^{ab}	54.48 ^{abc}	47.89 ^{abcdef}	41.07 ^{cdefg}

Desviación estándar=3.229. Distintas literales indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

La FDN es la fracción química más abundante en los pastos tropicales (Van Soest, 1994). La estacionalidad parece no influir considerablemente en su variación, sin embargo, la especie de pasto influye sobre su concentración en la materia seca (Cuadro 46). El pasto Estrella es extremadamente fibroso (probablemente por la arquitectura propia de la planta que favorece

la formación de guías o tallos rastreros), y el Mulato, aun en la adversidad (época de secas), mantiene un perfil bajo en FDN a la edad del corte (35 días). Se necesitan estudios de digestibilidad, con el fin de conocer su cantidad disponible de fibra, para que los rumiantes extraigan la energía de ella.

CUADRO 46. INTERACCIÓN PASTO POR ÉPOCA PARA FIBRA DETERGENTE NEUTRO (% MS).

PASTO	CHETUMAL	ESTRELLA	INSURGENTE	MOMBASA	MULATO
Lluvias tempranas	67.79 ^{fg hijkl}	69.52 ^{ijkl}	63.62 ^{cdefg}	67.51 ^{fg hijkl}	57.69 ^{ab}
Lluvias tardías	69.22 ^{ijkl}	70.91 ^{klm}	65.15 ^{defghi}	70.69 ^{ijklm}	62.07 ^{bcd}
Lluvias residuales	69.02 ^{hijkl}	70.34 ^{ijkl}	62.26 ^{bcde}	65.82 ^{defghij}	57.82 ^{ab}
Invierno	68.27 ^{ghijkl}	72.34 ^{lm}	62.89 ^{cdef}	64.90 ^{defghi}	59.03 ^{abc}
Secas	68.60 ^{ghijkl}	75.46 ^m	64.16 ^{defgh}	67.19 ^{efghijk}	56.84 ^a

Desviación estándar=0.956. Distintas literales indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

Conclusiones. La composición química de los pastos tropicales está fuertemente influenciada por las variaciones estacionales; la época en que se presenta la mejor composición química es la de lluvias tempranas (junio y julio) seguida de la de invierno (enero y febrero). Por otra parte, las épocas del año con la peor composición química de los pastos son las de secas (abril y mayo) y lluvias tardías (agosto y septiembre).

El pasto con mayor contenido de proteína fue Estrella de África, y Mulato presentó el menor contenido de fibra. Las fracciones de nitrógeno son muy sensibles a los cambios en la época de año, no así las de fibra, que obedecen más a las características propias de la especie de pasto.

Suplementación estratégica para la época de estiaje y balanceo de raciones para cada grupo de animales, según la lotificación del hato

Principios básicos. El objetivo de la suplementación es complementar el aporte nutricional de los pastos, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, obtener un apropiado balance de nutrientes con mínimas fluctuaciones en las condiciones del rumen y un constante flujo de nutrientes a la glándula mamaria, manteniendo la salud del animal (Montero *et al.*, 1991).

Estrategias de suplementación alimenticia en bovinos para la época de sequía. La dinámica ecológica de la ganadería tropical se caracteriza por ciclos y rupturas en la obtención de productos (carne y leche) a lo largo del año. El ciclo más dramático es la época de sequía, que generalmente dura de noviembre a mayo. En esta época los pastos tropicales crecen poco, y el ganado empieza a padecer hambre y deficiencias nutricionales que repercuten en una disminución de la producción, pérdida de peso y ocasionalmente la muerte. Para mantener la continuidad en la producción a lo largo del año, es necesario suplementar al ganado con alimentos complementarios al pastoreo. Existen varios ingredientes disponibles durante la época de secas, como los subproductos agroindustriales y de origen animal, granos de cereales, esquilmos agrícolas, minerales, etc., que pueden utilizarse bajo diferentes estrategias de alimentación, como: raciones integrales, alimentos concentrados, suplementos líquidos, bloques alimenticios, etc. para suministrar los principales nutrimentos deficientes en el ganado como son: proteína, energía, fibra y minerales.

Suplementación en pastoreo. La suplementación alimenticia a los bovinos en pastoreo se realiza para corregir deficiencias nutricionales, conservar forraje, mejorar la utilización del forraje, mejorar el comportamiento animal, incrementar el retorno económico, y facilitar el manejo del ganado. El reto del nutricionista y del ganadero es determinar los ingredientes, aditivos, procesamiento y estrategia de alimentación que pueda mejorar el comportamiento y eficiencia del ganado, y la utilización del forraje de una manera rentable para cada situación específica (Kunkle *et al.*, 1994). Sin embargo, suplementar animales en pastoreo tiene varios problemas; uno de ellos es la regulación del consumo del suplemento y otro, el consumo del suplemento con relación a la óptima utilización en el rumen y su repercusión sobre el uso del forraje (Van Soest, 1994).

Los animales lactantes pueden suplementarse durante la ordeña; aunque esto permite una fácil regulación de la cantidad, la óptima digestión en el rumen no se alcanza, porque los animales al regresar al potrero después de la ordeña ya no comen.

Parte del problema con la suplementación es que los aportes de proteína y carbohidratos no están aparejados. Los pastos fertilizados con nitrógeno son bajos en carbohidratos solubles, lo mismo que las leguminosas utilizadas como fuentes alternativas de nitrógeno. Por otra parte, los pastos no fertilizados o maduros, son deficientes en ambos (nitrógeno y carbohidratos solubles). Estas dificultades pueden sortearse, proveyendo suplementos líquidos en lamederos o bloques alimenticios en las áreas de pastoreo. Los suplementos líquidos a menudo están compuestos de melaza y minerales, y también de alguna fuente de nitrógeno. El consumo ilimitado al lamer puede controlarse agregando sal o usando bloques endurecidos.

Una forma de controlar el consumo, es proporcionar un suplemento en forma de bloque, lo suficientemente cristalizado para limitar el consumo y proveer los nutrimentos deficientes de un pasto tropical. Sin embargo, tiene sus problemas, ya que debe diseñarse para suministrar los nutrimentos a una tasa razonable, sin desintegrarse en la lluvia, y no debe ser tan sólido que resista su consumo. El cemento se combina con melaza, para darle durabilidad, pero regulando cuidadosamente la cantidad. Los componentes adicionales en los bloques pueden incluir nitrógeno no proteico, proteínas protegidas, ionóforos, isoácidos, minerales traza y vitaminas.

Suplementos en bloques sólidos. Los fundamentos para elaborar los bloques nutricionales son: contar con un aglomerante (5 a 10%), una fuente de soporte o solidificante (3 a 5%), una fuente proteica (15 a 35%), de la cual una parte puede ser a partir de nitrógeno no proteico (5 a 10% del bloque), una fuente de energía (melaza y granos) (25 a 65%) y sales minerales (5 a 15%). Adicionalmente, pueden incorporarse aditivos e incluso medicamentos.

Un ejemplo de composición de bloques con buenas características de durabilidad, solidificación y consistencia, es el siguiente: melaza 45%, agua 10%, cemento 6%, bentonita 6%, urea 6%, sal 5%, ácido fosfórico 4% y salvadillo 18% (Bibiano, 1993). Otro ejemplo es: pollinaza 45%, melaza 20%, sorgo 14%, cemento 10%, urea 6% y Magnaphoscal 5%, el cual ofrecido a razón de 1 kilogramo por día, mejoró la condición corporal y la respuesta reproductiva de novillonas de doble propósito (Jiménez *et al.*, 2002).

Para mezclar el bloque, se aprovechan las características aglutinantes de la melaza, a la cual se le incorporan lentamente los demás ingredientes, hasta formar la mezcla final, que se vacía y apisona en cualquier molde disponible en el rancho, escogiendo preferentemente botes de plástico de tamaño pequeño (15 a 20 kilogramos), para acelerar el secado y

compactación del bloque. El cemento facilita el endurecimiento del bloque. Los ingredientes pueden mezclarse con una revolvedora de cemento o con pala, procurando que la mezcla final quede homogénea, para que el aporte de nutrimentos y el consumo del bloque sean más uniformes (Montero, 1998). La inclusión de pollinaza, aún cuando puede bajar los costos del bloque, no es recomendable en preparaciones para ganado lechero, ya que puede ocasionar problemas de salud a los animales.

Las mezclas de los bloques pueden modificarse, según la disponibilidad y costo de los ingredientes en cada región. La utilización de suplementos sólidos destaca por su fácil elaboración, la flexibilidad de los ingredientes y las ventajas con respecto a los otros tipos de suplemento.

Melaza + urea. La melaza se emplea en la alimentación del ganado desde hace muchos años; se ha usado en pequeñas cantidades como saborizante de alimentos desagradables o de bajo consumo y como aglutinante en mezclas demasiado secas o polvosas. También, se puede dar al ganado como parte de dietas integrales, como suplemento líquido ofrecido por separado en lamederos y canoas, añadiéndola en el comedero al resto del alimento o al forraje, o mezclada con otros ingredientes en suplementos sólidos o bloques. Por otra parte, como su contenido de proteína es muy bajo (2.5 a 4.5%), es casi rutinario añadir fuentes nitrogenadas a la melaza, principalmente del tipo no proteico, como la urea. De aquí que la mayoría de los reportes sobre uso de melaza, se refieran a mezclas de melaza-urea.

Para preparar la mezcla de melaza-urea, se disuelven 3 kilogramos de urea en 7 litros de agua, esta solución se adiciona a 90 kilogramos de melaza y se agita hasta obtener una mezcla homogénea. Los animales deben adaptarse paulatinamente (en un lapso de 15 días), al consumo tanto de melaza, como de urea, para llegar al nivel recomendado y evitar posibles cuadros de intoxicación. Este suplemento no es recomendable para becerros de menos de tres meses.

Suplementación con granos de cereales. Esta suplementación debe realizarse con ciertos límites para que no exista un efecto marcado en la disminución en el consumo de forraje. Por ejemplo, ofrecer grano (maíz o sorgo) hasta 0.25% del peso corporal, tiene un efecto mínimo sobre la utilización del forraje, pero un porcentaje mayor, puede tener efectos negativos.

Suplementación con pectinas. Cuando es necesario suplementar con energía (como en el caso de vacas con producción de más de 15 litros de leche diarios), sin agregar más grano o melaza, se puede incorporar energía a partir de subproductos agroindustriales con más de 75% de TND y bajos en almidón o azúcares (menos del 30% MS). Tal es el caso de la pulpa de cítricos, gluten de maíz, granos de cervecería o de destilería, o cascarilla de soya, que tienen un alto contenido de pectinas y carbohidratos en la pared celular; esto también ocurre en las leguminosas, y aunque forman parte de la fibra, se comportan como carbohidratos solubles, por lo que no compiten con el consumo y utilización del forraje. Ofrecer 0.4% del peso corporal de cualquiera de los subproductos arriba mencionados, puede incrementar la producción de leche hasta en un 25%.

Suplementación con grasas o aceites. Aunque la práctica de alimentar con grasa a las vacas data de hace más de 200 años, no se había popularizado, hasta recientemente, cuando los incrementos en producción de leche comenzaron a demandar fuentes de energía más concentradas. Las grasas aportan tres veces más energía de lactación que los carbohidratos y las proteínas. Hay diferentes tipos de grasas: semillas de oleaginosas (frijol

soya, semilla de algodón, etc.), grasas animales (sebo, grasa de pollo, grasa amarilla) y grasas granuladas, que pueden estar protegidas para ser inertes en el rumen.

¿Cuál fuente de grasa debe considerarse primero? La primera grasa y fuente de proteína en la dieta, debe provenir de la fuente más barata, que son las semillas de oleaginosas. Bajo las condiciones del centro del estado de Veracruz, el criterio dominante sería la demanda de proteína; entonces sólo se suplementarían hasta cubrir las necesidades de ella, ya que su exceso a partir de estas fuentes, encarecería la ración. En el trópico, esto se justifica en el caso de vacas en pastoreo que producen de 18 a 25 litros diarios de leche durante el pico de su lactación.

Generalmente, cuando las vacas producen cantidades elevadas de leche, se deteriora su condición corporal; es posible mejorarla adicionando sebo en la ración, hasta 3% en la dieta sin efecto adverso sobre consumo voluntario, digestión ruminal de la fibra y porcentaje de grasa en leche. Si se agrega 2% de sebo (400 g) en la dieta, se reduce el tiempo para ganar un punto en condición corporal.

Otra estrategia, un poco más cara, es adicionar grasas protegidas, si se quiere mejorar el comportamiento reproductivo de las vacas, particularmente cuando se quieren reducir los días al primer estro posparto (Juárez *et al.*, 2001).

A continuación, se describen brevemente los ingredientes más comunes en la suplementación del ganado, así como algunas recomendaciones prácticas para su uso.

Subproductos agroindustriales. Los subproductos de la industria alimentaria son importantes suplementos alimenticios para los animales domésticos, y a menudo fuentes más baratas de proteína y energía que los cereales, aunque también reflejan las deficiencias de origen, así como las consecuencias del procesamiento. En muchos casos, los nutrimentos se han removido para dejar un producto alterado, como las pastas de oleaginosas o la médula de caña. Por ejemplo, la calidad de las melazas (residuo incristalizable de la producción de azúcar), varía inversamente con la eficiencia de la extracción de azúcar.

Subproductos de la industria azucarera. La industrialización de la caña de azúcar es una fuente de subproductos que siempre ha interesado en la alimentación animal, debido a su bajo costo y disponibilidad.

Melazas. Llamadas también "mieles incristalizables", son el residuo que se obtiene después de cristalizar la mayor parte del azúcar y pasar por un proceso de purificación y condensación por evaporación. Es de los subproductos más aceptados como alimento para animales, por ser una de las fuentes energéticas de mayor disponibilidad. Contiene aproximadamente el 50% de carbohidratos, que constituyen la parte principal del valor alimenticio del ingrediente. Su contenido de proteína es escaso, por lo que es recomendable mezclarlo con urea al 1, 2 ó 3%, y ofrecerlo como suplemento sólo a bovinos, a razón de 2 kilogramos diarios por animal adulto. Esta misma mezcla, puede emplearse como estimulante del consumo de forrajes (verdes, henificados o ensilados) y de esquilmos agrícolas, en una proporción de 1 a 2 kilogramos por cada 10 kilogramos de material. Se emplea en raciones integrales y concentrados, en cantidades de 10 a 15%, ó 5% si es sólo como saborizante. Puede usarse como aditivo de ensilajes, a no más de 20 kilogramos por tonelada. La melaza también es un importante ingrediente en la elaboración de suplementos líquidos y en bloques para lamer, que se complementan con fuentes proteicas y minerales. Requiere depósitos especiales para transportarla y

almacenarla, lo que significa inversión adicional. Su uso excesivo puede causar efectos laxantes y hasta tóxicos.

Bagazo de caña. Durante la molienda de la caña de azúcar, después de extraer el jugo, queda un material altamente fibroso, llamado bagazo, el cual representa del 20 a 24% de la caña fresca, tiene un grado de humedad muy variable (del 45 al 75%), y una alta concentración de fibra (87% en base seca). Su obtención coincide con la época de estiaje, y su conservación no es problema, ya que puede tenerse a la intemperie. El bagazo de caña se usa para la fabricación de papel, como combustible y como fuente económica de fibra para bovinos, que puede incorporarse en raciones integrales como sustituto de forraje. Para mejorar su valor nutritivo, puede tratarse con hidróxido de sodio (sosa cáustica) al 4% o amonio anhidro al 3%, incrementándose su digestibilidad hasta en un 50%.

Médula de caña. También conocido como "bagacillo", resulta del desmedulado del bagazo para la utilización de la fibra en la obtención de celulosa; por lo tanto, contiene menos fibras largas que el bagazo original. Su utilización se limita a los lugares cercanos a las papeleras, ya que el transporte eleva su costo. Las cantidades a utilizar en las raciones van desde 20% si sólo se requiere como fuente de fibra, y hasta 80% si se requiere para dar volumen a la ración. Frecuentemente se utiliza entre un 40 y 50% de la ración.

Subproductos de cervecería. El proceso de fabricación de cerveza se inicia transformando la cebada en malta, al remojarla durante dos o tres días en agua caliente y retirando ésta para que germine la semilla. Cuando los granos han brotado suficientemente, se secan, separando de ellos las pequeñas "raicillas" o radículas y se trituran, se les agrega agua y después de una serie de reacciones se separa el "mosto", quedando un residuo insoluble llamado grano de cervecería.

Grano de cervecería. Además de los residuos insolubles de la cebada, este subproducto también puede contener residuos de arroz, de maíz y cascarilla de avena. En los lugares próximos a este tipo de industria, se emplea el grano húmedo ("cebada") para la alimentación de vacas lecheras; éste contiene de 70 a 75% de agua y generalmente se deseca hasta reducir su humedad a un 10%, facilitando su manejo y conservación. Bajo estas condiciones, se le conoce como "grano seco de cervecería". Es un ingrediente proteico, ya que contiene alrededor de 25% de proteína. En ganado lechero, puede incorporarse hasta en un 30% en las raciones (Garcés, 1997).

Raicilla de malta. Está formada por la plúmula y la radícula de la cebada, y tiene un contenido de proteína semejante al grano seco de cervecería; posee un sabor amargo y poco apetecible si se suministra solo, por lo que no es recomendable incluir más del 15% en las raciones para vacas lecheras.

Subproductos de la industria arrocera. El arroz es uno de los productos básicos en la alimentación humana; sin embargo, antes de comercializarse requiere someterse a una serie de procesos para desprenderle las cascarillas, las cubiertas externas y el germen, obteniéndose varios subproductos: arroz con cascarilla, salvado, pulido, cascarillas y pajas.

Pulido de arroz. Es un polvo fino que se obtiene cuando se pulen los granos después de descascarillarlos y quitarles los tegumentos o cubiertas externas, y constituye el principal subproducto de la industria arrocera empleado en la alimentación animal. Es un alimento proteico-energético, porque contiene aproximadamente 14% de proteína cruda y 14% de

grasa. El valor energético es tan alto como el de los granos de cereales, pudiéndolos sustituir kilogramo por kilogramo. Los niveles prácticos de inclusión en raciones integrales fluctúan entre 10 y 15%.

Subproductos de molinería. Al moler los granos de ciertos cereales para obtener sus harinas, se generan diversos subproductos. Del trigo se obtienen salvado, salvadillo y acemite, mediante un sistema de fricción y cribado del grano entero, por lo que se constituyen básicamente con las mismas estructuras celulares, difiriendo únicamente en su tamaño y distribución; por otro lado, mediante el Programa de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), se consideraron 804.5 mil toneladas de trigo del ciclo O-I/02 2008 para uso pecuario. A su vez, del maíz se obtienen harina de gluten, gluten, flotado o germen, y pico y tamo.

Salvado de trigo. Son los tegumentos oscuros que forman la capa externa del grano; por ello son más ricos que éste en proteínas y minerales, pero tienen mayor contenido de fibra. Es uno de los alimentos más populares para el ganado lechero, proporciona menor densidad energética que el pulido de arroz y los granos de cereales, y es común usarlo para animales en crecimiento, incluyéndose en el concentrado entre 25 y 30%.

Gluten y harina de gluten. En la fabricación del almidón y glucosa de maíz, se obtienen como subproductos los gérmenes, de los que se extrae el aceite, el salvado, los solubles y el gluten. Éste es la parte proteica del grano que se localiza entre los tegumentos y el almidón; contiene alrededor del 65% de proteína, la cual disminuye hasta en un 30% al adicionársele el salvado, que generalmente no se comercializa como tal. Esta mezcla se conoce como harina de gluten.

Pico y tamo de maíz. Es un subproducto de la industria molinera y tortillera, integrado por la punta, la cascarilla y el maíz quebrado, que no forma parte de la elaboración de la masa y la tortilla. Contiene el 10% de proteína, pero su valor energético es alto; puede sustituir al sorgo en las raciones para el ganado. Su utilización es limitada, dada su baja disponibilidad en el mercado.

Subproductos de la industria aceitera. Los residuos de la extracción del aceite de las semillas de oleaginosas constituyen las pastas, cuya obtención puede ser por extracción con prensas o rodillos, solventes orgánicos o ambos. Algunas semillas como la de algodón, cacahuate y girasol tienen una cubierta gruesa o vaina rica en fibra de baja digestibilidad que disminuye su valor nutritivo.

Pasta de soya. La pasta de soya obtenida por el sistema de extracción a presión tiene 44% de proteína y 49% de solventes. Es poco frecuente usarla en dietas para rumiantes, porque es mejor aprovechada por aves y cerdos. Su uso se justifica en dietas para vacas lecheras de alta producción o en becerros de rápido crecimiento, pues tienen altos requerimientos de proteína.

Pasta de canola. Su obtención es a partir de la semilla de una variedad mejorada de nabo. Debido a su buen contenido de proteína (40%), se puede incluir hasta un 15% en raciones. Aunque toda la canola que se consume en México es importada, su precio es más accesible que el de otras oleaginosas.

Subproductos de origen animal. Los ingredientes de este grupo son ricos en proteína de elevado valor biológico, y se obtienen principalmente de plantas empacadoras de pescado,

frigoríficos y rastros. Su composición y calidad es muy variable, ya que depende del proceso de obtención y de las partes del animal que se emplean (huesos, grasas, vísceras o mezclas de algunos de ellos). Su inclusión en la ración depende de su disponibilidad, costo, tipo y etapa productiva de los animales. No deben utilizarse subproductos cárnicos, sangre y vísceras de rumiantes para alimentar rumiantes.

Harina de pescado. Este producto resulta del cocimiento, prensado, deshidratación y molienda de diversas especies de pescado no comercializables. Su contenido de proteína varía de 50 a 70%. Además, es una excelente fuente de calcio y fósforo. Debido a su costo y olor característico, se recomienda ofrecer no más de 500 gramos por animal por día. Por su alta calidad de proteína, es muy útil para vacas lecheras y becerros recién destetados. Actualmente, la mejor harina de pescado que se consigue en el mercado, es la de anchoveta peruana.

Suero de leche. El suero de leche es un subproducto de la industria quesera con alto valor nutricional energético y proteico. Puede ofrecerse a becerros de un mes de edad en adelante, a razón de 10% de su peso corporal. Algunos estudios han demostrado que puede ahorrarse un 40% en consumo de concentrado o sustituir el consumo de leche en un 25%. También se puede usar suero de leche fermentado con lactobacilos, como alimento y probiótico.

Sebo. Las grasas de bovino o de pollo son fuentes concentradas de energía recomendables para animales de alto rendimiento en producción de leche o carne. Las cantidades a ofrecer a un bovino adulto son generalmente bajas; por lo general, 400 g/animal/día puede ser suficiente para obtener buena productividad. Este ingrediente debe calentarse para hacerlo líquido y favorecer su mezclado con la ración.

Fuentes de nitrógeno no proteico. La capacidad de los rumiantes para aprovechar fuentes de nitrógeno no proteico y convertirlas en proteína verdadera posibilita el empleo de compuestos como la urea. Este tipo de ingredientes pueden cubrir parte de los requerimientos de proteína del ganado adulto.

Urea. Es el mismo producto que se utiliza en la agricultura como fertilizante (46-00-00). Frecuentemente se emplea en la alimentación del ganado adulto, por lo que al incorporarla en las raciones, los animales deben adaptarse gradualmente a su consumo, ya que cuando se suministra en exceso puede producir intoxicación. Comúnmente, se usa mezclada con melaza, para ofrecerla como suplemento del ganado en pastoreo (González y Barradas, 1985). Responde mejor cuando la dieta es deficiente en proteína, por ejemplo, cuando contiene entre 7 y 12% de proteína cruda. Si la dieta tiene cantidades de proteína por encima de ese rango, el beneficio de la urea se reduce. En la práctica, se adiciona a la melaza a razón de un 3%, en la elaboración de concentrados a un 2%, y en raciones integrales a 1%.

En el Cuadro 47 se presenta la composición química nutricional de los ingredientes más comunes, utilizados en la elaboración de raciones integrales, concentrados y suplementos alimenticios, para ofrecer al ganado durante la época de secas o escasez de forraje.

CUADRO 47. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS.

INGREDIENTE	MS (%)	PC (% MS)	PS (% PC)	NNP (% PS)	PIFDN (% PC)	PIFDA (% PC)	Grasa (% MS)	Cenizas (% MS)	Almidón (% CS)	FDN (%MS)	Lignina (% FDN)	TND (% MS)
Grano seco cervecera	92.0	29.2	4.0	75.0	40.0	12.0	10.8	4.0	100.0	48.7	13.04	75.0
Grano húmedo cervecera	21.0	26.0	8.0	50.0	38.0	10.0	6.5	10.0	100.0	42.0	9.52	70.3
Pasta de canola	92.0	40.9	32.4	65.0	10.6	6.4	3.5	7.1	90.0	27.2	12.76	74.5
Pasta de soya		52.6	16.0	55.0	5.5	2.2	2.0	7.0	90.0	11.4	0.90	84.7
Pasta de algodón	92.0	46.1	20.0	40.0	10.0	8.0	3.2	7.0	90.0	28.9	20.76	68.6
Harina de sangre	90.0	93.8	5.0	0.0	1.0	1.0	1.7	2.6	0.0	0.90	0.0	95.2
Harina de carne	95.0	58.2	13.4	26.5	56.4	3.2	11.0	21.3	0.0	28.2	0.0	78.6
Harina de carne c/hueso	95.0	50.0	16.1	21.4	56.0	3.0	11.8	38.1	0.0	0.0	0.0	63.2
Harina de pluma	90.0	85.8	9.0	89.0	50.0	32.0	7.2	3.5	60.0	39.0	0.0	67.2
Harina de pescado	90.0	67.9	21.0	0.0	1.0	1.0	10.7	20.6	90.0	0.0	0.0	86.6
Sorgo	87.4	10.4	14.9	33.0	33.9	5.0	3.6	3.0	12.80	10.3	12.80	82.4
Maíz molido	88.0	9.8	11.0	73.0	15.0	5.0	4.3	1.6	98.5	9.0	2.22	89.8
Salvado trigo	89.0	17.1	29.4	45.0	21.9	6.4	4.4	6.9	94.6	51.0	5.88	69.0
Pulido arroz	91.0	14.4	40.0	80.0	47.0	2.0	15.1	10.0	90.0	33.0	13.0	83.4
Soya integral	90.0	42.8	5.7	100.0	23.6	7.3	18.8	5.8	90.0	13.4	10.0	101.0
Glúten maíz	91.0	66.3	4.0	75.0	11.0	2.0	2.6	2.9	100.0	8.9	7.14	90.1
Pulpa cítricos	91.0	6.7	27.0	96.0	53.0	11.0	3.7	6.6	90.0	23.0	13.04	76.1
Cascarilla de algodón	91.0	4.1	20.0	50.0	13.0	13.0	1.7	4.0	60.0	90.0	24.0	29.9
Cascara de soya	91.0	12.2	18.0	72.0	20.0	14.0	2.1	4.9	90.0	66.3	2.99	70.4
Cebada	88.0	13.2	17.0	29.0	8.0	5.0	2.2	2.4	90.0	18.1	10.56	81.7
Pollinaza	82.0	20.4	46.0	2.2	12.0	9.2	1.3	18.5	8.0	39.1	8.4	59.2
Suero de leche	7.0	14.2	100	8.0	0.0	0.0	0.7	10.0	0.0	0.0	0.0	80.2
Melaza	85.0	4.2	98.0	100.0	0.0	0.0	2.2	11.6	0.0	0.0	0.0	82.1
Bagazo de caña	46.9	1.8	42.0	5.0	45.8	50.4	1.4	4.6	0.0	61.4	15.8	56.8
Sebo	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.0	1.0	0.0	0.0	0.0	208.1
Urea	99.0	281.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MS=Materia seca; PC=Proteína cruda; PS=Proteína soluble; NNP=Nitrógeno no proteico; PIFDN=Proteína insoluble en la FDN; PIFAD=Proteína insoluble en la FAD; FDN=Fibra detergente neutro; TND=Total de nutrimentos digestibles.

Determinación de requerimientos nutricionales

Requerimientos de energía y proteína metabolizables en vacas de doble propósito. Los requerimientos nutricionales del ganado lechero en pastoreo resultan de interacciones multifactoriales dadas por el medio ambiente, el manejo, la alimentación y el estado fisiológico del animal, entre otras (Rueda-Maldonado, 2002). Estas interacciones son muy

dinámicas, por lo que no se pretende presentar "tablas" de requerimientos de energía y de proteína metabolizables, porque son estáticas y de aplicación muy limitada. La idea es mostrar, mediante ejemplos, cómo influyen los factores arriba mencionados, en los requerimientos y su impacto en la producción de leche. Se plantea un escenario típico de producción de leche en un sistema de doble propósito.

Las variables ambientales que se describen en el Cuadro 48, son indicadores promedio anuales de un clima tropical subhúmedo Aw.

CUADRO 48. CONDICIONES AMBIENTALES.

Tipo de localidad	Potrero (pastoreo continuo)
Tipo de animal	Vaquilla de doble propósito
Temperatura ambiente	26 °C
Humedad relativa	83%
Velocidad del viento	30 km/h
Horas al sol	12
Distancia caminada	2000 m
Temperatura mínima en la noche	20 °C

En el Cuadro 49, se caracteriza a una vaquilla cruzada, de primer parto, de un rancho perteneciente al GGAVATT Génesis, localizado en la planicie costera del Golfo de México, zona centro del estado de Veracruz, y en el Cuadro 50 se representa un pasto tropical tomado del promedio anual de 10 muestreos a lo largo del año (2007), cortado a 35 días de edad de rebrote en parcelas experimentales establecidas con las especies de Estrella de África, Insurgente, Señal, Tanzania y Chetumal.

CUADRO 49. CONDICIONES DEL ANIMAL.

Tipo de animal	Vaquilla de doble propósito
Edad	30 meses
Días en gestación	0
Días en lactancia	45
Intervalo entre partos	16 meses
Número de lactancias	1
Peso del becerro al nacer	39 kg
Edad al primer parto	30 meses
Producción de leche	12 kg
Grasa en leche	3.4%
Proteína cruda en leche	3.33%
Tipo de raza	Cruzada
Raza del padre	Holstein
Raza de la madre	Cebú
Peso corporal actual	450 kg
Peso corporal maduro	550 kg
Ganancia diaria de peso	0.111 kg

CUADRO 50. CONDICIONES DEL ALIMENTO.

Tipo de alimento	Pasto tropical de 35 días de edad
Precio	\$300 por tonelada
Tipo de alimento	Forraje
Materia Seca (%)	26.76
Proteína Cruda (%)	8.4
Proteína soluble (%)	26.13
Nitrógeno no proteico (% PS)	33.55
Proteína insoluble en detergente ácido (%PC)	15.93
Proteína insoluble en detergente neutro (%PC)	42.42
Carbohidratos no fibrosos (% MS)	12.26
Azúcar (% MS)	7.12
Almidón (% MS)	2.08
Fibra soluble (% MS)	3.06
Fibra detergente neutro (% MS)	65.97
Fibra detergente ácido (% MS)	36.68
Lignina (% FDN)	7.30
Cenizas (% MS)	10.68
Extracto etéreo (% MS)	2.69

La información colectada se procesó en el programa computacional Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) versión 6.1., para determinar consumo voluntario de materia seca (CVMS), energía metabolizable en Mcal (EM), requerida por el animal, EM aportada por el alimento y EM disponible para producción de leche. Así mismo, se determinaron los requerimientos de proteína metabolizable (PM) por el animal, la aportada por el alimento y la disponible para producción de leche. La actividad física del animal impacta fuertemente los requerimientos de mantenimiento a costa de los de producción de leche.

En el Cuadro 51, se aprecia como en el pastoreo continuo (la vaquilla camina 2,000 metros diarios); la EM consumida cubre sólo el 78% de la requerida, permitiendo una EM para producción de leche de 5.64 kg/d. En el pastoreo rotacional (la vaquilla camina 1,000 metros diarios), la vaquilla dispone de EM para producir 11% más de leche, con respecto al pastoreo continuo, y en confinamiento (galera) la vaquilla produce 25% más de leche. Hay condiciones sin disponibilidad de pasto como las de extrema sequía, invierno o inundaciones, en las que es mejor confinar el ganado en galera y proporcionarle el forraje, ya sea en forma de heno, ensilaje o esquilmo agrícola; bajo estas condiciones, el costo de alimentación se incrementa, pero los beneficios compensan el gasto y mejoran la rentabilidad.

CUADRO 51. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR SISTEMA DE PASTOREO.

SISTEMA DE PASTOREO	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
Continuo	12.272	78%	24.1	5.64	68%	865	3.65
Rotacional	12.272	80%	24.1	6.26	68%	865	3.65
Galera	12.272	82%	24.1	7.03	68%	865	3.65

Otra variable determinante en el forraje es el contenido de FDN, la cual afecta directamente la capacidad de consumo del animal; el que come más, produce más leche, y el contenido de FDN puede ser una restricción del consumo si el forraje tiene un alto contenido de ésta. Los rangos de FDN en pastos tropicales van desde 60% cuando son muy jóvenes (21 a 28 días de edad), 70%, poco antes de producir la espiga (35 a 42 días de edad), y 80%, después de los 60 días. Cabe mencionar, que en pastos tropicales no se debe generalizar, porque hay diferencias entre especies, suelos, ambientes y manejo.

En el Cuadro 52, se aprecia el marcado efecto del contenido de FDN sobre la depresión en el CVMS. Casi 15% menos de consumo impacta fuertemente la EM aportada por el forraje (sólo un 54% de la EM requerida), y la EM disponible para leche disminuye de 8.34 kg/d a valores negativos, que se interpreta como que la vaquilla está tomando el equivalente de sus reservas corporales, para cumplir con el compromiso que le exige la homeorresis de lactación. La PM disponible para producción de leche también se ve comprometida, ya que la digestión se hace más lenta y hay menor producción de proteína microbiana, para cubrir el requerimiento.

CUADRO 52. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR CONTENIDO DE FIBRA (FDN).

FDN (% MS)	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
60	12.424	84%	25	8.34	72%	888	5.23
70	12.042	75%	22.9	4.65	66%	831	3.03
80	10.726	54%	18.1	-2.53	61%	767	1.60

Al contenido de FDN también se asocia su calidad nutricional. Debe recordarse que ésta no sólo es importante por sus propiedades físicas, para estimular rumiación y movimientos ruminales, sino que sus carbohidratos estructurales como la celulosa y la hemicelulosa son la fuente de energía más importante para rumiantes en pastoreo, como es el caso de bovinos lecheros. Sin embargo, la FDN también tiene un factor de indigestibilidad que es la lignina (su digestibilidad es cero), la cual además interfiere con la digestibilidad de la celulosa y la hemicelulosa contenidas en la FDN.

La lignificación del forraje está asociada a su madurez, y es modulada por la temperatura ambiente, horas luz, humedad, fertilización, edad de la planta, especie, etc. Los rangos de lignina (% MS) en los pastos tropicales van de 3 a 9%, aunque obviamente hay excepciones. El efecto del contenido de lignina es limitar la extensión de la digestión de la fibra y reducir tanto la EM por menor producción de ácidos grasos volátiles y la PM por menor disponibilidad de sustrato, para crecimiento microbiano en el rumen y por consiguiente menor proteína microbiana (Cuadro 53).

CUADRO 53. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR CALIDAD DE FIBRA (LIGNINA).

LIGNINA (% MS)	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
3	12.512	86%	25.6	8.09	73%	895	4.91
6	11.990	74%	22.7	4.33	65%	821	2.80
9	10.935	57%	18.7	-1.42	55%	694	0.02

Generalmente, conforme el pasto madura el incremento en el contenido de FDN y lignina van asociados; sus efectos son sinérgicos (el primero afectando consumo y el segundo digestibilidad), por lo que el impacto sobre la EM y PM para producción de leche es devastador.

Las variables nutricionales más reactivas en los pastos tropicales son las proteínas, que responden inmediatamente a la fertilización, a las variables climáticas y a la velocidad de crecimiento del pasto; la velocidad de la respuesta está asociada inherentemente a la especie. La PC es el nutrimento más limitante en los pastos tropicales para producción de leche. Pastos con menos de 7% de PC en base seca reducen el consumo y la digestibilidad, lo cual se refleja en disminución en la producción de leche. En el Cuadro 54, se manifiesta esta tendencia cuando el porcentaje de PC disminuye de 12% en un pasto joven de excelente calidad, a un 4% en pastos muy maduros o no fertilizados.

CUADRO 54. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC).

PC (% MS)	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
12	12.292	80%	24.2	6.32	74%	926	5.23
8	12.231	79%	23.9	5.89	68%	847	3.52
4	10.714	54%	18.0	-2.58	37%	461	-4.81

La época del año (Cuadro 55) integra muchos factores ambientales que se manifiestan en la calidad nutritiva del pasto para producción de leche. Las mejores épocas son las de lluvias tempranas (junio y julio) y lluvias residuales (noviembre y diciembre). Hay una disminución en la calidad del pasto en la época de lluvias tardías (agosto y septiembre), debido a las variaciones estivales propias del verano, caracterizadas por temperaturas altas sin lluvias (fenómeno conocido como "canícula"). En la época de secas, el pasto no reúne las características mínimas de PC para sostener la lactación.

CUADRO 55. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR ÉPOCA DEL AÑO.

ÉPOCA	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
Jun-Jul	12.572	88%	26.1	8.71	74%	914	5.38
Ago-Sep	12.186	78%	23.6	5.59	66%	826	3.17
Nov-Dic	12.601	89%	26.3	9.02	78%	956	6.44
Ene-Feb	12.468	85%	25.3	7.70	73%	895	5.04
Mar-Abr	11.990	74%	22.7	4.34	48%	612	-1.90

Jun-Jul=Lluvias tempranas; Ago-Sept-Oct=Lluvias tardías; Nov-Dic=Lluvias residuales; Ene-Feb=Invierno o "nortes"; Mar-Abr-May=Secas.

Con relación a las variables inherentes al animal, el número de lactancia es sin lugar a dudas el de mayor atención (Cuadro 56).

Las vaquillas de primer y segundo parto tienen problemas por su bajo peso e insuficiente capacidad de consumo voluntario de materia seca para cubrir sus requerimientos; además, tienen que repartir la EM y PM hacia ganancia diaria de peso, porque todavía están en etapa de crecimiento. Vacas de cuarta lactancia tienen capacidad para consumir 12% más de MS,

y por tanto más nutrimentos que vaquillas de primer y segundo parto, y como ya alcanzaron su peso maduro (aproximadamente 550 kg), se desvían menos nutrimentos de la producción de leche.

CUADRO 56. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS POR NÚMERO DE LACTANCIA.

LACTANCIA No.	CONSUMO MS (kg)	EM REQUERIDA (Kcal)	EM APORTADA (Kcal)	EM PARA LECHE (kg)	PM REQUERIDA (g)	PM APORTADA (g)	PM PARA LECHE (kg)
1ª	12.273	80%	24.1	6.18	69%	865	3.92
2ª	12.639	80%	24.8	6.18	70%	891	3.97
3ª	13.000	81%	25.5	6.17	71%	917	4.00
4ª	13.707	85%	26.8	7.48	74%	967	4.81

Los pastos tropicales son deficientes en PC y exceden en FDN; sus nutrimentos son insuficientes para que una vaquilla de primer parto sostenga una producción de leche de 12 kilogramos por día (Cuadro 57), por lo cual es necesario suplementarla con las leguminosas tropicales como primera opción, ya que son altas en PC y bajas en FDN; si se sustituye al pasto con leucaena en aproximadamente 30%, es posible subir la PC de la ración a un 12% y bajar la FDN a un 60%. Con esto, casi se duplica la EM y la PM disponibles para producción de leche. Además, los pastos tropicales son bajos en carbohidratos solubles y su deficiencia se refleja en una baja concentración de sólidos totales no grasos en leche. La principal fuente de glúcidos solubles en la zona central de Veracruz, es la melaza de caña; si se adiciona un kilogramo, éste aporta el 95% de la EM requerida y el 84% de la PM, necesaria para producir 12 kilogramos diarios de leche.

CUADRO 57. ESTRATEGIAS DE ALIMENTO SUPLEMENTARIO PARA VACAS EN PRIMERA LACTANCIA.

REQUERIMIENTO DIARIO	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)
Pasto de 35 días	12.272	9.298	8.368	6.334	5.706
Leucaena de 60 días	0	3.330	3.330	3.330	3.330
Melaza	0	0	1.000	1.000	1.000
Cítricos	0	0	0	2.000	2.000
Granos de cervecería	0	0	0	0	0.600
TOTAL	12.272	12.628	12.698	12.664	12.636
EM requerida (Kcal)	79%	90%	95%	101%	102%
EM aportada (Kcal)	24.1	26.6	27.7	29.2	29.4
EM para leche (Kcal)	5.95	9.18	10.54	12.32	12.56
PM requerida (g)	69%	81%	84%	94%	99%
PM aportada (g)	865	994	1,011	1,095	1,160
PM para leche (g)	3.80	7.10	7.94	10.41	11.84

El siguiente paso es proporcionar otra fuente de carbohidratos solubles como los granos de cereales (maíz), pero como cada vez son más caros e inaccesibles, otra opción es proporcionar fibra soluble (pectinas). Entre otras, una buena alternativa es adicionar dos kilogramos de cáscara y/o pulpa de cítricos a la ración, lo que proporciona el 101% del requerimiento de la EM y además, como los microorganismos del rumen tienen la habilidad de sintetizar PC a partir de energía, los requerimientos de PM también se cubren hasta en un 94%.

Una vez cubiertas las necesidades de energía, se suplementa con un subproducto proteico, preferentemente cercano al rancho, de fácil manejo, disponible, de precio accesible, y de buena calidad. Los granos de cervecera cubren estos requisitos; sólo 600 gramos son suficientes para complementar la PM faltante y producir los 12 kilogramos por día de leche, sin que la vaquilla comprometa su tasa de crecimiento, su condición corporal y su comportamiento reproductivo.

Si se aplica la misma suplementación a vacas maduras de cuarta lactación, dispondrán de EM para producir 14.5 kilogramos por día de leche (Cuadro 58).

CUADRO 58. ESTRATEGIAS DE ALIMENTO SUPLEMENTARIO PARA VACAS EN CUARTA LACTACIÓN.

REQUERIMIENTO DIARIO	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)
Pasto de 35 días	13.707	10.773	9.870	7.884	7.266
Leucaenade 60 días	0	3.330	3.330	3.330	3.330
Melaza	0	0	1.000	1.000	1.000
Cítricos	0	0	0	2.000	2.000
Granos de cervecera	0	0	0	0	0.600
TOTAL	13.707	14.103	14.200	14.214	14.480
EM requerida (Kcal)	85%	95%	100%	106%	105%
EM aportada (Kcal)	26.8	29.5	30.6	32.2	33.0
EM para leche (Kcal)	7.48	10.59	11.96	13.73	14.49
PM requerida (g)	74%	86%	89%	98%	100%
PM aportada (g)	967	1,101	1,119	1,205	1,290
PM para leche (g)	4.81	8.17	9.01	11.52	13.10

Aún es grande el potencial para producir más leche, sin embargo, existen algunas limitantes que deben subsanarse para duplicar la producción, y en lugar de producir 12 kilogramos, producir 24 kilogramos de leche por vaca por día (Cuadro 59).

CUADRO 59. DESAFÍO PARA PRODUCIR 24 kg DE LECHE DIARIOS.

REQUERIMIENTO DIARIO	CONSUMO MS (kg)	CONSUMO MS (kg)
Pasto de 35 días	12.303	11.478
Leucaena de 60 días	3.330	3.330
Melaza	1.000	1.000
Cítricos	2.000	2.000
Granos de cervecera	0.600	0.600
Harina de pescado	0	0.850
TOTAL	19.233	19.258
EM requerida (Kcal)	98%	100%
EM aportada (Kcal)	41.5	42.5
EM para leche (Kcal)	23.03	23.95
PM requerida (g)	81%	100%
PM aportada (g)	1,628	2,005
PM para leche (g)	15.86	24.14

La principal limitante es proteína de buena calidad (buen balance de aminoácidos), de sobrepeso (para que no se destruya en el rumen), que no sea harina de carne, sangre o de pollo, por las restricciones sanitarias que existen. La harina o el ensilado de pescado son recursos poco utilizados, pero irónicamente abundan en las áreas geográficas (planicies costeras tropicales) donde se ubica el sistema de producción de leche tropical. Por ejemplo, si se adiciona harina de pescado a la dieta base que se ha venido utilizando, se tendría la EM y la PM suficientes para producir 24 kilogramos por día de leche.

La intención de este curso no es enseñar a balancear raciones, sino demostrar la importancia y las limitaciones de los recursos disponibles: sí es posible incrementar la eficiencia productiva del ganado, así como sus niveles de producción.

Requerimientos de energía y proteína metabolizables en vaquillas de reemplazo. A medida que aumenta el costo de producción de leche, los productores deben aumentar la vida útil de sus vacas. Una forma de lograrlo es mejorar el manejo y la alimentación de las vaquillas de reemplazo; así, más jóvenes alcanzarán el peso apropiado (alrededor de 350 kilogramos) para ser cubiertas, que en unidades de producción con un nivel de uso de tecnología de medio a alto, aproximadamente se logra a los 30 meses de edad (Cuadro 60), y en los sistemas tradicionales el promedio de edad al primer parto fluctúa entre 42 y 43 meses.

CUADRO 60. PESO (kg) Y EDAD (m) DE NOVILLONAS DEL DESTETE A PRIMER PARTO, NACIDAS EN CUATRO DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO EN EL GGAVATT TEPETZINTLA¹.

ESTADO FISIOLÓGICO	ÉPOCA DEL AÑO							
	INICIO DE LLUVIAS		LLUVIAS TARDÍAS		INICIO DE SEQUÍA		SEQUÍA	
	PESO	EDAD	PESO	EDAD	PESO	EDAD	PESO	EDAD
Destete	95	3	95	3	95	3	95	3
Pubertad	285		290		270		257	
Concepción	370	27	400	28	360	30	340	28
Gestación tardía	430	33	450	34	450	36	410	34
Después del parto	450	36	480	37	470	39	430	37
Condición corporal al parto	3		3.5		3.25		2.75	
Edad al parto	36		37		39		37	

¹ Pesos por épocas del año, en base a encuestas a productores; Edades al primer parto de acuerdo a registros reproductivos del GGAVATT. Peso promedio de un animal adulto: 570 kilogramos, según productores del GGAVATT. Justificación de 570 kilogramos de peso a adulto de animales de GGAVATT, debido a la gran proporción de sangre europea en los hatos de estos productores.

Un peso inadecuado en el primer parto limita la producción de leche durante la primera y segunda lactancias, debido a la competencia por nutrientes entre crecimiento y producción de leche; además, retrasa la concepción durante la primera lactancia y por consiguiente alarga el intervalo entre partos. La precisión en el balance de los requerimientos de proteína y energía de las vaquillas permite un crecimiento más eficiente, una menor edad al primer parto, y un aumento en la rentabilidad del productor.

Como estrategia, las vaquillas deberían parir con no más de 30 meses de edad y con una adecuada talla corporal. Esta meta requiere una ganancia promedio diaria de 500 gramos.

Manejo nutricional. En los sistemas de producción de ganado bovino de doble propósito, la alimentación de las becerras después del destete, se basa principalmente en el pastoreo de diferentes especies de gramíneas, nativas o introducidas, sin suplemento, por lo que las ganancias de peso en esta fase son bajas. La incorporación de leguminosas arbustivas como la leucaena, en asociación con pastos introducidos o como banco de proteínas, es una buena estrategia para mejorar la dieta de las vaquillas, al incrementarse el aporte de proteína cruda y energía, nutrimentos de suma importancia para el crecimiento de los animales.

Durante esta fase, la alimentación debe consistir en el pasto que consuman del potrero, un suplemento de buena calidad (18% de PC y 70% de TND), agua y sales minerales a libertad; cuando se sospeche alguna deficiencia, se recomienda aplicar vitaminas A, D y E, que aseguran el logro de las metas propuestas. Debe evitarse que el costo de la suplementación sea mayor a la ganancia de peso obtenida por efecto del suplemento. La cantidad de suplemento a proporcionar está en función del forraje disponible en la pradera, el tipo y calidad del suplemento y el manejo sanitario de los animales. Las experiencias en campos experimentales del INIFAP, han demostrado que con el suministro de 2 kilogramos del tipo de suplemento mencionado anteriormente, por animal por día, es posible obtener ganancias diarias que permitan alcanzar un peso al parto de 450 kilogramos a los 30 meses.

Si la disponibilidad de los forrajes es insuficiente o el valor nutritivo es escaso, para llenar los requerimientos de proteína y energía de los animales, como normalmente ocurre en determinadas épocas del año en el trópico, deberán proporcionarse forrajes de auxilio como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) o la caña japonesa (*S. sinense*), frescas y picadas. Debido a su carencia de proteína cruda, las cañas deben mezclarse con urea al 1% o con alguna fuente de proteína verdadera.

Otra alternativa son los forrajes conservados a través del ensilaje o la henificación. La primera elección es ensilar maíz (*Zea mays*) o sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*). La segunda alternativa es henificar los pastos durante la época en que son más abundantes. Una vez henificados, se les adicionan mezclas de melaza con urea entre 1 y 3%, lo que favorecerá el consumo y evitará desperdicios. Cuando el costo lo justifique, también se pueden emplear de 2 a 3 kilogramos de melaza con urea al 3% por vaquilla. El uso de mazorcas de maíz molidas, salvado de trigo o alguna harina de origen vegetal sola o mezclada con una fuente de energía, debe estar en función de la relación beneficio/costo; las condiciones del mercado determinarán el tipo y cantidad de suplemento alimenticio a adquirir o elaborar, de acuerdo a los ingredientes que se deseen manejar.

A continuación se presentan gráficas de pesos y GDP por época de nacimiento, para definir la edad, el peso y los meses en los que las acciones de suplementación alimenticia son estratégicas para lograr las metas planteadas (Figuras 19 y 20).

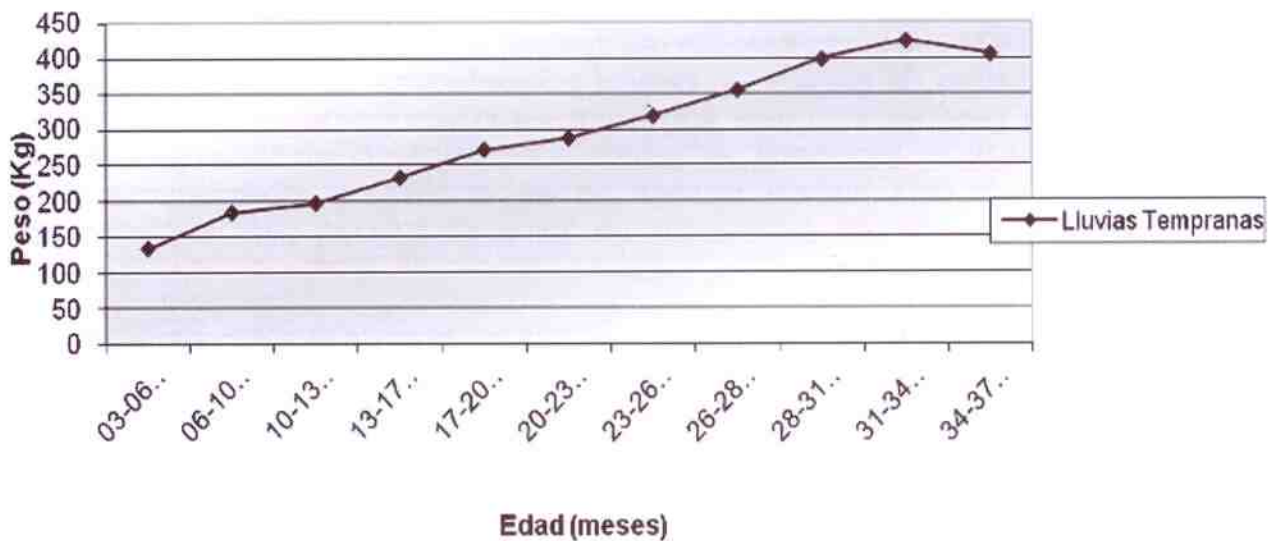


Figura 19. Crecimiento de vaquillas en pastoreo en clima tropical.

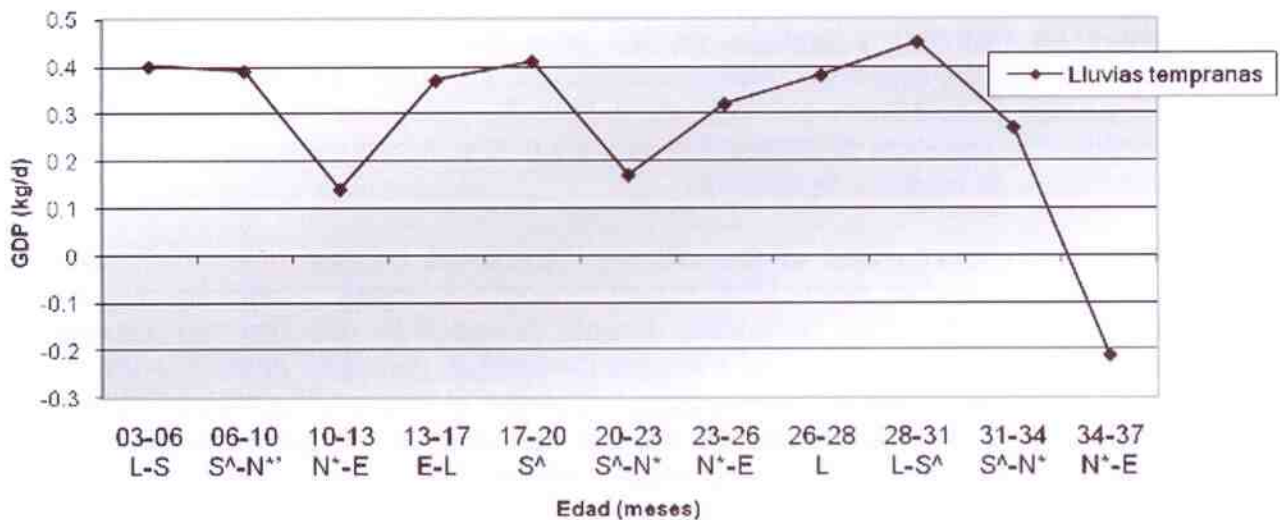


Figura 20. Cambios estacionales en la ganancia diaria de peso de las vaquillas asociadas a la disponibilidad y calidad de forraje.

Minerales en la ganadería bovina en el trópico

En el trópico, los sistemas de producción son primordialmente de carácter extensivo y tienen como característica, utilizar pastos nativos o introducidos, como principal fuente de alimento. Los pastos abundan en la época lluviosa, ofreciendo cantidades de proteína y energía que permiten moderadas a buenas ganancias de peso y producción de leche; en otras épocas del año, son escasos y más limitados en nutrientes. Los pastos por lo general son deficientes o tienen contenido elevado de algún mineral, lo que restringe más la productividad de los animales. En estos sistemas casi nunca se corrigen las deficiencias o desbalances minerales, quedando los hatos expuestos a una inadecuada nutrición mineral, que se refleja como menor ganancia de peso y producción de leche, incremento de problemas reproductivos y mayor susceptibilidad a enfermedades (López, *et al.*, 2007).

Los suelos en los trópicos presentan gran variabilidad en el contenido y disponibilidad de nutrimentos para los pastos. Los forrajes nativos son de bajo valor nutricional y cuando la temperatura, y precipitación pluvial no son adecuadas pueden reducir la cantidad y calidad de los nutrimentos, impactando en la producción de leche y de carne. En general los pastos introducidos, tienen una calidad nutrimental ligeramente superior que los pastos nativos y mayor potencial para producir biomasa, pero requieren más cantidad de nutrimentos del suelo.

Las relaciones entre los minerales del suelo con el clima y los contenidos de éstos en los pastos, con la producción animal, tienen gran importancia, y su desconocimiento, implica un círculo vicioso entre el desaprovechamiento del potencial de los recursos forrajeros y la baja productividad ganadera. Esto ocasiona que la ganadería sea poco atractiva desde el punto de vista económico.

Este documento muestra como los procesos edafogénicos y climáticos impactan en la calidad y contenido de los nutrimentos minerales en la vegetación y en su concentración en el organismo animal.

El documento, presenta la disponibilidad y/o el contenido de minerales de importancia ganadera de cinco tipos de suelo (Acrisoles, Vertisoles, Luvisoles, Fluvisoles y Leptosoles), 17 especies de pastos y el contenido en suero de bovinos hembras con diferente grado de encaste de Cebú con Suizo, en las etapas fisiológicas: vacas, becerras y novillas, en tres épocas del año (sequía, lluvias y nortes) en el estado de Tabasco.

Suelos tropicales más comunes utilizados en ganadería

Acrisoles. Son suelos muy ácidos, con una capacidad de intercambio catiónico menor a $24 \text{ cmol}^{\text{c}^+} \text{ kg}^{-1}$ de arcilla y una saturación de bases inferior al 50% entre los 25 y 100 cm de profundidad. Son de color rojo y eventualmente presentan moteados.

Luvisoles. Son menos ácidos que los Acrisoles. Su CIC_t es igual o mayor a $24 \text{ cmol}^{\text{c}^+} \text{ kg}^{-1}$ de arcilla. Por las características morfológicas, en el campo es imposible diferenciarlos de los Acrisoles, por lo que es necesario hacerlo en el laboratorio.

Fluvisoles. Tienen material flúvico en los primeros 25 cm desde la superficie y continúa hasta una profundidad de por lo menos 50 cm. El material flúvico son sedimentos fluviales, que se depositan a intervalos regulares o que se dejan de recibir cuando se protege el terreno de inundaciones. Cada inundación deposita sedimentos, propiciando el continuo rejuvenecimiento de estos suelos.

Vertisoles. Tienen un horizonte vértico dentro de los 100 cm superficiales y después de mezclados, los primeros 20 cm tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes, hasta una profundidad de 1 m. Se caracterizan por grietas formadas por pérdida o ganancia de humedad. Son suelos de drenaje deficiente.

Leptosoles. Son suelos delgados (menos de 25 cm) que sobreyacen a una roca continua o a un material con más de 40% de carbonato de calcio. Su fertilidad es ligeramente baja, debido a que los materiales parentales no se han intemperizado lo suficiente.

Contenidos minerales por tipo de suelo y época del año. En el Cuadro 61 se muestran los contenidos de macronutrimentos minerales en suelos.

CUADRO 61. MACRONUTRIMENTOS MINERALES EN SUELO Y ÉPOCAS DEL AÑO EN EL TRÓPICO DE TABASCO^a.

CRITERIO	CMOL ^{C+} KG ⁻¹ ARCILLA			MG KG ⁻¹	
	Ca 2 ⁺	Mg >1.7 ⁺	K 0.3-0.5 ⁺	P 15-20 ⁺	S 15 ⁺
Suelo					
Acrisol	3.85	0.92	0.21	16.73	11.03
Fluvisol	24.87	5.10	0.61	15.22	21.38
Leptosol	22.56	4.28	0.55	23.55	11.56
Luvisol	6.49	1.67	0.29	22.32	10.58
Vertisol	15.25	4.13	0.60	15.25	26.78
Época					
Secas	8.37	2.20	0.19	16.09	15.03
Lluvias	17.12	3.12	0.42	19.42	15.41
Nortes	6.66	1.38	0.39	16.04	10.84

^a Contenidos medios determinados de 0 a 60 cm.

⁺ Niveles recomendados por para no limitar el crecimiento de los pastos.

Los Acrisoles y Luvisoles tuvieron contenidos de calcio menores que los Fluvisoles, Leptosoles y Vertisoles. No obstante el valor de 3.85 cmol^{C+} kg⁻¹ arcilla se encontró por arriba del nivel recomendado (NR), situado en 2.0 cmol^{C+} kg⁻¹ arcilla.

En lluvias, el calcio fue mayor que en la sequía y nortes; desde el punto de vista edáfico, los contenidos estuvieron por encima del recomendado.

El contenido de magnesio fue análogo al calcio. Las cantidades más bajas se encontraron en los Acrisoles y Luvisoles, situándose por debajo del NR de >1.7 cmol^{C+} kg⁻¹ arcilla.

El valor de magnesio fue mayor en lluvias y el menor en nortes, situándose a esta época por abajo del NR. Esto se puede asociar a los procesos de intemperización de materiales con altos niveles de carbonatos, que se acelera por la precipitación pluvial y las altas temperaturas.

En el potasio, se establecieron diferencias contrastantes entre Acrisoles y Luvisoles, con los Fluvisoles, Leptosoles y Vertisoles. El contenido en los Acrisoles fue el más bajo, con 0.21 cmol^{C+} kg⁻¹ arcilla. Concentración similar se encontró en Luvisoles (0.29 cmol^{C+} kg⁻¹ arcilla), colocándose de contenido marginal y bajo, respectivamente. Esto puede ser un efecto del pH que facilita su solubilidad y lixiviación en esos suelos.

El potasio en la sequía fue poco disponible (0.19 cmol_{C+} kg⁻¹), situándose abajo del NR.

El fósforo en los Leptosoles presentó el contenido más alto con 23.55 mg kg⁻¹ y el menor en Vertisoles (15.25 mg kg⁻¹), seguido de los Fluvisoles y los Acrisoles. En todos los casos, se encontró cerca del límite inferior (15 a 20 mg kg⁻¹) para limitar el crecimiento de los pastos. Lo anterior, se explica por la afinidad que tiene este nutriente con el hierro y el aluminio para formar compuestos de baja solubilidad.

El fósforo en las tres épocas, se encontró abajo del NR para un buen desarrollo de los pastos, lo que significa que el clima, no influye para incrementar su disponibilidad.

La menor concentración de azufre se observó en Luvisoles (10.58 mg kg^{-1}) y la más alta, en Vertisoles (26.78 mg kg^{-1}). En los Acrisoles, Leptosoles y Luvisoles la menor disponibilidad puede deberse a que en los suelos alcalinos (Leptosoles) y ácidos, el azufre forma sulfatos (SO_4) de calcio, hierro y aluminio de fácil lixiviación.

El azufre en los nortes tuvo la menor cantidad (10.84 mg kg^{-1}), situándose por abajo de 15 mg kg^{-1} , lo que sugiere que la temperatura y radiación solar, que en esta época son menores, influyen en su disponibilidad.

En todos los suelos el hierro fue superior al nivel recomendado para no limitar el crecimiento de los pastos. Se debe considerar que el material parental de estos suelos, es rico en sesquióxidos de hierro. El hierro en los nortes fue el más alto, sin embargo los valores se encontraron por abajo del NR ($5-50 \text{ mg kg}^{-1}$).

De cobre, los Acrisoles, Fluvisoles y Vertisoles presentaron cantidades por encima al NR. En los Leptosoles y Luvisoles no se alcanza el requerimiento.

Las concentraciones de cobre en las temporadas de secas y nortes disminuyó. La precipitación pluvial y las altas temperaturas en la época lluviosa incrementan su disponibilidad.

En el Cuadro 62 se presentan los micronutrientes minerales para los suelos y por épocas climáticas.

CUADRO 62. CONTENIDO DE MICRONUTRIENTOS MINERALES POR TIPO DE SUELO Y POR ÉPOCA DEL AÑO.

CRITERIO	mg kg^{-1}			
	Fe 5-50 ⁺	Cu 2 ⁺	Mn 2-50 ⁺	Zn 2 ⁺
Suelo				
Acrisol	40.15	2.02	5.15	0.75
Fluvisol	34.43	3.12	17.20	1.05
Leptosol	24.46	1.08	16.75	0.89
Luvisol	29.81	1.29	8.91	0.69
Vertisol	58.53	2.54	27.29	0.79
Época				
Secas	34.36	1.81	13.61	0.64
Lluvias	30.34	3.08	6.69	1.00
Nortes	49.16	1.54	8.96	0.67

^a Contenidos promedio de determinaciones realizadas de 0 a 60 cm.

⁺ Niveles recomendados para no limitar el crecimiento de los pastos.

El manganeso, se situó por encima de la recomendación; la mayor concentración (27.29 mg kg^{-1}), correspondió a los Vertisoles. En la sequía fue mayor su concentración (13.61 mg kg^{-1}).

Las concentraciones de cinc estuvieron por abajo del NR, oscilando entre 0.69 y 1.05 mg kg^{-1} para los Luvisoles y Fluvisoles. Esto puede atribuirse a complejos químicos de fácil lixiviación que forma el cinc. En los tres periodos climáticos, los suelos presentan contenidos críticos.

Consideraciones. Las concentraciones de calcio y hierro estuvieron por encima de los niveles recomendados para el desarrollo de los pastos; las de magnesio, potasio y manganeso fueron adecuadas, y las de fósforo y azufre, fueron de normales a deficientes. La mayoría de los suelos presentaron valores deficientes de cobre y cinc. En la sequía y nortes, en la mayoría de los suelos se redujo la concentración de calcio, magnesio, fósforo, potasio, cobre y cinc y aumentó el azufre, hierro y manganeso.

Minerales en pastos tropicales. La disponibilidad de minerales para las plantas se modifica por las condiciones edafoclimáticas, ya que existen interacciones que afectan su desarrollo y el contenido de minerales.

Pastos. En cada sitio y tipo de suelo, se tomaron muestras representativas de pastos (17 genotipos). En general, la mayoría tuvieron concentraciones que sugieren un buen desarrollo de los pastos, pero no aseguran cubrir las necesidades del ganado (Cuadros 63 y 64).

Contenido de minerales en forrajes por tipo de suelo. Las concentraciones de minerales en forrajes en diferentes suelos se presentan en el Cuadro 65.

Calcio. En todos los suelos, los pastos tuvieron contenidos superiores a <0.20%.

Fósforo. Con excepción de forrajes de Fluvisoles, los valores estuvieron por arriba del valor crítico, y su contenido varió de marginal a medio.

Magnesio. En todos los suelos el contenido se puede considerar arriba del crítico, pero marginal. Los pastos en Vertisoles, fueron los de menor concentración.

CUADRO 63. CONTENIDO MEDIO DE MINERALES EN PASTOS TROPICALES (%).

FORRAJE/ NIVEL CRÍTICO ^o	Ca	P	Mg	K	S
	<0.20	<0.10	<0.04	<0.6	<0.08
Guinea	0.50	0.46	0.20	3.14	0.15
Bigalta	0.31	0.27	0.11	1.39	0.11
Mombasa	0.50	0.35	0.20	1.73	0.13
Egipto	0.45	0.24	0.15	2.51	0.15
Estrella de África	0.37	0.27	0.11	1.66	0.15
Gramma amarga	0.30	0.22	0.19	1.11	0.34
Alicia	0.37	0.19	0.11	1.69	0.18
Pangola	0.30	0.21	0.08	1.70	0.15
Gallito	0.13	0.28	0.15	0.93	0.18
Chontalpo	0.31	0.23	0.15	1.95	0.12
Insurgente	0.33	0.23	0.16	1.96	0.09
Remolino	0.45	0.22	0.15	1.28	0.15
Camalote	0.49	0.15	0.16	1.42	0.40
Alemán	0.45	0.14	0.11	2.29	0.19
Humidícola	0.29	0.21	0.11	1.52	0.11
Jaragua	0.48	0.16	0.06	0.73	0.10
Cabezón	0.39	0.16	0.11	2.21	0.24

^o El nivel crítico o deficiente es la concentración en la cual el crecimiento de los forrajes puede afectarse.

CUADRO 64. CONTENIDO MEDIO DE MINERALES EN PASTOS TROPICALES (mg kg⁻¹ MS).

FORRAJE/ NIVEL CRÍTICO ^o	Fe	Cu	Mn	Zn
	<30	<4	<20	<30
Guinea	115.99	9.40	70.19	27.55
Bigalta	121.20	5.02	75.89	13.23
Mombasa	154.00	6.54	40.65	24.15
Egipto	108.20	8.02	103.72	27.15
Estrella de África	167.04	7.03	76.21	31.57
Gramma amarga	195.24	5.03	206.29	23.54
Alicia	104.18	5.12	105.54	19.81
Pangola	181.90	7.63	87.98	27.40
Gallito	152.51	4.01	187.22	32.56
Chontalpo	174.67	4.94	71.70	28.78
Insurgente	185.04	7.54	57.94	27.63
Remolino	239.60	6.77	70.39	25.43
Camalote	41.77	3.51	99.50	26.89
Alemán	99.79	5.86	241.03	20.11
Humidícola	180.56	5.31	109.03	28.67
Jaragua	138.20	1.89	58.07	26.52
Cabezón	180.43	11.98	54.72	16.01

^o El nivel crítico o deficiente es la concentración en la cual el crecimiento de los forrajes puede afectarse.

CUADRO 65. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE MINERALES EN FORRAJES CULTIVADOS EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.

ELEMENTO ¹	SUELO				
	ACRISOL	FLUVISOL	LEPTOSOL	LUVISOL	VERTISOL
Calcio (<0.20%)	0.39	0.38	0.34	0.46	0.32
Fósforo (<0.10%)	0.20	0.30	0.21	0.24	0.23
Magnesio (<0.04%)	0.15	0.13	0.14	0.16	0.10
Hierro (<30 mg kg ⁻¹ MS)	92.00	186.23	158.22	184.14	126.57
Potasio (<0.60%)	1.65	1.54	1.90	1.65	1.85
Azufre (<0.08%)	0.15	0.24	0.15	0.16	0.17
Cobre (<4 mg kg ⁻¹ MS)	6.13	7.02	7.32	6.05	4.55
Manganeso (<20 mg kg ⁻¹ MS)	132.53	65.22	73.54	156.45	77.00
Cinc (<30 mg kg ⁻¹ MS)	27.05	31.72	23.93	23.30	19.59

¹ El contenido crítico o deficiente de cada elemento en los forrajes se indica entre paréntesis.

Hierro. Se encontraron concentraciones por encima del valor crítico (<30 mg kg⁻¹ de MS). Los pastos de Acrisoles y Vertisoles tuvieron los contenidos más bajos. Es un elemento que no limita el crecimiento de los pastos.

Potasio. En general los suelos tuvieron valores por encima del contenido marginal (0.8%). En los forrajes de Leptosoles y Vertisoles se encontraron contenidos más altos (1.9 y 1.85%).

Azufre. Los pastos de Fluvisoles tuvieron el contenido más alto (0.24%); el resto oscilaron entre 0.15 y 0.17%, resultando de contenido marginal (0.09 a 0.20%). Se ha mencionado que 0.22%, es una cantidad adecuada para cubrir las necesidades del ganado; en este sentido, los forrajes de Fluvisoles, fueron los menos limitantes.

Cobre. Las concentraciones de éste variaron de 4.55 a 7.32 mg kg⁻¹ de MS. Si se tiene en cuenta que el rango marginal en las plantas forrajeras es de 5 a 10 mg kg⁻¹ de MS, entonces los pastos están dentro de esta condición. Los forrajes en Vertisoles presentaron el contenido más bajo, mientras que en Leptosoles y Fluvisoles se encontró alto. Se debe destacar que la concentración en Vertisoles no coincide con la disponibilidad del elemento (2.64 mg kg⁻¹ de suelo). La absorción más eficiente en los pastos parece asociada a suelos con mayor pH, como los Leptosoles, y en suelos con mal drenaje (Vertisoles), la absorción se limita.

Manganeso. En todos los suelos, los pastos tuvieron concentraciones superiores a 40 mg kg⁻¹ de MS, resultando su contenido de medio a deseable (concentración que va de 41 a >101 mg kg⁻¹ de MS). Los forrajes de suelos ácidos presentaron valores más altos.

Cinc. Los forrajes de Fluvisoles se consideran de contenido marginal, mientras que los de los otros suelos, deficientes. Esto confirma que el suministro de cinc por los suelos no cubre la demanda de los forrajes.

Concentración estacional de minerales en forrajes. El Cuadro 66 muestra el contenido promedio de minerales en forrajes en diferentes épocas del año.

CUADRO 66. CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PROMEDIO DE MINERALES EN DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS QUE SE DESARROLLAN EN EL TRÓPICO.

ELEMENTO ¹	ÉPOCA DEL AÑO		
	LLUVIAS	NORTES	SECAS
Calcio (<0.20%)	0.47	0.30	0.37
Fósforo (<0.10%)	0.22	0.28	0.21
Magnesio (<0.04%)	0.11	0.15	0.15
Hierro (<30 mg kg ⁻¹ de MS)	113.34	146.10	188.86
Potasio (<0.60%)	1.57	1.87	1.72
Azufre (<0.08%)	0.17	0.20	0.15
Cobre (<4 mg kg ⁻¹ de MS)	6.18	4.57	7.90
Manganeso (<20 mg kg ⁻¹ de MS)	71.62	109.06	122.17
Cinc (<30 mg kg ⁻¹ de MS)	22.62	23.11	29.63

¹ El límite crítico o deficiente de cada elemento en los forrajes se indica entre paréntesis.

Calcio. En lluvias se encontró el mayor contenido. Los valores más bajos se observaron en la temporada de nortes, probablemente debido a que la disminución de temperatura y radiación de esta época reducen la disponibilidad de este elemento.

Fósforo. Se encontró en los nortes el mayor contenido. Al parecer, la precipitación pluvial de esta época facilita la solubilización y disponibilidad del elemento. No obstante, el fósforo en cualquier estación del año estuvo próximo a la marginalidad para el desarrollo de los pastos.

Magnesio. Aunque se observó la menor concentración en la época de lluvias, no se encontraron cambios sobresalientes en el contenido de este elemento en los forrajes por efecto ambiental.

Hierro. Se encontraron concentraciones superiores a 100 mg kg⁻¹ de MS, resultando más abundante en la sequía.

Potasio. La mayor concentración se obtuvo en los nortes (1.87%), seguida de la de secas (1.72%), y las lluvias (1.57%), confirmándose que la estación del año influye sobre su contenido.

Azufre. En la sequía se tuvo la menor concentración (0.15%). Esto coincide con la menor disponibilidad de sulfatos en esa época. No obstante, la concentración del elemento en los forrajes en las tres épocas fue marginal.

Cobre. Los valores más altos se obtuvieron en la seca y los más bajos los nortes. Esto puede deberse a una disminución del ión cúprico, que es más aprovechable por las plantas y al menor contenido en los suelos. La menor concentración en nortes, puede resultar porque en esta época se reduce la fotosíntesis y tranlocación de los minerales del suelo a la planta.

Manganeso. El valor más alto se encontró en la sequía (122.17 mg kg⁻¹ de MS). Se debe considerar que la precipitación pluvial acelera los procesos de óxido-reducción y que cuando el manganeso se reduce, se incrementa su solubilidad y con ello la lixiviación.

Cinc. Los valores fueron más altos en la sequía. Al respecto, el agua incrementa la solubilidad y lixiviación del cinc y por lo tanto, lo hace disponible para la planta. Además, las altas concentraciones de hierro y aluminio inhiben la absorción de cinc por la planta.

Consideraciones

En general el contenido de minerales difiere por genotipo y género botánico de los pastos.

El clima afecta la concentración de los elementos minerales.

En los cinco órdenes de suelo, los pastos mostraron diferencias en su contenido de fósforo, magnesio, hierro, azufre, manganeso y cinc.

Se detectaron contenidos marginales a críticos de fósforo, cobre, manganeso y cinc en la mayoría de forrajes.

La mayoría de los pastos puede inducir deficiencias minerales en el ganado.

Macronutrientes minerales en suero de bovinos en el trópico

Los macronutrientes minerales: calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro y potasio, son requeridos en cantidades relativamente altas. Por las características físicas y químicas de los suelos de los trópicos, se espera que los animales, aun consumiendo pastos verdes sean víctimas de desbalances minerales.

Deficiencia de macronutrientes minerales:

- La deficiencia de calcio se refleja en los huesos. En bovinos jóvenes como raquitismo, y en los adultos como osteomalacia. También origina desórdenes reproductivos como involución uterina retardada, ovarios quísticos, retención placentaria, formación de cuerpos lúteos pequeños, inhibición de la aparición de calores y acortamiento de la vida productiva.
- La deficiencia de fósforo reduce el crecimiento, el apetito, la producción de leche y genera huesos frágiles. La concentración de este elemento por abajo de 4.5 mg dL⁻¹ en el plasma, es indicativa de deficiencia. Con frecuencia la deficiencia origina apetito alterado o "pica". Su falta genera esterilidad, sobre todo en las hembras, porque eliminan cantidades considerables en la leche.

- La deficiencia de magnesio se denomina tetania de los pastos. Esta condición se presenta cuando los animales son alimentados con pastos nativos en crecimiento exuberante. La tetania se caracteriza por concentraciones bajas de magnesio en el plasma y en el fluido cerebroespinal. Se presenta principalmente en la lactación y en los terneros.
- La carencia de sodio retrasa el crecimiento, reduce la utilización de energía y de las proteínas. En vacas se reduce la producción de leche y el apetito se altera.
- La falta de cloro reduce el crecimiento. En conjunto con el sodio, la deficiencia motiva a los animales a comer vorazmente sal, lamer madera, tierra y el sudor de otros animales.
- La deficiencia de potasio se caracteriza por problemas cardíacos, aunque los exámenes *post mortem* no siempre revelan cambios patológicos en este órgano. En general las principales consecuencias por carencia de potasio son: crecimiento lento, disminución del consumo de alimentos y agua, debilidad muscular y desórdenes nerviosos.

Metodología de diagnóstico. Se emplearon 1,458 sueros en total, de 486 especímenes por época del año. En cada rancho se tomaron al azar cinco o seis vacas en lactancia, cinco novillas y de cinco a seis becerras, éstas, crías de las vacas. Se procuró que los ranchos contaran con un solo pasto; cuando no fue posible, que tuvieran un máximo de dos zacates, pero uno de ellos con una extensión de siembra de aproximadamente 80%. Los animales no recibieron suplemento mineral un mes antes de cada muestreo.

Contenido de macronutrientes minerales en suero de bovinos. El Cuadro 67 muestra los contenidos de macrominerales por etapa fisiológica.

CUADRO 67. CONTENIDO MEDIO DE MACRONUTRIENTES MINERALES EN SUERO DE BOVINOS DE DISTINTAS ETAPAS FISIOLÓGICAS MANTENIDOS EN PASTOREO EN EL TRÓPICO.

ETAPA	CALCIO ¹	FÓSFORO ¹	MAGNESIO ¹	SODIO ²	CLORO ²	POTASIO ²
Becerra	8.83	5.46	2.33	125.41	89.99	4.88
Novilla	8.75	4.72	2.26	127.93	92.09	4.57
Vaca	8.42	3.80	2.39	127.10	91.48	4.33
Contenido crítico	8	4.5	<2	<132	<97	<3.9

¹Contenido en mg dL⁻¹ de suero; ²mmol L⁻¹ de suero.

Calcio. La mayor concentración se encontró en becerras (8.83 mg dL⁻¹ de suero) y la menor en las vacas (8.42 mg dL⁻¹ de suero). Aunque se menciona que el calcio es uno de los elementos minerales más escasos en regiones tropicales, los resultados sugieren que se encuentra en un rango aceptable en los pastos. Sin embargo, la disponibilidad no se refleja en concentraciones adecuadas en el suero. En general los contenidos estuvieron por abajo de los considerados normales (9 a 10 mg de calcio dL⁻¹ de suero).

Fósforo. Se encontró la mayor concentración en becerras (5.46 mg dL⁻¹ de suero) y la más baja en vacas (3.80 mg dL⁻¹ de suero); este último valor es crítico. Esto demuestra que la fisiología afecta el contenido del elemento en el organismo y que los forrajes no cubren las necesidades del animal.

Magnesio. El contenido fue similar entre etapas fisiológicas, coincidiendo con la concentración normal (2 a 2.3 mg dL⁻¹ de suero). Se ha demostrado que los animales jóvenes tienen valores más altos en el suero, debido a que regulan el mineral en su organismo con eficiencia, porque reabsorben el mineral de los huesos más eficientemente que los adultos. Cabe destacar que los forrajes tuvieron concentraciones marginales (0.16%), efecto que no se manifestó en los sueros, lo que confirma la capacidad fisiológica de regulación.

Sodio. La mayor concentración se observó en novillas y vacas. No obstante, los contenidos fueron más bajos que lo normal (132 a 145 mmol L⁻¹ de suero). El contenido en suero de este mineral puede ser bajo cuando el ganado está en lactancia o en crecimiento, y cuando los pastos se encuentran bajo condiciones de estrés por calor.

Cloro. La mayor concentración se detectó en novillas y vacas, sin embargo, no se encontraron en el rango normal. Debe considerarse que el cloro es poco abundante en los suelos, por esto es factible observar contenidos bajos en el suero. Además, los animales pierden el elemento con el sudor o con la producción láctea.

Potasio. Se observó menor concentración en las vacas sin llegar a ser crítica. Este elemento también se pierde mediante el sudor, heces y orina; los animales en producción láctea pueden presentar deficiencia porque es excretado con la leche.

Importancia del suelo en el contenido de macronutrientes minerales en suero de bovinos. El Cuadro 48 presenta el efecto del suelo en el contenido de calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro y potasio en suero de bovinos en el trópico.

CUADRO 48. EFECTO DEL TIPO DE SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS MINERALES EN SUERO DE BOVINOS EN EL TRÓPICO.

SUELO	CALCIO ¹	FÓSFORO ¹	MAGNESIO ¹	SODIO ²	COLORO ²	POTASIO ²
Acrisol	8.54	4.69	2.16	124.38	89.81	4.53
Fluvisol	8.64	5.29	2.76	129.78	92.64	4.52
Leptosol	9.74	4.60	2.52	133.67	94.95	4.99
Luvisol	7.99	3.89	1.99	117.10	85.67	4.35
Vertisol	8.41	4.81	2.19	129.17	92.84	4.56
Contenido crítico	8	4.5	< 2	<132	< 97	<3.9

¹Contenido en mg dL⁻¹ de suero; ² mmol L⁻¹ de suero.

Calcio. La mayor concentración se encontró en bovinos en Leptosoles (9.74 mg dL⁻¹ de suero) y la más baja en los de Luvisoles (7.99 mg dL⁻¹ de suero). El ganado que pastó sobre Acrisoles o Luvisoles, mostró valores próximos a la marginalidad.

Fósforo. El ganado pastando en Luvisoles tuvo un contenido de fósforo de 3.89 mg dL⁻¹ de suero, el cual es un valor crítico. Con excepción de los Fluvisoles, las concentraciones en el ganado son críticas. Esto puede ser una respuesta de antagonismo de este nutriente con el hierro y aluminio en el suelo, forrajes y el agua de bebida.

Magnesio. La concentración más alta se observó en ganado de Fluvisoles, seguida de la de los de Leptosoles. Concentraciones críticas se tuvieron en ganado pastando en Luvisoles. En general los valores más bajos se tuvieron en suelos ácidos.

Sodio. Las concentraciones fueron más altas en ganado en Leptosoles, donde se encontró en el rango normal. En los otros suelos la concentración fue crítica.

Cloro. El contenido más alto correspondió a ganado de Leptosoles, y el más bajo al de Luvisoles, pero en todos fue inferior al rango normal.

Potasio. En general, el contenido de este elemento se encontró por arriba de 3.9 mmol L⁻¹ de suero, que corresponde al promedio normal. No obstante, se debe considerar que la fertilidad del suelo es importante en la concentración de potasio en el ganado, ya que animales alimentados con pasturas crecidas en Acrisoles y Luvisoles tuvieron menor contenido de este elemento.

Consecuencia de la época del año en la concentración de macronutrientes minerales en bovinos. En el Cuadro 69 se muestran los contenidos de macrominerales en suero de bovinos en pastoreo.

CUADRO 69. EFECTO DE LA ÉPOCA DEL AÑO EN LA CONCENTRACIÓN DE MACRONUTRIENTES MINERALES EN SUERO DE BOVINOS MANTENIDOS EN PASTOREO EN EL TRÓPICO.

MINERAL/ ÉPOCA	CALCIO ¹	FÓSFORO ¹	MAGNESIO ¹	SODIO ²	CLORO ²	POTASIO ²
Lluvias	8.99	4.74	2.29	131.78	93.70	4.65
Nortes	8.87	4.57	2.41	128.12	93.31	4.79
Secas	8.15	4.68	2.29	120.57	86.55	4.35
Contenido crítico	8	4.5	<2	<132	<97	<3.9

¹Contenido en mg dL⁻¹ de suero; ²mmol L⁻¹ de suero.

Calcio. El contenido en las lluvias y nortes (8.99 y 8.87 mg dL⁻¹ de suero) fueron altos. Esto sugiere que la sequía afecta la concentración en los pastos y en el ganado. Se debe considerar que las concentraciones son insuficientes para llevar el contenido arriba de 9 mg dL⁻¹, particularmente en la sequía.

Fósforo. El nivel más bajo (4.57 mg dL⁻¹ de suero) se detectó en los nortes; no obstante en las tres épocas el contenido fue próximo al crítico.

Magnesio. La menor concentración resultó la sequía y lluvias. Tomando en cuenta que el nivel normal en suero es de 2 a 2.3 mg dL⁻¹, se puede argumentar que a pesar de que el contenido de magnesio en los forrajes es marginal, el ganado puede regular sus valores fisiológicos en cualquier temporada del año.

Sodio. El contenido más alto fue detectado en lluvias. No obstante, en todo el año el contenido fue crítico. Esto significa que el sodio es poco asequible en los suelos tropicales en cualquier época.

Cloro. El menor valor se observó en sequía, pero todos los valores se situaron por abajo del rango crítico.

Potasio. El contenido más bajo, fue superior a 3.9 mmol L⁻¹ de suero. Aunque el potasio al igual que el sodio y el cloro se pierde por transpiración, heces y orina, se encontró e

Conclusiones

- Las concentraciones de calcio fueron distintas en las tres etapas fisiológicas, épocas climatológicas y tipo de suelo. Los valores no fueron críticos en el ganado en ningún suelo. Las vacas presentaron el contenido más bajo en la sequía, en Luvisoles y Acrisoles.
- El fósforo registra cambios críticos entre etapas, tipo de suelo y época del año; la cantidad más baja correspondió a las vacas en la sequía y cuando se alimentaron en Acrisoles y Luvisoles.
- El magnesio no fue diferente entre etapas fisiológicas; las becerras en Fluvisoles, en el periodo de sequía presentaron las concentraciones más altas y en la misma época, las becerras y las vacas de Luvisoles, las más bajas.
- El sodio fue diferente entre etapas fisiológicas y tipos de suelo. Sólo se observaron concentraciones normales en ganado en Leptosoles y Fluvisoles en las épocas de lluvia y nortes.
- El cloro sólo presentó concentraciones normales en ganado de Leptosoles.
- El potasio tuvo concentraciones distintas entre etapas fisiológicas, suelos y época del año.
- En general, el tipo de suelo y la época del año afectan en grado distinto el contenido de macronutrientes minerales en animales en pastoreo.

Micronutrientes minerales en suero de bovinos pastoreados en el trópico. Los micronutrientes minerales tienen papeles importantes en el metabolismo del ganado y como todos los elementos, su concentración cambia dependiendo de las condiciones de suelo, clima y de los forrajes que consume.

Problemas comunes por la deficiencia de micronutrientes minerales en el ganado bovino. La falta de hierro causa anemia hipocrómica microcítica. La carencia de cobre se caracteriza por anemia, despigmentación, deficiente crecimiento del pelo, problemas cardíacos, huesos frágiles, diarrea y reducción del estro. La escasez de cinc reduce la ganancia de peso, el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia. Se observan lesiones paraqueratóticas, caída de pelo y se deprime la inmunidad.

El aporte limitado de selenio causa degeneración y necrosis de los músculos esquelético y cardíaco (enfermedad del músculo blanco). Los animales pueden presentar cojeras, anemia, pérdida de peso, diarrea y problemas cardíacos. También se asocia con el incremento de tetrayodotiroxina (T_4) y reducción de triyodotiroxina (T_3). La insuficiencia de T_3 , se manifiesta como decaimiento y pobre crecimiento.

El suministro inadecuado de manganeso resulta en anormalidades esqueléticas y pérdida de fuerza. Se reduce la eficiencia reproductiva, los estros se vuelven irregulares, baja la tasa de concepción y se presentan abortos.

La insuficiencia de cobalto disminuye el apetito y la ganancia de peso. Los animales exhiben degeneración grasa del hígado y se observa anemia. Baja la capacidad de los microorganismos del rumen para convertir el succinato a propionato.

La deficiencia de azufre genera anorexia, debilidad, entorpecimiento, pérdida de peso, y muerte. Puede reducir el consumo de alimento, la digestibilidad y la síntesis microbiana.

También disminuye la utilización de lactato por los microorganismos ruminales, dando como resultado la acumulación de éste en la sangre.

Concentración de hierro, cobre, cinc y selenio en suero de bovinos en el trópico. En el Cuadro 70 se muestran los promedios de hierro, cobre, cinc y selenio en distintas etapas fisiológicas, en la época del año y por origen de suelo en que pastó el ganado.

CUADRO 70. CONTENIDO DE HIERRO, COBRE, CINCO Y SELENIO EN SUERO DE BOVINOS EN DIFERENTES ETAPAS FISIOLÓGICAS, DISTINTAS ÉPOCAS DEL AÑO Y TIPO DE SUELO.

ELEMENTO/ CONTENIDO CRÍTICO	HIERRO ¹ <100	COBRE ² 0.5	CINCO ² <0.8	SELENIO ² 0.03
Etapas fisiológicas				
Becerras	135.29	0.60	1.32	0.21
Novillas	127.75	0.63	1.21	0.36
Vacas	116.55	0.56	1.67	0.23
Época del año				
Lluvias	112.82	0.74	0.58	0.28
Nortes	149.25	0.61	2.47	0.18
Sequía	117.54	0.45	1.15	0.33
Tipo de suelo				
Acrisol	131.30	0.64	1.81	0.22
Fluvisol	129.73	0.61	1.25	0.13
Leptosol	129.49	0.71	0.80	0.45
Luvisol	122.31	0.49	2.68	0.14
Vertisol	119.81	0.54	0.45	0.37

¹ Contenido en $\mu\text{g dL}^{-1}$ de suero; ² mg L^{-1} de suero.

Hierro. En becerras se detectó la concentración más alta ($135.29 \mu\text{g dL}^{-1}$ de suero) y en vacas la más baja ($116.55 \mu\text{g dL}^{-1}$ de suero). Estos valores se encontraron en el rango normal (100 a $170 \mu\text{g dL}^{-1}$ de suero), lo que refleja una buena disponibilidad del elemento.

La concentración en nortes fue mayor a la encontrada en lluvias y en la sequía. La mayor concentración de este mineral se encontró en los nortes y no en la sequía, como ocurrió en los pastos, por lo que la respuesta parece consecuencia de esto. El hierro en todos los casos se encontró en el rango normal. Lo anterior puede estar asociado a que el hierro (Fe^{2+}), además de encontrarse en niveles altos en los suelos, es fácilmente absorbido por las plantas.

Cobre. Las vacas presentaron el contenido más bajo (0.56 mg L^{-1} de suero). Esta concentración se encontró cerca de la sugerida deficiente ($<0.50 \text{ mg L}^{-1}$ de plasma) y al contenido inferior del rango normal (0.5 a 1.5 mg L^{-1} de suero). Esto puede ser el resultado de la demanda de nutrientes por el ganado en producción.

En la sequía se observó deficiencia (0.45 mg L^{-1} de suero). Se puede deducir que la época influye en el contenido de este mineral. Las causas pueden ser menor disponibilidad del mineral para las plantas en esta época, o alguna interacción con hierro aluminio o azufre que se concentran en la sequía. Los animales en Luvisoles presentaron deficiencia del elemento y los que permanecieron en Vertisoles estuvieron muy cercanos a esa condición.

Como se describió anteriormente, el cobre fue deficiente en forrajes de Vertisoles, seguidos de los de Luvisoles y Acrisoles; los niveles más altos se observaron en los pastos cultivados en Leptosoles y Fluvisoles. Considerando esto, la respuesta en el ganado se debe a que los animales que pastan sobre suelos de mayor pH, tienen más cobre disponible. La menor concentración del mineral en el ganado de Luvisoles se puede explicar porque son suelos expuestos a mayor lavado.

Cinc. Resultó más alto en las vacas, que en las novillas. En lluvias en el ganado de Leptosoles y Vertisoles se presentaron concentraciones bajas. Se observó que sólo los animales de Vertisoles en la época lluviosa estuvieron por abajo del nivel considerado crítico. No obstante, por etapa fisiológica, en dos de las tres estaciones y en los suelos más ácidos los valores fueron muy similares. Se debe destacar que el análisis de los suelos no mostró diferencias en el contenido de cinc, pero los Luvisoles y Vertisoles tuvieron la menor concentración de este elemento, lo que sugiere asociación entre la disponibilidad del elemento de los suelos y su contenido en los forrajes.

Selenio. La menor concentración correspondió a las becerras. Considerando el valor crítico, el mineral no fue deficiente, pero se detectó que en las estaciones de mayor precipitación pluvial se tuvieron los valores más bajos.

El contenido de selenio fue más alto en las tres etapas fisiológicas en el ganado de Leptosoles y Vertisoles, pero en las vacas se encontró la menor concentración. Se debe observar que el contenido de selenio en la mayoría de los forrajes (Cuadro 71) quizá no cubre adecuadamente las necesidades del animal en la dieta (0.2 mg kg^{-1}), sin embargo parece adecuado para cubrir los requerimientos del ganado. Se debe considerar que el contenido de selenio en el ganado es afectado por la época del año y tipo de suelo.

CUADRO 71. CONTENIDO DE SELENIO Y COBALTO EN MG KG^{-1} DE MATERIA SECA, EN DIFERENTES PASTOS DEL ESTADO DE TABASCO.

PASTO	SELENIO	COBALTO
Alemán	0.19	0.228
Alicia	0.19	0.209
Bigalta	0.01	0.269
Cabezón	0.12	0.138
Camalote	0.25	0.185
Chontalpo	0.11	0.236
Egipto	0.08	0.214
Estrella de África	0.13	0.221
Gramma Amarga	0.15	0.249
Guinea	0.10	0.309
Humidícola	0.14	0.239
Insurgente	0.12	0.213
Jaragua	0.20	0.270
Gallito	0.11	0.208
Mombasa	0.12	0.280
Pangola	0.06	0.165
Remolino	0.15	0.207

Concentración de manganeso, cobalto y azufre en suero de bovinos en el trópico. El Cuadro 72 muestra el contenido de manganeso, cobalto y azufre en suero de bovinos, por etapa fisiológica, época del año y tipo de suelo.

CUADRO 72. CONCENTRACIÓN DE MANGANESO, COBALTO Y AZUFRE EN SUERO DE BOVINOS EN DIFERENTES ETAPAS FISIOLÓGICAS EN DISTINTAS ÉPOCAS DEL AÑO Y TIPO DE SUELO.

CRITERIO	MANGANESO ¹	COBALTO ¹	AZUFRE ¹
Etapa fisiológica			
Becerras	0.045	0.112	146.07
Novillas	0.046	0.110	153.44
Vacas	0.049	0.132	147.75
Época del año			
Lluvias	0.056	0.100	78.54
Nortes	0.055	0.144	84.92
Secas	0.029	0.111	283.80
Tipo de suelo			
Acrisol	0.047	0.113	98.39
Fluvisol	0.046	0.110	53.92
Leptosol	0.040	0.092	235.44
Luvisol	0.059	0.171	126.46
Vertisol	0.040	0.105	231.23
Contenido Crítico	0.006	ND	340

¹Contenido en mg L⁻¹ de suero. ND no disponible.

Manganeso. Los valores fueron de 0.045 a 0.049 mg L⁻¹ de suero, y estuvieron por arriba de la banda marginal (0.006 mg L⁻¹ de suero). Se debe considerar que los forrajes tropicales poseen valores que van de 40 a 240 mg kg⁻¹, lo que en apariencia asegura su aporte, a pesar de que se afirma que los rumiantes absorben muy poco (1% ó menos) del manganeso de la dieta. Aunque la disponibilidad puede ser mayor en Acrisoles y Luvisoles.

En la sequía el contenido bajó hasta 0.029 mg L⁻¹ de suero; aunque bajo, estuvo muy por arriba de la banda marginal. Se puede argüir algún cambio metabólico en el animal, que en esta época exige mayor gasto del elemento.

Cobalto. En las vacas se observó el mayor contenido (0.132 mg L⁻¹ de suero). Por época el promedio más alto fue en nortes (0.144 mg L⁻¹ de suero). Por tipo de suelo los valores extremos correspondieron al ganado de Leptosoles (0.092 mg L⁻¹ de suero) y Luvisoles (0.171 mg L⁻¹ de suero). Esto confirma que el contenido del elemento en los forrajes y suelo son determinantes en el organismo. Estudios en forrajes (Cuadro 71), confirman que los contenidos de este elemento varían de 0.138 a 0.309 mg kg⁻¹ de MS, y se sitúan dentro del rango normal de <0.1 hasta 0.7 mg kg⁻¹ de MS. Esto demuestra la eficiencia de absorción del elemento, y que los suelos poseen niveles de cobalto disponibles. Obsérvese que ningún forraje tuvo contenido crítico (<0.1 mg kg⁻¹ de MS).

Azufre. Por etapa fisiológica, los contenidos oscilaron entre 146.07 y 153.44 mg L⁻¹ de suero. Por época, en la sequía se registró la mayor concentración, y por tipo de suelo en Acrisoles, Fluvisoles y Luvisoles las concentraciones fueron más bajas. Aunque se han reportado valores subnormales (340 mg L⁻¹ de suero) de azufre (SO₄²⁻), en comparación a los 500 o más mg L⁻¹ que se consideran normales.

Los pastos tropicales poseen de 0.09 a 0.40% de azufre. En este estudio se ubican más cerca del valor crítico (0.08%), resultando concentraciones bajas, aunque en la época seca, el incremento sólo se puede obtener si fuentes de azufre diferentes a la de los forrajes lo incrementan.

Conclusiones. El hierro presentó diferencias por etapa fisiológica, época del año y tipo de suelo. En general, la concentración se encontró dentro o por arriba de los rangos considerados normales. Los valores más altos se detectaron en la época de nortes en ganado de Luvisoles y Acrisoles. Concentraciones bajas se detectaron en vacas en Luvisoles en la sequía.

El cobre fue deficiente en las vacas, en la sequía, y en el ganado en Luvisoles y Vertisoles.

El cinc fue deficiente en lluvias y en el ganado de Vertisoles y Leptosoles.

El contenido de selenio más bajo se tuvo en nortes y en suelos ácidos.

El contenido de manganeso resultó bajo en la sequía, pero superior al valor marginal. La mayor concentración se encontró en el ganado de Acrisoles y Luvisoles.

El contenido más alto de cobalto correspondió a las vacas, a la época de nortes, y al ganado de Luvisoles.

La etapa fisiológica no afectó el contenido de azufre. En la sequía se registró mayor contenido. Los animales en Acrisoles, Fluvisoles y Luvisoles, tuvieron concentración baja.

GLOSARIO DE TÉRMINOS NUTRICIONALES

CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). Programa computacional desarrollado en la Universidad de Cornell, Estados Unidos, para modelar el valor nutricional y requerimientos nutricionales de ganado bovino de carne, leche, y doble propósito, bajo diversas condiciones ambientales y de manejo.

Composición química-nutricional. Fracciones químicas orgánicas e inorgánicas, con aporte nutricional.

Consumo voluntario. Capacidad de consumo de materia seca por un animal, según el contenido de fibra del alimento, su densidad energética y el estado fisiológico del animal.

Digestibilidad. Cantidad de alimento retenida en el animal. Se estima como la cantidad consumida menos la excretada en heces. Se expresa en por ciento.

Energía metabolizable. Energía que ingresa al animal después de descontar las pérdidas por indigestibilidad, producción de bióxido de carbono y de metano.

FDA (Fibra detergente ácido). Es una fracción de fibra, altamente correlacionada con digestibilidad. Se determina por una técnica de laboratorio que sirve para estimar el contenido de lignocelulosa en un alimento.

FDN (Fibra detergente neutro). Es una técnica de laboratorio, para determinar el contenido de paredes celulares (fibra) en un alimento; sustituye a la técnica de fibra cruda del análisis proximal o bromatológico, y está altamente correlacionada con consumo voluntario.

Fermentación ruminal. En los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, venados, etc.), la digestión de los alimentos se realiza por procesos de fermentación (digestión anaeróbica), mediante microorganismos que se encuentran en el rumen.

Forrajes tropicales. Incluye principalmente gramíneas y leguminosas tropicales usadas en la alimentación animal. Un esquileo agrícola también puede considerarse como forraje.

Fracciones de carbohidratos. Carbohidratos solubles (sacarosa, fructosa y sacarosa) en el contenido celular, y los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) en la pared celular.

Fracciones de fibra. Constituyentes de la pared celular de un forraje; en su mayor parte, se componen de carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa), lignina, sílice, proteína. En leguminosas, también se pueden encontrar taninos y pectinas (en rumiantes las pectinas se consideran más como carbohidrato soluble, que como fibra).

Fracciones de nitrógeno. La proteína cruda ($N \times 6.25$) nutricionalmente se fracciona en nitrógeno no proteico (A), proteína soluble en rumen ($B_1 + B_2$), proteína insoluble en rumen, pero digestible en intestino (B_3), y proteína indigestible (C).

Gramíneas. Pastos. Todos los pastos son gramíneas, pero no todas las gramíneas son pastos.

In situ. Locución latina que significa en el lugar o sitio donde ocurre la acción. En este caso, la digestión.

Leguminosas. Familia de plantas de hoja ancha: hay arbustivas y rastreras, así como perennes y anuales.

Lignina. Fenoles presentes en la pared celular (fibra) de los forrajes, sin valor nutritivo y con interferencia en la utilización de los carbohidratos estructurales por el animal. A mayor lignina en la fibra, menor es su calidad.

Monogástrico. Animal de estómago simple (cerdos, aves, humanos, etc.).

NRC (National Research Council). Institución norteamericana responsable de la investigación, para este caso, en ciencia animal. Existen publicaciones que contienen el valor nutritivo de los alimentos, los requerimientos nutricionales de los animales, así como algunas recomendaciones de alimentación para cada especie animal (bovinos de carne, bovinos de leche, ovicaprinos, caballos, cerdos, aves, etc.).

Nutrimiento o nutriente. Los principales son los carbohidratos, las grasas, las proteínas, calcio, fósforo, vitaminas. El animal los utiliza como fuente de energía y para producir carne, leche, gestación, crecimiento, etc.

Proteína metabolizable. Es la proteína que ingresa directamente al animal del alimento, más la proteína microbiana sintetizada durante el proceso de fermentación, y descontada de la que se elimina por la orina.

Rendimiento de forraje. Es la producción de materia seca de forraje por hectárea, y se expresa en kilogramos por hectárea.

Sistema de análisis proximal o bromatológico. Conjunto de análisis químicos para determinar el valor nutritivo de un alimento: materia seca (MS), cenizas (minerales), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Tasa de digestión. Velocidad a la cual se digiere un nutrimento y se expresa en porcentaje por hora (%/h)

Tasa exponencial. Dinámica de cambio curvilínea, generalmente en forma sigmoidea.

Valor nutritivo. Capacidad de un alimento para aportar nutrimentos, estimado por análisis químico de laboratorio y pruebas biológicas con animales.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association Official Analytical Chemists). 1980. Official methods of analysis (13th Ed). Association Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA.
- AOAC (Association Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis (15th Ed). Association Official Analytical Chemists, Arlington, VA. USA.
- Barradas, L. H. V. 1990. Alternativas de alimentación en la engorda de ganado en potrero. pp. 33-49. *In*: X Simposio de Ganadería Tropical. Bovinos Productores de Carne. Publicación especial No. 8. INIFAP. Veracruz, Ver., México.
- Bibiano, M. H. 1993. Elaboración de un suplemento sólido a base de melaza-urea con diferentes niveles de melaza y distintos agentes endurecedores. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. 55 p.
- Broderick, G. A. 1996. Conference: Altering ruminal nitrogen metabolism to improve protein utilization. Introduction. *J. Nutr.* 126:1324S – 1325S.
- CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). 2003. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS versión 5.0. Animal Science Department Mimeo 213. Cornell University. Ithaca, NY14853. USA.
- Canudas, L. E. G. 1988. Response of a pangola Digitgrass-Glycine pasture to grazing management. PhD. Dissertation. University of Florida. Gainesville, FL, USA.
- Contreras, J. J. 2002. Determinación de las tasas de digestión de gramíneas tropicales. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. 88 p.

- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y el manejo de los forrajes tropicales en México. Libro Técnico No. 7. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Esqueda, E. V. A., M. Montero L. y F. I. Juárez L. 2007. Comparación del control químico contra el chapeo de las malezas en la productividad y calidad de pastos (2º. Ciclo). p. 120-126. *In*: Martínez, D. G., F. López L., E. Rosales R. y G. Bojorquez B. (eds.). XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Mazatlán, Sin., México.
- Fox, D. G., C. J. Sniffen, J. D. O'Connor, J. B. Russell and P. J. Van Soest. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science* 70:3578-3596.
- Fox, D. G., L. O. Tedeschi, T. P. Tylutki, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell, T. R. Overton. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* 112:29-78.
- Garcés, Y. P. 1997. Utilización de subproductos de cervecería en la finalización de novillos. pp. 1-8. *In*: Alternativas para Optimizar la Producción de Carne y Leche en el Trópico. XXV Día del Ganadero del Campo Experimental "La Posta". Paso del Toro, Ver., México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 246 p.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA. Washington, DC, USA.*
- González, J. J. y H. V. Barradas. 1985. Efecto de la suplementación con melaza - urea sobre la ganancia de peso en novillos en finalización en pastoreo en época de invierno en clima tropical húmedo. p. 115. *In*: Memoria de la XXI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. México, D.F., México.
- Hernández, L. (Comp.). 2001. Historia ambiental de la ganadería en México. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 276 p.
- Jeraci, J. L., B. A. Lewis, P. J. Van Soest, and J. B. Robertson. 1989. Urea enzymatic dialysis procedure for determination of total dietary fiber. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 72:677.
- Jiménez, P. P. C., B. Domínguez J., P. Cervantes A., M. Luna R., B. Domínguez M., F. Montiel P., V. M. Salinas Z. y A. Hernández B. 2002. Uso de bloques mineralizados con magnafoscal en novillonas de doble propósito. *In*: Memoria de XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México 2002. Puebla, Pue., México.
- Juárez-Lagunes, F. I., D. G. Fox, R. W. Blake and A. N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *Journal of Dairy Science* 82:2136-2145.

- Juárez, L. F., M. Montero L., C. Serna G., F. Alpírez M. y E. Canudas L. 2004a. Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales en la zona centro del estado de Veracruz. *In: XVII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2004*. Veracruz, Ver.
- Juárez, L. F., M. Montero L., F. Alpírez M., J. Contreras J. y E. Canudas L. 2004b. Evaluación nutricional de leguminosas tropicales para bovinos de doble propósito. *In: XVII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2004*. Veracruz, Ver.
- Juárez, L. F. I., J. P. Zárate M. y M. Montero L. 2001. Estrategias de alimentación para vacas en producción en un sistema de doble propósito. pp. 31-39. *In: Memoria del Día del Ganadero del Campo Experimental "La Posta", INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver., México.*
- Koppel, R. E. T., G. A. Ortiz O., A. Ávila D., J. Lagunes J., O. G. Castañeda M., I. López G., U. Aguilar B., H. Román P., J. A. Villagómez C., R. Aguilera S., J. Quiróz V., R. C. Calderón R. 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. Libro Técnico Núm. 5. 2ª. ed. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental "La Posta". Paso del Toro, Ver., Veracruz, México. 161 p.
- Krishnamoorthy, U. C., C. J. Sniffen, M. D. Stern, and P. J. Van Soest. 1983. Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. *Br. J. Nutr.* 50:555.
- Kunkle, W. E., D. A. Stateler, D. B. Bates, L. M. Rutter, W. F. Brown and F. M. Pate. 1994. Protein levels and sources in molasses for growing cattle. p. 89-103. *In: Proc. 5th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. University of Florida, Gainesville, FL, USA.*
- Klingman DL, Miles SR, Mott GO, 1943. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. *J. Am. Soc. Agron.* 35:739-746. Citado por: Canudas-Lara EG. 1988. Response of a Pangola digitgrass-glycine pasture to grazing management. PhD. Dissertation. University of Florida. Gainesville, Florida. USA. 116 p.
- Lascano, C. E. y P. Ávila. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-10.
- Licitra, G., T. M. Hernández, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Science Feed and Technology* 57:347.
- López, J., I. Tejada, C. Vásquez, J. D. Garza and A. Shimada. 2004. Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their in vitro biological activity: Part 2. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(4):295-299.
- López, J, 2000. Efecto nematocida y nutricional de los taninos de forrajes tropicales. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias de la producción y la salud animal. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán, Edo. de Mexico. Mexico. 180p.

- López, J., J. Cámara C., R. Flores B., D. Sánchez E., A. Martínez A., E. Vera G. e I. Tejada C. 2007. Minerales en la ganadería bovina extensiva en Tabasco. Libro Científico Núm. 3. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Tabasco, México. 184 p.
- López, G. I. 1999. Producción, manejo y conservación de forrajes tropicales. p. 1-25. *In*: Memoria del Día del Ganadero. Tecnología INIFAP para el Nuevo Milenio. Memoria Técnica Núm. 5. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental "La Posta". Veracruz, México.
- Lopez-Guerrero, I., J. Fontenot and G. Scaglia. 2005. Use of chromic oxide and alkane controlled release capsules to estimate intake and digestibility by beef steers. *Journal of Animal Science* 83 Suppl. 1. 127.
- Montero, L. M. 1998. Utilización de bloques de pollinaza y melaza para ganado en pastoreo. p 15-16. *In*: Llave en Mano 1998. SAGARPA. INIFAP. México, D. F.
- Montero, L. M., J. C. Vinay V., E. Villatoro R. y R. C. Aguilera S. 1991. Composición química y recomendaciones de uso de algunos ingredientes en la alimentación del ganado. p.15-30. *In*: La Tecnología Pecuaria al Servicio del Productor. Publicación Especial Núm. 20. Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver.
- Montero, L. M., F. Juárez L., J. Contreras J. 1998. Importancia de los análisis de digestibilidad en la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. p. 21-29. *In*: Memoria Técnica del Día del Ganadero. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver.
- Montero-Lagunes, M., Juárez-Lagunes Fl., López-Guerrero I., García-Peniche TB., Rueda-Maldonado BL. 2008. Variación estacional de la composición química de pastos en el centro del Estado de Veracruz. Memoria de la XLIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. Mérida, Yuc. México. p.133.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC (National Research Council. 2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 6th. ed. National Academic Press, Washington, D.C, USA.
- Pichard, D. G., and P. J. Van Soest. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* p.91-98. Ithaca, NY.
- Rueda-Maldonado, B. 2002. Nutrient dynamics and productivity potentials on pasture-based cattle systems in the western Amazon in Brazil. PhD. Dissertation. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Rueda-Maldonado, B. L., R. W. Blake, C. F. Nicholson, D. G. Fox, L. O. Tedeschi, A. N. Pell, E. C. M. Fernandez, J. F. Valentín and J. C. Carneiro. 2003. Nutrient dynamics and productivity potentials on pasture-based cattle systems in the western Amazon in Brazil. *Journal of Animal Science* 81:2923-2937.

- Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70:3551-3561.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2000. Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria de los Estados Unidos Mexicanos 1999. Centro de Estadística Agropecuaria. México.
- SAS (Statistical Analysis System). 2005. SAS 9.0 User's guide: Statistics. Cary NC, USA.
- Shimada, M. A. 2007. *Nutrición Animal*. Ed. Trillas. México. 388 p.
- Sniffen, C. J., J. D. O'Connor, P. J. Van Soest, D. G. Fox and J. B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein availability (CNCPS). *Journal of Animal Science* 70:3562-3577.
- Southgate, D. A. T. 1976. *Determination of food carbohydrate*. Applied Science Publishers LTD., Essex, England.
- Tedeschi, L. O., C. Boint, D. G. Fox, P. R. Leme, G. F. Alleoni and D. P. D. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science* 80:1671-1682.
- Tejada de Hernández, I. 1989. *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. 1ª. ed. Patronato de Apoyo a la Investigación y la Experimentación Pecuaria en México, A. C. México, D. F.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd. Ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. 476 p.
- Van Soest, P. J. 1996. A critique upon the problems of predicting feed quality for ruminants. Presented at the 47th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Littlehammer, Norway. August 26, 1996.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science* 26:119-128.

MANEJO REPRODUCTIVO EN HATOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO



Héctor R. Vera Ávila¹
Eugenio Villagómez-Amezcu Manjarrez²
Rubén Santos Echeverría³
Felipe Montiel Palacios⁴

¹CENID Fisiología Animal-INIFAP.

²CENID Microbiología. INIFAP.

³Campo Experimental Iguala. CIR Pacífico Sur- INIFAP.

⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U. V.

MANEJO REPRODUCTIVO EN HATOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

INTRODUCCIÓN

En la productividad y rentabilidad de las explotaciones de doble propósito, es importante el desempeño reproductivo del hato en lo general, y de los vientres que lo componen en lo individual (González-Stagnaro *et al.*, 2003). Por ello, es necesario, un programa de manejo reproductivo, para prevenir, identificar y corregir los problemas críticos que lo afectan. Su objetivo, subprocesos y actividades se describen a continuación (ver Figura 5 del Capítulo 1).

Objetivo del proceso. Asegurar en la unidad de producción, un flujo adecuado de vacas en inicio de lactación capaces de concebir en un tiempo postparto, acorde a los requerimientos del sistema y mantener la gestación hasta término, para contribuir a la máxima expresión del potencial individual de producción de leche y crías.

SUPERVISIÓN DE ETAPAS Y CONTROL DE EVENTOS REPRODUCTIVOS

Supervisión de la gestación, parto y puerperio

Descripción de la actividad. Seguimiento clínico de las diferentes etapas del ciclo reproductivo y aplicación de las medidas de manejo para prevenir, o en su caso identificar y corregir, los problemas más importantes en cada etapa.

Principios Básicos

- 1) El diagnóstico temprano y reconfirmación de la gestación permite compensar problemas asociados a fallas en la detección de estros, como son la inseminación artificial (IA) de vacas gestantes, o el no dar de nuevo servicio a animales vacíos porque aparentemente no repitieron celo, favoreciendo en este último caso la reducción del intervalo parto-concepción (días abiertos). Así mismo, posibilita la atención temprana de vientres con pérdidas embrionarias o fetales (diagnóstico clínico, tratamiento, reinseminación), así como vientres con fetos momificados o macerados. También puede ayudar para determinar la fecha apropiada para el secado de vientres, en los cuales no se cuenta con registro de servicios y se desconoce la fecha de concepción.
- 2) La condición corporal (CC) es el indicador más práctico del estado nutricional de la vaca cuando se evalúa a lo largo del ciclo reproductivo; es clave para identificar problemas de alimentación, manejo y salud. Los períodos en que el estado nutricional es determinante para el desempeño reproductivo, son los últimos dos meses de la gestación (frecuencia de partos distócicos, duración del anestro post-parto [pp], frecuencia de abortos y prolapsos vaginal/uterino) y entre el parto y el primer servicio (duración del anestro pp, incidencia de quistes foliculares, fertilidad al servicio, mortalidad embrionaria temprana [Staples *et al.*, 1990; Villagómez *et al.*, 2002]). Un punto de CC representa entre 40 y 77 kilogramos de peso vivo, por lo que aumentarlo lleva al menos tres meses. La fase final de la lactación, antes del destete/secado, es

el periodo más adecuado para ajustar la alimentación y lograr una buena CC al parto. Posterior a éste, durante las cuatro a seis primeras semanas de la lactación, la vaca normalmente pierde peso y CC, por lo que es esencial disminuir la magnitud y duración de esta pérdida. Los valores ideales de CC por etapa se podrán alcanzar dependiendo del programa de alimentación (ver Proceso Alimentación) y del estado general de salud del hato, en particular, a partir del control de padecimientos que limitan la capacidad de la vaca para alimentarse (ej. problemas de miembros/patas; ver Proceso Salud Animal).

- 3) La calidad del puerperio, y por lo tanto la rapidez con que una vaca puede recuperar la capacidad para reproducirse después del parto (involución uterina y reinicio de ciclicidad ovulatoria/estral), se determina principalmente por lo que ocurre durante el periparto y por el estado nutricional pre y post-parto (Short *et al.*, 1990).
- 4) El proceso de involución uterina no es aséptico. Durante el parto y especialmente poco después de éste, se presenta una invasión bacteriana al útero (que es normal), a partir de la región anogenital, vestibular y caudal de la vagina. Es muy importante limitarla para que pueda eliminarse tempranamente por los mecanismos de defensa uterinos (eliminación gradual que debe completarse entre 25 y 30 días pp) y así, a su vez, permitir que la involución uterina se complete en un tiempo adecuado (restablecimiento tisular del endometrio a 50 a 60 días pp) (Vera, 1987). De aquí la gran importancia de contar con instalaciones y medidas de higiene adecuadas para la vaca durante el periparto.
- 5) Las complicaciones al parto afectan seriamente la sobrevivencia de la cría (ver Proceso Crianza de Reemplazos), así como el proceso de involución uterina y el restablecimiento de la ciclicidad ovulatoria/estral. La intervención correctiva a tiempo y la atención especial posterior disminuyen en gran medida sus repercusiones negativas (García-Ispierto *et al.*, 2007).
- 6) El trabajo de parto consta de tres fases: dilatación cervical por efecto de oxitocina y presión del alantoides lleno de líquido o "primera bolsa de agua" (dos a tres horas en vacas y cuatro a seis horas en vaquillas); expulsión de la cría (30 minutos a seis horas); y expulsión de membranas fetales (1 a 2 horas). En caso de problemas, la intervención oportuna puede disminuir las repercusiones negativas; sin embargo, la misma, puede generar efectos adversos (lesiones del tracto, retención placentaria, endometritis, piometra); por lo tanto, no es conveniente intervenir prematuramente (Schuijt y Ball, 1986).

Causas predisponentes para la distocia: a) en vaquillas, subalimentación antes del parto y/o durante las primeras dos lactancias, pobre desarrollo corporal y área pélvica pequeña, feto muy grande en relación al área pélvica, sobrecondición corporal al parto; b) en vacas, sobrecondición corporal al parto, enfermedades metabólicas (fiebre de leche, cetosis, lipidosis hepática), mastitis severa, anormalidades fetales. La retención de la placenta (RP) por más de 12 horas se considera patológica y comúnmente es síntoma de otro problema general (infeccioso, metabólico, nutricional, aborto/distocia). En condiciones normales, la RP puede ser de 3 a 10% y subir a $\geq 50\%$ cuando hay problemas de distocia, abortos y/o infecciosos (brucelosis, IBR, etc.). Tanto la presentación de distocia como de retención placentaria (comúnmente consecuencia de la distocia) son factores muy importantes que ponen en riesgo el desempeño reproductivo (Chebel *et al.*, 2004). Para el control de distocia y RP, deben identificarse las posibles causas y aplicar estrategias preventivas más que curativas (Grunert, 1986).

- 7) La infección uterina puerperal puede convertirse en patológica cuando aumenta la magnitud de la invasión bacteriana inicial y/o se afectan los mecanismos de defensa uterinos y/o participan microorganismos de alta patogenicidad. En algunos casos, puede ser frecuente y afectar seriamente la fertilidad. Los factores que aumentan su incidencia son nutricionales (sobre- o sub-condición al parto, deficiencias de calcio, selenio, vitaminas A y E), ambientales (condiciones no higiénicas en el lugar de parto), asociados a problemas al parto (lesiones del tracto, retención placentaria), por uso indiscriminado de infusiones de antibióticos al útero (sólo recomendables en caso de puerperio "anormal"), o por microorganismos de alta patogenicidad en el ambiente. Independientemente de su tratamiento clínico, lo importante es disminuir al máximo su incidencia mediante el control de los factores predisponentes.

Métodos/guías de aplicación

- a) Diagnóstico de gestación. Realizarlo por palpación rectal (Cuadro 73) a los 45 días posteriores al último servicio (IA o monta natural), cuando no se ha observado repetición del celo. Alternativamente, realizarlo entre 30 y 40 días post-servicio por ultrasonografía. Reconfirmar gestación entre 60 y 70 días post-servicio y al destete/secado. Vacas vacías al secado deberán considerarse para desecho. En hatos con mala nutrición, se resolverá el anestro pp hasta el destete.
- b) Evaluaciones de CC. Es necesario realizarlas en diferentes momentos del ciclo productivo/reproductivo existiendo valores ideales para cada etapa (Cuadros 74 y 75); sin embargo, las más importantes se realizan al final de la lactancia e inicio del destete/secado, pues permiten hacer ajustes en alimentación, para llevar a la vaca con buena CC al parto. También es importante considerar los cambios de CC entre etapas (su pérdida en lactancia temprana deberá ser <1 e invertirse, inicio de ganancia de peso y CC, a <90 días pp). Además de evaluar la CC individualmente, se requiere contrastar los valores ideales por etapa de producción y de dinámica de cambio entre etapas, para estimar el porcentaje de vientres/etapa que están fuera de los límites (>10 a 15% fuera de los límites indica la necesidad de aplicar medidas correctivas en el programa de alimentación, pero puede ser también en el programa de salud).
- c) Medidas de atención durante el parto. Las vacas próximas a parir (aproximadamente una semana pre-parto) deberán apartarse en un potrero cercano y accesible al corral de manejo, el cual deberá ofrecer protección contra vientos (cerco vivo, barrera de árboles, etc.), sobre todo durante la temporada de clima adverso. A su vez, deberá contar con espacio adecuado de comedero, bebedero y sombra. Esto permite disminuir las pérdidas por predadores y proporcionar atención oportuna en caso de complicaciones al parto.
- d) Atención al parto. Conviene supervisar las vacas cercanas al parto dos a tres veces al día, evitando estresarlas. Se justifica una intervención si pasan dos a tres horas con contracciones intensas, sin que aparezcan por la vulva los miembros anteriores (o posteriores) de la cría, o sin que se note progreso en su expulsión; asimismo, si no se inicia la expulsión de la cría dos horas después de que aparece la "primera bolsa de agua"; la intervención antes de tiempo, provoca más problemas que beneficios. Las presentaciones/posiciones de la cría que generalmente no implican problemas al parto son: cuando ambos miembros anteriores y la cabeza, rodeadas o no por el amnios o "segunda bolsa de agua", aparecen por la vulva, indicando que la cría descansa sobre su abdomen (abdomen en aposición con piso de pelvis materna), o

cuando ambos miembros posteriores aparecen por la vulva, indicando que la cría descansa sobre su abdomen.

CUADRO 73. DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN POR PALPACIÓN TRANSRECTAL.

ÓRGANO	ACTIVIDAD	HALLAZGOS
Útero	Palpación de la ubicación y tamaño del útero	<p>Cambio de posición, debido al aumento de peso. Descenso a partir de los 75 días y se completa entre 130 y 140 días. El ascenso inicia entre 7 y 7.5 meses. El tamaño se asocia al período de gestación. La presencia de líquidos se percibe como una sensación de fluctuación. Ni la presencia de líquido en el útero ni el aumento de su tamaño son signos definitivos de preñez.</p>
Membranas fetalés	Deslizamiento de las membranas fetales	<p>Se puede percibir a partir de los 30 días de gestación. Mediante el pulgar y el índice se hace compresión del cuerno uterino, promoviendo el deslizamiento interior de la membrana corioalantoidea. Sensación de una doble pared o de paso de un cable tenso entre los dedos.</p>
Vesícula amniótica	Palpación de la vesícula amniótica	<p>Se palpa desde los 30 hasta los 65 días. Se palpa con la palma de la mano o entre los dedos y el pulgar. Es turgente y tiene forma de frijol. El tamaño varía según el periodo de la gestación (frijol 40 días, huevo de gallina 50 días).</p>
Feto	Palpación del feto	<p>Se palpa a partir de los 65 a 70 días. Es difícil estimar la longitud del feto a través de la palpación transrectal; es mejor estimar el tamaño de su cabeza. Tamaño de la cabeza: un dedo, 70 días; dos dedos, 80 días; tres dedos, 90 días; cuatro dedos, 100 días; mano sin pulgar, 110 días; mano con pulgar 120 días.</p>
Placentomas	Palpación de los placentomas	<p>Palpables desde los 70 a 75 días de preñez. Los de mayor tamaño se encuentran en el centro del cuerno gestante. Los craneales y caudales disminuyen en tamaño. Los pequeños están en el cuerno vacío. No son buena referencia para calcular el tiempo de gestación.</p>
Arteria Uterina media	Palpación de la arteria uterina media	<p>Palpable desde los 85 a 90 días de gestación. Aumenta de grosor con los días de preñez. Se palpa un frémito o "zumbido". Se debe tomar suavemente entre los dedos. El grosor varía en función los días de preñez: tres meses = lápiz; seis meses = meñique; siete meses = dedo medio; ocho meses = pulgar.</p>

CUADRO 74. VALORES ADECUADOS DE CONDICIÓN CORPORAL (CC) POR ETAPA PRODUCTIVA.

PERIODO	CC	OBSERVACIONES
Al parto	3 a 3.5	<3 indica falta de energía en lactación tardía/periodo seco. Vacas muy flacas-reducción de pico y persistencia de la lactancia. Mayor duración de balance energético negativo. >3.5 indica exceso de energía en lactación tardía/periodo seco. Menor consumo voluntario y excesiva pérdida de peso, posibilidad de desórdenes metabólicos.
Lactación temprana Hasta un mes	2.5 a 3	Después del parto, las vacas pierden peso y CC, porque su consumo de energía es menor que los requerimientos para producción de leche. Pérdida de peso puede ser hasta 1 kg/d los primeros 60 a 90 días pp, llegando a 2.5 de CC. Buena CC con baja producción puede indicar problemas de proteína en dieta. Revisar también agua y minerales.
Lactación media uno a tres meses	3	<3 indica inadecuado consumo de energía; el problema pudo iniciar durante lactación temprana. Revisar dietas. >3 hay que reducir consumo de energía, para evitar sobre-condición.
Lactación tardía tres a seis meses	3	El objetivo es preparar para la siguiente lactación y evitar sobre-condición. Periodo más importante para establecer CC al secado. Fácil y poco riesgoso ajustar CC durante este periodo. Mejor eficiencia alimenticia que en periodo seco.
Al secado ≥siete meses	3 a 3.5	<3 indica inadecuado consumo de energía; revisar consumo de energía en lactación temprana y media. >3.5 reducir consumo de energía durante lactación tardía.
Periodo seco	3 a 3.5	CC se mantiene. La duración del periodo impide cambio importante de CC. El objetivo nutricional es dar dieta baja en energía, pero con cantidades adecuadas de proteínas, minerales y vitaminas. <3 aumentar consumo de energía en lactación tardía. >3.5 reducir consumo de energía, cuidando consumo de proteína; el problema inicia en lactación tardía.

CUADRO 75. CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN CORPORAL (ESCALA 1 A 5).

GRADOS DE CC	VÉRTEBRAS LUMBARES VISTA POSTERIOR	HUESOS DE LA PELVIS Y VÉRTEBRAS SACRAS VISTA POSTERIOR	HUESOS DE LA PELVIS Y VÉRTEBRAS SACRAS VISTA LATERAL	COBERTURA ENTRE MASLO DE LA COLA Y PUNTA DE LA CADERA	
				VISTA POSTERIOR	VISTA LATERAL
1 Severamente flaca					
2 Delgada					
3 Moderada					
4 Rolliza					
5 Obesa					

Adaptado de Edmondson *et al.* (1989).

Si se retrasa la expulsión de la cría o aparentemente no viene en posición/postura "normal", hay que determinar la anomalía a través de revisión transvaginal y aplicar las maniobras obstétricas correctivas. Para corregir distocias, deben extremarse las precauciones de higiene (lavar y desinfectar la región perivulvar y ventral de la cola, así como todo el material que se introducirá en la vagina y el útero) y evitar al máximo lesiones al tracto reproductivo (usar guantes lisos, lubricar con pomada bactericida, usar cadenas e instrumental obstétrico, o en su defecto, cuerdas de plástico de superficie lisa). En casos complicados con la cría viva o muerta, es preferible la cesárea. Después del parto, debe verificarse que la placenta se expulse en las primeras 12 horas. Si hay RP, confirmar si puede desprenderse al ejercer una ligera tracción, siempre asegurando que parte de la placenta se mantenga en el canal de parto (si se rompe y queda dentro del útero, el cérvix puede cerrarse y dificultar seriamente la expulsión). El tratamiento clínico debe liberar vellosidades cotiledonarias (prostaglandinas, estrógenos, oxitocina), y en su caso, controlar las infecciones sistémicas (administración de antibióticos parenterales, no introducción directa de antibióticos al útero).

- e) Revisión transrectal de tracto reproductivo y ovarios. Las vacas con parto normal deben revisarse rutinariamente, para supervisar el puerperio: al primer o segundo día pp (expulsión de placenta, olor, color y consistencia loquios), de 15 a 20 días pp (ausencia de eliminación de loquios), y de 30 a 35 días pp (involución del tamaño uterino completa).

Asimismo, debe confirmarse el restablecimiento de la actividad ovulatoria por palpación de ovarios, a partir de los 60 a 90 días pp, dependiendo de la frecuencia de amamantamiento y calidad de la nutrición en el hato (la actividad ovulatoria debe restablecerse en ≤ 30 días, cuando la crianza es artificial, y entre 30 y 90 días, con frecuencia de dos amamantamientos por día hasta el destete). También se confirmarán las condiciones patológicas como persistencia de infecciones uterinas y quistes ováricos (Cuadro 76). En las vacas con problemas en el parto (parto distócico y/o retención placentaria, prolapsos vaginales/uterinos, y complicaciones metabólicas: fiebre de leche, cetosis), deberá supervisarse con mayor cuidado y frecuencia el proceso de involución uterina y restablecimiento de ciclicidad ovulatoria/estral, aplicando en su caso los tratamientos adecuados.

- f) Programa preventivo de enfermedades infecciosas que afectan la reproducción (ver Proceso Salud Animal).

Resultados esperados

- Mantener la gestación hasta término y en su caso detectar y tratar oportunamente a las vacas con pérdidas embrionarias o fetales.
- Cuidar que la vaca gestante llegue al parto con una CC adecuada, para lograr un buen desempeño en el siguiente ciclo reproductivo.
- Disminuir la incidencia y las repercusiones de problemas al parto (en la vaca y en la cría).
- Disminuir la incidencia y repercusión de problemas durante el puerperio sobre desempeño reproductivo.

Indicadores de desempeño en la actividad

- a. Porcentaje de abortos (valor óptimo $< 5\%$).
- b. Mortalidad de crías en el parto (valor óptimo $< 3\%$).
- c. Porcentaje de retención placentaria (valor óptimo $< 7\%$).
- d. Días a primer servicio postparto (valor óptimo ≤ 90 días).
- e. Tasa de concepción (valor óptimo $\geq 65\%$ con monta natural y $\geq 50\%$ con IA).

CUADRO 76. CARACTERIZACIÓN DEL ÚTERO Y ESTRUCTURAS OVÁRICAS MEDIANTE PALPACIÓN TRANSRECTAL.

CONDICIÓN	CLAVE	OBSERVACIONES
Útero normal con un cuerpo lúteo (CL) y folículos de varios tamaños (4 a 10 mm).	UN DCL IF4-10; UN DF4-10 ICL	El útero normal (no edema o turgencia) se encuentra en vacas vacías durante el diestro, o en vacas en anestro. El CL indica que la vaca está en cualquier día del diestro y que está ovulando. Durante el diestro se pueden encontrar folículos de entre 4 y 10 mm en cualquiera de los dos ovarios, ya que esto depende de las ondas de desarrollo folicular. La presencia del CL permite el tratamiento con PGF _{2α} y la subsecuente presentación de estro entre 48 y 120 horas. Esta condición es la más frecuente en la revisión transrectal de vacas después de los 45 días pp, pues el diestro ocupa entre 50 y 60% de los días del ciclo estral.
Útero edematoso con un CL ₁ y un folículo de 10 mm de diámetro.	UE DCL ₁ IF10; UE DF10 ICL ₁ .	El útero edematoso se puede encontrar en el proestro y metaestro. La presencia del CL ₁ y un folículo grande indica que se trata de una vaca que muy probablemente se encuentra en proestro. La diferencia entre un CL ₁ y un CL es básicamente su tamaño; un CL ₁ es una estructura pequeña con consistencia dura. Las vacas con estas características deben marcarse, para ponerlas más atención, ya que deberán presentar estro en los siguientes dos a cinco días. Si la vaca no es observada en estro durante este período, deberá revisarse nuevamente en la siguiente semana.
Útero turgente o con tono, ovario derecho estático y ovario izquierdo con folículo de 15 ó 20 mm de diámetro.	UT DE IF15 ó 20	Estos hallazgos, además de la presencia de moco estral, corresponden a una vaca en estro o muy cerca de él. Estas vacas deben observarse con atención y programarlas para inseminación cuando se dejen montar.
Útero edematoso y ovarios estáticos.	UE DE IE	Estos hallazgos corresponden a una vaca en metaestro temprano, aunque también pueden corresponder a una en inicio del proestro o en anestro verdadero. La presencia de sangre en el moco cervico-vaginal, indica que la vaca está en metaestro. Sin embargo, no todas las vacas presentan este sangrado. Vacas en esta condición deben palparse siete días después, para confirmar o corregir un primer diagnóstico. Si en la primera palpación el diagnóstico de metaestro fue correcto, en la segunda deberá encontrarse un CL.
Útero con edema, ovario derecho con un cuerpo hemorrágico (CH) y ovario izquierdo con un folículo de 10 mm de diámetro.	UE DCH IF10	Estas observaciones son de una vaca en metaestro. El CH se considera como la estructura de transición entre el folículo ovulado y el CL funcional. El CH se palpa como una estructura pequeña, con una saliente en forma de papila, y es muy suave al tacto. El CH no es sensible a la PGF _{2α} , por lo que es necesario esperar cuatro ó cinco días para que se convierta en un CL ₁ y en su caso poder eliminarlo con PGF _{2α} . En la rutina, estas vacas se palpan en la siguiente revisión (siete días después).
Útero normal y ovarios estáticos.	UN DE IE	Esto caracteriza a las vacas que están en anestro verdadero. La incidencia de esta condición debe ser menor a 10% de las vacas que pasan a revisión, de lo contrario, habrá que aplicar medidas correctivas.
Útero normal o flácido y quiste folicular (QF).	UN DQF IE; UN DE IQF.	Causado por falla ovulatoria (folículo que no ovula) asociada a deficiente secreción de LH. Lo que caracteriza a la condición de QF es la presencia de estructuras únicas o múltiples, en uno o ambos ovarios, similares a folículos, de pared delgada. Los signos clínicos de anestro, ninfomanía, ciclos cortos e irregulares y en casos crónicos, relajamiento de los ligamentos pélvicos o masculinización, apoyan el diagnóstico.
Útero normal o flácido y quiste luteinizado (QL).	UN DQL IE; UN DE IQL.	También causado por falla ovulatoria, aunque con luteinización e ingrosamiento de la pared, por lo que se siente más duro que el QF. Los QL tienden a ser estructuras únicas (en un solo ovario) también de
Útero aumentado de tamaño, pesado, con dificultad para retraerse, CL presente y folículos de diferentes tamaños (4 a 10 mm), en ausencia de signos definitivos de gestación.	Piometra DCL IF4-10	La condición de piometra incluye también descarga vulvar muco-purulenta y presencia de fluidos en útero detectables a la palpación (fluctuación dentro del útero). Se presenta con mayor frecuencia en los primeros 30 días pp, después de 1ra. ovulación, aunque también llega a encontrarse en vacas anéstricas al día 50 postparto.

Control de la detección de estros y de la inseminación artificial

Descripción de la actividad. Aplicación de los procedimientos adecuados, para lograr alta eficiencia y precisión en la detección de estros y buena fertilidad a la inseminación artificial (IA).

Principios básicos

- 1) La IA representa la principal herramienta para el mejoramiento genético en las explotaciones lecheras y en los sistemas de doble propósito, cuya base genética son las cruces de *Bos taurus taurus* con *B. taurus indicus*; además, facilita el manejo de los cruzamientos (disponibilidad del semental por raza/calidad genética) (Vaccaro y López, 2002).
- 2) El reto con la IA es "substituir adecuadamente" al toro en la detección de vacas en estro y su inseminación. En muchos establos, se detecta $\leq 40\%$ de los estros/celos (baja eficiencia) (Hernández y Gutiérrez, 2007) y entre 5 y 15% de las vacas que reciben IA no están en estro o cerca de éste (baja precisión) (Grimard *et al.*, 2006).
- 3) El único signo definitivo de la vaca en estro y por lo tanto próxima a ovular, y de que procede la IA, es la aceptación de monta por otras vacas o por el animal celador (estro franco, verdadero). Los signos secundarios de estro (monta a otras vacas, vulva enrojecida/inflamada, descarga vulvar de moco, nerviosismo y aumento de actividad motora, etc.) pueden presentarse antes, durante y después del estro franco y sin una relación consistente con el momento de ovulación. Por eso, vacas con signos secundarios de estro deben recibir IA sólo después de confirmar si están en o cerca del estro. La duración del estro franco es de menos de seis a 30 horas; durante éste, la vaca permite entre siete y 50 montas y cada monta dura entre tres y siete segundos. En las vacas del trópico, estos valores tienden a reducirse, particularmente en animales jóvenes y con alto porcentaje de sangre cebú, y la actividad de monta es más evidente durante la noche (Villagómez *et al.*, 2000). Existen diversos factores que influyen en la duración del estro franco (Cuadro 77), y deben considerarse para promover su mayor duración.
- 4) Los celos se detectan básicamente por la observación directa de signos de estro, lo cual puede complementarse con auxiliares (dispositivos detectores de monta o de actividad motora, vacas androgenizadas o toros con el pene desviado y vasectomizados, y control hormonal del estro/ovulación). Un aspecto muy importante, es que quienes detectan estros, deben estar entrenados para hacerlo y muy conscientes de la importancia de su actividad (puede ayudar un programa de incentivos económicos de acuerdo al indicador de eficiencia en detección de estros). En los sistemas de doble propósito, la sincronización/inducción del estro es una herramienta útil en la implementación inicial de la IA, ya que el concentrar los estros facilita su detección. Por su relevancia, es necesario evaluar rutinariamente la eficiencia y precisión de esta detección.
- 5) La fertilidad después de la IA depende en gran medida del momento de inseminación con respecto al estro franco óptima 24 a 12 horas antes de la ovulación (Roelofs *et al.*, 2006), o seis a 18 horas después de iniciado el estro franco y, por lo tanto, de un buen programa de detección de estros. El manejo del semen durante su almacenamiento, descongelado y aplicación, así como la técnica de IA en sí, también tienen gran influencia. Por lo tanto, es importante revisar rutinariamente estos últimos aspectos.

CUADRO 77. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DURACIÓN DEL ESTRO “FRANCO”.

FACTORES	OBSERVACIONES
Características del lugar/alojamiento	Importante permitir interacción entre animales y libre expresión de signos de estro. La aglomeración ocasiona menor eficiencia o precisión en detección de estros.
Características del piso/suelo	Los suelos resbalosos o lodosos causan una reducción de la actividad sexual durante el estro.
Hora	Preferencia por horas “más frescas” o con menor actividad (alimentación, ordeño, limpieza). Mayor actividad de monta durante horas de la noche (7 PM a 7 AM).
Salud en miembros/patas	Las lesiones, infecciones y problemas de aplomos causan una reducción de la actividad sexual durante el estro. Una vaca puede aceptar monta sin estar en estro por evitar dolor de quitarse.
Estado reproductivo del hato/ estadio del ciclo estral	Relación vacas abiertas: vacas gestantes. Vacas en proestro y estro, “buenas detectoras”. Gestantes y en diestro, “malas detectoras”. Mayor problema en hatos pequeños o que presentan concentración estacional en concepciones.
Temperatura ambiente	El calor en exceso reduce la actividad sexual y aumenta la proporción de signos secundarios durante el estro.
Condición nutricional	Mayor pérdida de peso y/o condición corporal post-parto ocasiona menor actividad sexual durante estro, y mayor proporción de vacas en anestro (“malas detectoras”).

- 6) El estrés calórico uno a dos meses antes de la IA o en las primeras semanas después de ésta, también compromete la fertilidad, por lo que deberán tomarse medidas para reducirlo en los lugares y meses con temperaturas de 29 °C o superiores (Chebel et al., 2004; Hernández y Gutiérrez, 2007).

Métodos/guía de aplicación

1) Detección de estros

- a) Las vacas deberán programarse para la detección de estros, a partir de que se confirma la involución del tamaño uterino (≈30 días pp).
- b) La observación directa para identificar signos de estro, deberá realizarse dos a tres veces al día por períodos de al menos 20 minutos (preferible mayor frecuencia que mayor duración).
- c) El horario más adecuado es al amanecer, al atardecer y durante la noche, evitando coincidencias con otras actividades (ordeña, limpieza de corrales, alimentación) y las horas calurosas del día. El lugar donde se realice, debe permitir el libre movimiento de las vacas (no aglomeradas), su identificación a distancia media y apoyo firme (piso no resbaloso o lodoso). El propio traslado (movimiento de animales) a áreas específicas para detección, ayuda a expresar el comportamiento de estro.
- d) Revisión de registros reproductivos y genitales internos por palpación transrectal en vacas con signos secundarios de estro. Decidir si se mandan a

IA con base en un conjunto de evidencias, como tiempo pp para 1er estro/IA ≥ 45 días, intervalo con respecto al último estro detectado de 18 a 24 días o su múltiplo, no diagnosticada gestante, moco abundante, claro y de viscosidad media, útero turgente, presencia de folículo ovárico ≥ 10 mm y ausencia de cuerpo lúteo. También puede ayudar el separar o reagrupar animales sexualmente activos, poniendo en contacto vacas con signos secundarios de estro con vacas en estro o con un animal marcador/celador, para confirmar si las primeras aceptan la monta.

- e) La eficiencia/precisión en la detección de estros se mejora si se complementa con animales marcadores/celadores (vacas androgenizadas o toros con el pene desviado y vasectomizados, de preferencia con "chin-ball", para marcar vacas que presentan estro durante la noche), o con algún otro método auxiliar.

2) Inseminación artificial

- a) Las vacas destinadas a IA, deben tener al menos 50 días pp, estar en CC moderada (2.5 a 3) y dadas de alta en la supervisión del puerperio.
- b) La inseminación se realiza en vacas identificadas en estro por aceptación de monta, y en aquellas que presenten signos secundarios de estro, siempre y cuando la revisión física y de registros reproductivos indiquen alta probabilidad de estar en o cerca del estro franco.
- c) Cuando el programa de detección de estros es eficiente, la IA se basa en la regla AM-PM: las vacas detectadas en estro en la mañana se inseminan en la tarde y las detectadas en la tarde se inseminan en la mañana siguiente. Si por disponibilidad del técnico inseminador sólo puede hacerse una IA al día, se recomienda realizarla después del período de detección de estros de la mañana, inseminando a las vacas detectadas la tarde anterior y durante la mañana. En caso de fallas en el programa de detección de estros, inseminar una vez detectado el celo o en un plazo no mayor de cuatro horas.
- d) Mantener un inventario de dosis de semen por canastilla del termo de nitrógeno y consultarlo para la selección de la dosis a descongelar. Así se minimiza la exposición del semen a las temperaturas por arriba del tercio inferior del cuello del termo, las cuales pueden afectarlo por exposición prolongada/repetida. La misma precaución deberá tenerse al traspasar semen de un termo a otro. El nivel de nitrógeno en el termo debe revisarse rutinariamente sin bajar a menos de 15 centímetros. El descongelado de dosis de semen debe ajustarse a las recomendaciones del proveedor. Conviene evaluar la calidad biológica del semen congelado que se piensa adquirir (Motilidad Progresiva Individual $\geq 35\%$), sobre todo si no existen antecedentes del proveedor en cuanto a buena calidad y regularidad de su producto.
- e) Durante la IA es recomendable usar camisa sanitaria sobre el aplicador de semen, para disminuir la introducción de microorganismos al útero. El semen debe depositarse en el cuerpo del útero y sólo en casos extremos, a la mayor profundidad posible del cérvix (vacas con cérvix muy deformado).
- f) Después de dos o tres servicios de IA sin preñez, se recomienda dar monta natural por uno o dos servicios más, con un toro de buena capacidad reproductiva. Si aún así la vaca no queda gestante, será candidata para el desecho.

- g) Es importante revisar rutinariamente el procedimiento de IA y eventualmente re-entrenar al técnico.

Resultados esperados

- Aprovechar las ventajas de la IA (mejoramiento genético, manejo de cruzamientos), sin prolongar el tiempo a primer servicio pp o a los servicios subsecuentes (eficiencia en detección de estros).
- Obtener en los servicios con IA una fertilidad similar a la lograda con la monta natural (precisión en la detección de estros, IA durante el periodo de óptima fertilidad, buen manejo del semen y de la técnica de IA).

Indicadores de desempeño en la actividad

- a) Tasa de detección de estros (valor óptimo $\geq 70\%$).
- b) Intervalo entre estros detectados (valor óptimo $\geq 85\%$ de vacas con intervalo entre estros de 18 a 24 días).
- c) Días a primer servicio postparto (valor óptimo ≤ 90 días).
- d) Tasa de concepción (valor óptimo $\geq 65\%$ con monta natural y $\geq 50\%$ con IA).

Listado de revisión para detección de estros

1. ¿Se destina personal específico y entrenado para la detección de estros?
Permite asegurar que el personal conoce los signos de estro y la importancia de la actividad.
2. ¿El personal que detecta celos tiene acceso y usa la información de registros reproductivos individuales?
Ayuda a la toma de decisiones para IA de vacas con signos secundarios de estro.
3. ¿Se destina un área, horario y frecuencia específicos para la actividad?
Permite aplicar estrategias para promover el aumento en duración del estro franco y la oportunidad para detectarlo.
4. ¿Utiliza métodos auxiliares para la detección de estros?
Permite aumentar la eficiencia y precisión de la actividad, y en su caso compensar fallas en otros puntos críticos.
5. ¿Evalúa el desempeño logrado en la actividad?
Abre la posibilidad de mejoras al ubicar su nivel de eficiencia y precisión.

Inseminación Artificial

1. ¿Se tiene inventario actualizado de dosis de semen y se revisa rutinariamente el nivel de nitrógeno en el termo?
Permite mantener la capacidad fertilizante de las dosis de semen al minimizar la exposición repetida a temperaturas que lo afectan.
2. ¿La IA se da mayoritariamente a vacas que presentan estro franco y en las que presentan signos secundarios, se aplican criterios complementarios antes de inseminar?
Mejora la tasa de concepción a la IA al dar el servicio dentro del periodo de fertilidad óptima y se evita el servicio en vacas con preñeces tempranas.

3. ¿Se tiene establecida una rutina de IA con base en el tiempo post-detección de estro?
Permite IA durante el periodo de fertilidad óptima y mejora la tasa de concepción.
4. ¿Se supervisa rutinariamente el trabajo del técnico inseminador, y en su caso se re-entrena?
Permite asegurar la aplicación de medidas sanitarias y técnica apropiada de IA.
5. ¿Evalúa el desempeño logrado en la actividad?
Abre la posibilidad de mejoras al ubicar su nivel de eficiencia y precisión.

Control del anestro postparto (PP)

Descripción de la actividad. Aplicación de procedimientos para controlar factores determinantes en la duración del anestro pp.

Principios básicos

- 1) El anestro pp prolongado (>120 días) es una de las principales causas que afecta la eficiencia reproductiva y productiva de las explotaciones bovinas de doble propósito (Anta *et al.*, 1989; Villagómez *et al.*, 2002).
- 2) La duración del anestro pp se incrementa por efecto del amamantamiento y la presencia continua del becerro, al inhibir la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y consecuentemente de la hormona luteinizante (LH), debido a que se incrementan los efectos negativos de los opioides endógenos y del estradiol (Williams y Griffith, 1995). Por lo anterior, no se completa la maduración terminal de los folículos hasta la condición preovulatoria, ni ocurre la ovulación (Williams, 1990). En contraste, la liberación de la hormona folículo estimulante (FSH) y el desarrollo folicular hasta el estadio potencialmente ovulatorio, se restablecen muy pronto después del parto, sin ser afectados por el amamantamiento (Nett *et al.*, 1988). Una CC mala al parto y/o pérdida de la misma después de éste, potencializan el efecto negativo del amamantamiento (Santos, 1995). También, problemas durante el periparto y puerperio pueden afectar la duración del anestro pp (Galina y Arthur, 1989).
- 3) Es importante diferenciar el anestro “verdadero” (no hay maduración terminal de folículos, estro y ovulación) del “aparente” (vacas con ciclicidad ovulatoria/estral sin detectar, por ineficiencia en la detección de estros) o fisiológico (vacas gestantes no diagnosticadas) (Short *et al.*, 1990).
- 4) Existen tratamientos hormonales para resolver el anestro pp (Macmillan y Peterson, 1993) y aunque es inadecuado usarlos rutinariamente, pueden elegirse como una primera aproximación en un hato problema. En todo casos, lo recomendable es ajustar el manejo del amamantamiento (rutina/frecuencia) y asegurar una buena alimentación, para que las vacas mantengan buena CC's en todas las etapas productivas y reproductivas (ver Capítulo 3).

Métodos/guía de aplicación

- 1) Control de la rutina/frecuencia de amamantamiento
 - a) El mayor efecto compensatorio sobre la duración del anestro pp se presenta cuando es menor la frecuencia y el período de contacto madre-cría. Lo más recomendable es limitarlo a una sola vez por día, para influir sobre la duración del anestro pp.

- b) La elección del esquema de manejo del amamantamiento debe considerar la edad de la cría, las posibilidades de alimentación complementaria para ésta (cantidad y calidad) y la condición nutricional de la vaca. Un esquema con buenos resultados es el de amamantamiento retrasado: durante los primeros tres meses de vida de la cría, el amamantamiento será por un máximo de 30 minutos; después de la ordeña (leche residual), la cría se separa por ocho horas y nuevamente se permite el amamantamiento por un máximo de 30 minutos; crías mayores de tres meses y hasta el destete, sólo amamantan una vez al día la leche residual, por 30 minutos.
- c) El programa de control de la frecuencia de amamantamiento debe complementarse con medidas que promuevan CC adecuadas por etapa productiva/reproductiva (ver Capítulo de Proceso de Alimentación). En vacas con pobre CC al parto y/o durante la lactancia temprana/media (hasta tres meses), se recomienda el amamantamiento una vez al día, por un periodo máximo de 30 minutos, y el destete cuando el nivel de producción de leche es bajo (<3 L/día).

2) Tratamientos hormonales

- a) En general, no funcionan ni se aplican cuando el anestro es "profundo": mala CC y pérdida de la misma, alta frecuencia/duración de eventos de amamantamiento, poco tiempo pp (Macmillan y Peterson, 1993).
- b) Se basan en la aplicación de diversas combinaciones de GnRH, gonadotropina coriónica equina (eCG), prostaglandina (PGF), progesterona, progestágenos y estrógenos (Cuadro 78).

CUADRO 78. TRATAMIENTOS HORMONALES PARA RESOLUCIÓN DE ANESTRO POSTPARTO.

TRATAMIENTO	OBSERVACIONES**
GnRH + PGF	GnRH 100 µg + PGF siete días después.
GnRH + progesterona + PGF	GnRH 100 µg + CIDR-B* por siete a nueve días + PGF al retiro del CIDR-B.
Progesterona + eCG	CIDR-B por siete a nueve días + 300 UI eCG (Folligon, Intervet-Schering Ploug) al retiro del CIDR-B (o 24 horas después de éste).
Progestágeno + estrógenos	Norgestomet/Valerato de estradiol i.m. al día 1 + Implante s.c. de Norgestomet por ocho a nueve días (Crestar, Intervet-Schering Ploug).

*CIDR-B= dispositivo vaginal para liberación controlada de progesterona (PFIZER).

**Si hay respuesta de inducción de estro (generalmente entre dos a siete días post-tratamiento), se proporciona servicio por IA o MN.

Resultado esperado

- Reducir la duración del periodo de anestro pp (≤90 días), para contribuir a lograr un intervalo parto-concepción ≤130 días.

Indicadores de desempeño en la actividad

- Días a primer estro postparto (valor óptimo ≤70 días).
- Días a primer servicio postparto (valor óptimo ≤90 días).
- Porcentaje de vacas ciclando a 90 días pp (valor óptimo ≥70%).

- d. Días abiertos (valor óptimo ≤ 130 días).
- e. Intervalo entre partos (valor óptimo ≤ 420 días).

Listado de revisión para la actividad

1. ¿Se aplican procedimientos para identificar la condición de “anestro verdadero” en el hato?
Permite valorar si el anestro post-parto prolongado es un problema en el hato y elegir las medidas correctivas adecuadas.
2. ¿Se limita la frecuencia de amamantamiento (hasta dos veces/día) y la permanencia de la cría con la vaca (hasta 60 minutos/vez)?
Permite disminuir la duración del anestro pp sin que afecte el desempeño productivo (crecimiento de la cría).
3. ¿Se evalúa en forma rutinaria la CC por etapa productiva/reproductiva?
Permite realizar ajustes en el programa de alimentación para lograr CC's óptimas y reducir la duración del anestro post-parto.
4. ¿Evalúa el desempeño logrado en la actividad?
Abre la posibilidad de mejoras al ubicar su nivel de eficiencia.

Control de la capacidad reproductiva del semental

Descripción de la actividad. Identificar a toros con problemas en su desempeño reproductivo, para evitar utilizarlos como sementales, temporal o permanentemente.

Principios básicos

- 1) Una hembra sub-fértil o estéril en el hato representa un problema individual (es sólo una gestación menos); por el contrario, cada semental tiene que preñar a un mínimo de 25 a 30 hembras, a veces en muy corto tiempo, por lo que un semental sub-fértil afecta considerablemente el desempeño reproductivo (Blockey, 1988).
- 2) Diferentes estudios realizados en México, muestran que de los toros usados para monta natural en ranchos comerciales, sólo entre el 71 y 85% reúnen satisfactoriamente las características como reproductores, es decir, en promedio uno de cada cinco toros no funciona adecuadamente.
- 3) La fertilidad es muy importante como criterio para seleccionar sementales; sin embargo, faltan métodos prácticos y precisos para evaluarla directamente. Por lo tanto, se ha desarrollado un método alternativo y práctico, con el fin de desechar los toros no aptos para la reproducción, sin diferenciar sus niveles individuales de fertilidad (alta, media o baja).
- 4) La evaluación de la capacidad reproductiva del toro incluye: a) la capacidad para identificar y servir a vacas en estro (examen físico general con énfasis en el aparato locomotor y órganos de los sentidos, y examen de la integridad de genitales externos), b) la capacidad cuantitativa de producción de espermatozoides (medición de la circunferencia escrotal [CE], examen de la integridad de genitales internos y externos [Geymonat y Méndez, 1987]), y c) la capacidad cualitativa de producción de espermatozoides (calidad del semen; examen de la integridad de genitales internos y externos [Nelson, 1995]).

- 5) La CE está altamente relacionada con el peso testicular y la producción espermática (Knights *et al.*, 1984; Barbosa *et al.*, 1991), principalmente en animales jóvenes; toros viejos (mayores de siete años) pueden tener testículos grandes, pero parte del tejido ya no es "funcional" (Veeramachanei *et al.*, 1986; Bastidas *et al.*, 1997). En toretes jóvenes, esta medición puede servir como herramienta complementaria, para selección de sementales, ya que: a) toros con testículos grandes (>CE) tienden a presentar mejor calidad espermática (menor porcentaje de anomalías y mayor motilidad) y fertilidad que aquellos con testículos pequeños (<CE), b) el tamaño testicular presenta buena heredabilidad (Latimer *et al.*, 1982; Knights *et al.*, 1984), por lo cual sementales que de jóvenes tienen CE arriba del promedio, tienen hijos con testículos mayores al promedio, y c) las hijas de sementales que de jóvenes tienen CE arriba del promedio, tienden a presentar menores edades a la pubertad (Toelle y Robinson, 1985).
- 6) Al desarrollo testicular lo influyen la raza (CE en toros Angus y Simmental es mayor que en toros Polled Hereford, Charolais y Limousin) y especie del toro (CE en toros europeos *Bos taurus* es mayor que en cebuinos *B. indicus*). En toros Cebú, el desarrollo testicular es más lento, y alcanza su madurez reproductiva aproximadamente un año más tarde que los toros de las razas europeas, lo cual debe considerarse cuando se evalúan toros muy jóvenes de razas cebuinas o sus cruces (Nelson, 1995; Bastidas *et al.*, 1997).
- 7) El resultado de la evaluación de la capacidad reproductiva es vigente sólo en la fecha de su obtención, independientemente del pasado o futuro, en parte, debido a que los espermatozoides en el eyaculado son producto de un proceso iniciado más de dos meses antes (Bastidas *et al.*, 1997). Por esto, es inconveniente desechar a un semental cuando en una sola prueba obtiene la calificación de **No satisfactorio**.

Métodos/guía de aplicación

- 1) Evaluación de la capacidad reproductiva del semental
 - a) La primera evaluación en animales jóvenes conviene realizarla entre los 16 y 18 meses de edad, y repetirla uno a dos meses antes de usarlo como semental. En sementales activos, es recomendable evaluar cada seis meses, o antes si existen problemas con la fertilidad del hato. Si el empadre no es continuo, se debe evaluar de uno a dos meses antes de iniciar el empadre restringido. Como criterio de compra, evaluar siempre los sementales que se van a adquirir (Bastidas *et al.*, 1997).
 - b) Examen físico general. Observar al toro en movimiento libre, para detectar posibles problemas locomotores o de aplomos (importante para búsqueda y servicio de vacas en estro) y evaluar su CC (recomendable entre 3 y 4 de CC, antes de someterlo a trabajo intensivo –empadre-, pues en ese caso se espera pérdida de peso; CC's <2 pueden afectar la capacidad reproductiva). Revisar los órganos de los sentidos, sobretodo los ojos y la salud de la boca y la dentadura. Si se detecta otro tipo de alteración física, deberá valorarse su magnitud en el desempeño del semental. Enfermedades con cuadros febriles que provoquen pérdida de CC, pueden afectar la capacidad reproductiva hasta tiempo después de resolverse, ya que tienen efecto sobre la calidad seminal (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).
 - c) Examen de los genitales internos. Mediante palpación transrectal, se revisan secuencialmente las glándulas sexuales accesorias (ámpulas de los conductos

deferentes, glándulas vesiculares, próstata, glándulas bulbouretrales) y los anillos inguinales, para detectar anomalías en tamaño, consistencia, asimetría o presencia de estructuras atípicas. Un toro con problemas evidentes en los órganos internos (inflamación de una o más glándulas accesorias, hernias inguinales), no debe usarse como semental hasta que se resuelvan esos problemas (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).

- d) Examen de los genitales externos. Revisar integridad del prepucio: heridas, inflamación, abscesos, fibrosis, neoplasias, persistencia del frenillo y, en general, impedimentos en el deslizamiento adecuado del pene y su erección completa durante la monta. Exteriorizar el pene para revisarlo mediante presión de la flexura sigmoidea en dirección craneal, manipulando/sujetándolo con una gasa estéril humedecida con solución salina (en toretes, importante evaluar si han desaparecido las adherencias prepuciales). Revisar mediante palpación los testículos, epidídimos y contenido escrotal. Es importante también, comprobar que ambos testículos hayan descendido completamente hacia el escroto y que se deslicen libremente dentro del mismo (ausencia de adherencias).

Testículos pequeños, inflamados, muy blandos, muy duros o con adherencias pueden sugerir problemas infecciosos o degenerativos, los cuales pueden comprometer seriamente la función testicular, y por lo tanto la fertilidad del semental. La inflamación, fibrosis, presencia de tumores o abscesos en epidídimos y testículos también son un problema grave. Anomalías serias y evidentes de los testículos o epidídimos descalifican al toro como semental (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).

- e) Medición de la circunferencia escrotal. Se presionan ambos testículos al mismo tiempo, hacia la parte más baja del escroto y estando paralelos se mide su perímetro en la parte más ancha. Existe una cinta especial para medir la CE (recomendada por la Sociedad de Teriogenología), pero también puede usarse una cinta plástica de costurero, con resultados similares. En épocas de frío, es importante tratar de distender el escroto, para que quede sin arrugas (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).
- f) Evaluación de la calidad del semen. Obtener una muestra de semen mediante vagina artificial o electroeyaculación; el primero es el método de elección, pero requiere entrenar previamente al semental para que aprenda a eyacular en ella (características similares a las de un eyaculado normal). En toros no entrenados y/o difíciles de manejar, utilizar la electroeyaculación, para obtener una muestra adecuada de semen, aunque de mayor volumen y menor concentración espermática. Es en extremo importante que todo el material en contacto con el semen durante su colección y evaluación (tubos/conos de latex, bolsas de plástico, tubos colectores, portaobjetos y cubreobjetos) se mantenga entre 37 y 39 °C, para evitar daños por choque térmico a los espermatozoides. Además, la muestra de semen debe protegerse del viento, el frío y la radiación solar directa; si no pueden mantenerse las condiciones adecuadas para preservar la viabilidad de los espermatozoides en la muestra de semen, su evaluación es inútil; entonces, la evaluación se basará en la medición de CE y los exámenes físico general y de genitales externos e internos. La calidad seminal se evalúa observando al microscopio una gota de semen sin diluir (motilidad masal; 100 aumentos) o diluida 1:100 en solución salina fisiológica (motilidad individual; 400 aumentos). Además, se hace un frotis del semen y se tiñe con eosina:nigrosina (o rosa de

bengala), para cuantificar el porcentaje de espermatozoides normales/anormales (morfología espermática; 1000 aumentos) (Hidalgo *et al.*, 2005).

- g) Calificación del semental. La calificación final del semental puede ser: **Satisfactorio** o **No Satisfactorio**. Cuando se tienen dudas y no es posible asignar una calificación en alguno de los componentes de la evaluación, ésta se repite en un plazo de 60 días (calificación **diferida o aplazada**). Cualquier anomalía física o de los genitales que pueda disminuir seriamente la capacidad reproductiva o que limite/impida el apareamiento, así como defectos graves y heredables como la hipoplasia testicular determinan la calificación de **No Satisfactorio**. Si no existen los problemas anteriores, la calificación se asigna de acuerdo a los valores del Cuadro 79. Un semental **se considera Satisfactorio** cuando obtiene al menos el valor mínimo aceptable en cada uno de los componentes de la evaluación. En caso de ser calificado como **No Satisfactorio**, se recomienda repetir la prueba y someter al toro a descanso sexual, con suplementación nutricional o terapia reconstituyente durante ese periodo, si se juzga necesario (Duren y Walker, 2000).
- h) Pruebas complementarias. Evaluación de la conducta sexual (libido) (Chenoweth, 1981), diagnóstico de enfermedades que afectan la reproducción y/o de transmisión venérea (ver Capítulo 6), presencia de proteínas seminales asociadas a la fertilidad.

Resultado esperado

- Mantener en el hato sólo aquellos sementales con un buen desempeño reproductivo.
- Promover el buen desempeño reproductivo del hato y su mejora en las siguientes generaciones.

Indicadores de desempeño en la actividad

- a) Tasa de concepción (valor óptimo $\geq 65\%$ con MN).

CUADRO 79. VALORES PARA CALIFICAR LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL (CE) Y LA MOTILIDAD Y MORFOLOGÍA ESPERMÁTICA EN TOROS*.

VALOR DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL MÍNIMA RECOMENDADA, DE ACUERDO CON LA EDAD DEL TORO (CM)		CRITERIOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LA MOTILIDAD MASAL E INDIVIDUAL LA MOTILIDAD MÍNIMA RECOMENDADA ES DE 30%		
EDAD	CE	MOTILIDAD MASAL	MOTILIDAD INDIVIDUAL	CALIFICACIÓN
≤15 meses	30	Ondas muy rápidas	≥70%	Muy buena
>15 ≤18 meses	31	Ondas poco rápidas	50 a 69%	Buena
>18 ≤21 meses	32	Oscilación generalizada	30 a 49%	Regular
>21 ≤24 meses	33	Oscilación esporádica	<30%	Pobre
>24 meses	34	Calificación de la morfología espermática El porcentaje mínimo de espermatozoides normales es de 70%		

*Según normas de la American Society for Theriogenology.

Listado de revisión para la actividad

1. ¿Se evalúa rutinariamente la capacidad reproductiva de los sementales como parte del manejo del hato?

Permite evitar el uso de sementales con problemas permanentes o temporales que afecten su capacidad como reproductores.

2. ¿Se evalúan rutinariamente la capacidad reproductiva de los toretes como parte del proceso de selección de prospectos a sementales?

Permite influir en el tamaño testicular y capacidad espermatogénica de los toretes producidos en el hato y en la edad a pubertad de las hembras de reemplazo.

3. ¿Existen condiciones adecuadas para valorar la calidad seminal cuando se evalúan los toros o toretes?

Permite utilizar este criterio como parte de la calificación final en la evaluación.

4. ¿Se aplican pruebas complementarias como la evaluación de libido y fertilidad en la evaluación de sementales?

Mejora la precisión para asegurar el buen desempeño reproductivo de los sementales.

REGISTRO, ANÁLISIS Y USO ESTRATÉGICO DE INFORMACIÓN

Registros, indicadores e índices reproductivos

Descripción de la actividad. Captura y procesamiento de información reproductiva, para obtener indicadores e índices necesarios para el monitoreo de desempeño y toma de decisiones.

Principios básicos

- 1) El registro de información de eventos en cada vaca del hato durante el ciclo parto-puerperio-gestación-parto es la base del manejo reproductivo, pues permite organizar la supervisión de cada animal, estimar indicadores e índices reproductivos de referencia y la aplicación del programa de salud reproductiva del hato. Esta información, a su vez puede ser la base para establecer políticas públicas de fomento ganadero regional e identificar/jerarquizar los factores de riesgo para problemas reproductivos.
- 2) Es necesario individualizar a los vientres del hato mediante algún sistema de identificación, para registrar su información reproductiva (ver Capítulo 5).
- 3) Independientemente del medio usado para registrar información (tarjetas, hojas electrónicas, programas computacionales), éste deberá permitir el registro individual de eventos reproductivos "clave" en cada ciclo reproductivo (capacidad para 10 ciclos) y actualizarse en forma rutinaria (plazo una semana). En los sistemas de doble propósito, pocos productores tienen la cultura de llevar registros productivos y reproductivos, por eso, es recomendable iniciar este proceso con sistemas sencillos y económicos, también convenientes para registrar información genealógica, de salud y causas de desecho.
- 4) Para establecer la condición de desempeño reproductivo del hato, es necesario contar con indicadores y sus valores "óptimos", de acuerdo al sistema de producción, los cuales pueden brindar una perspectiva "global" del proceso reproductivo (ej. intervalo entre partos, promedio de días abiertos) o de una parte del mismo (ej. intervalo parto-primer servicio, servicios/concepción). En hatos muy pequeños (<10 vientres), puede hacerse un seguimiento individual referido sólo a valores ideales de

indicadores. Los índices incorporan dos o más indicadores, para tener perspectivas de conjunto en periodos definidos (Tasa de preñez en 21 días = Tasa de servicio x Tasa de concepción; refleja eficiencia conjunta de detección de estros y fertilidad al servicio en periodo de 21 días) o permiten la estimación indirecta de un indicador (eficiencia en detección de estros a partir del valor promedio de intervalo entre estros). Es necesario estimar varios indicadores e índices, para poder analizar adecuadamente el desempeño reproductivo del hato.

Métodos/guía de aplicación

- 1) Registro de eventos reproductivos (ver Capítulo 5). Con base en la información de los registros, deberán elaborarse listados semanales o quincenales de vacas, para revisiones rutinarias pp, diagnósticos de gestación, revisión/seguimiento/tratamiento de vacas "problema".
- 2) Estimación de indicadores e índices reproductivos. Deben calcularse mensualmente y obtener un promedio rotativo anual (PRA, promedio de los últimos 12 meses; ej. al obtener los indicadores de septiembre de 2008, el PRA será el promedio de octubre de 2007 a septiembre de 2008). Los indicadores reproductivos utilizados en doble propósito se muestran en el Cuadro 80.

CUADRO 80. INDICADORES REPRODUCTIVOS Y SUS VALORES ÓPTIMOS Y LÍMITE EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO.

INDICADOR	FORMA DE CÁLCULO	VALOR ÓPTIMO	VALORES LÍMITE
Edad a primer parto (meses)	Promedio del número de meses transcurridos entre el día de nacimiento y el del primer parto.	30	<24 >36
Peso a primer parto (kg)	Promedio de los pesos a primer parto (antes del parto).	≥450	<400 >500
Días a primer estro postparto	Promedio del número de días transcurridos entre el día de parto y el día de primer estro detectado.	≤70	>120
Días a primer servicio postparto	Promedio del número de días transcurridos entre el día de parto y el día de primer servicio (IA o MN).	≤90	>120
Días abiertos	Promedio del número de días transcurridos entre el día de parto y el día de concepción.	≤130	>150
Tasa de concepción general (%)	Número de vacas gestantes entre el número de servicios proporcionados x 100 (IA o MN).	>65 MN >50 IA	<50 MN <40 IA
Periodo interparto (días)	Promedio del número de días transcurridos entre partos sucesivos.	≤420	>440
Mortalidad perinatal de crías (%)	Número de crías muertas durante la primera semana pp/Número de vacas paridas x 100.	<3	>3

Resultado esperado

- Contar con información reproductiva organizada, como base para identificar problemas y sus causas, así como monitorear los avances logrados después de la aplicación de estrategias correctivas.

Listado de revisión para la actividad

1. ¿Se aplica un sistema de identificación de animales y un registro de eventos reproductivos en el hato?
Facilita la obtención de información para conocer y evaluar la eficiencia reproductiva.
2. ¿El sistema de identificación utilizado individualiza a los animales, y el registro de eventos reproductivos incluye a todos los eventos de importancia?
Permite la estimación de indicadores e índices reproductivos adecuados para ubicar el nivel de desempeño del hato.
3. ¿Los registros reproductivos se actualizan con la regularidad adecuada, emitiéndose reportes de información resumida?
Permite disponer de listas de animales para revisión y tratamiento en su caso.
4. ¿El flujo de reportes incluye a todo el personal involucrado con el manejo reproductivo del hato?
Permite el acceso a información necesaria para la toma de decisiones a todo el personal cuyo trabajo influye en el desempeño reproductivo individual y del hato.
5. ¿Se obtienen varios indicadores reproductivos y se cuenta con sus valores óptimos como referencia?
Permite la posibilidad de aplicar un programa de salud reproductiva del hato.

Programa de salud reproductiva del hato

Descripción de la actividad. Uso estratégico de la información que ordenadamente se obtiene, registra y organiza, con el fin de identificar, corregir y prevenir los problemas reproductivos desde un enfoque de hato o colectivo.

Principios básicos

- 1) El programa de salud reproductiva del hato es una parte esencial del manejo reproductivo, basado en el análisis de indicadores e índices para identificar problemas, considerando factores de riesgo, para establecer estrategias correctivas. Incluye además la validación de estas últimas, de acuerdo a resultados.
- 2) Los indicadores e índices reproductivos pueden funcionar como metas de desempeño para el hato, o valores óptimos a los que habría que llevar al hato, o como señal de alarma de que existen problemas y es necesario aplicar estrategias correctivas (valores límite). Asimismo, es importante considerar que, en general, son consecuencia del efecto acumulado de varios eventos o factores. Por ejemplo, el intervalo entre partos depende del tiempo que tarden la involución uterina y la reanudación de la ciclicidad ovulatoria/estral, de la eficiencia en detección de estros, de la fertilidad al servicio y de la sobrevivencia embrionaria/fetal; a su vez, la fertilidad al servicio depende de la precisión en detección de estros, de la técnica y momento de IA con respecto al estro, y de la fertilidad del semen o del toro, entre otros.
- 3) El buen desempeño reproductivo del hato depende de la ocurrencia sana de una serie de eventos fisiológicos individuales (expulsión del producto y membranas fetales, involución uterina, reanudación de la ciclicidad ovulatoria/estral, concepción y gestación) y de la aplicación correcta de estrategias de supervisión y control reproductivo individual y colectivo que pueden tener gran influencia/efecto sobre los eventos fisiológicos. Las estrategias de supervisión y control corresponden al factor

humano, el cual, comúnmente, se encuentra asociado a la presentación de problemas reproductivos en el hato.

- 4) Es importante tener en cuenta que cada problema reproductivo es la parte visible o efecto de algún(os) factor(es) que predisponen a la presentación de ese problema. Como ejemplo, la prolongada duración del anestro posparto verdadero, puede ser consecuencia del amamantamiento sin restricción de la cría, de una mala condición nutricional de la vaca, de problemas en el periparto o de la interacción de estos tres factores. Cada uno de estos factores representa un factor de riesgo para el problema y, a su vez, puede presentar elementos o puntos críticos para su control. Ejemplo: el mayor efecto de la mala condición nutricional sobre la duración del anestro postparto, se da cuando ésta se presenta al parto y durante los primeros meses postparto; por lo tanto, el punto crítico de control para este factor de riesgo es promover y mantener una buena condición nutricional al parto y en los primeros meses del postparto.
- 5) En la identificación de problemas, factores de riesgo y puntos críticos, es de mucha utilidad analizar los indicadores e índices reproductivos por grupo de edad o de estado fisiológico, y también por época o periodo, si se sospecha que esto pueda relacionarse con el problema.

Métodos/guía de aplicación

Programa de salud reproductiva del hato

- a) Diagnóstico de la situación reproductiva. Realizar un análisis comparativo entre los indicadores e índices reproductivos actuales de la explotación y sus valores óptimos y límites. Si se detectan indicadores problema, tratar de determinar a partir de cuándo califican así y si existe alguna relación con cambios en el manejo (alimentación, rutinas para inseminación artificial, etc.), cambios de personal, condiciones ambientales (lluvias, temperatura, calidad de los pastos, etc.) o introducción de animales nuevos en el hato o en hatos vecinos. Iniciar un análisis primario/parcial de causas, naturaleza y gravedad de los problemas, de acuerdo a los indicadores afectados (Cuadro 81).
- b) Identificación de problemas reproductivos y sus causas posibles. Determinar si el problema se circunscribe a un grupo de edad (vaquillas de reemplazo, vientres de primero, segundo o más partos) y/o estado fisiológico (gestación, periparto, puerperio), estimando su (s) indicador(es) problema. Establecer, de acuerdo a los análisis realizados, cuáles podrían ser los factores de riesgo para el (los) problema(s) detectado(s) y los puntos críticos de control correspondientes (considerar las listas de revisión por actividad, inciso G, incluidas en los capítulos anteriores).
- c) Establecimiento y aplicación de plan de medidas correctivas. Jerarquizar acciones de acuerdo al análisis de puntos críticos de control y establecer un cronograma para aplicarlas, de tal manera que se cumplan metas y objetivos definidos con claridad. Es importante orientar el plan de medidas correctivas, para eliminar las causas de origen de los problemas.
- d) Validación de las medidas correctivas aplicadas. Evaluar los cambios en los indicadores e índices reproductivos problema. Los resultados obtenidos permiten confirmar si el diagnóstico de causas del problema fue correcto y si se actuó sobre los puntos críticos de control adecuados. En caso de no obtener los resultados esperados, se reajustará el plan de medidas correctivas parcial o totalmente. La jerarquización o importancia de los diferentes factores de riesgo para problemas

reproductivos puede cambiar, como consecuencia de la aplicación de un plan de medidas correctivas para un problema específico, ya que a su vez se cambian aspectos relevantes del manejo. Aparentemente, esto puede ocasionar nuevos problemas reproductivos que no parecían importantes, por lo que el programa de salud reproductiva del hato debe mantenerse en forma continua.

CUADRO 9. CAUSAS POSIBLES PARA MAL DESEMPEÑO EN INDICADORES REPRODUCTIVOS.

INDICADOR	PRINCIPALES CAUSAS PARA MAL DESEMPEÑO
Edad a primer parto	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo (evaluación de CC) en animales de reemplazo.</p> <p>Inadecuado programa de control para parasitosis y enfermedades infecciosas durante crianza, incluyendo enfermedades reproductivas.</p> <p>Alta proporción de sangre cebuina.</p>
	<p>Por abajo del límite mínimo</p> <p>Falta de definición de criterios y control para edad a primer servicio.</p>
Peso a primer parto	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Falta de definición de criterios y control para edad y peso a primer servicio.</p> <p>Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante gestación.</p>
	<p>Por abajo del límite mínimo</p> <p>Falta de definición de criterios y control para edad y peso a primer servicio.</p> <p>Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante gestación.</p>
Días a primer estro y servicio postparto	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Ausencia o inadecuado programa de control del amamantamiento.</p> <p>Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante lactancia tardía, secado y postparto.</p> <p>Mala eficiencia en detección de estros.</p> <p>Alta incidencia de problemas en periparto y puerperio y/o atención inadecuada a animales con problemas.</p> <p>Inadecuado programa de control para enfermedades reproductivas.</p> <p>Alta proporción de sangre cebuina.</p>
	<p>Por abajo del límite mínimo</p> <p>Mala precisión en detección de estros.</p> <p>Errores en manejo del semen congelado y la técnica y momento de IA.</p> <p>Ausencia de control de la capacidad reproductiva del semental.</p> <p>Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante lactancia tardía, secado y postparto.</p> <p>Alta incidencia de problemas en periparto y puerperio y/o atención inadecuada a animales con problemas.</p> <p>Inadecuado programa de control para enfermedades reproductivas.</p> <p>Alta proporción de sangre europea.</p>
Tasa de concepción general	<p>Por abajo del límite mínimo</p> <p>Todas las de tasa de concepción general.</p> <p>Periodo de espera voluntario para primer servicio muy corto (≤ 40 días).</p>
Días abiertos	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Todas las de días a primer estro y servicio postparto.</p> <p>Todas las de tasa de concepción general y a primer servicio.</p>
	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Todas las de días abiertos.</p> <p>Alta incidencia de abortos tardíos.</p>
Periodo interparto (días)	<p>Por arriba del límite máximo</p> <p>Todas las de días abiertos.</p> <p>Alta incidencia de abortos tardíos.</p>

Resultado esperado

- Contar con un procedimiento ordenado, para organizar/reorientar las diversas actividades relacionadas con el manejo reproductivo del hato, y así prevenir o corregir problemas que afecten su desempeño.

LITERATURA CITADA

- Anta E, Rivera J A, Galina C, Porras A y Zarco L. 1989. Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Veterinaria México* 20:19-25.
- Barbosa R, Barbosa P, de Alencar M, de Oliveira F e Fonseca V. 1991. Biometría testicular e aspectos do sêmen de touros das raças Canchim e Nelore. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 15 (3-4):159-170.
- Bastidas P, Silva O, Guerrero N y Trocóniz J. 1997. Evaluación del potencial reproductivo a campo en toros Brahman. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5 (Supl. 1):335-337.
- Blockey B. 1988. La fertilidad de los toros como factor de incremento de la fertilidad de los rodeos. *Therios: Revista de Medicina y Producción Animal*. Supl. 2:131-169.
- Chebel R C, Santos J E P, Reynolds J P, Cerri R L A, Juchem S O and Overton M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 84:239–255.
- Chenoweth P J. 1981. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology*. 16:155-177.
- Duren E and Walker J. 2000. Identifying the Functional Bull: Bull Soundness and Management. pp 4. 2nd Edition *Cow-Calf Management Guide*, Cattle Producers Library. Beef Roundup, Cooperative Extension, University of California, California, U.S.A.
- Edmondson A J, Lean I J, Weaver C O, Farver T and Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72:68-78.
- Galina C S and Arthur G H. 1989. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 2. Parturition and calving intervals. *Animal Breeding Abstracts* 57: 679-686.
- García-Ispuerto I, López-Gatius F, Santolaria P, Yániz J L, Nogareda C and López-Béjar M. 2007. Factors affecting the fertility of high producing dairy herds in northeastern Spain. *Theriogenology*. 67:632–638.
- Geymonat D y Méndez J. 1987. Circunferencia escrotal en toros y su relación con caracteres de producción y reproducción. pp. 46-66. En: Ostrowski J E (Comp.), 5 Congreso Latinoamericano de Buiatría. *Teriogenología IV. Temas sobre fisiopatología de la reproducción en bovinos, ovinos y porcinos*. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.

- González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Goicochea-Llaque J y Rodríguez-Urbina M A. 2003. Análisis de riesgos y puntos críticos de control en la actividad reproductiva en ganaderías de doble propósito. *Revista Científica FCV-LUZ XIII (4):245-254.*
- Grimard G, Freret S, Chevallier A, Pinto A, Ponsart C and Humblot P. 2006. Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Animal Reproduction Science 91:31-44.*
- Grunert E. 1986. Etiology and pathogenesis of retained bovine placenta. *In: Current Therapy in Theriogenology 2nd Edition., W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA, USA. pp. 237-242.*
- Hernández C J y Gutiérrez A C G. 2007. Factores asociados con la infertilidad en la vaca lechera en sistemas intensivos de producción. *Ciencia Veterinaria. 10:71-91.*
- Hidalgo O C, Tamargo O M C y Díez M C. 2005. Análisis del semen bovino. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA 2ª Época Número 2. Asturias, España. pp. 39-43.*
- Knights S A, Baker R L, Gianola D and Gibson J B. 1984. Estimates of heritabilities and genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. *Journal of Animal Science 58:887-893.*
- Latimer F G, Wilson L L, Cain M F and Stricklin W R, 1982. Scrotal measurements in beef bulls: Heritability estimates, breed and test station effects. *Journal of Animal Science 54:473-479.*
- Macmillan K L and Peterson A J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Animal Reproduction Science 33:1-25.*
- Nelson D D. 1995. Bull Selection and Breeding Soundness Evaluation for the Beef Producer. EB1601. Cooperative Extension, College of Agriculture and Home Economics, Washington State University, Washington, USA. p. 12
- Nett T M, Cermak D, Braden T, Manns J and Niswender G. 1988. Pituitary receptors for GnRH and estradiol and pituitary content of gonadotropins in beef cows. II. Changes during the postpartum period. *Domestic Animal Endocrinology 5:81-89.*
- Roelofs J B, Graat E A M, Mullaart E, Soede N M, Voskamp-Harkema W and Kemp B. 2006. Effects of insemination–ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology. 66:2173–2181.*
- Santos E R. 1995. Efecto de la condición corporal, la frecuencia del amamantamiento y su interacción sobre la duración del periodo anovulatorio, el desarrollo folicular ovárico y función lútea después del parto en vacas cebú. Tesis de Maestría. FES- Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. México. 78 p.

- Schuijt G and Ball L. 1986. Physical diagnosis during dystocia in the cow. *In: Current Therapy in Theriogenology* 2nd Edition, W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA, USA. pp. 214-219.
- Short R E, Bellows A, Staigmiller R B, Berardinelli J G and Custer E E. 1990. Physiological mechanism controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science* 68:799.
- Staples C R, Thatcher W W and Clark J H. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 73(4):938-947.
- Toelle V D and Robinson O W. 1985. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *Journal of Animal Science* 60:90-100.
- Vaccaro L y López J. 2002. Resultados Recientes de un Proyecto de Mejoramiento Genético de Bovinos de Doble Propósito. pp. 161-178. En: González C; Stagnaro E; Soto Belloso I; Ramírez I (Eds.). *Avances de la Ganadería de Doble Propósito*. Fundación Giraz. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. Cap. XI.
- Vera A H R. 1987. Cambios utero-ováricos durante el puerperio. pp. 112-125. En: *Aspectos Reproductivos de los bovinos lecheros*. División de Estudios de Posgrado, Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM y Programa Ganadero del estado de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- Veeramachanei D N R, Ott R S, Heath E H, McEntee K, Bolt D J and Hixon J E. 1986. Pathophysiology of small testes in beef bulls: relationship between scrotal circumference, histopathological features of testes and epididymides, seminal characteristics, and endocrine profiles. *American Journal of Veterinary Research* 47:1988-1999.
- Villagómez A M E, Castillo R H, Villa G A, Román-Ponce H y Vázquez P. C. 2000. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 38 (2):89-103.
- Villagómez A E; Zárate M J, Arellano M H, Villa-Godoy A and González-Padilla E. 2002. Effect of diet and suckling on follicle development and postpartum anestrus in dual purpose cows. p. 209. En: 27th Veterinary Congress, Túnez.
- Williams G L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. *Journal of Animal Science* 68:831-852.
- Williams G L and Griffith M K. 1995. Sensory and behavioural control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl* 49:463-475.

MEJORAMIENTO GENÉTICO



Sergio Iván Román Ponce¹
Jorge Quiroz Valiente²
Felipe de Jesús Ruiz López³
Teresa Beatriz García Peniche⁴

¹Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. CIR Pacífico Sur-INIFAP.

²Campo Experimental Huimanguillo. CIR Golfo Centro- INIFAP.

³CENID Fisiología Animal. INIFAP.

⁴Campo Experimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

MEJORAMIENTO GENÉTICO

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales en México, cuentan con alto potencial para desarrollar sistemas de producción de leche a bajo costo, debido a la gran cantidad de recursos naturales existentes, además de climas cálidos durante casi todo el año (De Dios, 2001; Koppel *et al.*, 2002). De manera contradictoria, en la economía ganadera del trópico, repercuten la combinación de algunos factores ambientales, como la humedad relativa y temperaturas ambientales altas, impedimento la adaptación de razas especializadas para la producción de leche, aunados a otras limitantes como la insalubridad y la mala calidad de la alimentación (Mc Dowell *et al.*, 1996). Pese a lo anterior, la ganadería tropical mantiene el potencial suficiente, para incrementar significativamente la producción nacional de leche.

Gran parte de las dificultades se deben a que la obtención de animales genéticamente superiores requiere tiempo, sin obtenerse resultados inmediatos; además, durante ese lapso, surgen oscilaciones como el entorno económico inherente a la producción de leche y preferencias del consumidor. Por lo tanto, se requieren animales con alta capacidad productiva en las regiones tropicales, lo cual conlleva un esfuerzo de todos los actores involucrados en el desarrollo de la ganadería regional (productores, técnicos, investigadores, etc.).

En México, los centros de investigación y enseñanza han invertido gran cantidad de recursos, tanto humanos como económicos, con el fin de generar información suficiente que proponga un programa sostenible de mejoramiento genético, para la producción de leche en el trópico mexicano.

Este manual contempla dos subprocesos prioritarios: 1. Diseño de un programa de mejoramiento genético y 2. Implementación del mismo (ver Figura 6 del Capítulo 1).

En el primero, se revisa el entorno de la unidad de producción y el diagnóstico del manejo genético en esa unidad, información básica para iniciar este trabajo, elegir las razas adecuadas y revisar las dos herramientas principales para dicho mejoramiento: selección y cruzamiento. Todo ello, deberá plasmarlo el técnico capacitado, desglosando un programa de mejoramiento genético para cada rancho. Todo lo anterior con el objetivo de implementarlo dentro de un programa de mejoramiento genético a través del uso de los sistemas de control de producción, interpretación de datos e indicadores productivos, mismos que deben de servir para seleccionar adecuadamente los sementales en los catálogos. Por ende se necesitan conocimientos elementales sobre el proceso de evaluación genética. Finalmente, se incluye una semblanza de los avances en genética molecular, con los temas relevantes para estos sistemas de producción en fechas próximas

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

Las actividades, métodos, guía de aplicación y los resultados para la elaboración de un diseño de mejoramiento genético se presentan en el Cuadro 82.

CUADRO 82. GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO.

ACTIVIDAD	MÉTODOS	GUÍA DE APLICACIÓN	RESULTADOS
Revisión del entorno de la unidad de producción.	Observación del entorno de la unidad de producción. Entrevista con el dueño. Recorrido de campo. Investigación de fuentes bibliográficas.	Páginas electrónicas: (http://clima.inifap.gob.mx/redclima/). INEGI: www.inegi.gob.mx SIAP: www.siap.gob.mx CNA: http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/normales.html www.accuweather.com	Identificar las características externas de la unidad de producción, porque su desconocimiento influye negativamente en el desarrollo del programa.
Elaboración del diagnóstico del manejo genético.	Organización de los genotipos animales. Forma de control productivo.	1. Determinar, con la información del ganadero o de los registros genealógicos, si los hay, el genotipo racial del animal, y clasificarlo fenotípicamente, aproximándolos en tres grupos: 1/4 Europeo x 3/4 Cebú, 1/2 Europeo x 1/2 Cebú y 3/4 europeo x 1/4 Cebú. 2. Clasificar en la raza correspondiente a los animales que fenotípicamente aparenten ser de raza pura. 3. Implementar un sistema de registro de información con tarjetas individuales (sección 2.1).	Diagnóstico genético del rancho por etapa productiva.
Elección de las razas apropiadas.	Revisión de información publicada y generada en los centros de investigación. Enseñanza sobre las razas productoras de leche (puras y sintéticas).	Elección de la raza más adecuada al sistema de producción, de acuerdo a la información disponible generada en México: www.tecnicapecuaria.org http://www.revistaganadero.com/ Entre otras revistas técnicas y divulgativas.	Elección de la raza o razas con mayor potencial. Elección de razas sintéticas: Holando Cebú, Suizbu, Taurindicus. Razas para cruzamientos (Holstein, o Suizo Americano con Cebú).
Selección, herramienta de mejoramiento genético.	Selección masal.	Utilizar los registros productivos de las características objeto de selección Índice de característica.	Conceptos sobre esquemas de selección intrahato.
Cruzamiento, herramienta de mejoramiento genético.	Esquema de cruzamiento alterno de dos razas.	Esquema de cruzamiento para poblaciones cruzadas.	Nociones sobre esquemas adecuados de cruzamiento.
Elaboración del programa de mejoramiento genético.	Revisión de información estadística demográfica y literatura. Recorridos de campo en la unidad de producción y su entorno. Entrevista con los participantes.	Contenido del Programa de Mejoramiento Genético: 1. Título. 2. Introducción. 3. Diagnóstico genético de la unidad de producción. 4. Objetivo general y específico. 5. Metodología de trabajo. 6. Control de producción. 7. Evaluación genética (técnico-productiva). 8. Retroalimentación. Literatura consultada.	Programa de Mejoramiento Genético acorde a las necesidades de la unidad de producción.

Revisión del entorno de la unidad de producción

Descripción de la actividad. Obtener la información necesaria que describa el entorno de la unidad de producción, con el objetivo de sustentar la toma de decisiones, para establecer un programa de mejoramiento genético.

Principios básicos. Esta actividad debe realizarse con el mayor detenimiento, pues de ella depende la toma de decisiones dentro de la unidad de producción. En el ámbito del mejoramiento genético, existen fenómenos como la interacción genotipo por ambiente, factor determinante en el fracaso o éxito de cualquier programa o esquema de mejoramiento genético (Martínez *et al.*, 1986; McDowell *et al.*, 1996).

La leche requiere de condiciones que garanticen el mantenimiento de su calidad, desde la unidad de producción hasta la planta acopiadora o procesadora. La revisión, tanto de las limitantes en la cadena fría, como del correcto suministro de los insumos y servicios, resulta necesaria para cerciorarse del funcionamiento de la industria láctea en la región y maximizar los beneficios económicos del productor al momento de tomar decisiones dentro de la unidad de producción.

Métodos

1. Solicitar el servicio de asesoría o consultoría y, con la mayor medida, prediagnosticar la situación; sobre todo evitar prejuicios que puedan conducir a cometer errores.
2. Consultar la información de las redes climáticas instaladas en el territorio del país, para determinar qué sistema de producción puede resultar más apropiado en el desarrollo de una unidad productora de leche.
3. Consultar la información de estudios de potencial productivo en la región, con la finalidad de sustentar la viabilidad de la producción de leche en la región. También se requiere conocer los lugares de disponibilidad de mano de obra semiespecializada para el sistema (vaqueros, ordeñadores, inseminadores, etc.).
4. Conocer la infraestructura externa a la unidad de producción (camino y servicios de energía eléctrica), para asegurar la cadena fría de la leche en tiempo y forma.
5. Conocer los canales de comercialización en el área de influencia del rancho. Si existe cultura ganadera en la producción de leche, será necesario identificar los centros de consumo más importantes, grupos de productores organizados, centro de acopio de leche para empresas paraestatales o privadas, tales como LICONSA, NESTLÉ, entre otras, o pequeños industriales que produzcan quesos y derivados lácteos regionales.
6. Asegurar al ganadero la presencia de centros regionales o locales de abastecimiento de insumos y material genético (criadores, banco de semen, abastecimiento de nitrógeno, etc.). Parte de la consultoría será desarrollar un listado de proveedores de los insumos básicos para la unidad de producción, dentro de los cuales deben incluirse los proveedores de material genético y servicios relacionados.
7. Tomar con cautela las recomendaciones realizadas por los proveedores (vendedores) de material genético (compañías vendedoras de semen) a través de sus agentes de venta, debido a que la función de éstos no es fungir como asesores ni consultores, y posiblemente carezcan de la formación y los conocimientos para dar recomendaciones en temas relacionados con mejoramiento genético.
8. Recurrir a consultoría altamente especializada, para las evaluaciones genéticas de los hatos o de poblaciones. Es recomendable contactar un genetista o grupo de

genetistas de alguna de las instituciones de investigación y enseñanza de la región o país.

Guía de aplicación. Utilice toda la información disponible en las oficinas gubernamentales de apoyo, instituciones de investigación y enseñanza, asociaciones ganaderas y distribuidores comerciales.

Información de apoyo

Páginas electrónicas: (<http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>).

INEGI: www.inegi.gob.mx

SIAP: www.siap.gob.mx

CNA: <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/normales.html>

www.accuweather.com

Elaboración del diagnóstico del manejo genético

Descripción de la actividad. Examinar la situación genética de la explotación, para fundamentar el programa de mejoramiento genético acorde a los objetivos de selección. El dueño o gerente de la empresa, debe asumir responsablemente el compromiso de este estudio; de él o de ellos dependen totalmente las soluciones y prácticas favorables para la empresa.

Principios básicos. Esta actividad debe realizarse cuidadosamente, para obtener información confiable, que pueda soportar las decisiones al interior del rancho, como el cambio de razas o el simple ordenamiento de los sistemas de cruzamiento o selección.

Métodos

1. Verificar que cada animal esté correctamente identificado; se le abrirá una tarjeta de control de registros productivos y reproductivos.
2. Identificar el sistema de registros utilizado en la explotación y el grado de utilización de la información acopiada.
3. Iniciar el programa de mejoramiento genético, tomando en cuenta los índices, en caso de existir información productiva recopilada.

Guía de aplicación

1. Asignar, a través de la información del ganadero o de los registros genealógicos, si los hay, el genotipo racial del animal. Cuando se carezca de antecedentes, los animales cruzados se clasificarán fenotípicamente, aproximándolos en tres grupos: 1/4 Europeo x 3/4 Cebú, 1/2 Europeo x 1/2 Cebú y 3/4 Europeo x 1/4 Cebú.
2. Clasificar en la raza correspondiente a los animales que fenotípicamente aparenten ser de raza pura.
3. Registrar la información en tarjetas individuales.

Elección de las razas

Descripción de la actividad. Elegir la raza o grupo de razas (cruzamiento), con posibilidad de mejor desempeño, para la producción de leche en la unidad, basándose en el conocimiento del entorno y del diagnóstico genético.

Principios básicos. Actualmente, se reconocen dos subespecies de bovinos: *Bos taurus* y *B. taurus indicus*. La primera subespecie es un vertebrado artiodáctilo de la familia Bovidae, que generalmente es doméstico, aunque en algunos casos se ha presentado en estado salvaje. Por otra parte, la segunda es una subespecie de bovino doméstico, originaria de Asia, se denomina genéricamente cebú. En el pasado, se discutió bastante su identidad y origen, llegando a considerársele una especie independiente *B. indicus*, tras sugerirse su descendencia del gaur (*B. gaurus*) y del banteng (*B. javanicus*). Se ha demostrado que el cebú es un descendiente de la subespecie de uro que habitaba antiguamente en India, *B. taurus namadicus*, y que fue domesticada hacia el 8000 a.c.

En consecuencia, el cebú pertenece a la misma especie *B. taurus* que cualquiera de las otras razas de ganado vacuno existentes, aunque siguen sin descartarse posibles cruzamientos en el pasado con las otras dos especies de bueyes salvajes asiáticos, citadas anteriormente (McDowell *et al.*, 1996; Teodoro y Madalena, 2005).

Métodos

1. Tomar la decisión conjuntamente con el productor, pues tendrá consecuencias a largo plazo.
2. Considerar para el establecimiento de los objetivos, las estrategias de mejoramiento genético existentes, el cruzamiento de razas especializadas en la producción de leche y la utilización de razas sintéticas resultantes de las mismas.
3. Utilizar las razas puras de mayor uso, Holstein y la Suizo Americano, sólo en programas de cruzamiento con razas cebuinas (Koppel *et al.*, 2002; Madalena, 2002), ya que si se explotan en forma pura en las regiones tropicales, presentan problemas de adaptación, con niveles bajos de productibilidad, índices de mortalidad altos y costos de producción por encima de los precios de venta.
4. Considerar que el uso correcto de los recursos genéticos dependerá del conocimiento sobre su comportamiento productivo en el medio ambiente donde se utilizarán o introducirán, lo cual permitirá establecer programas sostenibles de mejoramiento genético, para obtener incrementos productivos económicamente viables animales (Espinosa *et al.*, 2004; Madalena, 2002).
5. Tener en cuenta que, por lo anterior, el uso de razas sintéticas es la opción con mayor viabilidad bioeconómica, para la producción de leche en el trópico. La información generada por los centros de investigación indica que las razas sintéticas Holando Cebú (5/8 Holstein x 3/8 Cebú) y Suiz-Bu (5/8 Suizo x 3/8 Cebú), pueden beneficiar mayormente la producción comercial. En la actualidad, estas razas sintéticas son reconocidas por la SAGARPA y por ende están integradas formalmente en asociaciones de criadores de registro.

Existe información productiva de la producción de leche y desarrollo de los becerros que ha servido de sustento para la formación de estas razas, como se muestra en los Cuadros 83, 84 y 85.

Basar la elección en el diagnóstico genético y la toma de decisiones consultada con el productor, de tal manera que la raza se acepte por convencimiento y no por imposición. Lo anterior toma mucho más relevancia cuando se va a cambiar la raza en un rancho, ya que representa un cambio sumamente drástico en el interior de la explotación.

Guía de aplicación. Revisión de información publicada y generada en los centros de investigación y enseñanza, sobre las razas productoras de leche (razas puras y sintéticas).

CUADRO 83. CRECIMIENTO DE HEMBRAS DE LOS GENOTIPOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN LOS CAMPOS EXPERIMENTALES DEL INIFAP.

	PN ¹	PD ¹	PA ¹	P18 ¹
$\frac{1}{2}$				
HSC ²	33 (69)	174 (42)	216 (40)	294 (37)
SPC	34 (86)	189 (75)	229 (74)	306 (71)
SMC	34 (93)	202 (84)	248 (64)	316 (64)
$\frac{5}{8}$				
HSC	37 (95)	140 (88)	177 (79)	254 (73)
SPC	32 (73)	121 (57)	164 (54)	220 (53)
SMC	32 (46)	126 (30)	166 (18)	234 (18)
$\frac{3}{4}$				
HSC	37 (317)	142 (265)	192 (222)	266 (212)
SPC	36 (192)	140 (166)	192 (153)	264 (140)
SMC	36 (163)	150 (153)	206 (136)	282 (121)

(Román, 2006) PN: Peso al nacimiento, PD: Peso al destete, PA: Peso al año, P18: Peso a los 18 meses.

¹ Entre paréntesis número de observaciones. ² HSC = Holstein x Cebú; SPC = Suizo Pardo x Cebú; SMC = Simmental x Cebú

Fuente: (Barradas *et al.*, 1979; Calderón *et al.*, 1987; Guzmán, 1985; Leal *et al.*, 1986; Palomo *et al.*, 1986; Vega *et al.*, 1989).

CUADRO 84. CRECIMIENTO DE MACHO DE LOS GENOTIPOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN LOS CAMPOS EXPERIMENTALES DEL INIFAP.

	PN ¹	PD ¹	PA ¹	P18 ¹
$\frac{1}{2}$				
HSC ²	33 (41)	190 (36)	245 (35)	339 (28)
SPC	35 (69)	212 (66)	249 (48)	341 (28)
SMC	35 (96)	210 (79)	255 (42)	328 (29)
$\frac{5}{8}$				
HSC	38 (82)	135 (70)	184 (58)	254 (39)
SPC	36 (61)	133 (52)	178 (46)	261 (35)
SMC	36 (40)	134 (38)	172 (27)	255 (21)
$\frac{3}{4}$				
HSC	37 (214)	153 (196)	210 (150)	252 (82)
SPC	37 (207)	149 (187)	211 (155)	254 (66)
SMC	37 (199)	157 (176)	210 (136)	257 (69)

PN: Peso al nacimiento, PD: Peso al destete, PA: Peso al año, P18: Peso a los 18 meses.

¹ Entre paréntesis número de observaciones. ² HSC = Holstein x Cebú; SPC = Suizo Pardo x Cebú; SMC = Simmental x Cebú.

Fuente: (Barradas *et al.*, 1979; Calderón *et al.*, 1987; Guzmán, 1985; Leal *et al.*, 1986; Palomo *et al.*, 1986; Vega *et al.*, 1989).

CUADRO 85. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO HISTÓRICO DE LOS GENOTIPOS DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN LOS CAMPOS EXPERIMENTALES DEL INIFAP ¹

	LECHE/LACT. (kg)	DÍAS EN LACTANCIA	PROD. VACA LÍNEA (kg)	PERIODO INTERPARTO (DÍAS)	PROD. DÍA INTERPARTO (kg)
$\frac{1}{2}$					
HSC ²	2100 (592)	263 (592)	7.9	431 (557)	4.87
SPC	1706 (469)	250 (469)	6.8	425 (416)	4.01
SMC	1623 (300)	260 (300)	6.4	410 (280)	3.96
$\frac{5}{8}$					
HSC	2399 (123)	285 (123)	8.3	452 (84)	5.31
SPC	1818 (85)	268 (85)	6.7	450 (65)	4.04
SMC	1138 (18)	218 (18)	6.0	432 (8)	2.63
$\frac{3}{4}$					
HSC	2478 (691)	300 (691)	8.4	455 (512)	5.45
SPC	1994 (499)	285 (499)	7.1	465 (350)	4.89
SMC	1629 (294)	263 (294)	6.2	418 (228)	3.90

¹ Entre paréntesis número de observaciones. ² HSC = Holstein x Cebú; SPC = Suizo Pardo x Cebú; SMC = Simmental x Cebú.

Fuente: (Arreguín, 1988; Becerril *et al.*, 1981; Gleaves *et al.*, 1989; Hernández *et al.*, 1984; Leal *et al.*, 1986; López *et al.*, 1995; Palomo *et al.*, 1986; Rodríguez, 1981; Román y Román, 1981).

Selección

Descripción de la actividad. Escoger los animales que serán reproductores y progenitores de la siguiente generación.

Principios básicos. En las explotaciones lecheras, la selección se basa en el valor económico del animal, por lo que la venta de leche y animales es la entrada de dinero para los productores lecheros.

Los rasgos de las vacas lecheras con valor económico y un componente genético son:

- Rasgos de producción y calidad de leche: volumen de leche producida, grasa y proteína, conteos celulares somáticos.
- Características relacionadas con la longevidad del ganado (conformación del animal, fertilidad, etc.).

Métodos

1. La mejora genética se obtiene mediante criterios de selección que presenten variabilidad genética con alta heredabilidad, alta correlación con los objetivos de selección y fundamentalmente, fáciles y baratos de medir.
2. El avance o ganancia genética será menor, entre mayor sea el número de características del programa de selección.
3. Los animales deben seleccionarse en el ambiente en donde se vayan a desarrollar, porque de él depende su respuesta productiva (Magaña y Segura-Correa, 2006; Montaldo, 2001).

4. La selección siempre debe hacerse dentro de cada grupo contemporáneo (animales que estén produciendo bajo condiciones similares).
5. La información productiva de los animales y su genealogía son aspectos necesarios para elaborar un programa de selección; si falta alguno de ellos, o es de mala calidad, el programa genético no funcionará adecuadamente (Román, 2006). Información en relación a indicadores genéticos relacionados con el crecimiento de bovinos de doble propósito se presentan en los Cuadros 86 y 87.

Guía de aplicación. Selección masal.

CUADRO 86. HEREDABILIDADES PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO.

	h^2_d	ee
PN	0.40	0.094
P90	0.25	0.070
P205	0.28	0.046
P365	0.25	0.050
P540	0.29	0.057

PN: Peso al nacimiento; P90, P205, P365 y P540: Pesos ajustados a los 90, 205, 365 y 540 días, respectivamente. h^2_d : Heredabilidad sobre efectos genéticos directos; ee: error estándar. Fuente: (Román, 2006).

CUADRO 87. CORRELACIONES ENTRE EFECTOS GENÉTICOS DIRECTOS Y MATERNOS EN CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO.

CARACTERÍSTICAS		rGD	rGM
PN	P205	-0.34	-0.08
PN	P365	-0.22	-0.08
PN	P540	-0.16	-0.16
P205	P365	0.90	0.92
P205	P540	0.80	0.88
P365	P540	0.90	0.96
P205	PTL	0.20*	

rGD= Correlación entre efectos genéticos directos; rGM= Correlación entre efectos genéticos maternos; *Correlación genética para efectos genéticos directos usando un Modelo Semental Bivariado. Fuente: (Román, 2006).

Cruzamiento

Descripción de la actividad. Esta herramienta de mejora genética es el apareamiento de animales de distintas poblaciones o razas, el cual genera cambios genéticos rápidos y utiliza eficientemente los recursos genéticos disponibles, por lo que la complementariedad entre las razas genera animales más productivos, con las características económicas de mayor importancia (Montaño, 2008).

Principios básicos. El apareamiento de animales de diferentes razas se llama cruzamiento. Usualmente, las razas se han seleccionando por décadas para diferentes características y, por lo tanto, el conjunto de genes en razas alternativas son diferentes. Los hijos de los padres cruzados serán heterocigotos (o de otra manera, mestizos), que quiere decir que el

animal tendrá dos genes diferentes para la misma característica, ejemplo, producción de leche (McGloughlin, 1980).

Para muchos productores, el cruzamiento es una alternativa, para aumentar su producción lechera; sin embargo, la heterogeneidad de los animales cruzados complica el sostenimiento de niveles de producción adecuados. El fácil acceso a material genético de todas partes del mundo, hace cada vez más viable esta práctica. El cruzamiento es una alternativa para mejorar la composición de la leche, la salud, la fertilidad y la supervivencia. Es conveniente señalar que entre mayor sea la distancia filogenética de las poblaciones seleccionadas para realizar el cruzamiento, los beneficios del vigor híbrido o heterosis serán mayores; lo anterior explica por qué los animales cruzados muestran superioridad por arriba del promedio al de los animales puros de las razas parentales (Koppel *et al.*, 2002; López y Ribas, 1993; Román, 2006).

La heterosis se define como la diferencia entre el desempeño de los hijos cruzados y el promedio de ambas razas progenitoras; se expresa como un porcentaje de la media (Dickerson, 1973). Es específica para las razas que se cruzan y los caracteres que se consideren; muchos caracteres maternos exhiben heterosis, relacionada directamente con la proporción de pares de genes, cuyos elementos provienen de diferentes razas, conocido como heterocigosis (McGloughlin, 1980).

En el mundo actual, un grupo de razas lecheras han alcanzado alto grado de especialización; las más comunes son la Holstein, la Jersey y la Pardo Suiza. Otras razas importantes son: Ayrshire, Guernsey, Shorthorn lechera, Montbeliarde, Normanda y las tres rojas escandinavas (Sueca, Noruega y Danesa). De éstas, las más diseminadas mundialmente son: Holstein, que se distingue por su productividad, Pardo Suiza conocida por su rusticidad y riqueza en la leche, y Jersey, reconocida por su precocidad (Teodoro y Madalena, 2003, 2005).

Por otra parte, los sementales de razas sintéticas son una alternativa en todas las hembras de ordeña para las explotaciones comerciales, ya que evitan que el productor comercial realice cruzamientos desordenados. Una vez alcanzado el nivel de cruzamiento deseado, deben usarse sólo animales con la misma proporción genética, para mantenerse en el mismo genotipo. Con este enfoque, los criadores y los productores comerciales realizan sus selecciones, aumentando la productividad de las vacas en la ganadería tropical.

Método

1. La heterosis o vigor híbrido permite una productividad superior de los animales cruzados, por encima del promedio de animales puros de las razas que participan en el cruzamiento, cuando se mantienen contemporáneamente y bajo las mismas condiciones de producción (Dickerson, 1969, 1973).
2. El doble propósito aprovecha la adaptabilidad a los climas tropicales de las razas cebuinas y la productividad (leche y carne) de las razas europeas, como la Holstein, Suizo Pardo y algunas líneas de Simmental.
3. Los esquemas de cruzamiento, como el alterno de dos razas (Europeo x Cebú) fluctúa entre 33 y 66% en los porcentajes de cada raza, manifiestos en niveles de producción diferentes entre cada grupo. Teóricamente, muchos autores proponen entre 50 y 75% el mantenimiento del porcentaje de los grupos raciales, aunque en la realidad no se obtiene con este sistema de cruzamientos. En el trópico es difícil utilizarlo, ya que cuando los porcentajes de cada raza caen en los extremos, si alguna

de ellas excede el 75%, se disminuye mucho la productividad por un lado, y por el otro, se arriesga la sobrevivencia del animal (López y Ribas, 1993; Román, 2006; Román *et al.*, 2006).

4. El programa de selección razonablemente exitoso es más difícil, por la gran variación individual al utilizar animales cruzados, complicando la uniformidad en la producción.
5. La SAGARPA ha autorizado la creación de dos razas, con los lineamientos propuestos por INIFAP, dirigidas a los sistemas de producción de doble propósito Holando Cebú y Suiz-Bu, cuyo objetivo es ofertar pie de cría en proporciones de 5/8 de la raza Europea (Holstein en Holando Cebú y Suizo Pardo en Suiz-Bu) y 3/8 de Cebú. Esta proporción de razas puede beneficiar más la producción comercial.
6. Las dos formas básicas que permiten mantener la proporción adecuada de raza Europea en animales cruzados son: la utilización de cruzamientos de razas puras, y la de razas sintéticas con la proporción deseada. Además, se obtienen sementales que se adaptan al ambiente, sin necesidad de inseminación artificial. En la Figura 21 se presenta un esquema de cruzamiento alterno de dos razas.

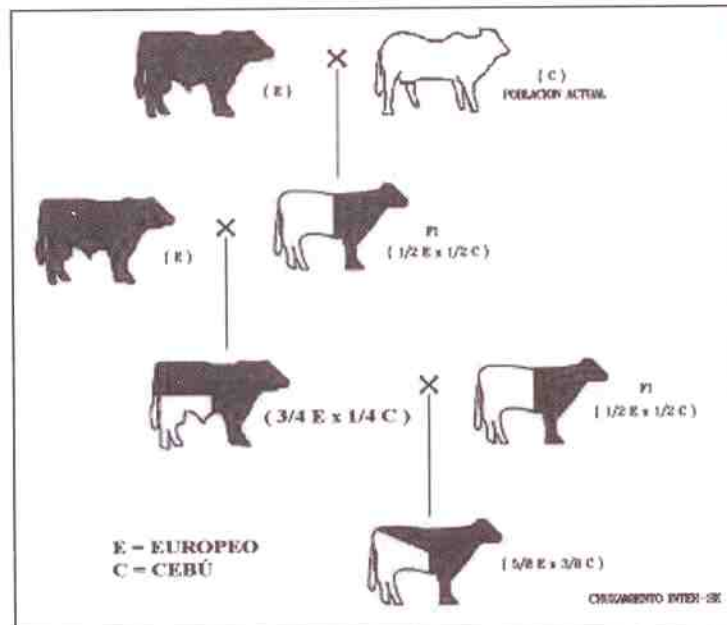


Figura 21. Esquema de cruzamiento para generar poblaciones 5/8, utilizando sementales cruzados.

Programa de mejoramiento genético

Descripción de la actividad. Su principal objetivo es ordenar, sistematizar y orientar el conocimiento adquirido y generado a través de todo el proceso, mediante la elaboración de un programa de mejoramiento genético que logre maximizar la respuesta a la selección, con base a las demandas del mercado.

Principios básicos. Todo programa, proyecto o estrategia debe escribirse y plasmarse en un documento que permita recurrir a él para su implementación, además de ser rector en la toma de decisiones, dentro de la unidad de producción.

Una manera de plasmarlo es mediante un guión determinado; los objetivos, metas y plan de trabajo deben consensuarse con el productor y el resto del personal que interviene en el rancho, con la finalidad de fortalecer el compromiso para ejecutarlo.

Método. Se ordena la información generada durante el proceso, basándose en un guión, con el objetivo de uniformizar los criterios de inclusión y exclusión de información. Una propuesta de guión es:

Título. Expresar los objetivos del programa de mejoramiento genético y de información que permita situar al lector en el ámbito espacial donde se desarrollará el programa. Deberá ser corto, preciso y armónico con el documento.

Introducción. Contendrá información necesaria para comprender el programa, orientando al lector hacia los objetivos del plan.

Diagnóstico genético de la unidad de producción. En este apartado, se incluye la información consultada y generada durante la realización del mismo. Se brindarán argumentos que justifiquen la elaboración de este plan de mejoramiento genético.

Objetivo general y específico. Deberán ser muy precisos y contener medios objetivamente verificables en tiempo y espacio.

Metodología de trabajo. Se explicará la metodología de trabajo para realizar el mejoramiento genético: los apartados de selección de las razas y el cruzamiento son fundamentales; deben describirse de manera puntual e indicar el qué y cómo llevarlos a cabo dentro de la unidad de producción.

Control de producción. Este apartado indicará la metodología del seguimiento productivo del rancho: los formatos a utilizar, la frecuencia de los registros y la manera cómo podrán apoyar la toma de decisiones dentro del rancho.

Evaluación genética (técnico-productiva). Se deben contactar las universidades o instituciones de investigación que ofrezcan apoyo para las evaluaciones, así como el modelo de asociación, contrato de servicios profesionales directos o institucionales y colaboración científica, entre otras.

Retroalimentación. Podrá realizarse en cuanto se tengan los primeros resultados de las evaluaciones técnico-productivas. Este apartado consiste en replantearse metas lógicas y alcanzables, por lo que cada explotación tendrá un nivel de desarrollo acorde a sus posibilidades y plan de trabajo consensuado.

Literatura consultada. Sólo se mencionará la literatura consultada, sin necesidad de la citación dentro del texto.

Guía de aplicación

- Revisión de información estadística demográfica y literatura.
- Recorridos de campo en la unidad de producción y su entorno.
- Entrevista con los participantes.

Resultado. Programa de mejoramiento genético

Ejercicio:

Elaboración de un programa de mejoramiento genético

El productor Pedro Páramo del municipio de Benito Juárez en un estado tropical, solicitó asesoría para instalar un rancho productor de leche en la región seca.

El Sr. Páramo comenta que su familia tradicionalmente se había desarrollado como productora de becerros para la exportación de las razas Suizo Americano y Suizo Europeo y sus cruza con Cebú; preferentemente usa la raza Brahman. Todo su ganado es comercial, aunque los sementales son de registro, adquiridos con productores de la región.

El Sr. Páramo sólo estudió hasta quinto año de primaria en la escuela de una congregación del municipio, de aula única, es decir, un maestro imparte en el mismo salón los seis grados simultáneamente. Es casado tiene dos hijos, uno de 14 y otro de 12 años, quienes estudian en la secundaria del pueblo más cercano. Está interesado en la producción de leche, porque escuchó que el Gobierno Federal a través de LICONSA y un programa de ordeño por contrato, van a pagar la leche a buen precio.

El productor lleva un croquis de cómo llegar a su rancho de 55 hectáreas y 25 vacas en ordeña.

Información de apoyo

Localización geográfica

Latitud: 21° 10' al norte

Longitud: 97° 51' al oeste

Altitud: 260 metros sobre el nivel del mar

Clima: A (C) Cálido subhúmedo con lluvias en verano

Temperatura promedio anual: 23 °C

Precipitación pluvial: 1300 milímetros anuales

Épocas del año: lluvias (junio a noviembre) secas (diciembre a mayo), caliente (marzo a agosto) y menos caliente (octubre a febrero).

Actividad

1. ¿Cuáles serían tus recomendaciones para el productor? (2 puntos)
2. ¿Cuáles son las limitantes a las que se enfrenta el productor para alcanzar los objetivos? (2 puntos)
3. ¿Cuáles son las fortalezas del productor para alcanzar los objetivos? (2 puntos)
4. ¿Qué información falta en el texto, para elaborar un programa de mejoramiento genético a este productor? (2 puntos)
5. Elabora un programa de mejoramiento genético en donde tú determines (realiza una simulación) la información faltante de manera clara y concreta para este productor, siguiendo el guión propuesto en la actividad 1.6. (12 puntos)

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

Las actividades más importantes para la implementación de un programa de mejoramiento genético se presentan en el Cuadro 88.

CUADRO 88. GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO.

A) ACTIVIDAD	B) MÉTODOS	C) GUÍA DE APLICACIÓN	D) RESULTADOS
Sistemas de control de producción	Registro de eventos productivos y reproductivos.	Formatos de la tarjeta de vacas y becerros. Uso de software apropiado.	Contar con información productiva organizada que permita interpretar los datos e indicadores, así como las evaluaciones genéticas.
Interpretación de datos e indicadores	Índice de características.	Evaluación a través del tiempo. Seleccionar los mejores animales para pie de cría y escoger los de desecho.	Toma de decisiones
Evaluaciones genéticas	Modelo animal	Uso de registros genealógicos y productivos.	Catálogo de sementales.
Interpretación de catálogo de sementales	Selección a través de los valores genéticos (de cría) estimados.	Peso al nacimiento. Indicador de la posible dificultad de la vaca al parto. Peso al destete directo. Indicador del crecimiento predestete de la progenie del animal evaluado. Peso al destete materno. Indicador del potencial de producción de leche de sus hijas. Peso al año. Indicador de la ganancia posdestete de sus crías. Producción de leche. Indica la diferencia probable de la producción de las hijas en producción de leche fluida. Porcentaje de grasa y proteína. Indica la diferencia probable de la producción de las hijas en el porcentaje de grasa y leche en la leche.	Listado de sementales mejoradores para las características de interés económico dentro del programa de mejoramiento genético del rancho.
Genética molecular	Uso de marcadores moleculares	Toma de la muestra de ADN en sangre y folículo de pelo.	Mayor precisión en las evaluaciones genéticas.

Sistemas de control de producción

Descripción de la actividad. Este sistema se basa en los registros productivos y reproductivos, anotaciones de los sucesos de la vida productiva de un animal. Cualquier

registro, fundamentalmente debe ser simple, de fácil comprensión, manejo e interpretación, por lo que se requieren formatos adecuados. Se recomienda una tarjeta por animal.

Principios básicos. Acopio periódico de los datos de importancia económica en los animales, como los registros productivos, reproductivos, de crecimiento y de salud. Éstos forman una base de datos que puede analizarse para generar reportes, en los que se incluyen los valores genéticos de los animales bajo control de producción.

Métodos

1. Un sistema de registro de producción requiere reconocer a los animales visiblemente a distancia, con una identificación única, permanente e irreplicable, pero que además resulte fácil de implementar y económica.
2. La clave/número que identifica a cada vaca debe ser única y permanente y el dispositivo/método de identificación debe ser visible a media distancia y lo más duradero posible. Conviene ajustar sus características a lo establecido por el Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado (SINIGA; CNOG-SAGARPA).
3. Si no es posible obtener alguna información, sea cual sea, es recomendable dejar vacío el espacio (dato perdido), ya que anotar algún dato inventado o aproximado, genera una base de datos falsa e inútil, pues es difícil diferenciar los datos verdaderos de lo demás.
4. El caso particular de los registros de genealogía (padre, madre, abuelos, etc.) en las ganaderías comerciales sirven para:
 - a) Evitar apareamientos consanguíneos.
 - b) Detectar, en caso de mejoramiento genético, los animales que están generando las crías mejor o peor adaptadas al sistema de producción.
 - c) Detectar animales portadores de enfermedades genéticas.
 - d) Fungir como indicador del nivel de organización de la explotación, debido a que para los productores es de especial interés saber la ascendencia de los animales aptos para la reproducción, especialmente sementales de alto valor económico.

Guía de aplicación. Registro de eventos productivos y reproductivos.

Información organizada que permita identificar puntos críticos y/o de oportunidad, para mejorar el desempeño y monitorear los avances logrados después de aplicar estrategias correctivas.

La leche debe pesarse por lo menos cada dos semanas, para estimar adecuadamente la producción total por lactancia (Zamudio *et al.*, 1987).

Interpretación y uso de indicadores

Descripción de la actividad. Esta información es valiosa para la toma de decisiones, pues permite evaluar objetivamente cada sistema de producción. Los indicadores deben ser sencillos y de fácil interpretación.

Principios básicos. La información recopilada a través del control de producción generará indicadores de productividad que se interpretarán de acuerdo al desempeño de los animales contemporáneos.

Métodos

1. Los indicadores deben calcularse con base en registros productivos veraces, pues de ellos depende la evaluación productiva de la explotación (para mayor información ver anexo MG2).
2. Los indicadores pueden calcularse en hojas de cálculo electrónicas o utilizando programas de cómputo.
3. La comparación de la información generada en la explotación sólo es comparable entre los animales contemporáneos, es decir, los animales del mismo sexo que generaron indicadores en el mismo año y durante la misma época.
4. Las comparaciones entre ranchos o índices generados en distintos ranchos, son indicadores del manejo global, pero no determinan la diferencia genética entre ellos.

Guía de aplicación. La fórmula para calcular el índice de característica (IC) es:

$$IC = \left(\frac{V}{P} \right) \times 100$$

Donde:

IC = Índice de característica

V = Valor del registro individual de la característica

P = Promedio de la característica en el hato

Información de apoyo. Por ejemplo, la media de un rancho en producción de leche por lactación, en la época de sequía para el año 2007 fue de 2000 kilogramos, y hay una vaca que parió en el año 2007 en la época de sequía y produjo 1500 kilogramos de leche. Su índice será:

$$I_{\text{Lactación}} = \frac{1500}{2000} \times 100 = 75$$

Si el resultado es mayor a 100, el animal mejora la media del hato, si es inferior, no.

Así que, si en algún momento el propietario necesita vender una hembra, la vaca de este ejercicio es una elección viable, ya que no representa probabilidad de mejora productiva para el rancho.

Evaluación del material genético

Descripción de la actividad. Estas evaluaciones permiten estimar el "valor genético" de los animales, es decir, su valor como animales mejoradores, a través de métodos estadísticos sofisticados.

Principios básicos. La base genética es el punto de referencia utilizado para expresar el valor genético de un animal para un rasgo, por lo que éstos se expresan como una desviación de la primera.

Métodos

- 1) El modelo utilizado actualmente, considera todas las relaciones de parentesco entre los animales evaluados y calcula un valor genético para todos ellos.
- 2) La veracidad de los registros genealógicos y productivos es fundamental para obtener resultados correctos, debido a que en este sistema de evaluación, el resultado de un animal depende de los registros de él mismo y de sus parientes, ascendientes y descendientes (Baron *et al.*, 2002; Rehout *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2002).
- 3) La mitad del valor genético se denomina Diferencia Esperada en la Progenie (DEP ó EPD, por sus siglas en inglés) y Habilidad de Transmisión Predicha (HTP ó PTA, por sus siglas en inglés) para las características cárnicas y las características de producción de leche y sus componentes, respectivamente. Ambos indicadores sirven para realizar el ordenamiento de los animales como progenitores.
- 4) La producción de leche es la principal característica evaluada en las razas lecheras, pero la grasa y la proteína también son importantes.
- 5) Las características cárnicas evalúan las velocidades de crecimiento en distintas fases, pero cada vez son más importantes las de calidad de la canal.
- 6) El promedio del valor genético de los animales nacidos cada año, origina la tendencia genética de la raza de los animales evaluados.
- 7) La metodología de modelos mixtos considera o corrige para apareamientos no aleatorios ("lo mejor con lo mejor") y diferencias en el manejo de ranchos, generaciones y regiones.

Guía de aplicación. La interpretación dependerá de cada catálogo de sementales, pues cada compañía y país tiene su propia caracterización.

Resultado. Tener criterios para la interpretación de los catálogos de sementales.

Interpretación de catálogo de sementales

Descripción de la actividad. Un catálogo de sementales es una relación de machos valorados genéticamente y ordenados de acuerdo a cada característica evaluada.

Principios básicos. Los catálogos de toros los producen y publican las compañías de inseminación artificial e incluyen evaluaciones actualizadas de los toros, con registros productivos de sus hijas (pruebas de progenie).

Métodos

1. La valoración parte de los controles de producción, de la morfología, de la reproducción, etc. del propio individuo, de sus antecesores y de su descendencia.
2. El ganadero deberá escoger, del conjunto de animales evaluados, el animal que vaya mejor con la característica de interés. Sin embargo, incluye también información de otras características que pueden relacionarse con el sistema de producción como facilidad de parto, conteo de células somáticas, capacidad reproductiva del macho y de la hembra, etc.
3. La valoración genética predice el comportamiento futuro de la progenie de un animal, comparada con la de otros de su misma raza, para un carácter específico. Se expresa en las unidades propias de la característica (kg, días, etc.).

4. La exactitud o precisión tiene valores de 0 a 1. A mayor exactitud, mayor confianza en el valor estimado, y se espera poca variabilidad cuando se incorporen más registros productivos de más parientes.
5. Las estimaciones de los valores de las características se utilizan para saber qué sementales se usarán y qué tanto se usarán en el hato.

Guía de aplicación

- Peso al nacimiento. Indicador de la posible dificultad de la vaca al parto.
- Peso al destete directo. Predice el crecimiento predestete de la progenie del animal evaluado.
- Peso al destete materno. Indicador del potencial de producción de leche de sus hijas.
- Peso al año. Indicador de la ganancia posdestete de sus crías.
- Producción de leche. Indica la diferencia probable de la producción de las hijas en producción de leche fluida.
- Porcentaje de grasa y proteína. Indica la diferencia probable de la producción de las hijas en el porcentaje de grasa y leche en la leche.

Resultado. Semental seleccionado.

Información de apoyo

- Información que no se obtiene mediante las evaluaciones genéticas.
- Número de kilogramos que cambiará la media del hato.
- Comparación de razas diferentes.

Las evaluaciones genéticas son sólo una herramienta para seleccionar los animales más idóneos y saber cuáles, aparentemente, se adaptan más a cada sistema de producción. En la ganadería tropical, las crías de los animales de los catálogos tienen el potencial suficiente para mejorar la productividad en cualquiera de las explotaciones, independientemente del orden de aparición en el catálogo.

Para calcular el posible cambio de la descendencia de un animal, se utiliza la fórmula siguiente del Intervalo de Confianza. La aplicación de esta fórmula en la práctica se ilustra en la Figura 22.

$$IC = EPD \pm \alpha \sqrt{(1 - r_{AF}^2) \sigma_a^2}$$

Donde:

IC = Intervalo de confianza

EPD = Diferencia esperada en la progenie

α = Valor de tablas

r_{AF}^2 = Exactitud

σ^2 = Varianza de la característica

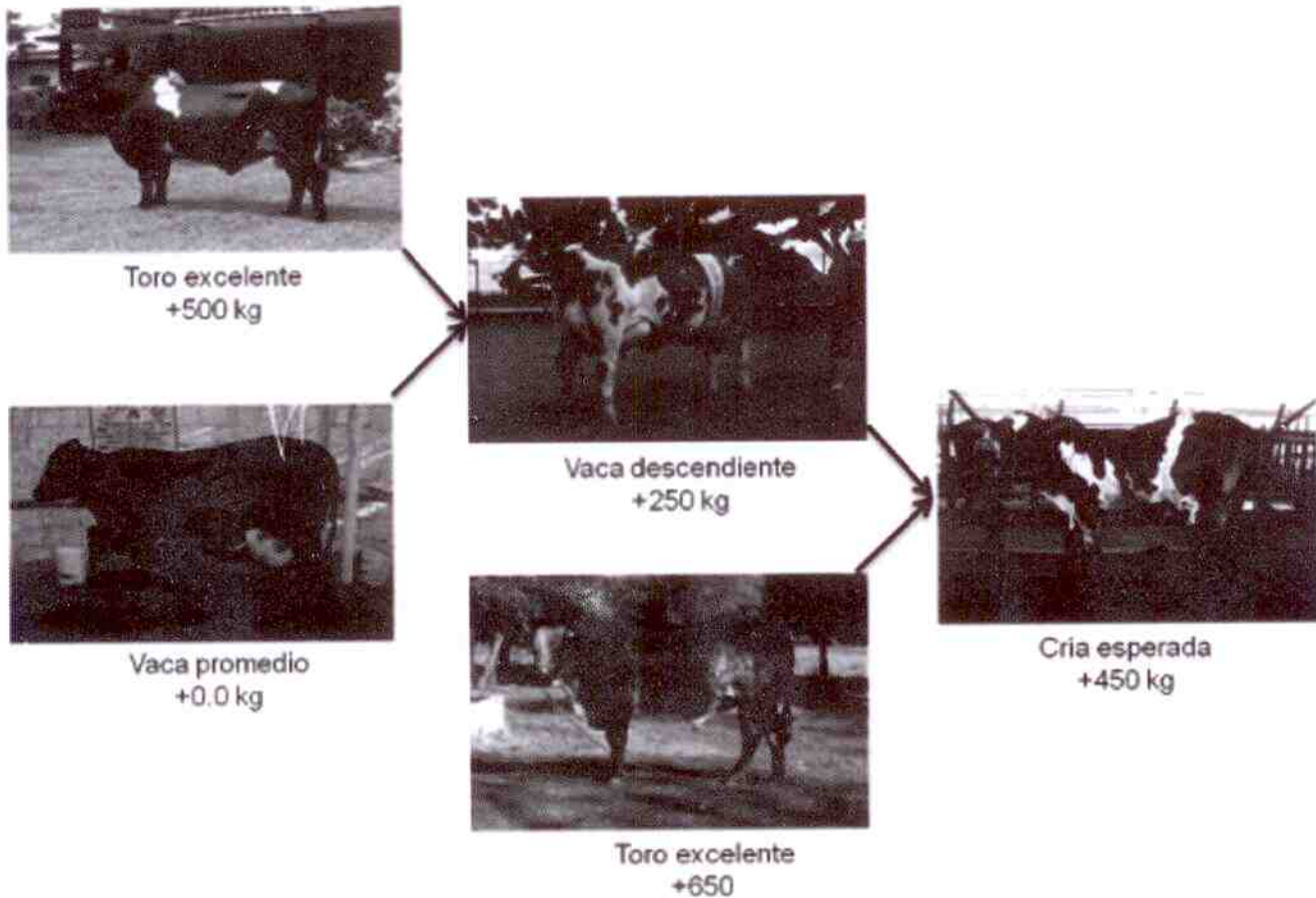


Figura 22. Descendencia de animales de doble propósito genéticamente mejorados.

Genética molecular

Descripción de la actividad. Esta rama de la biología estudia la estructura y función de los genes a nivel molecular. Los estudios sobre el ADN han permitido descubrir en el genoma secuencias muy peculiares, asociadas a características específicas que reciben el nombre de marcadores moleculares. En la producción animal tiene distintas aplicaciones, como el establecimiento de paternidades, detección de animales portadores de enfermedades genéticas o establecimiento de características cualitativas. Sin embargo, los marcadores moleculares son útiles para mejorar características cuantitativas.

Principios básicos. El interés en el uso de marcadores genéticos se encamina a mejorar la precisión del mérito genético de los animales. Características difíciles o costosas de medir, como la eficiencia alimenticia, resistencia a enfermedades y la composición de la leche y de la canal (Casas, 2006; Parra *et al.*, 2007), ayudan a predecir con mayor exactitud las características de importancia económica, debido a que dependen en gran medida de la variabilidad; además, permiten detectar la diversidad de los cambios en las preferencias de mercado y del consumidor.

Alguna información errónea ha llevado a generalizar la idea de que las valoraciones genéticas serán innecesarias cuando se cuente con marcadores genéticos; sin embargo, las mediciones no podrán sustituirse y los marcadores se convierten en un apoyo para evaluaciones más precisas.

Actualmente, algunos estudios están encaminados a la posibilidad de detectar poblaciones adaptadas a diversos ambientes ecológicos y productivos (Quiroz *et al.*, 2005; Quiroz, 2007). Los marcadores genéticos se han utilizado con éxito en la asignación de individuos a poblaciones, con el fin de detectar la pureza de líneas y de mantener la diversidad genética. En la actualidad, tienen mayores perspectivas en el control de paternidad, especialmente en los programas de mejoramiento (Sifuentes *et al.*, 2006). También se utilizan en sistemas de rastreabilidad, con la finalidad de asegurar el origen e identidad génica de los productos derivados de los animales en forma confiable y objetiva.

Métodos. La Selección Asistida por Marcadores (SAM) consiste en combinar la información aportada que predice (como un índice) el efecto de los QTL, seguidos con información sobre rendimientos, para elegir entre los candidatos los que deberán probarse, mejorando la precisión de la elección por ascendencia. Es particularmente eficaz para los caracteres de escasa heredabilidad, como fertilidad y resistencia a las enfermedades, cuando los QTL marcados tienen un efecto importante (de 0.5 a 1 de desviación típica genética en el caso del programa francés), los caracteres se expresan en un solo sexo o tardíamente en la vida del animal (selección lechera), o los caracteres son difíciles de medir (resistencia a las enfermedades y comportamiento).

Guía de aplicación. En la actualidad, se tiene la tecnología para incorporar información para vida productiva, fertilidad y calificación para células somáticas, con la cual se pretende mejorar la selección en características como salud y condición física, usando marcadores genéticos. También se prevé la utilización de otros marcadores en la selección de toros para: color de la capa, enfermedad de las vacas locas (CVM), BLAD, deficiencia de la uridina monofostato sintética (DUMPS), kapa caseína, beta caseína y beta lactoglobulina.

Información de apoyo. Toma de la muestra de ADN en sangre y folículo de pelo.

Ejercicio 1

Con la información de los catálogos de sementales disponibles durante el curso, elaborar los intervalos de confianza para tres características productivas evaluadas y seleccionar los sementales que utilizarías para Pedro Páramo, dentro de su programa de mejoramiento genético; el número de sementales a utilizar estará en función del programa de mejoramiento genético que implementarás:

Fórmula

Intervalo de Confianza:

$$IC = EPD \pm \alpha \sqrt{(1 - r_{AF}^2) \sigma_A^2}$$

Donde:

IC = Intervalo de confianza

EPD = Diferencia esperada en la progenie

α = Valor de tablas

r_{AF}^2 = Exactitud

σ^2 = Varianza de la característica

Ejercicio 2

Compara los sementales con la información de los seleccionados para las características productivas que utilizarías para Pedro Páramo, dentro de su programa de mejoramiento genético, considerando todas las características de interés económico para el productor.

Sigue el ejemplo que a continuación se expone.

Ejemplo:

Comparación de dos animales para producción de leche (kg), misma raza y exactitud.

Semental A = 500

Semental B = 650

Hijos de A – hijos de B = -150 kg

Interpretación:

En promedio se esperaría que las hijas de A produjeran 150 kilogramos menos de leche que las hijas de B.

Son predicciones de la diferencia de la progenie de dos sementales, no de la producción que tendrán sus hijas.

LITERATURA CITADA

- Arreguín, A. J. A. 1988. Fase de Producción. p 27-32. In: Octavo Día del Ganadero del Campo Experimental Playa Vicente, Playa Vicente, Veracruz.
- Baron, E. E., Martinez, M. L., Verneque, R. S. y Coutinho, L. L. 2002. Parentage testing and effect of misidentification on the estimation of breeding value in Gir cattle. *Genetics and Molecular Biology* 25: 389-394.
- Barradas, L. H. V., Román, P. H. y Monroy, A. V. 1979. Comportamiento de becerros de razas lecheras en diferentes sistemas de alojamiento en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 37: 29-33.
- Becerril, P. C. M., Román, P. H. y Castillo, R. H. 1981. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruizas con cebú F1 en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 40: 16-24.
- Calderón, R. R., Gonzáles, O. A., Toledo, C. F., Rojas, B. E. y Herrera, S. J. 1987. Fase de desarrollo. Dentro del la quinta demostración del módulo de producción de leche Sta. Elena con ganado Suizo Pardo en pastoreo. INIFAP, Hueytamalco, Puebla.
- Casas, E. 2006. Aplicación de la genómica para identificar genes que influyen sobre características económicamente importantes en animales. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14: 24-31.

- De Dios, V. O. O. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. 1a ed. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco., Villahermosa, Tabasco. 376 p.
- Dickerson, G. E. 1969. Experimental Approaches in utilising Breed Resources. *Animal Breeding Abstracts* 37: 191-202.
- Dickerson, G. E. 1973. Inbreed and heterosis in animals. p 57-77. In: Proc. Of Animal Breeding and Genetic Simp. In honor Dr. Jay Luch., Champaign. Illinois, USA.
- Espinosa García, J. A., Wiggins, S., González Orozco, A. T. y Aguilar Barradas, U. 2004. Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. *Técnica Pecuaria en México* 42: 55-70.
- Gleaves, O. G., Rosete, F. J. V. y Olazaran, J. S. 1989. Fase de producción en: Tercera Evaluación del Módulo de Doble Propósito La Doña, Campo Experimental Las Margaritas, Hueytamalco, Puebla.
- Guzmán, C. T. 1985. Crianza y desarrollo de becerros de Doble Propósito en: Primer Día del Ganadero del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Oaxaca, AC, INIP.
- Hernández, L. J. J., Román, P. H., Padilla, R. F. J., Koppel, R. E. T., Pérez, S. J. y Castillo, R. H. 1984. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 5. Efecto de raza, producción láctea y peso corporal sobre los niveles de triyodotironina en dos estaciones del año. *Técnica Pecuaria en México* 47: 78-81.
- Koppel R., E.T., G.A. Ortiz O., A.Ávila D., J. Lagunes L., O.G. Castañeda M., I. Lopez G., U. Aguilar B., H. Roman P., J.A. Villagomez C., R. Aguilera S., J. Quiroz V. y C. C. Calderón R. 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. 2ª. ed. INIFAP, Veracruz, México. 161 p.
- Leal, S. M., Espinoza, G. J., Quiroz, V. J., Pensabé, C. C., Martínez, D. F., Barrón, A. M. y Koppel, R. E. T. 1986. Manejo y avances de investigación con ganado de doble propósito, INIFAP, San Pedro, Balancán, Tabasco. 32 p.
- López, D. y Ribas, M. 1993. Formación de nuevas razas lecheras. Resultados en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 27: 1-10.
- López, F. R., Mejía, E. F., Quiroz, V. J. y Orozco, V. L. E. 1995. Estimación de la producción láctea de Vacas *Bos indicus* x *Bos taurus* en el norte de Chiapas. p 365. In: Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, México, D.F.
- Madalena, F. E. 2002. Avances en las aplicaciones del mejoramiento genético de bovinos en Brasi. p 1-13. In: XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Valera, Venezuela.
- Magaña, J. G. y Segura-Correa, J. C. 2006. Body weights at weaning and 18 months of Zebu, Brown Swiss, Charolais and crossbred heifers in south-east Mexico. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123: 37-43.

- Martínez, F., Quejiero, M. y Guimond, H. 1986. Ganadería Lechera en el Trópico Húmedo en México Experiencia de una década en la Chontalpa, Nestlé de México, SA de CV. Villahermosa, Tab.México.
- McDowell, R. E., Wilk, J. C. y Talbott, C. W. 1996. Economic Viability of Crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for Dairying in Warm Climates. *Journal of Dairy Science* 79: 1292-1303.
- McGloughlin, P. 1980. The relationship between heterozygosity and heterosis in reproductive traits in mice. *Animal Production* 30: 69-77.
- Montaldo, H. H. 2001. Genotype by environment interations in livestock breeding programs: A review. *Interciencia* 26: 229-235.
- Montaño Bermúdez, M. 2008. Cruzamientos entre razas en la producción de carne de bovino. p 2. In: SNITT (ed.) *Bovinos Carne No. 2008. Tecnología de llave en mano*. INIFAP. México, D.F.
- Palomo, G. C., Villagomez, A. E., Cuevas, H. O. y Ortiz, G. A. 1986. Módulo de doble propósito: Avances en su implementación. VI Día del ganadero Campo Experimental Pecuario Playa Vicente. INIFAP. Playa Vicente, Veracruz. 26 p.
- Quiroz, J., Landi, V., Martínez, A., Barba, C. y Vega Pla, J. L. 2005. Asignación de individuos a poblaciones caprinas a partir de técnicas moleculares. *Ovis* 100: 67-77.
- Quiroz, V. J. 2007. Caracterización genética de los bovinos criollos mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. Tesis de Doctorado, 147 p., Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Rehout, V., Hradecka, E. y Citek, J. 2006. Evaluation of parentage testing in the Czech population of Holstein cattle. *Czech Journal of Animal Science* 51: 503.
- Rodrigues S. G., Oliveira, D. A. A., Teixeira, C. S., Oliveira, P. F., Coelho, E. G. A., Alves, C., Velloso, A. P. S. y Pereira, J. C. C. 2002. Microsatellites BM2113, ILSTS005, ILSTS008, ETH131 and RM88 for parentage tests in bovines of Gir breed. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 54: 309-313.
- Rodríguez, G. F. 1981. Ganado Lechero en el Trópico. 27-29p. Tercer Día del Ganadero. Campo Experimental La Posta. INIP. Paso del Toro, Veracruz.
- Román, P. H. y Román, P. C. 1981. Producción de leche en sistema extensivo tradicional en clima tropical. *Técnica Pecuaria en México* 40: 7-15.
- Román Ponce, S. 2006. Estimación de componentes de varianza y covarianza en una población multirracial de ganado bovino dentro de un sistema de doble propósito en el trópico mexicano. Tesis de Maestría. 86 p., Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- Román, P. S., Román, P. H., Ruiz, L. F. J., Castañeda, M. O. G., Hernández, H. V. D., Calderón, R. R., Sánchez, R. S. y Granados, Z. L. 2006. Producción de leche de vacas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) en el trópico mexicano. p 219. In: XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, Ver., México
- Sifuentes Rincón, A. M., Parra Bracamonte, G. M., de la Rosa Reyna, X. F., Sánchez Varela, A., Serrano Medina, F. y Rosales Alday, J. 2006. Importancia de las pruebas de paternidad basadas en microsatélites para la evaluación genética de ganado de carne en empadre múltiple. *Técnica Pecuaria en México* 44: 389-398.
- Teodoro, R. L. y Madalena, F. E. 2003. Dairy production and reproduction by crosses of Holstein, Jersey or Brown Swiss sires with Holstein-Friesian/Gir dams. *Tropical animal health and production* 35: 105-115.
- Teodoro, R. L. y Madalena, F. E. 2005. Evaluation of crosses of Holstein, Jersey or Brown Swiss sires x Holstein-Friesian/Gir dams. 3. Lifetime performance and economic evaluation. *Genetics and Molecular Research* 4: 84-93.
- Vega, M. V. E., González, O. A., Peraza, L. I. J. y Palacios, L. A. 1989. Fase de desarrollo dentro de la tercera evaluación del modulo de doble propósito La Doña con ganado Suizo Pardo, Suizo Pardo X Cebú, Holstein X Cebú y Simmental X Cebú, en pastoreo rotacional. p 27-42. CE Las Margaritas. INIFAP. Hueytamalco, Puebla.
- Zamudio, N. A., Quiroz V., J., Bedolla, S. J. G., Casas, E. y Vázquez, P. C. 1987. Predicción de la producción total real de leche a partir de mediciones parciales en condiciones tropicales. p 417-418. In: XXIII Reunión de Investigación Pecuaria en México. México, D.F.

SALUD ANIMAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO



Jesús Antonio Álvarez Martínez¹
Rubén Hernández Ortiz²
Antonio Cantú Covarrubias³
David Herrera Rodríguez⁴
Dionicio Córdova López¹
Enrique Herrera López¹
Francisco Aguilar Romero¹
Efrén Díaz Aparicio¹
Marco Antonio Santillán Flores¹
Víctor Manuel Banda Ruiz¹

¹CENID Microbiología- INIFAP.

²CENID PAVET- INIFAP.

³Sitio Experimental Aldama. CIR Noreste- INIFAP.

⁴Asesor Privado. davidherreramvz@yahoo.com.mx

SALUD ANIMAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La enfermedad se define como "la alteración de la salud que suprime la sensación de bienestar y aminora las capacidades para realizar las actividades normales".

Historia natural de la enfermedad

La historia natural o evolución de una enfermedad, es el curso de acontecimientos suceden en el organismo entre la acción secuencial de las causas componentes (etiología) hasta que se desarrolla la enfermedad y llega el desenlace (curación, paso a cronicidad o muerte). (Nelson y Master, 2007). La historia natural de una enfermedad es la evolución de una enfermedad sin intervención médica, al contrario del curso clínico, que describe la evolución de la enfermedad que se encuentra bajo atención médica.

Gracias al conocimiento de la historia natural de una enfermedad, es posible conocer su causa o etiología, los medios de prevención, diagnóstico, tratamiento y pronóstico. Según el curso que presentan, son agudas, crónicas, periódicas o intermitentes. Por el modo de propagarse, son contagiosas, endémicas, epidémicas, pandémicas, etc.

La enfermedad sigue un curso antes de que se manifiesten signos clínicos en el animal. A partir de las primeras manifestaciones, dependiendo del tipo de enfermedad, y de las condiciones del individuo, del tiempo y lugar, evoluciona hacia etapas de curación, cronicidad, complicación o muerte.

Etapas prepatogénica. Es anterior a las primeras manifestaciones subclínicas. Los factores desencadenantes aún no han presentado cambios relacionados con la enfermedad.

Etapas subclínica. Es el periodo del curso de la enfermedad que va desde el influjo de los factores causales, hasta las primeras manifestaciones clínicas inespecíficas. En esta etapa los cambios pueden ser detectados por exámenes paraclínicos en forma casual o en campañas de detección masiva o temprana de algunas enfermedades, o en la necropsia, cuando la muerte ocurre por otras causas.

Etapas prodrómica. Existen mecanismos generales, confusos, en donde no siempre es fácil hacer un buen diagnóstico, a menos que se tenga una amplia experiencia o agudeza clínica, o de estar al tanto de la patología de un determinado lugar en cierto periodo. La agudeza clínica puede orientar hacia los exámenes clínicos. El conocimiento de la epidemiología de las patologías comunes en determinados lugares, para realizar un diagnóstico correcto.

Etapas clínica. En esta etapa las manifestaciones son más claras que en la anterior, aunque la descripción típica de una enfermedad, con su sintomatología completa, se logre más tardíamente, cuando para algunas enfermedades ya se presentan complicaciones o dificultades para el tratamiento adecuado, o cuando ya no hay nada que hacer.

Finalmente ocurre el desenlace, cuando espontáneamente la enfermedad se puede curar o pasar a la cronicidad con daños irreversibles que inducen a su vez otras enfermedades más peligrosas, o puede terminar en la muerte en un plazo más o menos corto.

La red causal. La premisa fundamental de la epidemiología desde su nacimiento como disciplina moderna ha sido la afirmación de que la enfermedad no ocurre ni se distribuye al azar, y sus investigaciones tienen como propósito identificar claramente las condiciones que pueden ser calificadas como “causas” de las enfermedades, distinguiéndolas de las que se asocian a ellas únicamente por azar (Álvarez-Martínez y Pérez-Campos, 2004).

El incesante descubrimiento de condiciones asociadas a los procesos patológicos, ha llevado a la identificación de una intrincada “red de causas” para cada padecimiento, y desde los años setenta, se postula que el peso de cada factor presuntamente causal depende de la cercanía con su efecto aparente. La epidemiología contemporánea ha basado sus principales acciones en este modelo, denominado “red de causalidad”.

Para conocer qué enfermedades son las más comunes en una zona, es necesario investigar en qué condiciones se presentan, con qué frecuencia, en qué época del año, y qué poblaciones son las más afectadas (edad, sexo, tipo de animal, raza, etc.). Esta información tiene como finalidad establecer el número de animales afectados en un tiempo y lugar específicos. Para esto se emplean conceptos epidemiológicos, como la prevalencia, incidencia, morbilidad y mortalidad, que permiten determinar si las acciones efectuadas conducen a la disminución de las enfermedades o en la región, o estimar la velocidad con la cual surten efecto.

Para conocer si la ocurrencia de enfermedades está ligada o asociada a las condiciones ambientales, se recomienda recurrir a la experiencia de personal de campo, de médicos veterinarios, farmacias, a los registros de laboratorios de diagnóstico, así como a dependencias oficiales relacionadas con la actividad. Esta información es la base para el establecimiento de calendarios de vacunación, desparasitación, y de diversos tratamientos, así como para corregir o generar medidas preventivas de manejo, para disminuir o cortar la cadena de transmisión y diseminación de enfermedades.

DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES

Distribución temporal y espacial de las enfermedades

Descripción de la actividad. Para el control de las enfermedades es necesario conocer su distribución en el tiempo, lugar y qué tipo de población afecta; esto es, determinar su distribución temporal y espacial. Las enfermedades afectan a las poblaciones dependiendo de la zona, del tiempo y época del año (Rotman *et al.*, 2008).

Principios básicos de la actividad

Indicadores epidemiológicos

Frecuencia. Número de veces que se repite un evento. Por ejemplo: número de animales de una población que presentan una característica (enfermedad, muerte o evento).

Prevalencia. Es la proporción de animales de una población que presenta una característica (enfermedad, muerte o evento) en un momento dado, o en un periodo determinado ("prevalencia de periodo"). Por ejemplo, para calcular la prevalencia de abortos en la población de un rancho, el día en que se realiza la visita de revisión, se divide el número de casos que presentan la enfermedad, entre el número de animales que componen la población en un determinado momento.

La prevalencia proporciona un dato actualizado de la situación de las enfermedades en la región en cierto periodo. Ayuda a tomar decisiones sobre salud animal, en especial para decidir qué enfermedades se deben atacar y hacia dónde enfocar los recursos disponibles. La fórmula para determinar la prevalencia es:

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{No. de animales enfermos en un momento dado}}{\text{Total de la población de animales en ese momento}} \times 100$$

Por ejemplo, la prevalencia de brucelosis en la región "X" en una muestra representativa de 450 animales, sin importar el total de animales en la población y el número de casos, fue determinada por la presencia de anticuerpos a la prueba de rivanol, donde 46 resultaron positivos. Así:

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{Animales enfermos: 46}}{\text{Animales muestreados: 450}} 0.10 \times 100 = 10\%$$

Incidencia. Existen dos tipos: la incidencia acumulada o densidad de incidencia.

Incidencia acumulada. Es la proporción de individuos que enferman durante un periodo determinado, que puede ser de un año, un mes, una semana e incluso unas horas, dependiendo del periodo de incubación de la enfermedad que se esté estudiando. En la determinación de la incidencia sólo se toman en cuenta los animales sanos al inicio del periodo. La incidencia acumulada se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Incidencia acumulada} = \frac{\text{No. de casos nuevos en determinado periodo de tiempo}}{\text{No. de animales sanos al inicio del periodo}} \times 100$$

Por ejemplo, la incidencia anual acumulada de brucelosis en un hato es determinada por el seguimiento a un total de 500 animales en un año, todos sanos al inicio, 85 de los cuales resultaron positivos a la prueba de rivanol. Así:

$$\text{Incidencia anual acumulada} = \frac{\text{Casos nuevos: 85}}{\text{Animales sanos al comienzo: 500}} 0.17 \times 100 = 17\%$$

La incidencia indica la rapidez con la que avanza la enfermedad en la población. El ejemplo muestra que en un lapso de un año enferman de brucelosis 17 animales de cada 100.

Morbilidad. Es la cantidad de animales enfermos en una población. Se manejan varios conceptos de morbilidad en los cuales se abarca la palabra "tasa", que asocia el periodo en que ocurre la morbilidad.

La tasa cruda de morbilidad general es el número de enfermos en un rancho o explotación en un periodo de tiempo (por ejemplo un mes o un año), entre la población total de esa

explotación, rancho o región. Esta cantidad se multiplica por 100 o por 1,000, dependiendo del tamaño de la población que se está estudiando.

Tasa de morbilidad específica por causa, es el total de enfermos por determinada causa específica (por ejemplo neumonía) en la explotación, rancho, o región, entre la población total en esa zona al inicio del periodo de estudio. Esta cantidad se multiplica por 100 o por 1,000.

Como ejemplo se tiene la morbilidad (número de animales enfermos) en explotaciones de lechería intensiva, donde todo animal enfermo entra al numerador, sin importar la enfermedad. Así, la morbilidad de vacas en producción de los establos es del 12%.

Ejemplo de morbilidad específica; en esta se catalogan los datos en referencia una enfermedad en particular, como el caso de la morbilidad de mastitis de las vacas en producción en los establos, que es del 5%.

Mortalidad. La mortalidad se define como la presentación de muertes en una población. Designa un número proporcional de muertes en una población y tiempo determinado. Al igual que la morbilidad, la mortalidad puede ser general y específica por causa.

Se tiene una tasa cruda de mortalidad (TCM) que se estima como:

TCM = Cantidad de muertes en un lapso de tiempo (un año, por ejemplo) en una explotación, rancho o región, entre la población total. Esta cantidad se multiplica x 100 o por 1,000, dependiendo del tamaño de la población que se está estudiando.

Ejemplo de tasa cruda de mortalidad, es cuando se menciona que la mortalidad en explotaciones de lechería intensiva es del 15%. No se especifica ninguna enfermedad en particular, sino que todas las posibles causas están incluidas.

Ejemplo de tasa específica de mortalidad, es cuando se menciona que la tasa de mortalidad por problemas reproductivos en explotaciones de lechería intensiva es del 8%. Donde se entiende que sólo aquellas causas relacionadas con la reproducción son incluidas.

Es posible ser aún más específico, indicando que la tasa de mortalidad por abortos es del 5%. Este dato permite determinar y focalizar mejor los problemas particulares (Thrusfield, 2007).

Factores de riesgo. Un factor de riesgo es toda circunstancia o situación que ocasiona un aumento en las probabilidades de un ser vivo de contraer una enfermedad, como el cáncer del ojo. En el caso de los tipos de cáncer, cada uno tiene diferentes factores de riesgo. Por ejemplo, es un factor de riesgo la falta de pigmentación periocular en algunas razas, y la exposición sin protección a los rayos solares (Smith, 2005).

Factores pronóstico. A diferencia de los factores de riesgo, son aquellos que predicen el curso de una enfermedad una vez que está presente. Sin embargo, hay casos en que cuando aparece la enfermedad, los factores de riesgo son a su vez factores pronóstico (mayor probabilidad de que se desarrolle un evento)

Marcadores de riesgo. Son características de los animales que no pueden modificarse (edad, sexo, raza).

En epidemiología, los factores de riesgo son aquellas características y atributos (variables) que se presentan asociados de manera diversa con la enfermedad o el evento estudiado. Los factores de riesgo no son necesariamente las causas, sólo están asociadas con el evento. Como constituyen una probabilidad medible, tienen valor predictivo, y pueden usarse con ventajas tanto en prevención individual como en grupo. El estudio epidemiológico que mejor identifica un factor de riesgo, es un estudio prospectivo, como el estudio de cohortes.

El término **factor de riesgo** fue utilizado por primera vez por el Dr. Thomas R. Dawber, investigador de enfermedades cardíacas, en un estudio publicado en 1961, donde atribuyó la presión arterial, el colesterol o el hábito tabáquico a la cardiopatía isquémica.

Tipos de riesgo

El grado de asociación entre el factor de riesgo y la enfermedad se cuantifica con determinados parámetros que son:

- a. **Riesgo individual.** Es la posibilidad de un individuo o de un grupo de población con unas características epidemiológicas de animal, lugar y tiempo definidas, de ser afectado por la enfermedad.
- b. **Riesgo relativo.** Es la relación entre la frecuencia de la enfermedad en los individuos expuestos al probable factor causal y la frecuencia en los no expuestos.
- c. **Riesgo atribuible.** Es parte del riesgo individual que puede ser relacionada exclusivamente con el factor estudiado y no con otros.
- d. **Fracción etiológica del riesgo.** Es la proporción del riesgo total de un grupo que puede ser relacionada exclusivamente con el factor estudiado.

El factor de riesgo es causal cuando su presencia contribuye a explicar la ocurrencia de una enfermedad, y constituye un marcador cuando sólo aumenta la probabilidad de que se presente el efecto, sin que su presencia ayude a explicar la ocurrencia del padecimiento.

Causa se define como un evento, o un estado de la naturaleza, que inicia o permite (sola o en conjunto con otras) una secuencia de eventos que resultan en un efecto, o bien, como el fundamento de algo. La razón, motivo u origen de algo, o el factor que es posible alterar para producir, modificar o prevenir un efecto.

De manera general, la identificación de factores de riesgo es un ejercicio de comparación de situaciones que representan un riesgo para determinados grupos o individuos. Se establece cuáles variables o causas muestran un efecto sobre el resultado; esto es, que causas están asociadas a la ocurrencia de una enfermedad en un lugar determinado, o en grupos específicos.

Evaluaciones causa-efecto en medicina. Una asociación puede definirse como la dependencia estadística que existe entre dos o más factores, donde la ocurrencia de un factor aumenta (o disminuye) a medida que el otro varía; sin embargo, la existencia de asociación no implica necesariamente causalidad.

Una asociación causal, o relación de causa-efecto, se manifiesta cuando el cambio en la frecuencia o intensidad de la exposición es seguido por un cambio en la frecuencia o intensidad del efecto.

El razonamiento básico, aunque no único, para establecer una relación causal es la secuencia de eventos, esto es, la causa precede al efecto. De manera más específica, para concluir que dos o más factores tienen relación causa-efecto, es necesario demostrar que la asociación entre ellos es válida y causal. En algunos estudios epidemiológicos, como los de prevalencia (transversales) o los de casos y controles, se utiliza una estimación indirecta del riesgo relativo, a la que se conoce como razón de productos cruzados (RPC), razón de momios (RM) o en inglés *odds ratio* (OR).

La razón de momios (RM) se calcula con el apoyo de software para realizar paso a paso el análisis bivariado (dos variables), estratificado (dos variables controladas por una tercera) o mediante modelos de regresión logística para desarrollar un análisis multivariado. La razón de momios también se puede calcular manualmente con el apoyo de una calculadora, lo único que se requiere es ingresar los datos a analizar en un cuadro de dos por dos.

Usos. A través de estudios epidemiológicos identificar factores de riesgo en una población específica, que pueden ser modificados por alguna forma de intervención, logrando disminuir la probabilidad de la ocurrencia de una enfermedad u otro daño específico. La identificación de los factores o agentes que causan las enfermedades es importante para establecer tratamientos y, sobre todo, para aplicar medidas preventivas. También se debe considerar si la causa de las enfermedades es única o múltiple.

Como resultado de investigaciones epidemiológicas, existe información sobre factores de riesgo para distintas enfermedades. Por ejemplo, en el estado de Morelos en 1997 se encontró que los bovinos de raza Holstein tenían ocho veces mayor riesgo de ser reactivos (positivos) a tuberculosis en la prueba de intradermorreacción con el antígeno PPD, comparados con la presencia de reactivos positivos a la misma prueba en el ganado bovino de raza Cebú.

En el mismo estudio, se observó que al comparar entre las razas Holstein y Cebú, el ganado productor de leche (Holstein), comparado con el productor de carne (Cebú), tenía cinco veces más riesgo de ser reactor en la prueba de intradermorreacción con el antígeno PPD, comparados con la presencia de reactivos positivos a la misma prueba en el ganado bovino de raza Cebú.

Comparación del riesgo de ser reactor en la prueba de intradermorreacción para el diagnóstico de tuberculosis, entre las razas Holstein y Cebú.

Raza	Valor de OR	Resultado
Holstein vs Cebú	OR 8.12	(2.45 - 32.53)
Sexo		
Hembras - Machos	OR 3.09	(1.29 - 7.89)
Nivel de producción láctea		
20 a 25 L vs 1 a 3 L	OR 7.66	(2.32 - 26.76)
Tipo de ganadería		
Prod. leche vs Prod. Carne	OR 5.53	(2.52 - 12.63)
Doble prop. vs Prod. Carne	OR 2.49	(1.12 - 5.74)

Para esto es útil emplear las tablas de dos por dos para realizar el análisis de los datos; estas tablas son concisas y fáciles de analizar estadísticamente cuando las variables analizadas son cualitativas. En ellas se acomodan los valores observados tomando en

cuenta la población total o los datos totales, y se coloca el resto de los datos en las casillas correspondientes.

Como resultado del análisis de razón de momios.

Se obtiene la cantidad de animales que estuvieron expuestos al factor y de éstos, cuántos son positivos y cuántos negativos. Igualmente, del total se obtiene la cantidad de animales no expuestos, y de éstos, los que son positivos y los que resultan negativos.

Descripción del análisis de razón de momios.

Efecto

		Presente	Ausente	
Exposición	Presente	No. de sujetos expuestos que desarrollan el efecto (a)	No. de sujetos expuestos que no desarrollan el efecto (b)	Subtotal (a + b)
	Ausente	No. de sujetos no expuestos que desarrollan el efecto (c)	No. de sujetos no expuestos que no desarrollan el efecto (d)	Subtotal (c + d)
		Subtotal (a + c)	Subtotal (b + d)	Total (a + b + c + d)

$$OR \text{ o } RM = a \times d / b \times c$$

Si se retoman los datos mencionados anteriormente para la razón de momios para ganado de leche, en comparación con ganado de carne, se tiene:

Ejemplo del análisis de la razón de momios.

Comparación del riesgo de ser reactor en la prueba de intradermorreacción para el diagnóstico de PPD para tuberculosis, entre las razas Holstein y Cebú.

		Resultado al PPD		
		Positivos	Negativos	
Raza	Holstein	No. de sujetos expuestos que desarrollan el efecto 106 (a)	No. de sujetos expuestos que no desarrollan el efecto 570 (b)	Subtotal (a + b) 676
	Cebú	No. de sujetos no expuestos que desarrollan el efecto 3 (c)	No. de sujetos no expuestos que no desarrollan el efecto 131 (d)	Subtotal (c + d) 134
		Subtotal (a + c) 109	Subtotal (b + d) 701	Total (a + b + c + d) 810

$$RM = 106 \times 131 / 570 \times 3 = 13886 / 1710 = 8.12$$

Esto significa que el ganado Holstein, tiene 8.12 veces más riesgo de ser reactor a la prueba de intradermorreacción con el antígeno PPD, comparado con la presencia de reactores positivos a la misma prueba en el ganado bovino de raza Cebú.

Interpretación de riesgo relativo o razón de momios.

Si valor del RR o RM es mayor de 1, la exposición se encuentra asociada positivamente con el evento, lo que quiere decir que aumenta la probabilidad de desarrollarlo. Esta probabilidad es mayor a medida que el valor se aleja positivamente de la unidad; luego entonces, el factor al que el animal está expuesto, es un factor de riesgo.

Con valor igual a 1, los riesgos se consideran nulos, ya que no hay asociación entre la enfermedad y el factor de exposición, o sea, no existe asociación entre la aparición de la enfermedad y el factor de exposición.

Si el valor es menor de 1, la exposición está asociada de manera inversa con el evento, esto es, la exposición disminuye la posibilidad de desarrollar el evento (protector), por lo tanto el factor al que el animal está expuesto es un factor protector.

Es importante distinguir esta significación clínica de la significación estadística, porque la primera está dada por la magnitud del RR o RM y la segunda por la probabilidad (o valor p) de que el RR o RM encontrado sea real.

Otras estimaciones que pueden realizarse son el riesgo atribuible (o diferencia de riesgos) que permite distinguir el efecto absoluto de la exposición, y expresa la proporción de individuos expuestos, que por efecto de la exposición, desarrollarán el efecto, así como la fracción etiológica (o porcentaje de riesgo atribuible) que permite estimar la proporción del riesgo o el efecto observado en los sujetos expuestos que es atribuible a la exposición.

Examen clínico en ganado lechero

Examen físico. Para el diagnóstico de alteraciones patológicas en el organismo animal, se conocen cuatro métodos (Jackson y Cockcroft, 2002):

1. **Inspección.** Comprende todo lo que se observa a simple vista, junto con lo que registra el olfato (emanación de secreciones, excreciones, respiración, etc.) y se realiza de dos formas: directa, en la que se utiliza simplemente la vista y olfato, e indirecta, en la que se utilizan aparatos de registro y medición, entre otros.
2. **Palpación.** Sensación recibida por el tacto de anomalías proyectadas en la superficie del cuerpo. Se puede palpar consistencia, sensibilidad, extensión, forma, movilidad, temperatura y resistencia (blando, pastoso, firme, duro, fluctuante y crepitante).
3. **Percusión.** Vibración de una parte del cuerpo por medio de golpes que producen un ruido. Existen tres formas: directa, en la que se utilizan los dedos golpeando breve, rápido y ligero; indirecta, que se caracteriza por la interposición de un cuerpo entre el agente percutor y la región explorada; y topográfica, que sirve para delimitar los órganos.

Los sonidos de percusión son: mate, de intensidad escasa y corta duración, que generalmente se produce al percutir órganos sólidos; timpánico, el cual se genera en los órganos provistos de gas, con un timbre metálico de mayor intensidad; y claro, que se produce al percutir sobre órganos huecos. A diferencia del timpánico, el gas no se encuentra a presión.

4. **Auscultación.** La auscultación permite escuchar los sonidos producidos por la actividad funcional de un órgano, y es directa, en la cual se acerca el oído a la pared del cuerpo, e indirecta, mediante el estetoscopio.

Examen clínico general. Junto con la historia clínica de la enfermedad, el examen clínico general se realiza para diagnosticar o para identificar el sistema afectado, e implica los siguientes exámenes (González *et al.*, 1991).

1. Temperatura corporal
2. Frecuencia cardíaca
3. Frecuencia respiratoria
4. Movimientos ruminales
5. Exploración de mucosas
6. Exploración de nódulos linfáticos
7. Exploración ordenada de aparatos y sistemas
8. Constantes fisiológicas del bovino

A continuación se describe la técnica para realizar cada uno de los exámenes mencionados:

- ✓ Verificar que el termómetro se encuentre en cero, o en su defecto, que el mercurio se encuentre en la base del termómetro.
- ✓ Lubricación del bulbo del termómetro con vaselina o agua y jabón.
- ✓ Introducir el bulbo en el recto, lentamente y con movimientos rotatorios, por un periodo mínimo de un minuto, o en el caso del termómetro digital, hasta que éste lo indique.

Frecuencia cardíaca

- Se realiza mediante un estetoscopio, colocándolo del lado izquierdo entre el tercer y quinto espacio intercostal a la altura del codo, en un periodo de un minuto o 15 segundos, contando el número de latidos. Si se toma durante 15 segundos, el número de latidos se multiplica por cuatro.
- Se toma por palpación, colocando la yema de los dedos anular y medio sobre las arterias superficiales (arteria maxilar) durante un minuto.

Frecuencia respiratoria

- Se realiza mediante un estetoscopio, colocándolo entre el sexto y séptimo espacio intercostal en la región pulmonar. Se cuenta el número de inspiraciones en un periodo de un minuto.
- La frecuencia respiratoria también se puede obtener observando la expansión torácica abdominal por un minuto.

Movimientos ruminales. Existen dos formas para conocer los movimientos ruminales:

Directa

- Con el puño se presiona firmemente el flanco izquierdo del animal durante dos minutos, para distinguir los movimientos profundos del rumen. Por lo general, los movimientos producen elevación del flanco.

Indirecta

- Con un estetoscopio sobre la fosa paralumbar izquierda, se escuchan los movimientos rítmicos de agitación; se cuantifica el ruido de mayor intensidad, que es semejante al de la caída de agua en una catarata.

Exploración de mucosas

Las mucosas observables son conjuntival, nasal, bucal, y vulvar (hembra) o prepucial (macho). Se considera su color (rojo o rosado) e integridad.

Exploración de nódulos linfáticos

- Se realiza por inspección o palpación, buscando cambios en los contornos y en el tamaño. A la palpación se muestran poco elásticos y móviles. En animales jóvenes se considera normal que los módulos sean más grandes que en adultos, sin que esto sea patológico.
- Los nódulos linfáticos explorables son los mandibulares, parotídeos, retrofaríngeos mediales, preescapulares, precrurales, supramamarios, inguinales (macho), internos del íleon y lumbares aórticos.

El examen clínico (Figura 23) consiste en realizar una inspección visual y olfativa, palpación (tacto) y percusión (auditivo).

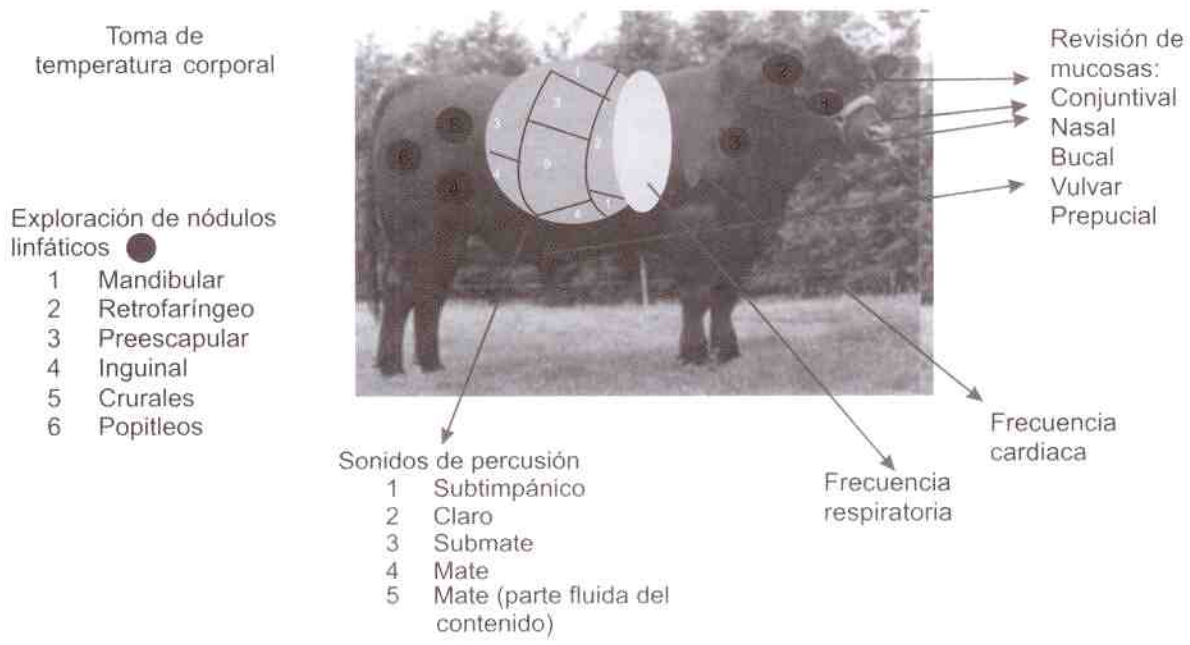


Figura 23. Esquema de examen clínico.

Exploración ordenada de aparatos o sistemas. El examen del animal se debe realizar de modo que en la exploración no se omita algún aparato o sistema en el orden en que la experiencia lo indique, o por el posible problema, aunque se recomienda la exploración completa a fondo de todas las regiones o sistemas, para detectar signos de algún padecimiento.

Constantes fisiológicas del bovino. En el Cuadro 89 se presentan las constantes fisiológicas que se deben tomar en cuenta en el examen clínico. Éste se debe realizar antes de que el animal coma o realice ejercicio. Cualquier valor por debajo o por arriba de la mínima y máxima se considera patológico.

CUADRO 89. CONSTANTES FISIOLÓGICAS DEL EXAMEN CLÍNICO EN ANIMALES ADULTOS Y JÓVENES.

CONSTANTE	ANIMAL ADULTO			ANIMAL JOVEN		
	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
Temperatura corporal (°C)	37.7	38.5	39.0	38.5	39.0	39.5
Frecuencia cardiaca/min	40	60	80	80	95	110
Frecuencia respiratoria/min	10	23	30	15	30	40
Movimientos ruminales	2 a 3/2min					

Colección, conservación y envío de muestras

La colecta adecuada de las muestras en el tiempo oportuno, así como su correcto manejo y envío al laboratorio, es importante para realizar un diagnóstico certero de las causas de enfermedad o muerte, y con base en el diagnóstico, tomar las medidas pertinentes de prevención o de control y aplicar el tratamiento correcto (Carter, 1990; Carter y Wise, 2004).

Principios básicos de la actividad. Para una adecuada toma, conservación y envío de las muestras al laboratorio, es indispensable atender las siguientes normas:

1. Todas las muestras deben estar perfectamente identificadas y con la historia clínica completa del animal o del hato.
2. Las muestras deben provenir de animales vivos, en distintas etapas de la enfermedad. En cadáveres, la necropsia deberá ser realizada por personal capacitado, preferentemente en un lapso máximo de tres horas posteriores a la muerte.
3. Para estudios bacteriológicos, las muestras deben colectarse en animales que no hayan sido sometidos a tratamiento, o antes de la administración de fármacos, y deberán utilizarse materiales y recipientes estériles. Dependiendo del tipo de muestra, en ocasiones será necesario emplear medios de transporte como el de Stuart, con la finalidad de conservar la viabilidad de las bacterias.
4. Para la colección de cualquier otro tipo de muestra es recomendable utilizar material limpio y seco.
5. Los recipientes en los que se depositan las muestras para su envío al laboratorio deben ser resistentes o irrompibles, de cierre hermético y de dimensiones adecuadas al tamaño o cantidad de la muestra. Dependiendo del tipo de muestra, se deben tomar las precauciones necesarias para su envío: temperatura ambiente, medio de transporte y duración del viaje.

6. La rapidez con que se hagan llegar las muestras al laboratorio es importante para realizar un diagnóstico acertado. El tiempo máximo recomendable que debe transcurrir entre la obtención de la muestra y su llegada al laboratorio, es de 24 horas.
7. Identificación de las muestras. Los datos que debe contener la muestra para su identificación, son los siguientes: raza, sexo, edad, número de identificación o nombre del animal, información del hato e historia clínica. Esta información es esencial para comunicar inmediatamente los resultados del laboratorio.
8. Nombre, dirección, correo electrónico, teléfono y fax del propietario y del médico veterinario. Nombre y dirección del hato.
9. Número de animales que integran el hato.
 - a. Porcentaje de morbilidad (enfermos) y mortalidad (muertos)
 - b. A qué tipo de animales está afectando la enfermedad (raza, edad, sexo)
 - c. Sintomatología
 - d. Tiempo de evolución de la enfermedad
 - e. Tratamiento efectuado
 - f. Vacunas aplicadas (tipo y fechas)
 - g. En caso de necropsia, descripción de hallazgos o lesiones macro
 - h. Tipo de muestra, fecha y hora de la toma
 - i. Sistema de conservación utilizado
 - j. Diagnóstico presuntivo
 - k. Observaciones
10. Técnicas para recolección de las muestras.

Muestras para estudios bacteriológicos. Para la toma de la muestra, es importante asegurarse de que ésta tenga más probabilidad de que contenga el agente causal, y evitar en lo posible que se contamine con organismos del medio ambiente (Carter, 1990; Carter y Wise, 2004; Quinn *et al.*, 1998; Miranda, 2003).

Heridas abiertas y exudados. Antes de tomar la muestra, en heridas y exudados, se deben lavar las áreas aledañas que pudieran tener contacto con el hisopo estéril, con el cual se raspa la zona afectada; el hisopo se introduce en un tubo estéril con 3 mL de medio de transporte y se envía al laboratorio en refrigeración. En el mercado existen hisopos que incluyen el sistema completo con medio de transporte.

Abscesos, edema y líquido articular. Punción con jeringa nueva, desechable, bajo el siguiente protocolo:

Rasurar, el sitio donde se realizará la punción, lavarlo con suficiente agua y jabón, y desinfectarlo.

Introducir la aguja y extraer una muestra de 1 a 2 mL.

Cubrir la aguja perfectamente con su tapa y tener cuidado de colocar la jeringa en un recipiente que evite el derramamiento de la muestra por opresión del émbolo. La muestra se envía en refrigeración al laboratorio.

Órganos y tejidos. Lo ideal es sacrificar el animal representativo del problema, de preferencia sin tratamiento con quimioterapéuticos. Si la muestra se toma en un cadáver, el plazo máximo para hacerlo después de la muerte del animal, es de tres horas. De los órganos o tejido que presente lesiones cortar trozos de 1 cm³ y depositar las muestras individuales en frascos estériles de boca ancha y con tapa de rosca. Las muestras deben enviarse en refrigeración, o incluso en congelación, al laboratorio.

Hisopo con muestra de prepucio. La muestra de prepucio permite diagnosticar enfermedades infecciosas que afectan el sistema reproductor del macho. Antes de tomar la muestra, se recomienda depilar y lavar con agua y jabón toda el área externa, y secarla perfectamente con toallas desechables. Enseguida se debe abrir con los dedos el orificio externo del prepucio e introducir el hisopo hasta el fondo para que quede perfectamente impregnado; éste debe sacarse con cuidado para que no roce los bordes exteriores, e introducirse inmediatamente en el medio de transporte. Conservar la muestra en refrigeración desde la toma hasta que llega al laboratorio.

Semen. Cuando se sospecha de problemas de infertilidad por alguna infección bacteriana, es importante realizar un estudio bacteriológico del semen; el procedimiento más práctico para la colección de la muestra en bovinos es mediante el uso de la vagina artificial. Se deben utilizar recipientes estériles y sin adición de algún conservador, o incluso se pueden utilizar bolsas de polietileno nuevas que se colocan como vagina artificial para coleccionar la muestra en el momento de la eyaculación. La muestra se mantiene en refrigeración y debe analizarse lo más pronto posible.

Feto y placenta. La recolección de muestras de feto y placenta es importante en casos de aborto, y su manejo se debe realizar con mucha protección. De preferencia usar guantes de doble capa, y con la mayor asepsia posible para evitar contaminación y una posible transmisión de la enfermedad a la persona que está tomando la muestra (Díaz-Aparicio *et al.*, 2000).

Para la placenta se toman porciones de los cotiledones y se depositan en un frasco estéril de boca ancha; la muestra se envía en refrigeración al laboratorio.

Heces. Las muestras de heces deben ser recolectadas directamente del recto con la finalidad de evitar contaminación, puestas en un bolsas de polietileno nuevas y enviadas en refrigeración al laboratorio.

Orina. Lo ideal es tomar la muestra directamente del chorro de orina de la micción espontánea y depositarla en un frasco estéril de boca ancha y tapa de rosca.

Sangre. Se obtiene por punción de la vena yugular utilizando tubos con anticoagulante EDTA (tapón lila). Antes de tomar las muestras se debe desinfectar el área de punción con una torunda de algodón impregnada de alcohol al 70%, se deja secar totalmente y se procede a extraer la sangre. Enviar el tubo en refrigeración al laboratorio lo más pronto posible (máximo cuatro horas). Esta misma muestra sirve para realizar estudios de química sanguínea.

Agua. Para estudios bacteriológicos, la muestra de agua se toma directamente de donde beben los animales. Se toma un volumen aproximado de 50 mL y se deposita en un frasco estéril, y se envía en refrigeración al laboratorio.

Muestras para estudios de virología. Para el diagnóstico de enfermedades virales se requieren muestras de suero (sangre sin anticoagulante), exudados y de tejidos, con las que se realizan pruebas serológicas, aislamientos de virus y estudios histopatológicos. En la colección de muestras para estudios de virología se siguen los mismos criterios que para las muestras de estudios bacteriológicos y serológicos.

Para el diagnóstico de rabia se debe enviar al laboratorio material para las pruebas biológica e histoquímica. Para la primera se requiere enviar en refrigeración parte del cerebro en un frasco de boca ancha con glicerina buferada. Para la segunda se requiere un trozo del cerebro en formalina al 10% y no requiere refrigeración. En caso de no contar con personal capacitado para tomar estas muestras, se recomienda enviar al laboratorio la cabeza completa, en refrigeración.

Muestras para estudios micológicos (hongos)

Micosis superficiales. Se realiza un raspado cutáneo del borde de una lesión activa y se obtiene pelo por depilación para aislamiento de dermatofitos. Las muestras deben ser enviadas al laboratorio en un sobre de papel perfectamente cerrado, en ambiente libre de humedad y a temperatura ambiente.

Micosis profundas. Las muestras de tejidos y órganos para este tipo de estudios deberán ser enviadas bajo las mismas condiciones y siguiendo el criterio descrito para el análisis bacteriológico (Quinn *et al.*, 1998).

Muestras para estudios histopatológicos. Seleccionar el órgano o tejido afectado y cortar trozos pequeños y delgados, de preferencia con bisturí. Las secciones de intestino deberán ser de 3 a 5 cm y estar ligadas en los extremos, para poder inyectar formalina al 10% en su interior, de tal forma que se fije mejor. Todas las muestras de un animal se pueden colocar en un solo frasco que contenga formalina al 10%, y enviar a temperatura ambiente al laboratorio. Se recomienda que el volumen de la formalina sea por lo menos 10 veces mayor que el de los tejidos.

Muestras para biometría hemática. Por punción de yugular, extraer 5 mL de sangre con el sistema Vacutainer, con un tubo con EDTA (tapón lila). Mover cuidadosamente el tubo de cinco a siete veces para que se mezcle la sangre con el anticoagulante. Enviar la muestra en refrigeración al laboratorio.

Muestras para química sanguínea y estudios serológicos. Por punción de yugular, extraer 7 mL de sangre con el sistema Vacutainer, con un tubo sin anticoagulante (tapón rojo). Dejar reposar el tubo con la muestra de forma horizontal hasta que se forme el coágulo a temperatura ambiente. Para evitar hemólisis se destapa el tubo con mucho cuidado y se separa el coágulo, evitando que el coágulo que está adherido al tapón se desprege, para poderlo desechar. En caso de que se rompa o quede una porción de coágulo en el suero, se deberá sacar con palillos largos de madera, utilizando uno para cada muestra. La muestra se pone en refrigeración para su traslado al laboratorio. No congelar el suero hasta que se haya centrifugado y separado perfectamente de los eritrocitos.

Muestras para estudios parasitológicos (parásitos gastrointestinales, hepáticos y pulmonares)

Exámenes Coproparasitológicos. Ponerse un guante de palpación o una bolsa de plástico para estimular el esfínter anal del bovino, ovino o caprino para tomar la muestra de heces directamente del recto (10 a 20 g). Voltear el guante, identificar la muestra y enviarla en refrigeración al laboratorio. Cuando se requiera evaluar un hato, se deben tomar muestras de forma aleatoria al 10%, de cada grupo de animales de la misma edad (crías, destetes, vaquillas, toretes, vacas y toros). Con las muestras de cada grupo de animales se prepara una mezcla que es la que se analiza para diagnosticar el problema.

Ectoparásitos (garrapatas y piojos). El ectoparásito se sujeta con los dedos índice y pulgar y se separa del cuerpo del bovino “en contra pelo”, para evitar lesionarlo.

Diagnóstico de resistencia en garrapata. Para garantizar el resultado del diagnóstico se colectan de 25 a 30 garrapatas adultas repletas, y se colocan en frascos de plástico que contiene en su interior una porción de algodón húmedo para evitar su deshidratación; además, se realizan pequeñas perforaciones para que entre aire.

Para realizar la evaluación taxonómica de estos parásitos, se introducen en un frasco con alcohol al 70%, y se envían al laboratorio.

Ácaros. El área afectada se limpia con una gasa humedecida con glicerina, y se colectan las costras y las escamas que se encuentran alrededor de la lesión. Enseguida se deposita una gota de glicerina y con una hoja de bisturí se realiza un raspado del borde de la lesión (donde el pelo está intacto y donde empieza la lesión). El raspado se deposita en un frasco y se envía al laboratorio utilizando los servicios de compañías de mensajería o paquetería, atendiendo las siguientes instrucciones:

- Para conservar la temperatura de refrigeración, lo ideal es utilizar refrigerantes; en caso de requerir temperaturas más bajas o cuando el tiempo de entrega sea mayor, adicionalmente se puede utilizar hielo seco.
- Para el envío de las muestras, utilizar un contenedor de material aislante para mantener la temperatura interna de forma adecuada. Los más recomendables son las cajas de poliuretano (unicel), por su bajo peso y fácil manejo.
- Los recipientes que contienen las muestras deberán acomodarse perfectamente y para evitar accidentes, se recomienda colocar material que amortigüe los golpes y mantenga fijas las muestras.
- El contenedor debe sellarse perfectamente con cinta adhesiva (cinta canela) y tener anotadas con letra grande y clara, las siguientes leyendas: manéjese con cuidado, frágil, entrega urgente, contiene material biológico, refrigerado a 4 °C, estéril. Posteriormente se envía al laboratorio.

Formas de envío. El envío de muestras biológicas al laboratorio requiere de cuidados especiales, ya que se trata de preservar la viabilidad de los microorganismos de interés médico, y evitar la proliferación de los contaminantes, por lo que es vital que se conserven a temperatura constante de refrigeración, o incluso, en algunos casos, se pueden enviar congelados.

Algunas muestras biológicas son potencialmente infecciosas, lo que implica un riesgo para las personas que las transportan; por lo tanto, se recomienda la participación directa de médicos veterinarios en el transporte y entrega. Sin embargo, cuando esto no es posible, las muestras se deben enviar en empaques perfectamente sellados a través de compañías especializadas en envío de paquetería.

Técnicas diagnósticas

Realizar un diagnóstico de las enfermedades más importantes en las zonas de interés.

Determinar cuáles son las pruebas diagnósticas más adecuadas, las enfermedades de importancia económica y de salud pública de la ganadería lechera en las diferentes etapas productivas y sistemas de producción.

Se sugiere elaborar una base de datos con la siguiente información: tipo de enfermedad o manifestaciones clínicas, tales como diarreas, neumonías, problemas reproductivos, problemas de patas, mastitis, parasitosis, vacas caídas, tipo de explotación, tipo de ganado (raza), edad y sexo de los animales afectados. También se sugiere revisar la información disponible en laboratorios de diagnóstico oficiales y privados de salud animal (SAGARPA, uniones ganaderas, universidades, institutos, etc.).

La instrumentación de programas de prevención y control de las enfermedades con base en el diagnóstico realizado, incluye la definición de calendarios de vacunación, desparasitación, tratamientos con antibióticos, etc.

Las pruebas diagnósticas pueden ser indirectas o directas. Las pruebas indirectas sólo demuestran que el bovino tuvo contacto con el microorganismo y presenta una respuesta inmune celular o humoral; por ejemplo, detección de anticuerpos o de una respuesta celular.

Las pruebas directas son las más valiosas y concluyentes, ya que demuestran inequívocamente la presencia del microorganismo. Puede ser por medio de aislamiento del microorganismo, detección (por ejemplo, histopatología, inmunohistoquímica, frotis e inmunofluorescencia), o por presencia de su ADN (ejemplo: PCR).

Información de apoyo. En el Cuadro 90 se presenta información sobre las enfermedades de los bovinos que tienen una mayor importancia económica, así como datos de las pruebas de diagnóstico que se emplean, y el tipo de muestras que se trabajan en función de la prueba diagnóstica.

En el Cuadro 91 se presenta información relacionada a las principales enfermedades reproductivas de los bovinos.

CUADRO 90. ENFERMEDADES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN BOVINOS, PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO, TIPO DE MUESTRAS EN FUNCIÓN DE LA PRUEBA DIAGNÓSTICO Y AISLAMIENTO RUTINARIO.

ENFERMEDAD	DIAGNÓSTICO SEROLÓGICO	OTRO DIAGNÓSTICO	MUESTRAS PARA PRUEBAS DIAGNÓSTICA Y AISLAMIENTO	AISLAMIENTO RUTINARIO
Brucelosis	Tarjeta, rivanol e inmunodifusión radial	Anillo en leche, estudio bacteriológico, PCR	Suero, leche, fetos abortados, placenta	Si
Leptospirosis	Microaglutinación en placa	Determinación de serovariedad, PCR	Suero, orina, riñones	No
Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR)	ELISA, seroneutralización	Aislamiento en cultivo de tejidos	Suero, exudado nasal, prepucial	No
Diarrea viral bovina (BVD)	ELISA	Aislamiento en cultivo de tejidos	Suero, sangre	No
Paratuberculosis	ELISA	Estudio bacteriológico, PCR	Suero, heces, intestino	Si
Tuberculosis	No	Intradermorreacción, revisión en rastro, histopatología y estudio bacteriológico	Pulmón, nódulos linfáticos	Si
Complejo respiratorio	No	Clínico, estudio bacteriológico e histopatología	Tejido pulmonar	Si
Neosporosis	ELISA	Histopatología, prueba biológica	Suero	No
Histofilosis	ELISA inmunodifusión doble	Estudio bacteriológico e histopatológico	Suero, exudados: vaginal, nasal, prepucial Tejido pulmonar, encéfalo	Si
Clamidofilosis	ELISA	Cultivo de tejidos	Suero, tejidos fetales	No
Rabia	No	Fluorescencia, histopatología, prueba biológica	Cerebro	No
Parasitosis Internas	No	Flotación, Mc Master, Berman, sedimentación, coprocultivo	Heces	No
Hemoparásitos	Inmunofluorescencia	PCR, aislamiento, frotis sanguíneo	Sangre, suero, cerebro	No
Parásitos externos	No	Resistencia: dosis discriminantes o inmersión de hembras repletas	Garrapata, mosca del cuerno, mosca de establo, piojos y raspado de piel	Si

CUADRO 91. PRINCIPALES ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS DE LOS BOVINOS.

ENFERMEDAD	AGENTE ETIOLÓGICO	DIAGNÓSTICO	SIGNOS CLÍNICOS	MEDIDAS PREVENTIVAS	IMPORTANCIA SALUD PÚBLICA
Leptospirosis	<i>Leptospira interrogans</i>	Aglutinación microscópica, fijación de complemento, ELISA, hemograma, perfil bioquímico, general de orina.	Debilidad, anorexia, fiebre, diarrea intensa, derrame conjuntival, ictericia, insuficiencia renal aguda, insuficiencia hepática, aborto, signos meníngeos.	Vacunación	Zoonosis
Brucelosis	<i>Brucella abortus</i>	Reacciones de aglutinación (tarjeta, tubo), anillo en leche, fijación de complemento, PCR, ELISA, aislamiento de la bacteria de restos fetales, placenta y semen.	Hembras: infertilidad, aborto o crías débiles o muertas, disminución en la producción de leche. Machos: Epididimitis, orquitis e infertilidad.	Vacunación	Zoonosis
Diarrea viral bovina (DVB)	<i>Pestivirus</i> biotipo citopático y no citopático	Seroneutralización, ELISA	Infeción aguda: fiebre, diarrea acuosa sanguinolenta, deshidratación, tenesmo, taquipnea, taquicardia, orejas caídas, anorexia, lagrimeo excesivo, descarga nasal, hipersalivación úlcera en fosas nasales, morro, labios y cavidad oral. Infección venérea: transitoria, bajo porcentaje de preñez, servicios (monta o inseminación) con altos títulos, transplacentaria, momificación fetal, abortos, partos prematuros, malformaciones congénitas, becerros con problemas neuronales, débiles e inmunotolerantes. Infección de mucosas: decaimiento, inapetencia, diarrea mucosa sanguinolenta, mucosa con sangre en encías, erosiones en mucosa oral y nasal.	Seroprevalencia, vacunación, control de densidad de población y prácticas de manejo.	No
Rinotraqueitis infecciosa Bovina (IBR)	<i>Herpesvirus 1 (VH-1)</i>	ELISA, seroneutralización e inmunoperoxidasa.	Vulvovaginitis, rinotraqueitis, balonopostitis, conjuntivitis, encefalitis, enteritis, abortos, infección generalizada en becerros, anorexia, fiebre, depresión, ulceración en mucosa nasal, descarga nasal, micción frecuente, pene y prepucio inflamados con erosiones y úlceras en mucosas.	Vacunación y antibióticos para infecciones secundarias	No
Neosporosis	<i>Neospora caninum</i>	ELISA	Aborto al infectar el cerebro y el corazón de los fetos en desarrollo, nacimiento de becerros débiles y anormales, infertilidad.	Vacunación, control de perros, periodos de estrés prolongados.	No
Tricomonirosis	<i>Trichomonas foetus</i>	Observación directa.	Infertilidad, vulvovaginitis media, cervicitis y abortos.	Monitoreo de sementales, eliminación de positivos.	No

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES

Vacunación y desparasitación

Mediante la vacunación, el sistema inmunológico del bovino adquiere información del microorganismo a partir del cual se elabora la vacuna, que le permite responder en forma de protección a una infección determinada de manera adecuada y rápida, impidiendo el establecimiento y la invasión del agente etiológico.

La vacunología humana, centrada sobre todo en el individuo, parece muy alejada de la medicina veterinaria, que se ocupa esencialmente de la salud de los rebaños. Sin embargo, en el pasado ha habido numerosos episodios (viruela, cólera aviar, carbunco, erisipela porcina, rabia o tuberculosis) que han puesto de relieve los estrechos vínculos que existen entre la investigación sobre las vacunas humanas y la dedicada a las vacunas veterinarias. En algunos casos, la vacuna humana ha precedido a la animal, mientras que en otros ha ocurrido lo contrario. La historia de la vacunología demuestra la importancia de que estas "dos medicinas" trabajen conjuntamente.

Las vacunas contra la fiebre aftosa se cuentan entre las primeras que empezaron a fabricarse desde finales del siglo XIX. Gracias a los descubrimientos de investigadores, entre ellos varios europeos como Vallée (francés), Waldmann (alemán), Frenkel (holandés) y Capstick (británico), a partir de 1950 se empezaron a fabricar a escala industrial, lo que permitió vacunar a millones de animales tanto en Europa, como en otras regiones. Las estrategias de vacunación contra la fiebre aftosa han dependido siempre de las propiedades de la vacuna empleada (Nelson y Master, 2007).

La desparasitación, por su parte, se realiza para evitar la ocurrencia de la enfermedad, reduce la probabilidad de infección en animales sanos, y como tratamiento en animales infectados.

Vacunación. Los programas de vacunación varían entre las diferentes explotaciones, lo cual es influenciado por los patrones de enfermedades, la exposición a los patógenos, y el grado de estrés al que están sometidos los animales, especialmente en sistemas de producción intensiva. La vacunación es esencial en la instrumentación de un programa de salud del hato para la prevención de enfermedades. Sin embargo, la protección no es inmediata a la aplicación de una vacuna; el sistema inmune requiere al menos de dos semanas para la preparación de los mecanismos celulares y/o humorales que permitan la inducción de inmunidad protectora. Por otra parte, es necesario conocer que existen diferentes tipos de inmunógenos con características particulares, los cuales se mencionan a continuación (Waldner *et al.*, 2008; Lombard *et al.*, 2007).

Vacunas con virus o con bacterias vivas modificadas. Estas vacunas contienen microorganismos que no causan la enfermedad aun cuando se replican en el animal, e inducen una inmunidad sólida y duradera.

Vacunas con virus muerto. En estas vacunas los virus han sido inactivados; generalmente requieren de una revacunación, y la inmunidad protectora se retrasa hasta los 21 a 35 días.

Bacterinas. Son vacunas con bacterias inactivadas; requieren revacunación en un periodo corto y son de re-aplicación semestral.

Toxoides. Son vacunas elaboradas con toxinas que han perdido su poder tóxico, mas no su poder antitoxigénico.

Inmunidad calostrual. Esta inmunidad la adquiere la cría el primer día de nacida, y es vital durante las primeras semanas de vida. Su posible interferencia con la habilidad para responder a la vacunación desaparece después de los tres primeros meses de edad.

El diseño de un programa de vacunación debe considerar primordialmente la identificación de agentes patógenos en cada región. Para ello es indispensable obtener información, preferentemente de veterinarios, sobre las enfermedades que afectan al ganado en la región de interés. Por lo anterior, no es posible elaborar un programa general de vacunación, sino que éste debe ajustarse a las condiciones que prevalecen en la región y a las necesidades del hato.

La selección y manipulación de las vacunas se realizará de acuerdo con las especificaciones para cada una de ellas. Es pertinente señalar que para que un programa de vacunación, o el manejo sanitario integral del ganado sean efectivos, es indispensable llevar un programa adecuado de nutrición y manejo.

Desparasitación. El uso de productos antihelmínticos y garrapaticidas para el control de parásitos internos y externos es una herramienta eficaz; sin embargo, éstos sólo deben utilizarse cuando los resultados de exámenes coproparasitoscópicos por grupos indiquen cuáles parásitos están presentes. Los tratamientos tienen como objetivo principal interrumpir el ciclo de vida de los parásitos, al impedir la contaminación de la pastura. Para seguir un programa de desparasitación es importante contar con asesoría técnica, y no realizarlo sólo por tradición (Holdsworth *et al.*, 2006). En el mercado existen productos con diferentes principios activos, algunos de los cuales poseen las características de controlar parásitos internos y externos, además de que mantienen un poder residual por días o semanas. Al seleccionar un producto desparasitante es necesario considerar los siguientes factores:

1. Especies de parásitos presentes
2. La etapa reproductiva del animal (becerro, vaca en producción, etc.)
3. Eficacia del producto
4. Vía de aplicación
5. Tiempo residual del producto
6. Relación costo-beneficio

A continuación se describen los ciclos de vida de los principales parásitos que afectan al ganado bovino, información primordial para el correcto manejo y adecuada selección de los antiparasitarios, dependiendo de las condiciones ambientales prevalentes en la zona.

Ciclo de vida de los nemátodos gastrointestinales. Los nemátodos adultos producen huevos, que son expulsados en las heces del bovino, contaminando el pasto. El primer estadio larvario se libera del huevo, y la larva muda dos veces antes de convertirse en el tercer estadio larvario. De esta manera migra de las heces en el suelo a la pastura húmeda. Las larvas pueden mantenerse viables por periodos prolongados, dependiendo de las condiciones climatológicas. La infección ocurre al momento en que el bovino se alimenta con el pasto contaminado con larvas del tercer

estadio, y se completa el ciclo en el tracto intestinal del animal. El parásito adulto se reproduce y se completa el ciclo (Foreyt, 2001).

Ciclo de vida de los nemátodos pulmonares. Los nemátodos pulmonares adultos producen larvas que son expulsadas en las heces del bovino, contaminando el pasto. La larva de primer estadio sale las heces, y en el suelo muda a segundo y tercer estadio larvario; este último es la forma infectante. En la materia fecal de los bovinos se desarrolla un hongo del género *Philobulus*, que al esporular arroja a las larvas a cierta distancia del bolo fecal. La acción que ejerce el ganado con las patas y la lluvia favorecen su diseminación en la pradera. La infección tiene lugar por vía oral; la larva pasa del estómago al intestino, penetra por la pared intestinal y llega a los ganglios linfáticos mesentéricos, luego pasa al flujo sanguíneo por donde avanza hasta llegar a los pulmones, donde rompe la pared de los capilares para pasar a los alvéolos, continuando su migración por bronquios y bronquiolos en donde alcanzan su madurez sexual (Quiroz, 1994; Foreyt, 2001).

Ciclo de vida de *Fasciola hepatica* (fasciolosis). Los huevos pasan al duodeno con la bilis, y son expulsados en las heces. En un medio hídrico eclosionan los miracidios a los nueve ó 10 días, y permanecen viables por largos periodos. Nadan activamente hasta que encuentran a un caracol del género *Limnaea* (*L. bulimoides*, *L. cubensis* y *L. humilis*), en cuya cavidad respiratoria, o a través del tegumento del pie, penetra con ayuda del botón cefálico. Los miracidios penetran activamente en el caracol, pierden su cubierta de pestañas y se transforman en esporoquistes; a partir de la pared de éstos se forman de cinco a diez masas germinativas que se convierten en redias; éstas fuerzan la pared de los esporoquistes y continúan creciendo en las glándulas intestinales del caracol; en su pared corporal forman más de 50 masas germinativas, que dan lugar a las cercarias, y después de seis a ocho semanas, las cercarias abandonan a las redias a través de su abertura tocológica, y al caracol por su aparato respiratorio. La cantidad de cercarias originadas por un solo miracidio puede llegar a 600; las cercarias nadan activamente y se adhieren a la superficie de plantas u objetos que se encuentran en su hábitat. La infestación en el bovino ocurre al consumir forraje verde contaminado con cercarias. En el intestino se disuelve la membrana quística externa y queda libre el joven tramoatódo, el cual penetra activamente a través de la pared del intestino delgado, alcanzando la cavidad peritoneal entre dos y 28 horas; luego penetra en el hígado, perforando la cápsula de Glisson, y entre cuatro y seis días llega al tejido hepático por el que vaga de seis a ocho semanas, para finalmente alojarse en un conducto biliar. El periodo prepotente es de nueve semanas a tres meses. El parásito vive en los conductos biliares más o menos un año; sin embargo hay casos en que llega a vivir más de seis años (Quiroz, 1994; Foreyt, 2001).

Manejo de pasturas para reducir el parasitismo. Las prácticas de manejo de pasturas pueden reducir la carga de parásitos, pero este método por sí mismo no garantiza la eliminación del problema. Debido a que los parásitos se encuentran sobre la pastura, el control de éstos va especialmente dirigido a reducir larvas del tercer estadio. Cuando se considera que las pasturas están libres del parásito, se recomienda mantener ahí a los animales más jóvenes. Las pasturas donde no se han tenido animales los últimos 12 meses generalmente están libres del parásito. Antes de introducir el ganado a lotes con pasturas seguras, debe ser desparasitado para evitar que se contamine. El ganado adulto, que es menos susceptible, puede permanecer en las pasturas contaminadas. En sistemas de pastoreo rotacional se

sugiere aplicar un programa de desparasitación estratégico. En casos particulares, como en fasciolosis, se podría recomendar mejorar el drenaje de las áreas de pastoreo y cercar las áreas de encharcamientos, pero por sus altos costos son medidas difíciles de implementar.

Parásitos de interés. En sus diferentes etapas reproductivas, el ganado puede infectarse por nemátodos, protozoarios, céstodos y tremátodos. En general, los nemátodos intestinales son los que tienen mayores efectos en la salud animal.

Efectos de los parásitos internos. En condiciones de pastoreo, el control de parásitos internos es especialmente importante, aunque las cargas de parásitos no sean iguales en todo tipo de pasto ni en todo tipo de ganado. Es normal encontrar mayor grado de infestación en pasturas con mayor carga animal. Los becerros son más susceptibles a mayores cargas parasitarias que el ganado adulto. Cuando se planea instrumentar un programa de control de parásitos se debe ajustar a la región, y en ocasiones, a cada explotación. Los tratamientos estratégicos parten de la premisa de un conocimiento del tipo de parásitos que existen en la explotación, y de su ciclo de vida, así como de las características climatológicas estacionales (Quiroz, 1994; Foreyt, 2001).

Ciclo de vida de garrapatas. Las garrapatas pertenecen a tres familias: Ixodidae o garrapatas duras, Argasidae o garrapatas blandas, y Nuttalliellidae, presente sólo en África, de la cual se ha identificado sólo una especie, con características intermedias entre las dos familias anteriores.

Las garrapatas blandas, llamadas así por carecer de un escudo quitinizado, son principalmente parásitos obligados de aves y mamíferos, y se encuentran generalmente en cuevas, nidos o refugios de sus hospederos.

El ciclo biológico de los argásidos generalmente es más largo que el de los ixódidos, y llega a presentar varios estados ninfales. El adulto se alimenta al menos por tres veces, llegando a utilizar más de siete hospederos, generalmente diferentes animales. A estas especies se les clasifica como garrapatas de múltiples hospederos. En argásidos se han registrado ciclos de hasta 14 años.

Los ixódidos poseen un escudo quitinizado y esclerosado en la parte anterior del cuerpo; son garrapatas de uno, dos o tres hospederos, esto es, que requieren de uno a tres vertebrados para desarrollar su ciclo de vida. Así, las garrapatas cuyo ciclo parasitario se desarrolla sobre el mismo animal, se denominan especies de un solo hospedero. Cinco especies del género *Boophilus*, tres especies de *Margaropus* y dos especies americanas de *Dermacentor*, tienen un ciclo de un hospedero (*D. albipictus* y *D. nigrolineatus*). Las garrapatas de dos hospederos desarrollan la larva y la ninfa en un solo animal; esto es, mudan a ninfa sobre el hospedero y una vez que se repleta la ninfa se desprende y muda en el suelo, para transformarse en adultos machos y hembras, que trepan a la vegetación y de ahí al segundo vertebrado para copular, y una vez repletas caen al suelo donde ovipositan y así se cierra el ciclo.

Un pequeño número de garrapatas de los géneros *Hyalomma* y *Rhipicephalus*, principalmente de lugares con baja precipitación, y largas estaciones frías y secas, tienen ciclo de dos hospederos, mientras que en garrapatas de tres hospederos, cada estadio se repleta en diferente animal. Después de alimentarse como larva, ninfa o

adulto se desprenden y mudan en el suelo; esto es, los estadios de metalarva que originan ninfas, y metaninfas que originan adultos, buscarán un segundo y tercer huésped respectivamente, para completar su ciclo. Todas las especies de *Amblyomma* son garrapatas de tres hospederos. En estado de larva y ninfa no es posible distinguir entre machos y hembras, sino hasta el estado adulto, donde se observa un marcado dimorfismo sexual.

Así, las diferencias básicas de los ciclos de garrapatas ixódidas son el número de huéspedes que utilizan para su desarrollo y los periodos que cada estadio necesita hasta su repleción.

El ciclo de *B. microplus* es directo, y se divide en dos fases: una de vida libre y una de vida parásita.

Se conoce también como fase no parásita, e inicia con el desprendimiento de la hembra repleta después de alimentarse en el hospedero, para buscar lugares húmedos y cálidos donde depositar sus huevos. La fase de preoviposición, dura de dos a cuatro días en condiciones favorables (humedad relativa mayor al 80% y temperatura de 28 a 30 °C en laboratorio) y hasta 97 días en los meses de clima frío. Continúa la fase de oviposición, que dura de cuatro a 60 días dependiendo de la influencia de los factores ambientales (en laboratorio se observa un promedio de 20 días). Cada garrapata oviposita 3,000 huevos en promedio, con rangos de 1,400 a 5,000. El periodo de incubación dura de 14 a 68 días, y poco tiempo después las larvas trepan al pasto (hasta el extremo superior); este geotropismo negativo es indicativo para considerar a la larva como infestante. La amplitud de la fase de vida libre, desde los 20 días en condiciones muy favorables hasta 299 días en condiciones de frío externo, se debe a la influencia de los factores ambientales, sobre todo temperatura y humedad (Quiroz, 1994; Foreyt, 2001).

Fase de vida parásita. Inicia cuando la larva sube al hospedero y se fija a la piel donde se alimenta de líquidos tisulares, se repleta y se inicia la etapa quieciente o primera muda, a la que se denomina metalarva, estado con doble cutícula del que una vez producida la ecdisis se transforma en ninfa. En este estado fija su hipostoma a la piel del mismo animal, se alimenta hasta repletarse y paulatinamente reduce sus movimientos y genera una segunda muda o metaninfa, para después de la ecdisis transformarse en adultos machos o hembras jóvenes que continúan alimentándose. La hembra emite una o varias feromonas que atraen al macho para el apareamiento, esencial para que las hembras se repletan, se desprendan del hospedero e inicien en el suelo un nuevo ciclo.

La fase de vida parásita es poco variable. Se observan hembras repletas generalmente a los 21 días, rara vez desde el día 19 posterior a la infestación, pero el periodo en el que se desprende el mayor número de hembras repletas es de los 22 a los 26 días.

En el Cuadro 92, se presentan los calendarios de vacunación para prevenir las principales enfermedades en ganado lechero.

CUADRO 92. CALENDARIOS DE VACUNACIÓN PARA PREVENIR LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES EN GANADO LECHERO.

ENFERMEDAD	VACUNACIÓN	REVACUNACIÓN	TIPO DE VACUNA	FINALIDAD	RESTRICCIONES
Brucelosis	Becerras de cuatro a seis meses. Dosis becerra o clásica. Animales mayores de 12 meses no vacunados a temprana edad. Dosis vaca o reducida	12 meses de edad. Dosis vaca o reducida. Por única ocasión	Vacuna viva. *RB51 *S-19	Evitar problemas reproductivos. Principalmente abortos en el último tercio de gestación.	No vacunar machos. De preferencia no vacunar vacas gestantes.
Leptospirosis	Animales mayores de cuatro meses.	En trópico, cada cuatro meses. En templado, cada seis meses En árido, anual.	Bacterina que contenga serovariedades presentes en la zona o región.	Evitar problemas como reabsorciones embrionarias, fetos momificados, abortos, etc.	Ninguna.
Diarrea viral bovina (BVD)	Vacunación del hato a partir de cuatro meses de edad. Preferentemente utilizar virus inactivados.	Refuerzo a los 15 a 21 días. 12 meses.	Virus vivo Tipo I y II (no gestantes) Virus inactivado Tipo I y II. (gestantes)	Evitar problemas reproductivos y digestivos.	No vacunar con virus vivo en vacas gestantes.
Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR)	Vacunación del hato a partir de cuatro meses de edad. Preferentemente utilizar virus inactivados.	Refuerzo a los 15 a 21 días. 12 meses	Virus vivo (no gestantes) Virus inactivado (gestantes)	Evitar problemas reproductivos y respiratorios.	No vacunar con virus vivo en vacas gestantes.
Complejo respiratorio infeccioso	Vacunación en el último tercio de gestación y becerros al tercer o cuarto mes	Refuerzo cada seis meses, previo al invierno o a la temporada de lluvias	Bacterina, <i>Histophilus somni</i> , <i>Pasteurella multocida</i> Bacterina-Toxoide de <i>Mannheimia haemolytica</i>	Evitar problemas respiratorios	Ninguno
Clostridiasis (carbón, edema, septicemia)	Vacunación del hato a partir de los cuatro meses de edad y cada semestre.	Seis meses	Bacterinas. <i>Clostridium perfringens</i> , <i>C. sordelli</i> , <i>C. novyi</i> , <i>C. histolyticum</i> , <i>C. chauvoei</i> .	Evitar muertes súbitas.	Ninguno
Antrax	Vacunación del hato a partir de los cuatro meses de edad y cada semestre.	Seis meses	Bacterinas. <i>Bacillus anthracis</i> .	Evitar muertes súbitas.	Ninguno
Derriengue	Vacunación y revacunación anual; en zona endémica cada seis meses.	12 meses	Virus vivo modificado	Evitar problemas de rabia bovina	De preferencia no vacunar vacas gestantes.
Mastitis	60 días previos al parto	48 horas posteriores al parto	Bacterina de <i>E. coli</i> J5 mutante	Disminuir infecciones intramamarias por enterobacterias	Se usa en explotaciones intensivas

Enfermedades zoonóticas

Las zoonosis se definen como enfermedades infecciosas causadas por bacterias, parásitos y virus que afectan tanto a los animales como al hombre, y se transmiten por contacto directo, por los microorganismos que son eliminados en excreciones como leche, saliva, orina y heces, así como por el consumo de subproductos lácteos y cárnicos infectados (Acha y Szyfres, 2003a; Acha y Szyfres, 2003b).

Las zoonosis afectan principalmente a las personas que trabajan con animales infectados y con sus subproductos, a los profesionales que trabajan en el laboratorio, y a los consumidores de leche, carne y sus derivados que se elaboraron con materia prima de animales infectados (Hugh-Jones, 2000; Pazos *et al.*, 2006).

En el Cuadro 93 se presentan las zoonosis de bovinos más importantes y la forma en que se contagia al hombre.

CUADRO 93. ZONOSIS DE BOVINOS MÁS IMPORTANTES Y LA FORMA EN QUE SE CONTAGIA AL HOMBRE.

ENFERMEDAD	RIESGOS DE CONTAGIO
Brucelosis	<ul style="list-style-type: none">• Consumo de leche cruda contaminada y subproductos lácteos contaminados.• Manejo inadecuado de vacunas.• Manejo de animales infectados sin equipo de protección.
Leptospirosis	<ul style="list-style-type: none">• Manejo de animales infectados sin equipo de protección.• Consumo de alimentos y agua contaminada por orina de animales infectados.• Presencia de fauna nociva.
Criptosporidiosis	<ul style="list-style-type: none">• Manejo de animales infectados sin equipo de protección.• Consumo de agua contaminada por animales infectados.
Tuberculosis	<ul style="list-style-type: none">• Manejo de animales infectados sin equipo de protección.• Consumo de leche cruda proveniente de animales infectados y subproductos lácteos contaminados.
Teniasis (<i>Taenia saginata</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Consumo de carne cruda.
Antrax	<ul style="list-style-type: none">• Manejo de animales infectados y de sus cadáveres sin equipo de protección.
Derriengue	<ul style="list-style-type: none">• Manejo de animales infectados sin equipo de protección.• Presencia de vampiros, perros y zorrillos.
Chagas	<ul style="list-style-type: none">• Presencia de la chinche hocicona.

Resistencia a productos antibacterianos y antiparasitarios

En los diferentes sistemas de explotación y regiones identificar el tipo de tratamientos que utilizan los ganaderos para combatir las enfermedades, y los sistemas de control de parásitos gastroentéricos y pulmonares, fasciolosis y garrapatas. Mediante un cuestionario investigar los tratamientos que los ganaderos dan a los bovinos para el control de estas enfermedades. Incluir en el cuestionario preguntas que arrojen información respecto al posible desarrollo de resistencia a los productos químicos utilizados.

La resistencia a los productos químicos es un problema nacional que está afectando la competitividad de los productores, y de manera directa a los ecosistemas, debido a la contaminación del suelo y del manto freático, y como consecuencia la carne, leche y especies comestibles de pescado, lo cual representa un peligro potencial en relación con la inocuidad alimentaria, y los problemas concomitantes de salud humana. Por esta razón, un esquema de control integrado mediante el uso de alternativas no químicas disminuirá las poblaciones de organismos y fomentará un uso racional de productos químicos (Norma Oficial Mexicana NOM-040-ZOO-1995).

Entre los problemas más importantes que han surgido como consecuencia de la aplicación de pesticidas para el control de agentes causantes de enfermedades en bovinos, se encuentra el desarrollo de la resistencia a los bactericidas (Quintiliani y Courvalin, 1995; Díaz *et al.*, 1999), antihelmínticos e ixodicidas, como ha ocurrido en casi todos los países en donde se han utilizado estos productos por largos períodos (FAO, 2003). En la mayoría de los casos estas sustancias químicas propician alteraciones en los agentes causantes de enfermedades, que a través del fenómeno de selección genética conducen a una adaptación que les permite sobrevivir bajo las nuevas condiciones artificiales impuestas. La resistencia se define como la capacidad adquirida por la fracción poblacional de una especie parásita, que le permite sobrevivir a concentraciones de algunos productos que son capaces de eliminar al resto de la población normal, y es transmitida a la siguiente generación (Coles *et al.*, 1992).

Las técnicas cualitativas de los organismos y cuantitativas que se utilizan para la identificación de la resistencia de los organismos a antibióticos (NCCLS, 2002), se presentan en el Cuadro 94.

CUADRO 94. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS.

	CUALITATIVAS	CUANTITATIVAS
Bacterias	Antibiograma	Concentración mínima inhibitoria
Helmintos	Reducción de huevos en heces	
Garrapatas	Dosis discriminantes	Análisis probit (ir)

Cuando el uso adecuado de determinado producto falla (reducción de la efectividad) debe sospecharse de resistencia. En este caso, se sugiere tomar muestras de los productos para su análisis por laboratorios especializados, con el fin de seleccionar los productos que sean seguros (Quintiliani y Courvalin, 1995).

La secuencia en su utilización ha sido histórica, dependiendo entre otros factores, del desarrollo de la resistencia a las diferentes familias. En distintas regiones del país se ha identificado resistencia a OC, OF, PS y amidinas (Cuadro 95).

Actualmente los países desarrollados han establecido estrictos sistemas de control, vigilancia, inspección y certificación de los alimentos, a fin de garantizar la inocuidad y calidad alimentaria. En México los consumidores cada día aumentan la demanda de alimentos libres de patógenos, y de preferencia sin residuos de antibióticos y biocidas con el fin de minimizar riesgos a la salud, y además de bajo impacto ambiental. A los productores se les recomienda realizar análisis en laboratorio de muestras de los productos químicos que utilizan para la identificación de organismos resistentes (Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-064-ZOO-2000). Los resultados de estos análisis permitirán recomendar el uso de

productos específicos y establecer programas de control en forma racional, con reducción en el uso de antibióticos, y por ende con reducción en el costo por tratamientos.

CUADRO 95. PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO Y CONTROL DE HELMINTOS, GARRAPATAS Y BACTERIAS.

PRODUCTO	HELMINTOS	ARTRÓPODOS	BACTERIAS	GARRAPATAS
Bencimidazoles	X			
Imidazotiazoles (levamizoles)	X			
Lactonas macrocíclicas (avermectinas)	X	X		
Organoclorados (OC)*		X		
Carbamatos		X		
Organofosforados (OF)*	X	X		
Piretroides sintéticos (PS)*		X		
Amidinas cíclicas		X		
Inhibidores del crecimiento (IGR)		X		
Fenilpirazolonas		X		
Beta lactámicos, que actúan a nivel pared celular (penicilinas, ampicilina, cefalosporinas)			X	
Inhibidores de metabolismo intermedio (sulfas y trimetoprim)			X	
Inhibidores de síntesis de proteínas (tetraciclinas, estreptomicina, neomicina, gentamicina y kamamicina)			X	

*En diferentes regiones de México, se ha identificado resistencia a OC, OF, PS y amidinas.

Es importante que los productores reconozcan la necesidad de utilizar los productos químicos adecuados en el momento preciso y en las dosis óptimas, para lo cual, la asistencia técnica es fundamental. Además, el uso racional de productos químicos para el combate de organismos patógenos reducirá el impacto en poblaciones de insectos y bacterias benéficas, esenciales en la producción agrícola y pecuaria en el campo mexicano (Norma Oficial Mexicana NOM-040-ZOO-1995).

Uso y conservación de vacunas y fármacos

El almacenamiento y conservación de productos químicos y vacunas es esencial para mantener la efectividad de los productos en el momento que son administrados a los animales. A continuación se presenta una serie de recomendaciones para preservar las características de efectividad y de protección de fármacos y vacunas, con el propósito de asegurar un desempeño óptimo en campo.

Para el caso de vacunas hay principios esenciales que deben de observarse estrictamente. Las vacunas deberán ser mantenidas en refrigeración hasta su aplicación. Nunca deberán ser congeladas, a menos que el tipo de vacuna así lo especifique; algunas son mantenidas siempre en congelación en nitrógeno líquido hasta su aplicación. En general, las vacunas con base en virus y bacterias deben almacenarse a 4 °C hasta su aplicación. Para su traslado desde la farmacia o lugar de distribución hasta el corral debe mantenerse la cadena

fría. Las vacunas no deben exponerse a los rayos directos del sol o luz intensa, ya que los virus y bacterias vivos modificados empleados en su elaboración podrían sufrir variaciones e incluso inactivación, con lo cual se reduciría su potencia antigénica y su efectividad para proteger contra las enfermedades. (Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993).

Para el caso de fármacos, es indispensable seguir las instrucciones de cuidado y advertencias que marca el fabricante. Además, deben ser observadas las siguientes disposiciones:

1. Evitar el contacto con la piel y mucosas.
2. Usar equipo de protección: guantes, mascarilla, careta, lentes, etc.
3. Mantener alejado el producto de niños y animales.
4. Mantener el producto en lugar fresco y seco (verificar los límites máximos de humedad y temperatura permitidas).
5. Mantener el producto en la sombra y protegido de la luz solar.
6. Acopio y disposición adecuados de envases, residuos y producto caduco.
7. Disposición adecuada de envases o su forma de destrucción.
8. Mantener el producto alejado de alimentos y forrajes.
9. Verificar toxicidad en ciertas especies animales.
10. Verificar fecha de caducidad.
11. Verificar el periodo de retiro.
12. Evitar la mezcla de productos.
13. Para la aplicación de cualquier producto inyectable, utilizar una aguja por animal. (Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993).

Enfermedades en campaña

En la producción pecuaria existen diversas enfermedades que además de ser de interés desde el punto de vista salud pública y salud animal, son de suma importancia económica, ya que ocasionan fuertes pérdidas en la producción, e inclusive pueden ocasionar el cierre de mercados internacionales. Esto ha motivado la creación de campañas nacionales de control y erradicación de enfermedades (Cuadro 96).

La Dirección de Campañas de la SAGARPA es el organismo encargado de establecer medidas y acciones sanitarias para detectar, prevenir, combatir, confinar o erradicar (en su caso) enfermedades o plagas que afectan o pueden afectar al ganado de interés económico en el país, o de áreas geográficas delimitadas, según la enfermedad de que se trate, con el objetivo de evitar pérdidas en la ganadería nacional.

CUADRO 96. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CAMPAÑAS CONTRA LAS ENFERMEDADES DE BOVINOS.

ENFERMEDAD	MÉTODO	GUÍA	RESULTADOS
Tuberculosis	Detección de reactores positivos mediante aplicación de PPD.	Acudir a personal acreditado en la campaña.	Obtención de Certificado de Hato Libre . Sobreprecio del producto por garantía de sanidad.
Brucelosis	Detección de animales portadores mediante las técnicas de tarjeta, rivanol, fijación de complemento. Segregación. Vacunación preventiva con dosis becerro y a dosis adulta.	Acudir a personal acreditado en la campaña.	Obtención de Certificado de Hato Libre . Sobreprecio del producto por garantía de sanidad.
Rabia paralítica bovina	Detección de portadores naturales (vampiros, fauna silvestre, perros). Captura y tratamiento químico de murciélago hematófago). Vacunación preventiva.	Notificación inmediata a personal de Sanidad Animal, de acuerdo con la norma oficial.	Disminución de mortalidad. Control del vector. Disminución de diseminación y riesgo.
Garrapata	Detección de resistencia a productos garrapaticidas. Identificación morfológica de garrapatas (larvas, ninfas y adultos). Envío de muestras al laboratorio. Establecimiento de calendarios de tratamiento.	Solicitar asesoría a personal acreditado en la campaña.	Establecer programas de control integral, involucrando tratamientos estratégicos y alternativas no químicas.

Objetivo de las campañas. Determinar, coordinar y evaluar los programas de actividades técnicas y administrativas para lograr el diagnóstico, prevención, control y erradicación de la tuberculosis bovina, brucelosis, rabia paralítica bovina, garrapata (*Boophilus* spp.), entre otras, con base en las normas oficiales mexicanas vigentes, coadyuvando con ello a mejorar la producción pecuaria nacional y disminuir los riesgos de transmisión de enfermedades zoonóticas a la población (Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1995; Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995; Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995).

Funciones

- Dirigir, diseñar, evaluar y supervisar las campañas zoonitarias a nivel nacional (tuberculosis bovina, brucelosis de los animales, rabia paralítica bovina, garrapata).
- Elaborar el programa de actividades e informe anual de las campañas zoonitarias (tuberculosis bovina, brucelosis de los animales, rabia paralítica bovina, garrapata *Boophilus* spp.).
- Revisar y dictaminar los programas de trabajo en materia de salud animal que los estados presentan al inicio de cada ejercicio anual, y que se realizan con recursos federales dentro del Programa de Alianza para el Campo.
- Participar en la elaboración de proyectos y modificaciones de Normas Oficiales Mexicanas correspondientes a las campañas zoonitarias y vigilar su cumplimiento.

- Coordinar la participación de gobiernos estatales y productores, para el adecuado funcionamiento de las campañas zoonosanitarias.
- Proponer y dirigir alternativas de solución sobre problemas zoonosanitarios a nivel nacional, así como establecer las estrategias de las campañas zoonosanitarias que operan a nivel nacional.
- Fomentar y coordinar la participación de grupos e instituciones de investigación nacional e internacional en apoyo a las campañas zoonosanitarias.
- Definir y promover el desarrollo de programas de actualización y capacitación del personal técnico y operativo que interviene en las campañas zoonosanitarias.
- Informar periódicamente a la Dirección General de Salud Animal sobre los avances y resultados de las actividades de las campañas zoonosanitarias.
- Participar con las otras áreas de la Dirección General de Salud Animal en la elaboración y validación de la información técnica que se genera en los estados para acceder a un cambio de fase o para lograr el reconocimiento internacional.

Las acciones de una campaña se sustentan en normas oficiales, y especifican, además de las enfermedades y plagas a controlar, y las especies animales a proteger, el área geográfica de aplicación, los métodos de muestreo y procedimientos del diagnóstico, las medidas zoonosanitarias aplicables, los requisitos y prohibiciones, los mecanismos de verificación e inspección y demás actividades que establece la Ley Federal de Sanidad Animal.

Las campañas zoonosanitarias son implementadas cuando las enfermedades y plagas ocasionan un daño económico tal, que el recurso probable a invertir por el productor es insuficiente para solventar el costo de las acciones mínimas necesarias. Tal es el caso de las enfermedades y plagas de importancia cuarentenaria, interna o externa, que deben confinarse o reducir su diseminación, por el alto potencial de daño económico a la producción pecuaria.

La operación de las campañas zoonosanitarias es apoyada con recursos a través del Programa Alianza Contigo, mediante la firma de convenios de coordinación entre el Gobierno Federal, Gobiernos de los Estados y los propios productores organizados en comités estatales de fomento y protección pecuaria, quienes son los responsables de las acciones implementadas en las campañas.

Campaña Nacional contra la Tuberculosis Bovina NOM-031-ZOO-1994. La tuberculosis bovina (TB) es una enfermedad infectocontagiosa de curso crónico causada por *Mycobacterium bovis*, que afecta a bovinos y a otros animales domésticos. Se caracteriza por la formación de granulomas o tubérculos. La TB es considerada una zoonosis porque es transmisible al hombre a través de la ingesta de productos lácteos contaminados, no pasteurizados, o por el contacto con animales infectados. La TB produce pérdidas económicas al disminuir la producción láctea y de carne, y a los ganaderos cuando se decomisan canales o partes de las mismas que presentan lesiones (Nelson y Master, 2007).

Antes de 1992, la campaña sólo se limitaba a realizar pruebas de tuberculina en becerros que se exportaban a los Estados Unidos, y a partir de ese año, los estados fronterizos empezaron a aplicar la prueba en hatos; donde se detectó la enfermedad se aplicaron cuarentenas y sacrificio de reactores. Así mismo, al ampliar la vigilancia en rastros, se detectaron nuevos hatos infectados. En este tiempo la prevalencia de tuberculosis bovina

era prácticamente desconocida en nuestro país, aunque se sospechaba que era alta en ciertas zonas lecheras, ya que era frecuente el hallazgo de lesiones generalizadas de tuberculosis en vacas lecheras de desecho enviadas a rastro. Se asumía entonces que era baja o nula en la ganadería de carne.

En 1993 se crea el Comité Binacional México-Estados Unidos para el control y erradicación de esta enfermedad, con el cual se inician revisiones en México para evaluar los programas estatales de control y erradicación de la TB y permitir la exportación de becerros. En 1994 se publica de forma emergente la primera Norma Oficial Mexicana (NOM) contra la tuberculosis bovina. En 1998 se realizan modificaciones, y es la que continúa vigente, aunque actualmente está en revisión y será aprobada con modificación en fecha próxima (Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995). La campaña contra la tuberculosis es financiada de forme tripartita entre fondos federales, estatales y de productores. La erradicación es necesaria para evitar el riesgo de que la población llegue a enfermar, para mejorar la productividad (evitar pérdidas económicas) y reducir las restricciones de la movilización de ganado tanto al interior del país como al extranjero.

El inventario nacional ganadero es de alrededor de 30 millones de cabezas, de las cuales el 93% es ganado para la producción de carne y de doble propósito, y el 7% es ganado lechero. A partir de 1994, en que la Secretaría de Agricultura reconoció regiones en fase de erradicación, fueron determinados regiones o estados con prevalencias menores al 2%. Debido a las exigencias comerciales de exportación de becerros, se determinaron regiones de baja prevalencia en las cuales disminuyó de 0.5% a 0.01%. Bajo estas características se encuentran 10 estados de la república y parcialmente otros 15. Los estados con una prevalencia menor al 2% son: Colima, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Yucatán y parte de Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Durango, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Hidalgo y Zacatecas. El resto de entidades del país se consideran zonas en control, con prevalencia mayor al 2% (Cuadro 97).

Existe otra clasificación, que no está contenida en la última modificación a la NOM-031-ZOO-1994, pero que sin embargo surte efecto para la exportación de ganado en pie hacia los Estados Unidos, y es otorgada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Es probable que esta clasificación se incluya como modificación en la norma que está actualmente en revisión.

Acreditado modificado avanzado, con prevalencia menor al 0.01%: norte de Sonora.

Acreditado modificado, con prevalencia menor a 0.1 %: sur de Sonora, las regiones clasificadas en la categoría "A" de los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Jalisco, Zacatecas, Nayarit, Nuevo León, Puebla y Veracruz. Adicionalmente todo el territorio de los estados de Quintana Roo, Sinaloa, Tamaulipas y Yucatán.

Acreditado preparatoria, con prevalencia menor a 0.5%: las regiones clasificadas en la categoría "A" de los estados de Chiapas, Durango, Guerrero, Michoacán y Tabasco. Adicionalmente todo el territorio del estado de Colima.

No acreditado, con prevalencia mayor a 0.5% o desconocida: resto del país.

Actualmente se cuenta con el 66% de la superficie del territorio nacional con una prevalencia menor a 0.5%, lo que equivale a 238,067 hatos y 14 millones 575 mil 518

cabezas de ganado. Es pertinente mencionar que prácticamente en 11 años de campaña se han logrado avances significativos, ya que de tener una prevalencia desconocida, ahora se cuenta con 21 regiones o estados considerados de baja prevalencia.

Situación Internacional. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América ha reconocido 21 regiones de baja prevalencia en tuberculosis bovina, de las cuales, 11 pueden exportar ganado con una sola prueba de tuberculina del lote, nueve con prueba de hato y de lote, y una no requiere pruebas de tuberculina para exportar ganado castrado a los Estados Unidos.

CUADRO 97. SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA A NIVEL ESTATAL DE LA TUBERCULOSIS BOVINA.

ERRADICACIÓN	CONTROL
Aguascalientes (A)	Aguascalientes (B)
Baja California (A)	Baja California (B)
Campeche (A)	Campeche (B)
Chiapas (A)	Chiapas (B)
Durango (A)	Durango (B)
Guanajuato (A)	Guanajuato (B)
Guerrero (A)	Guerrero (B)
Jalisco (A1) (A2) (A3) (A4)	Jalisco (B)
Michoacán (A)	Michoacán (B)
Nayarit (A)	Nayarit (B)
Oaxaca (A1)	Oaxaca (B)
Puebla (A1) (A2) (A3)	Puebla (B)
Tabasco (A)	Tabasco (B)
Zacatecas (A)	Zacatecas (B)
Coahuila (excepto La Laguna)	Baja California Sur
Colima	Distrito Federal
Chihuahua	Morelos
Nuevo León	San Luis Potosí
Quintana Roo	Querétaro
Sinaloa	Hidalgo
Sonora	Estado de México
Tamaulipas	Tlaxcala
Veracruz	
Yucatán	19/08/2008

Campaña Nacional contra la Brucelosis en animales NOM-041-ZOO-1995. La mayoría de casos la brucelosis bovina en México, es causada por *Brucella abortus*, aunque en algunas áreas donde el ganado bovino convive con pequeños rumiantes, la infección es causada por *B. melitensis*. La brucelosis es una enfermedad que afecta primordialmente a los animales, pero de manera incidental se transmite al ser humano, lo cual se explica por el hecho de que la bacteria se excreta en cantidades elevadas en la leche y en las secreciones vaginales. Su transmisión ocurre con mayor frecuencia a través del consumo de leche, queso fresco y otros derivados lácteos infectados (Moreno *et al.*, 2002).

La brucelosis animal es importante no sólo por ser la principal zoonosis bacteriana en México, sino también por sus implicaciones e impacto directo en la producción pecuaria, y por constituir una barrera al comercio e intercambio nacional e internacional de animales y productos de origen animal (Luna-Martínez y Mejía-Terán, 2002).

El objetivo de la Campaña Nacional contra la Brucelosis es su control y erradicación en ganado bovino, caprino y ovino del territorio nacional. En zonas de baja prevalencia, las estrategias utilizadas son: el sacrificio de animales con reacción positiva, la vacunación de los hatos infectados y la constatación de hatos y rebaños libres de la enfermedad. En zonas de mediana y alta prevalencia, la estrategia es la vacunación masiva contra la enfermedad. En el Cuadro 98 se presentan las entidades de nuestro país que están libres de la enfermedad, en las que está erradicada, y en las que existe control (Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995; Nicoletti, 1993).

CUADRO 98. SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA NACIONAL DE LA BRUCELOSIS BOVINA, 2008.

LIBRE	ERRADICACIÓN		CONTROL
Norte de Sonora	Sur de Sonora	Aguascalientes	Michoacán
	Yucatán	Baja California	Morelos
		Baja California Sur	Nayarit
		Campeche	Nuevo León
		Coahuila	Oaxaca
		Colima	Puebla
		Chiapas	Querétaro
		Chihuahua	Quintana Roo
		Distrito Federal	San Luis Potosí
		Durango	Sinaloa
		Guanajuato	Tabasco
		Guerrero	Tamaulipas
		Hidalgo	Tlaxcala
		Jalisco	Veracruz
		Estado de México	Zacatecas

Con estas acciones se contribuye a la reducción de la prevalencia en las zonas de riesgo donde se realizaron diagnósticos y vacunación, y coadyuvan en la reducción de casos nuevos de brucelosis en humanos debido al contacto con animales infectados, o al consumo de productos lácteos no pasteurizados.

Entre los factores de riesgo asociados con la enfermedad están los siguientes: no remoción de desechos de abortos y partos, presencia de perros, ordeña de animales seropositivos o reactores antes o junto con animales sanos, y presencia en el hato de animales seropositivos, que es el principal factor de riesgo.

Si el establo se localiza en una zona endémica de brucelosis, se deben implementar programas de control que consideren la realización de monitoreo serológico cada 30 días, con la finalidad de identificar oportunamente vacas infectadas para evitar que contagien otras vacas sanas al momento del parto o del aborto, además de la eliminación paulatina de los animales seropositivos del hato.

Cuando en el hato ya se implementaron programas de control, los reemplazos son una fuente de infección importante por lo que se deben monitorear antes, durante y después del ingreso a la explotación. Los reemplazos deben ser negativos a las pruebas serológicas y además provenir de hatos libres de brucelosis.

Cuando los reemplazos son generados en la propia unidad de producción, se debe tomar en cuenta el fenómeno del “silencio inmunológico”, que es el periodo de incubación de la enfermedad, ya que el 20% de las hijas de madres rectoras permanecen seronegativas desde el nacimiento hasta que están por parir. Debido a ello es necesario dar seguimiento de las hijas rectoras durante 24 meses.

Es muy importante contar con corrales de segregación de vacas positivas al parto, pues se sabe que la eliminación crítica dura 30 días posteriores a éste. Entre las prácticas básicas de manejo, están el ordeño de las positivas al final de la línea, lo que necesariamente implica lavar y desinfectar las mamilas y el equipo después de cada ordeño. Bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura, la *Brucella* puede persistir tanto en las instalaciones como en los bebederos por varios meses (Luna y Mejía, 1998).

Para inmunizar al ganado bovino se empleaba tradicionalmente la vacuna viva atenuada de *B. abortus* cepa S19, cepa lisa de baja patogenicidad, estable, de inmunogenicidad relativamente alta, y que no se propaga de animal a animal. Esta vacuna en su presentación de dosis clásica, se ha elaborado en México desde 1951, pero tiene como desventaja el manifestar reacciones positivas a las pruebas diagnósticas oficiales hasta 12 a 18 meses posteriores a su aplicación, además de que puede inducir abortos. En México, a partir de 1998 se empezó a utilizar la vacuna RB51 en los programas de control dentro de la campaña oficial. Esta vacuna tras la vacunación no se propaga de animales vacunados a terneros sin vacunar, y la tasa de abortos y becerros nacidos débiles, tras la vacunación a vacas preñadas a los 180 días de gestación, llega a menos del 1% (Moriyón *et al.*, 2004).

Se ha establecido que la inmunidad conferida en bovinos por esta cepa vacunal es esencialmente mediada por células, debido a la activación primaria de una población de linfocitos T cooperadores encargada de antagonizar la subpoblación Th2, responsable de la inducción de la respuesta inmune humoral (Díaz-Aparicio *et al.*, 2007).

En estudios realizados en bovinos, se ha demostrado que esta cepa vacunal induce inmunidad frente a *B. abortus*, aparentemente sin producir interferencia en las pruebas serológicas de diagnóstico rutinario, como por ejemplo tarjeta y rivanol. En estas pruebas no se presenta respuesta a anticuerpos a la cadena O, por lo que cualquier animal que presentara una reacción positiva debiera ser considerado como infectado; sin embargo, en trabajos previos con animales vacunados y revacunados con RB51, el 17% resultó positivo a prueba de tarjeta, pero negativos a prueba de rivanol durante varios meses. Durante el tiempo post-vacunal, el diagnóstico es incierto, porque el programa de control en México establece que en el caso de encontrar animales positivos a prueba de tarjeta después de la vacunación o revacunación con RB51, éstos deben ser considerados como infectados (Díaz-Aparicio *et al.*, 2007).

La revacunación de las vacas con la dosis vaca, y últimamente con la dosis becerra de RB51 es una práctica común en México; sin embargo, este procedimiento carece de sustento científico y a su uso indiscriminado puede atribuirse la eliminación de las brucelas en exudado vaginal y en leche de vacas sanas y en vacas que abortaron.

En México, Herrera *et al.*, (2007) realizaron un programa de control de *B. abortus* en un hato bovino lechero con 15.3% de prevalencia. Se trabajó con 340 vacas en promedio en cada muestreo. Al inicio del estudio se vacunó con RB51 a la totalidad de animales negativos, y se revacunó al día 90, y cada 360 días con una dosis reducida. Una vez vacunado el ganado se realizaron muestreos cada 30 días por un periodo de 73 meses, y pruebas de tarjeta y rivanol. En los muestreos de los días 90, 120 y 150, la incidencia fue de 34%, 19% y 21%, respectivamente, llegando la seroprevalencia a un 52% al día 270.

Durante los primeros 360 días del estudio las vacas seropositivas no fueron eliminadas de la explotación; sin embargo, fueron lotificadas en un corral específico. A partir de los 360 hasta los 960 días se empezaron a eliminar paulatinamente animales seropositivos, dependiendo del título de anticuerpos del suero en la PR, (1:100, 1:200 y 1:400); sin embargo, vacas con títulos de 1:25 y 1:50 se dejaban en el corral designado en el establo, y eran eliminadas sólo si en el siguiente muestreo aumentaban los títulos. Además de la seropositividad a brucelosis, también eran factores de eliminación, la disminución de la producción láctea o algún problema de salud, y ya no eran inseminadas.

Con este manejo de eliminación paulatina de los reactores se obtuvo una incidencia mensual menor al 2% antes del día 960 del seguimiento; después se volvió al manejo de no eliminar vacas positivas durante los 990 y 1,830 días, por lo que nuevamente se obtuvieron incidencias mensuales mayores del 3%, llegando la seroprevalencia a 9.9%. Tomando en cuenta el antecedente de que si permanecían en el hato animales seropositivos a brucelosis aumentaba el número de casos nuevos, al día 1,830 se volvieron a eliminar todas las vacas positivas de la explotación y se tuvieron incidencias mínimas al día 2,160 y 2,190 de 0.5% y 0.25%, respectivamente. De esta manera se logró controlar la enfermedad en la explotación.

El manejo de vacunas y antígenos debe realizarse bajo estrictas medidas de bioseguridad y de conservación de los biológicos, a través de una eficiente operación de la cadena fría (Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995).

El uso de dosis becerras de las vacunas S19 o RB51 en vacas no es recomendable bajo circunstancia alguna, aún en casos de brotes o lluvias de abortos, ya que los animales vacunados con la dosis normal de S19 permanecen positivos a las pruebas diagnósticas serológicas, y en los casos de S19 y RB51 se favorecen los abortos y la eliminación de brucelas en leche y exudado vaginal. Después de dos o tres meses del parto o del aborto, por lo general las vacas infectadas ya no eliminan brucelas en el exudado vaginal, aunque estas vacas quedan como portadoras durante años y eliminan brucelas después de sus partos. La RB51 es una cepa vacunal rugosa y atenuada, tiene las características de ser viva y por lo tanto es capaz de causar enfermedad, ya que existen informes de la infección en humanos, lo que se agrava por la resistencia que presenta esta cepa a la rifampicina, que es uno de los tratamientos de elección para la brucelosis en México (Herrera *et al.*, 2007; Fuentes *et al.*, 2007).

Si bien la brucelosis no es la única enfermedad que ocasiona abortos, si se llegaran a presentar abortos en el último tercio de la gestación, se debe sospechar siempre de brucelosis.

En alrededor del 80% de las vacas infectadas el aborto ocurre una sola vez, y posteriormente se presentan partos normales. A través del aborto la vaca elimina una gran cantidad de brucelas al medio ambiente, y es éste la principal fuente de infección en el hato.

Identificación de la brucela. La identificación de la brucela para el diagnóstico de brucelosis en México se realiza mediante estudios bacteriológicos y de biología molecular (reacción en cadena de la polimerasa), en laboratorios aprobados por la SAGARPA a partir de las siguientes muestras:

- Exudado vaginal o muestra de leche de la vaca parida o de la que abortó, tomadas hasta un mes después del aborto.
- Muestra de placenta, especialmente cotiledones afectados.
- Contenido del abomaso, muestras de hígado, bazo y pulmón del feto abortado.

Como esta enfermedad es una zoonosis, es importante que las muestras sean tomadas por un médico veterinario, quien cuenta con conocimientos para la correcta toma de muestras (López-Merino, 1980).

Aunque el estudio bacteriológico es la mejor opción para el diagnóstico, es impráctico realizarlo para detectar todos los animales infectados en un establo; por ello se recurre a métodos indirectos de diagnóstico, como es la detección en laboratorio de anticuerpos contra brucela en el suero o leche (Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995).

Las pruebas inmunológicas son para brucelas lisas; las pruebas de tarjeta, rivanol, fijación de complemento y de anillo en leche podrán ser utilizadas por un médico veterinario oficial, o bien, por un laboratorio aprobado.

La prueba de tarjeta, que es sencilla económica y práctica, se caracteriza por poseer una alta sensibilidad, próxima al 100%, lo que significa pocos o ningún animal falso negativo, y se puede realizar en la totalidad del hato. Con esta prueba se detecta la presencia de anticuerpos circulantes de tipo IgG e IgM, de origen vacunal o de infecciones naturales, y también pueden ocurrir reacciones cruzadas con otras bacterias dando falsos positivos. Esta técnica es de rutina; sin embargo, los sueros de los animales que resulten positivos deben pasar a la prueba de rivanol, que funciona como una prueba confirmatoria.

En la prueba de rivanol, el suero problema se hace reaccionar con la solución de rivanol con el fin de precipitar las IgM, quedando exclusivamente las IgG. Luego se procede a realizar la prueba en forma similar a la de aglutinación en placa, utilizando antígeno específico; esta prueba es de tipo cuantitativa. Los resultados se clasificarán en sueros positivos y negativos. Se consideran positivos todos aquellos sueros de animales no vacunados que presenten reacción de aglutinación completa en cualquiera de sus diluciones, desde 1/25 a 1/400 (Díaz-Aparicio *et al.*, 2000).

También se cuenta con otras estrategias de diagnóstico, donde destaca la inmunodifusión radial con hapteno nativo, que es una prueba capaz de diferenciar animales infectados de los vacunados y revacunados, ya sea con S19 o RB51.

En zonas endémicas existe un problema que hace pensar que la vacuna RB51 no es efectiva, y es que en vacas inmunizadas con RB51 se presenta una positividad transitoria de dos a tres meses a la prueba de tarjeta y títulos de 1:25 o de 1:50 a rivanol. Para explicar esto, se cree que la estimulación primaria se activa con la vacunación de RB51, y después, a causa de la diseminación extensiva de brucela en zonas endémicas, las vacas pudieran desarrollar una respuesta secundaria. De esta

manera, ocasionalmente se puede ver que los animales tienen anticuerpos y resultan positivos a pruebas oficiales porque entran en contacto con el agente, pero el sistema inmune puede controlar la infección, ya que no resultan positivos a prueba de inmunodifusión y aislamiento bacteriano. Ello indica que no están infectadas, por lo que pruebas confirmatorias como la inmunodifusión radial y ELISA competitivo, continúan siendo indispensables para diferenciar los animales vacunados de los infectados.

Campaña Nacional contra la Garrapata (NOM-019-ZOO-1994)

Campaña Nacional contra la Garrapata *Boophilus* spp. En México existen antecedentes que se remontan a la segunda década del siglo pasado, donde se señalaba la preocupación del sector pecuario por los daños ocasionados por la garrapata, la cual dio origen a acciones aisladas de lucha en los estados de Sonora y Tabasco. En el primero, se inició un programa que condujo a la liberación de 2.5 millones de hectáreas, y gracias a él se establecieron las características técnicas esenciales de la campaña que se conservan hasta la fecha. (Quiroz, 1994; Foreyt, 2001).

En 1992, con la creación de la Subsecretaría de Ganadería de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), el programa de control de la garrapata dependió operativa y técnicamente de la Dirección General de Salud Animal. Sin embargo, a partir de 1996, con la nueva estructura de la Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria (CONASAG), el control de la garrapata se empezó a realizar por los productores en forma individual, con la asesoría y el apoyo del gobierno federal, a través de la SAGAR y el SENASICA, los gobiernos estatales, las organizaciones de productores y los comités de fomento y protección pecuaria de los estados (Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994).

Situación actual del control de la garrapata. La situación actual está referida a cada una de las fases del programa. La fase libre, que ocupa una porción importante del norte del país, así como pequeñas áreas del centro, comprende 94.4 millones de hectáreas que equivalen al 47.88% del territorio nacional. La superficie en erradicación, que es de 1.1 millones de hectáreas ubicadas donde el parásito ha sido eliminado como resultado de acciones de la campaña, y representa un 0.57%. Las áreas en fase de control en este momento alcanzan una superficie de 101.6 millones de hectáreas, y representan el 51.5% del territorio nacional.

En México la campaña tiene áreas libres de la garrapata en la región norte del país, en parte de los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, altiplano de San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Puebla y en la totalidad de los estados de Sonora, Aguascalientes, Tlaxcala y el Distrito Federal.

Las áreas en fase de control están localizadas principalmente en los estados del litoral del Golfo de México y del Pacífico, y en la porción sur del territorio nacional. En estas áreas se realizan acciones para el control de la garrapata a través de tratamientos estratégicos y selectivos dependiendo de la época del año, la carga parasitaria por animal (infestación) y el porcentaje de animales infestados por el ectoparásito (Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994).

Estrategias de campaña. Dentro de la campaña en la que interactúan dependencias oficiales y organizaciones privadas, se han definido las siguientes estrategias y acciones básicas para el control de la garrapata:

1. **Capacitación.** Impartición de cursos y seminarios especializados sobre las acciones operativas y normativas en las entidades federativas y médicos veterinarios.
2. **Monitoreo.** Mediante el establecimiento de las técnicas y divulgación de los procedimientos para la evaluación periódica del número de garrapatas por animal, y su envío para identificación taxonómica y pruebas de susceptibilidad/resistencia a los ixodicidas.
3. **Vigilancia epidemiológica.** Esta actividad es permanente en todos los estados y tiene por objeto identificar y notificar la presencia de garrapata en zonas libres, así como la presencia de garrapatas resistentes, para determinar las medidas correctivas a implementar.
4. **Supervisión de baños de línea y estaciones cuarentenarias.** Supervisión periódica a estas instalaciones para verificar el manejo adecuado de los ixodicidas (dosificación, cargas y recargas, uso de estabilizador, revisión de pH y contaminación) y emitir el dictamen técnico para la corrección de anomalías.

Coordinación con el Centro Nacional de Parasitología Animal (CENAPA). Se realiza con la finalidad de contar con el apoyo técnico-científico para la constatación de la efectividad de los productos ixodicidas, el diagnóstico rutinario de la resistencia química, los estudios epidemiológicos de las enfermedades transmitidas por las garrapatas, y la investigación en el área de la inmunoparasitología, entre otros.

En México, existen alrededor de 98 especies de garrapatas de las cuales aproximadamente 13 han proliferado y afectan a animales domésticos. La garrapata común del ganado (*B. microplus*) es la especie contra la cual está dirigida la Campaña Nacional contra la Garrapata. A la fecha se ha detectado resistencia de *B. microplus* a organofosforados, piretroides y amidinas, tres de los grupos de ixodicidas más ampliamente usados. Es indispensable contar con asesoría técnica para el uso adecuado de garrapaticidas en las diferentes regiones del país.

Debido a diferencias en su ciclo de vida, se deberán utilizar calendarios distintos de tratamiento para el control de las garrapatas de un solo huésped (*B. microplus*) y de tres hospederos (*Amblyomma* spp.).

Diagnóstico. Se realiza mediante la identificación morfológica de las garrapatas en estado de larva, ninfa o adulto.

Envío de muestras al laboratorio. Los especímenes de las garrapatas se deberán enviar con algodón humedecido y en menos de 72 horas. Si se requiere mayor tiempo se deben refrigerar entre 4 y 8 °C para retardar el inicio de oviposición.

Estrategias de control y prevención. Al igual que para el tratamiento de enfermedades, para el control de la garrapata no existen tratamientos únicos e ideales que puedan ser utilizados en diferentes condiciones de explotaciones bovinas en el país. De acuerdo con el diagnóstico de garrapatas y la resistencia a ixodicidas, si es el caso, lo ideal es establecer programas de control integral, en el que se involucra en tratamientos estratégicos y alternativas no químicas.

El control cultural, como la quema de pastizales, y la rotación de potreros son prácticas con alto riesgo y poco rentables. La rotación consiste en dejar la pradera en descanso con el fin de eliminar las larvas al dejarlas sin alimento, pero los productores difícilmente podrán dejar descansar sus praderas por más de 30 días, y las garrapatas pueden permanecer en las praderas más de 200 días, hasta el encuentro con unos huéspedes susceptibles.

En regiones tropicales una alternativa para reducir la población de garrapatas en el ambiente y por lo tanto la infestación posterior en el ganado, es utilizar ganado resistente, como la raza Cebú y sus cruza, junto con establecimiento de especies forrajeras antigarrapata en lugares estratégicos del rancho, como *Stylosanthes* spp., *Melinis minutiflora* y *Brachiaria brizantha*.

El control biológico mediante la liberación de hongos entomopatógenos, parasitoides, nemátodos entomopatógenos u otro agente biológico como enemigos de las garrapatas, representa una opción que sólo podrá ser utilizada, después de haber sido probado en las condiciones de la explotación; sin embargo, deberá tenerse especial cuidado en liberar estos organismos, ya que la mayoría de ellos se encuentran en fase experimental y sin protocolos de aplicación establecidos.

Actualmente existe en el mercado una vacuna que protege contra la garrapata común del ganado *B. microplus*, la cual ha tenido una efectividad variable en condiciones de campo, pero puede ser una alternativa a probar. Se debe considerar que los resultados de la aplicación de la vacuna no son inmediatos, por lo que se requiere de un programa de vacunación a mediano plazo, complementado con el uso de baños garrapaticidas.

El control químico es el método más utilizado y recomendable para el control de la garrapata; sin embargo, también deberá ser tomado con precaución y considerar las características particulares de cada rancho o explotación. Hay que tener en cuenta que en algunas regiones o predios se ha detectado un mayor número de casos de resistencia, incluso nuevos productos comerciales tendrán diferentes porcentajes de efectividad. Lo recomendable es hacer pruebas de susceptibilidad de garrapatas a los diferentes productos y asesorarse de especialistas para un control adecuado y en condiciones específicas.

Existen ranchos o regiones donde es relativamente fácil seleccionar un garrapaticida eficiente, ya que no presentan problemas de control, pero en ranchos donde la resistencia es un problema, se deberá establecer un programa integral en el que se combine la utilización de un ixodicida con una o más de las alternativas mencionadas en párrafos anteriores (Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994).

Campaña Nacional Contra la Rabia Paralítica Bovina (NOM-011-SSA2-1993). La rabia paralítica bovina, o derriengue, es transmitida a bovinos, equinos, ovinos y caprinos por murciélagos hematófagos (vampiros) de la especie *Desmodus rotundus*, y es problema de salud animal y pública en las zonas endémicas de México. Entre las medidas de prevención y control de la enfermedad están la vacunación oportuna de los animales, así como la notificación inmediata a las dependencias del sector pecuario de los casos y sospechas de rabia en los animales y la implementación de las técnicas de control de vampiros. Estas acciones traerán como resultado una disminución de casos de rabia en los animales y una reducción en las posibilidades de presentación de casos en el hombre.

Objetivos de la campaña

- Normar, supervisar y asesorar técnicamente las estrategias de campaña contra la rabia paralítica bovina en los estados (zonas endémicas de la enfermedad).
- Establecer los mecanismos de coordinación con la Secretaría de Salud y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la prevención y el control de la rabia.
- Fomentar la vacunación en zonas enzoóticas, con especial énfasis en aquellas áreas donde es común observar en el ganado mordeduras por vampiros.
- Informar a los ganaderos de la importancia de la notificación de los casos de rabia, así como su confirmación diagnóstica en laboratorio.
- Promover y supervisar la capacitación a médicos veterinarios y productores, quienes a su vez serán capacitadores de un mayor número de ganaderos para redoblar esfuerzos en la prevención de esta enfermedad y en el control de poblaciones de vampiros.

Los indicadores de la presencia del vampiro, y por lo tanto del riesgo de diseminación de la enfermedad, son el número de animales mordidos y el número de mordeduras por animal.

Debido a las condiciones topográficas y orográficas de México, las características de la enfermedad, así como a las poblaciones existentes de vampiros, en la actualidad no se puede considerar que la enfermedad se encuentre en una fase de erradicación en el país (Velasco-Villa *et al.*, 2002).

LITERATURA CITADA

- Acha NP, Szyfres B. 2003 (a). Zoonoses and communicable disease common to man and animals. Scientific and Technical Publication 580. Pan American Health Organization. 3rd Ed. Volume I. Bacterioses and Mycoses, Washington, D.C., U.S.A. 293 p.
- Acha NP, Szyfres B. 2003 (b). Zoonoses and communicable disease common to man and animals. Scientific and Technical Publication 580. Pan American Health Organization. 3rd Ed. Volume II. Chlamydioses, Rickettsioses and viroses, Washington, D.C., U.S.A. 382 p.
- Álvarez-Martínez H, Pérez-Campos E. 2004. Causalidad en medicina. *Gaceta Médica México* 140(4):66.
- Carter GR and Cole JR. 1990. Diagnostic procedures in veterinary bacteriology and mycology. Fifth edition, Sthed. Academic Press. Virginia. USA. 620 p.
- Carter GR and Wise JD. 2004. *Essentials of Veterinary Bacteriology and Mycology*. Sixth Edition. Blackwell Publishing Company, Ames Iowa USA. 290 p.
- Coles GC, Bauer C, Borgsteede FHM, Geerts S, Klei TR, Taylor MA, Waller PJ. 1992. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.* 44: 35-44.

- Díaz-Aparicio E, Hernández AL, Arellano-Reynoso B y Valero EG (eds.). 2000. Diagnóstico de brucelosis animal. SAGAR, INIFAP. México, D.F. 221 p.
- Díaz-Aparicio E, Arellano-Reynoso B, Herrera LE, Leal HM, Suárez-Güemes F. 2007. Characterization of the transitory immune response in cows immunized with RB51 and its implication on diagnosis within brucellosis endemic zones. *Intl. J. Dairy Sci.* 2(4): 364-371.
- Díaz R, Gamazo C and López-Goñi I. 1999. Determinación de la sensibilidad de una bacteria a agentes antimicrobianos: antibiograma. p. 136-140 En: In: Manual Práctico de Microbiología. Massón. Barcelona.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Estudio FAO, Producción y Sanidad Animal. FAO. 157. Consultado el día 3 de marzo del 2009. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4813S/y4813s03.htm>.
- Foreyt JW. 2001. *Veterinary Parasitology. Reference Manual. Fifth Edition.* Blackwell Publishing, Ames Iowa, USA. 225 p
- Fuentes, D. M. D., M. I. Vitela, R. B. Arellano, C. R. Hernández, A. F. Morales, V. C. Cruz, G. F. Suarez and A. E. Diaz. 2007. Presence of *Brucella abortus* vaccinal strain RB51 in vaginal exudates of aborted cows. *Res. Journal of Dairy Science* 1(1.4):13-17.
- González, P. M., M. E. Posadas, B. A. Olguín, G. L. Reza. 1991. Manual de clínica propedéutica bovina. 2a. reimp. Limusa. México, D.F. 185 p.
- Herrera, L. E., L. Hernández, G. Palomares and E. Diaz. 2007. Study of brucellosis incidence in a bovine Dairy milk infected with *Brucella abortus*, where cattle was revaccinated with RB51. *Intl. Journal of Dairy Science* 2(1):50-57.
- Holdsworth, P. A., D. Kemp, P. Green, R. J. Peter, C. De Bruin, N. N. Jonsson, T. Letonja, S. Rehbein and J. Vercruyse. 2006. Guidelines for evaluating the efficacy of acaricides against ticks (Ixodidae) on ruminants. *Veterinary Parasitology* 136:29-43.
- Hugh-Jones, E. M., Hubbert T.W. and Hagstad V.H. 2000. *Zoonoses: Recognition, Control, and Prevention.* Iowa State University Press. Ames Iowa, USA.369 p.
- Jackson, P. and P. Cockcroft. 2002. *Clinical examination of farm animals.* Blackwell Publishing Company. Malden, USA.306 p.
- Lombard, M., P. P. Pastoret and A. M. Moulin. 2007. A brief history of vaccines and vaccination. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties.* 26(1):29-48.
- López-Merino, A. 1980. Brucellosis in Latin America. p. 151-161. *In:* Young, E. J. and M. Corbel (eds.). *Brucellosis Clinical and Laboratory Aspects.* CRC Press. Boca Raton, FI, USA.

- Luna, E. y C. Mejía. 1998. Manejo del hato infectado. p. 109-116. *In*: Memorias del III Foro Nacional de Brucelosis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. Acapulco, Gro., México.
- Luna-Martinez, J. E. and C. Mejia-Teran. 2002. Brucellosis in Mexico: current status and trends. National Dairy Cattlemen Association, Mexico. National Autonomous University of Mexico. *Veterinary Microbiology* 90(1-4):19-30.
- Miranda, M. R. E. 2003. Colección, conservación y envío de muestras para análisis bacteriológico y micológico. p. 96-106. *In*: Manual de Prácticas de Laboratorio de Bacteriología y Micología Veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D. F.
- Moreno, R. F., E. B. Rentería, B. R. Searcy and G. M. Montaña. 2002. Seroprevalencia y factores de riesgos asociados a la brucelosis bovina en hatos lecheros de Tijuana, Baja California. *Técnica Pecuaria en México* 40(3):243-249.
- Moriyón, I., M. J. Grillo, D. Monreal, D. González, C. Marín, I. López-Goñi, R. C. Mainar-Jaime, E. Moreno and J. M. Blasco. 2004. Rough vaccines in animal brucellosis: structural and genetic basis and present status. *Veterinary Research* 35(2004)1-38.
- NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards). 2002. Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; approved standard. 2nd. ed. NCCLS document M31-A2. Wayne, Pennsylvania, USA. 99 p.
- Nelson, E. K. and W. C. Master. 2007. *Infection disease epidemiology*. 2nd. ed. Jones and Bartlett Publishers. Ontario, Canada. 1159 p.
- Nicoletti, P. L. 1993. The eradication of brucellosis in animals. *Saudi Medicine Journal* 14:288-292.
- Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993. Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Diario Oficial de la Federación. 3 de junio de 1998.
- Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994. Campaña nacional contra la garrapata *Boophilus* spp. Diario Oficial de la Federación. 15 de abril de 1996.
- Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995. Campaña nacional contra la tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*). Diario Oficial de la Federación. 27 de agosto de 1998.
- Norma Oficial Mexicana NOM-040-ZOO-1995. Especificaciones para comercialización de sales puras antimicrobianas para uso en animales o consumo por éstos. Diario Oficial de la Federación. 4 de octubre de 1996.
- Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995. Campaña nacional contra la brucelosis en los animales. Diario Oficial de la Federación. 20 de agosto de 1996.

- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-064-ZOO-2000. Lineamientos para la clasificación y prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos. Diario Oficial de la Federación. 20 de octubre de 2000.
- Pazos, S. N. G., L. G. Tello, W. C. Escamilla, S. A. Aguilar, R. F. Aguilar y N. J. Vázquez. 2006. Zoonosis en México. p 381-401. *In*: Briones, R. R (ed.). Salud Pública y Medicina Preventiva. Tomo II. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue., México.
- Quinn, P. J., M. E. Carter, B. Markey and G. R. Carter. 1998. Collection and submission of diagnostic specimens. p 13-16. *In*: Clinical Veterinary Microbiology. Mosby ed, London.
- Quintiliani, J. R. and P. Courvalin. 1995. Mechanisms of resistance to antimicrobial agents. p 1505-1525. *In*: Manual of Clinical Microbiology. 6th. ed. Murray, P. R., E. J. Baron and M. A. Pfaller. American Society of Microbiology. USA.
- Quiroz, R. H. 1994. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Limusa. México, D. F. 923 p.
- Rotman, J. K., S. Greeland and L. T. Lash. 2008. Modern epidemiology. 3rd. ed. Walters Kluwer/Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia, USA. 758 p.
- Smith, R. 2005. Veterinary clinical epidemiology. 3rd. ed. CRC Press. Boca Raton, FI, USA. 269 p.
- Thrusfield, M. 2007. Veterinary epidemiology. 3rd. ed. Blackwell Publishing. Ames Iowa, USA. 593 p.
- Velasco-Villa, A. M. Gómez-Sierra, G. Hernández-Rodríguez, V. Juárez-Islas, A. Meléndez-Félix, F. Vargas-Pino, O. Velázquez-Monroy and A. Flisser. 2002. Antigenic diversity and distribution of rabies virus in Mexico. *Journal of Clinical Microbiology* (40):951-958.
- Waldner, N. D., J. Kirkpatrick and T. W. Lehenbauer. 2008. Recommended vaccination schedules for a comprehensive dairy herd health program. [Consultado el 12 de febrero de 2009] <http://www.osuextra.com>

**CRIANZA DE BECERRAS Y VAQUILLAS PARA
REEMPLAZO EN LECHERÍA TROPICAL**



**Mario Medina Cruz¹
Juan Zárate Martínez²
René C. Calderón Robles³
José Ugarte Berazain⁴
Francisco Aguilar Romero⁵**

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM

²Campo Experimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

³Sitio Experimental Las Margaritas. CIR Golfo Centro-INIFAP.

⁴Asesor Privado. jugarte38@prodigy.net.mx

⁵CENID Microbiología. INIFAP.

CRIANZA DE BECERRAS Y VAQUILLAS PARA REEMPLAZO EN LECHERÍA TROPICAL

INTRODUCCIÓN

Este proceso está orientado al sistema de producción de doble propósito (DP), cuyas actividades se describen por etapas, que son: parto, día 1, lactancia y crecimiento hasta el destete (ver Figura 8 del Capítulo 1). En cada etapa se presentan ocho prácticas intercaladas en el texto, que describen paso a paso las actividades y habilidades a desarrollar, incluyendo un ejercicio de aula sobre cálculos de tasas de morbilidad y mortalidad, y hoja de Excel 1 como registro maestro.

PREPARTO

Preparación de la vaca

En general, el período de secado de la ubre de las vacas debe durar de 55 a 60 días, en el cual la vaca se prepara durante 15 a 20 días para la gran exigencia metabólica: el parto y el comienzo de la lactancia. Hay condiciones mínimas para el parto, la forma más aceptada es la condición corporal; en esta etapa, interaccionan la genética del animal con los problemas del sistema de producción, que se analizan y definen para lograr mejoras, aplicando una combinación de medidas de manejo y alimentación. Se debe separar a la vaca que esté mostrando inquietud, contracciones abdominales o visualización del corioalantoides o ruptura del mismo, cepillarla y lavarle el tren posterior. De ser posible, se recomienda rasurar alrededor de la ubre y de los pezones, y recortar los pelos de la cola a la altura del corvejón (Radostits, 2001).

Indicadores del desempeño

1. Rasurado y limpio el cuarto posterior y la ubre desde los pezones.
100% de los animales al parto.
2. Recortados los pelos de la cola a la altura del corvejón.
100% de los animales al parto.

PARTO

Atención competente al parto

De preferencia, las vacas y vaquillas deben alojarse en potreros que permitan la vigilancia particular, según fecha probable de parto, el cual se realizará en un área de fácil acceso, con pastura limpia, libre de aguas estancadas y provistas de sombra, para una eficaz supervisión y rápida asistencia. En los días previos al parto, la vaca muestra una serie de signos muy característicos: el abdomen en forma de pera, inquietud, la ubre agrandada y edematizada.

El parto se divide en tres etapas: Fase I, de dilatación cervical; Fase II, de expulsión fetal; y Fase III de expulsión de la placenta (Medina, 1994).

La detección del inicio de la Fase I se reconoce por inquietud en la vaca, se echa y se para continuamente, camina en exceso y con la cola levantada. Desde entonces, se vigilará discretamente cada tres a seis horas; se esperan hasta seis horas para que finalice en vacas y hasta doce en vaquillas; posteriormente, inicia la expulsión fetal hasta el parto. Lo adecuado es esperar a que ocurra en forma natural y limitarse a observar.

Se debe evaluar el tipo de parto: normal o distócico. Si el parto es normal no se requiere apoyo. Cuando el parto es distócico, se requiere auxiliar a la vaca, pero debe evitarse dañar el canal natural del parto y maximizar la sobrevivencia de las crías.

Al nacimiento, la becerro se separa de la vaca y se practican las siguientes actividades: quitar restos de placentas de las vías respiratorias, para asegurar la aspiración nasofaríngea libre, y secar y estimular la circulación sanguínea en la becerro, frotando los costados del tórax, cuello y cara con tela limpia y lavable o toallas de papel desechables, produciendo movimientos en los miembros. El cuidado al nacimiento normal es, verificar que la vaca limpie a la becerro de manera natural, estimulándola al lamerla; de lo contrario, realizar esta actividad como se indica en el párrafo anterior.

Al nacer el producto, el vaquero registrará en la libreta de campo y en la hoja maestra de Excel 1, datos importantes como: sexo, raza, peso, presentación obstétrica y madurez al parto. A continuación se enumeran los indicadores para evaluar a todas las actividades anteriormente señaladas.

Indicadores de desempeño

1. Tipo de parto
 - >95% deben ser normales, sin asistencia
 - <5% pueden ser asistidos, mediante tracción ligera, fuerte o cesárea
1. Sexo de la cría
 - Hembras en un rango de 45 a 55%
3. Presentación de la cría
 - >90% de los nacimientos deben ser en presentación anterior
4. Maduración de la cría
 - >95% de las crías deben ser a término
 - <5% de abortos
5. Mortalidad perinatal
 - Partos de vacas: entre 1 y 3%
 - Partos de vaquillas: entre 4 y 5%

Interacción: ver el tema de Parto en la sección de Reproducción.

DÍA 1

Evaluación de la cría

Se realizará una serie de actividades con la cría recién nacida que permitirán un alto índice de sobrevivencia; éstas inician con la evaluación clínica que incluye: tiempo en levantar la cabeza, reflejo succionador, respuesta a los estímulos, interés por el entorno, tiempo que demora en hacer el primer intento por pararse o los minutos que tarda en asumir la posición

de decúbito esternal, también llamada de perro echado, posición importante, porque facilita la ventilación pulmonar y evita la congestión hipostática. También se debe valorar la vitalidad de la cría y promover el equilibrio ácido-base, para que inicie el reflejo succionador (Cuadro 99).

CUADRO 99. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE CLÍNICO DE LA BECERRA RECIÉN NACIDA*

SIGNO CLÍNICO	EVALUACIÓN	VALORACIÓN (PUNTOS)		
		0	1	2
Tiempo que demora en levantar la cabeza.	Uno a tres minutos después del nacimiento.	No la levanta.	La levanta, pero la mantiene de lado, recostada y sin fuerza.	La levanta y trata de mantenerla erguida, realizando movimientos propios.
Reflejo de succión.	El dedo, previamente lavado, se introduce en la boca del becerro, para evaluar si succiona con fuerza y en forma sostenida.	Ausente.	Presente, pero débil, no sostenido.	Presente con fuerza y avidez.
Respuesta a los estímulos.	Pelliccos en la grupa: debe saltar hacia adelante o hacia un costado. Doblar la oreja en cuatro y apretarla en la base, debe tratar de liberarse y sacudir la cabeza. Chorro de agua en el oído, debe sacudir la cabeza.	No responde a ninguno de los tres.	Reacciona débilmente a uno, dos o a todos.	Reacciona bien a los tres.
Interés por el entorno.	Muestra interés por lo que ocurre a su alrededor.	Ajeno al medio.	Poco interés.	Se percata prontamente de los ruidos, personas, vaca, etc.
Tiempo que demora en hacer el primer intento por pararse.	Debe ocurrir en los primeros 20 minutos de vida.	No lo realiza, se mantiene tirado.	Intenta, pero débilmente.	Realiza varios intentos insistentemente.
		0	5	10

RESULTADOS EN PUNTOS:

0 - 5: deprimido; 6 - 7: vitalidad afectada; 8 - 10: buena vitalidad.

Tiempo que demora en asumir la posición de decúbito esternal o perro echado.	En los primeros 15 minutos.	No la asume Mal pronóstico.	Si la asume Buen pronóstico.
--	-----------------------------	--------------------------------	---------------------------------

*En el caso de doble propósito, esta actividad será opcional, ya que en la mayoría de los casos el nacimiento será en los potreros.

Desinfección umbilical

Otro aspecto de suma importancia son las medidas higiénicas, entre las cuales destaca la desinfección del ombligo al nacimiento. Después del nacimiento, el cordón umbilical no debe cortarse ni ligarse, y en su caso, dejarlo de una longitud aproximada de 15 a 20 centímetros. Se desinfecta por fuera y también por dentro, sumergiéndolo en solución de yodo metálico (inorgánico) al 2% en alcohol, clorhexidina al 2%, evitando que el desinfectante contacte con los órganos abdominales por el interior del cordón umbilical o con la pared abdominal de la cría por el exterior del mismo.

El procedimiento puede repetirse dos veces más en las siguientes 12 horas, utilizando, de preferencia, vasos de papel desechables o contenedores lavables, para evitar la contaminación de las soluciones; éstas, especialmente el yodo metálico, mancha de color dorado el área desinfectada, lo cual permite verificar rápidamente que la tarea se ha realizado adecuadamente. Esta práctica de manejo, evitará padecimientos como la onfalitis, meningitis o poliartitis en las crías (Medina, 1994).

Identificación permanente y tarjeta individual

Identificación permanente. La becerria debe identificarse por un medio permanente, como el arete de plástico, tatuaje, fotografía, silueteado o arete del sistema SAGARPA-SINIIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado).

Tarjeta individual. Incluye los aspectos más importantes durante la crianza de la becerria y debe contener el número de identificación (tatuaje, arete de plástico o arete del SINIIGA) silueteado, fotografía, la identificación del padre y de la madre, fecha de nacimiento, sexo de la cría, tipo de parto o nacimiento: si fue normal, tracción ligera, forzada o cesárea. Además, la titulación de proteína sérica, el peso al nacimiento, al destete y a los 12 meses, al primer servicio y al primer parto, las fechas de destetillado y de descornado. Es muy importante y frecuentemente descuidada, la anotación de enfermedades, su fecha y los tratamientos aplicados, igualmente las fechas de vacunaciones, de desparasitaciones y de aplicación de vitaminas.

Calostro: colección, evaluación, conservación, pasteurización y consumo

Aunque estas actividades son más importantes en la lechería intensiva, es necesario que el capacitando las conozca, ya que se requiere evolucionar los sistemas de producción de leche en el trópico. Además, serán de gran utilidad en algunos casos, como puede ser la muerte de la madre.

El calostro es la secreción de la glándula mamaria durante los primeros tres a cuatro días posteriores al parto; sus funciones, además de la provisión de anticuerpos al becerro, contribuyen al correcto desarrollo del tracto gastrointestinal (mediante el aporte de hormonas, péptidos bioactivos y enzimas), promoviendo el desarrollo de la cría; también, es ampliamente conocido su papel en el proceso de transferencia de inmunidad pasiva. Existen factores que intervienen significativamente en la cantidad y la calidad del calostro, según Medina (1994), los más sobresalientes son:

Alimentación durante el parto. La subalimentación durante el parto tiene un marcado efecto negativo sobre el volumen de producción del calostro al momento del parto.

Ordeña del calostro en el postparto. Al momento del parto termina la secreción de inmunoglobulinas hacia el calostro; por lo tanto, el que se ordeña inmediatamente contiene la mayor concentración de gammaglobulinas, en comparación con los calostros obtenidos posteriormente (Stott *et al.*, 1981); esto es muy importante, ya que el goteo de calostro antes del parto mismo, priva al becerro de la concentración requerida de inmunoglobulinas, por lo que se recomienda ordeñar el calostro y refrigerarlo hasta que nazca la becerro (Medina, 2007). No obstante que, cuantitativamente, su inmunoglobulina principal es la IgG, los tres tipos de anticuerpos presentes: IgG, IgM e IgA disminuyen a medida que se ordeña la vaca, y a las 60 horas después del parto, la concentración de anticuerpos es aproximadamente de un 5%, en comparación con la concentración de anticuerpos en el calostro al parto.

Número de parto. En las vaquillas de primer parto, el volumen total de calostro y la variedad de anticuerpos de acuerdo a los antígenos contra los que actúan son menores, pero su concentración tiende a ser similar a los encontrados en vacas de más partos, por lo que este calostro debe utilizarse en los ranchos.

Ubres pendulosas, con una conformación y posición deficiente y/o pezones muy grandes, influyen negativamente sobre la habilidad de la cría para mamar y abastecerse de calostro directamente de las tetas maternas. Sin embargo, estos factores pueden superarse mediante el amamantamiento manual de las becerros.

El calostro debe ingerirse antes de la llegada de bacterias patógenas al epitelio intestinal, de lo contrario, la *Escherichia coli* se adhiere a las células epiteliales del intestino, inhibiendo la absorción y la adherencia de anticuerpos del calostro.

Durante las primeras 24 horas de vida, el intestino es permeable a macromoléculas y anticuerpos, que luego de ser absorbidos son transportados por la sangre.

Ordeño del primer calostro. La vaca se debe trasladar al corral, el cual debe contar con una prensa de manejo para sujetar a la vaca. La persona que realiza la demostración, debe lavarse las manos. Los pezones se lavan con agua y en caso de suciedad extrema, podrá usarse jabón; esto estimula la bajada del calostro. Se secan las tetas con toallas desechables o individuales reciclables, para evitar escurrimientos que puedan volver a contaminar. Se realiza una prueba del paño negro (despunte de la ubre), depositando los primeros chorros de cada cuarto en un recipiente de fondo oscuro, para detectar la presencia de sangre y/o grumos, indicativo de mastitis clínica. Si la prueba es positiva se desecha el calostro, y en caso de ser normal, lo consume la cría; si no alcanza a consumirlo todo, debe ordeñarse a fondo. Es recomendable conservar calostro de calidad congelado, para las crías que no tengan acceso directo a esta alimentación.

Evaluación. Su evaluación consiste de examen organoléptico, volumen y prueba de calostrometría.

Examen organoléptico

Color. El calostro debe ser amarillo claro a intenso; el rojizo, rosado u obscuro debe desecharse por presencia de sangre, ya que transmitirán las enfermedades que tenga o porte la vaca como: brucelosis, tuberculosis, paratuberculosis, leucosis enzoótica bovina y *Staphylococcus aureus*.

Apariencia. Sin tolondrón; cuando éste se encuentre, debe desecharse.

Olor. Debe oler a fresco; si huele a descompuesto, debe desecharse.

Volumen. Se recomienda ordeñar a fondo a la vaca, para obtener el mayor volumen de calostro de primer ordeño y el de mayor concentración de inmunoglobulinas, las cuales si permanecen dentro de la glándula mamaria serán reabsorbidas a la circulación, de manera que en el segundo ordeño, la concentración de inmunoglobulinas equivaldrá siempre a dos tercios o la mitad del calostro de primer ordeño. Adicionalmente, un nutriólogo debe formular adecuadamente la ración de las vacas secas en reto, con niveles bajos de calcio y sales aniónicas, a fin de controlar los problemas de hipocalcemia en el parto, que impedirían una cosecha adecuada de calostro.

Prueba de calostrometría. Investigaciones en el campo de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas de la vaca a la cría, han permitido desarrollar una prueba de campo rápida y sencilla, conocida como calostrometría, basada en la alta correlación entre la gravedad específica del calostro y los sólidos totales, la proteína total y las IgG, IgM e IgA en el mismo (Fleenor y Stott, 1980). A mayor densidad del calostro, mayor concentración de anticuerpos y viceversa. La prueba se realiza mediante un calostrómetro, lactodensímetro especialmente diseñado para medir la gravedad específica del calostro de la vaca y por lo tanto, el contenido de inmunoglobulinas, IgG, IgM e IgA. Esta prueba posibilita la alimentación selectiva de calostro de alto contenido de anticuerpos a la cría recién nacida (Medina, 1986a).

La prueba de calostrometría consiste en tomar una muestra de calostro de primer ordeño hasta llenar una probeta de 250 mL y desechar la espuma sobrenadante, dejando únicamente líquido; introducir el calostrómetro, dejándolo flotar por unos segundos hasta que se estabilice; leer el resultado en la escala cuantitativa de g/L, y clasificarlo en tres categorías:

1. **Superior.** Sobresaldrá la porción de color verde del vástago del calostrómetro, correspondiente a un calostro con gravedad específica de 1.047 a 1.075 y una concentración de anticuerpos de 50 a 123 mg/mL de calostro (50 a 123 g/L). La cría alimentada con calostros de calidad superior, adquiere la cantidad de inmunoglobulinas necesarias para su protección durante las primeras tres semanas de vida. Este tipo de calostro se considera como oro líquido, por sus efectos protectores contra enfermedades.
2. **Mediano.** Color amarillo, con gravedad específica de 1.035 a 1.046 y una concentración de inmunoglobulinas de 20 a 49 mg/mL de calostro (20 a 49 g/L). Este tipo de calostro difícilmente llenará los requerimientos mínimos de anticuerpos que el neonato necesita para su protección; es preferible el calostro con calidad superior. Sin embargo, se le puede dar al becerro entre 8 y 12 horas después de que ingiera el primer calostro con alta concentración de anticuerpos, para adicionar la cantidad de inmunoglobulinas necesarias.
3. **Pobre.** Color rojo, con gravedad específica inferior a 1.035 y concentración de inmunoglobulinas menor a 20 mg/mL de calostro (20 g/L). Este tipo de calostro deberá darse fresco a los becerros de dos a cuatro días de edad o utilizarse fermentado para la crianza de becerros. De ninguna manera debe administrarse al becerro recién nacido, ya que no confiere protección alguna contra enfermedades infecciosas. Esta prueba es infrecuente, porque la cría toma directamente de la ubre el calostro de cualquiera de estas tres calidades (superior, mediano y pobre),

por lo cual conviene conservar refrigerado calostro de excelente calidad y ofrecerlo a becerros que lo necesiten al nacimiento.

Conservación y administración. Es importante que en cada unidad de producción se implemente el siguiente programa de conservación de calostro:

Colectar dos bolsas de 2 L de calostro con cierre integrado, anotando claramente en su exterior, con plumón indeleble: fecha, identificación de la vaca, volumen contenido, y gramos de inmunoglobulinas por litro de calostro.

Este calostro puede ofrecerse en las siguientes formas:

1. Fresco, en forma inmediata.
2. Refrigerado, en un periodo de cuatro a siete días, manteniéndolo en refrigeración dentro de los primeros 30 minutos después del ordeño, introduciéndolo en las mamilas al refrigerador del rancho y si no hay electricidad, sumergiéndolas en agua con hielo a partes iguales.
3. Congelado, se mantiene así en un período de seis meses a un año. Al momento de usarlo, se descongela de la siguiente forma:
 - a) Se preparan dos cubetas de 18 L con agua a 55 °C.
 - b) Se extraen del congelador dos bolsas de 2 L cada una con calostro de alta calidad (>50 g/L) y se sumergen en el primer recipiente con agua a 55 °C por cinco minutos, al cabo de los cuales el calostro estará descongelado, pero a una temperatura cercana a los 4 °C.
 - c) Se sumergen las dos bolsas en el segundo recipiente con agua entre 50 y 55 °C por cinco minutos, al cabo de los cuales el calostro alcanzará una temperatura muy próxima a los 38 °C.
 - d) El calostro refrigerado debe conservarse a 3 °C.

Pasteurización. La pasteurización del calostro destruye los patógenos que se transfieren desde la vaca hasta la cría, asimismo preserva casi la totalidad de inmunoglobulinas vitales para la sobrevivencia de las crías. Entre los patógenos que se transmiten por medio del calostro están: *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP), *M. bovis*, *Mycoplasma* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus uberis* y *Escherichia coli*.

Los métodos más eficientes para pasteurizar el calostro son: a) pasteurización lenta del calostro a 63 °C, con agitación permanente por 30 minutos, y b) el llamado calentamiento del calostro a 60 °C por 60 minutos, con agitación constante (Medina *et al.*, 2008; Godden *et al.*, 2003; Quigley, 2003, 2004). Los dos métodos pueden realizarse con equipo automatizado o en forma casera, cuidando de mantener la temperatura indicada, agitando constantemente el calostro, para que el calentamiento sea uniforme, y utilizando un termómetro dentro del recipiente, para monitorear la temperatura.

Por cualquiera de los dos métodos, se ha logrado destruir más del 99% de las bacterias presentes y la transferencia de la inmunidad pasiva exitosa en niveles superiores a los 5.5 g/100 mL de suero en la gran mayoría de las becerras.

Consumo. Los factores que determinan principalmente la titulación de inmunoglobulinas en las becerras son: el volumen de calostro consumido, la concentración de inmunoglobulinas

(IgG) por litro de calostro, el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el primer consumo, y la eficiencia en la absorción de las inmunoglobulinas, es decir, el tiempo en horas de vida en que se toma el calostro, pues el retraso en su administración reduce la eficiencia de absorción de IgG, debido a que el pasaje a través del epitelio intestinal, disminuye rápidamente conforme transcurre el tiempo.

Estudios recientes muestran los beneficios de alimentar a las becerras al nacimiento, con volúmenes de calostro equivalentes al 10% de su peso corporal, es decir, 4 L de calostro de alta calidad (>50 g/L), para una becerria Holstein promedio de 40 kg inmediatamente al nacimiento o en un máximo de una hora después del nacimiento por medio de mamila o sonda esofágica; posteriormente, a las 12 horas de vida se le proporciona un 5% de su peso corporal, equivalente a 2 L de calostro de alta calidad (>50 g/L) (Morín *et al.*, 1997).

Somatometría al nacimiento

Somatometría. Se define como la medición del cuerpo, la cual se realiza en tres dimensiones: peso expresado en kg; estatura generalmente a la cruz, expresada en cm y la calificación de la condición corporal (CCC), expresada mediante una calificación lineal en una escala del 1 al 5 (Edmonson *et al.*, 1989).

El pesaje se efectúa mediante dos sistemas: el primero consiste en determinar la circunferencia torácica en cm y consultar su equivalencia a kg. En el Cuadro 100, se muestran las equivalencias para animales cruzados Holstein x Cebú, generadas en Cuba.

Este método refleja mejor el desarrollo esquelético y muscular a lo largo del tiempo, que el de pesaje con báscula.

El segundo consiste en el pesaje con báscula, método que está sujeto a la variación en la alimentación del día, la hora en que se pesó y la temperatura ambiente.

La estatura a la cruz o a la cadera se mide con un somatómetro, instrumento compuesto de una regla vertical de PVC, madera o metal y una cinta plástica o metálica adosada, pegada o adherida, para medir, sobre la cual se desliza una regla horizontal que mide la distancia desde el piso hasta la cruz o la cadera.

La CCC es una herramienta, para evaluar las reservas grasas de las crías, resultado del consumo y la calidad de alimento. Una elevada CCC significa demasiada energía y baja CCC, es decir, una vaquilla flaca corresponde a bajo consumo de energía. Esta calificación se realiza palpando y observando el área de vértebras lumbares (1), los espacios intercostales (2) y los ilion e isquion (3) (Figura 24).

Los resultados obtenidos en kilogramos, centímetros y CCC se comparan con los estándares de la raza y edad, para determinar si la becerria se encuentra en el rango de referencia o presenta deficiencias, o excesos significativos (ver el Cuadro 75 del Capítulo 4).

CUADRO 100. EQUIVALENCIAS ENTRE CIRCUNFERENCIA TORÁXICA Y PESO CORPORAL EN HEMBRAS CRUZADAS HOLSTEIN X CEBÚ.

CIRCUNFERENCIA TORÁXICA (cm)	PESO CORPORAL (kg)	CIRCUNFERENCIA TORÁXICA (cm)	PESO CORPORAL (kg)	CIRCUNFERENCIA TORÁXICA (cm)	PESO CORPORAL (kg)
60	28	112	121	165	358
61	28	113	123	166	368
62	29	114	126	167	378
63	30	115	129	168	388
64	31	116	132	169	399
65	32	117	136	170	408
66	33	118	139	171	420
67	34	119	142	172	430
68	35	120	146	173	440
69	36	121	149	174	450
70	37	122	153	175	459
71	38	123	156	176	467
72	38	124	160	177	473
73	39	125	164	178	477
74	40	126	167	179	480
75	41	127	170	180	483
76	42	128	174	181	486
77	43	129	177	182	489
78	45	130	181	183	492
79	47	131	184	184	495
80	49	132	188	185	498
81	50	133	192	186	501
82	52	134	196	187	503
83	54	135	200	188	506
84	56	136	204	189	509
85	57	137	208	190	512
86	59	138	212	191	515
87	61	139	217	192	518
88	63	140	222	193	521
89	65	141	227	194	524
90	67	142	232	195	527
91	69	143	237	196	530
92	71	144	242	197	533
93	74	145	247	198	536
94	77	146	252	199	539
95	80	147	257		
96	82	148	262		
97	85	149	267		
98	87	150	272		
99	90	151	276		
100	92	152	280		
101	95	153	284		
102	97	154	288		
103	99	155	292		
104	101	156	296		
105	104	157	301		
106	106	158	306		
107	109	159	312		
108	111	160	318		
109	114	161	324		
110	116	162	331		
111	119	163	339		
112	121	164	348		

Anónimo (2006).

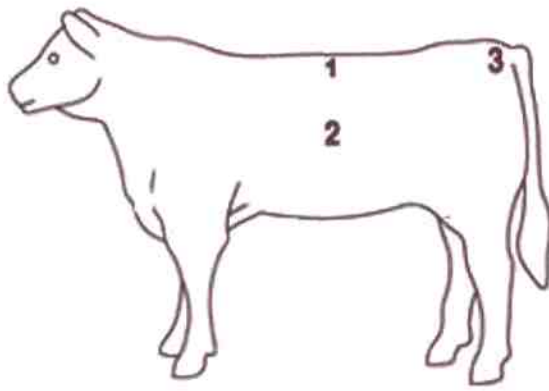


Figura 24. Áreas de medición para determinar la CCC.

Indicadores de desempeño

1. Evaluación de la cría
 - >95% deben alcanzar una valoración de 8 a 10, es decir buena vitalidad.
 - <5% con un valoración inferior a 8, es decir con vitalidad afectada o con franca depresión.
2. Desinfección umbilical
 - 100% desinfectados correctamente.
3. Identificación permanente y tarjeta individual.
 - 100% de las crías deben identificarse en forma permanente.
 - 100% de las crías deben contar con su tarjeta individual.
4. Prueba de calostrometría
 - 50% del calostro debe ser de calidad superior (>50 g/L).

Práctica 1. Aretado y tatuaje

Materiales y equipos requeridos. Cada participante debe traer su propio equipo para aretar (el aretador y los aretes); la identificación puede ser igual a la del tatuado.

Para el tatuado, se requiere el tatuador, los números, la tinta, el material para sujeción y tener listos los prospectos a tatuar.

Procedimiento. La cría se sujeta adecuadamente y se tatúa de la siguiente forma: en el pabellón interno de la oreja derecha, se marca el número de la madre y en el de la del izquierda, la identificación correspondiente a la cría: el último número del año de nacimiento ej. 8 para 2008, seguido por el número progresivo de nacimiento ese año ej. 8-1 para el primero que nace en ese año y así sucesivamente; con esto, los números no se repiten hasta la siguiente década.

Práctica 2. Prueba de calostrometría

Materiales y equipos requeridos. Calostrómetros con sus probetas de 250 mL cada una.

Procedimiento. Se ordeña el calostro de primer ordeño en la forma referida en el texto y se toma una muestra en una probeta de 250 mL, en donde se pone a flotar el calostrómetro, desechando la espuma sobrenadante, para evitar falsas lecturas; se espera unos segundos a que el calostrómetro se estabilice, se toma la lectura en colores y en gramos por litro, y se anotan los resultados en la hoja de Excel 1.

El calostrómetro se lava con agua caliente, se seca y se guarda.

Un calostro de alta calidad se indica en el color verde y contiene ≥ 50 g/L, el de mediana calidad se indica en el color amarillo y tiene entre 20 y 50 g/L, y el de calidad inferior se indica en el color rojo y tiene ≤ 20 g/L.

Práctica 3. Administración de líquidos (calostro, leche o soluciones de electrolitos) por medio de un alimentador esofágico

Materiales y equipos requeridos. Alimentadores esofágicos.

Procedimiento. Con la becerro de pie, introducir el tubo esofágico por la parte medial de la boca y ligeramente hacia la izquierda del cuello. Sentir el paso del bulbo del tubo y seguir introduciéndolo hasta tres cuartas partes de su longitud, abrir la válvula, para permitir la caída del líquido por gravedad hacia el rumen de la becerro, y verificar que el líquido fluya sin obstrucciones; de lo contrario, suspender, eliminar la obstrucción y continuar. Un volumen de 2 L se administra en aproximadamente un minuto. Durante la introducción y la extracción del bulbo del tubo, la válvula deberá estar cerrada, evitando la caída de líquidos en la laringe.

Práctica 4. Pesaje con báscula o cinta, estatura con somatómetro y calificación de condición corporal

Materiales y equipos requeridos. Báscula, cintas medidoras en el sistema métrico decimal, somatómetros.

Procedimiento. En una báscula se realiza el pesaje en kg, o se coloca la cinta medidora alrededor del tórax, pasando dorsalmente inmediatamente por atrás de ambas escápulas y ventralmente por la parte más angosta del tórax sobre el corazón, ejerciendo la presión suficiente para que el pelo del animal se aplane.

Los centímetros obtenidos se consultan en el Cuadro 100, para obtener los kg de peso, de acuerdo con el genotipo del animal. Para medir la estatura, se coloca el somatómetro a un lado de la escápula, apoyándolo sobre el piso y manteniendo a 90° con respecto al piso. Se leen los centímetros a la cruz y se anotan en la tarjeta de identificación individual de la becerro.

Finalmente, se determinarán semanalmente las pérdidas perinatales, cuantificando por categorías, para permitir su control:

- a) Mortalidad (ahogadas al nacimiento o que mueren en las primeras 24 horas).
- b) Otras razas (cárnicas europeas o cebuinas).
- c) Anormalidades físicas.

LACTANCIA

La lactancia durante la crianza se refiere al periodo en que la cría permanece durante el ordeño al lado de la vaca hasta su destete.

Alojamiento

Las crías deben alojarse en potreros pequeños que cuenten con cobertizos, para recibir suplementación especial durante la crianza. Se deben rotar los potreros e higienizar adecuadamente los cobertizos.

Los becerros de doble propósito permanecerán los cuatro primeros días con la vaca, bajo supervisión del vaquero. A partir del día cinco o seis hasta el día 210 (muy probable edad del destete), el amamantamiento se controla inicialmente dos veces, y después una vez al día (separar a la cría de la vaca y reunirlos hasta el momento del ordeño). Al separar las crías de las vacas éstas se alojarán en un corral de becerros o "rejo" (Koppel *et al.*, 1999).

Falla en la transferencia de la inmunidad pasiva (FTI)

La falla en la transferencia de inmunoglobulinas se refiere a la deficiencia en el paso de inmunoglobulinas maternas al becerro, a través del calostro, inmediatamente después del nacimiento. Debido a que el bovino es una especie con placenta de tipo epiteliocorial, las inmunoglobulinas no pasan a través de la placenta durante la gestación (Morilla, 1982; Weaver *et al.*, 2000). Muchos estudios han relacionado la concentración de inmunoglobulinas circulantes adquiridas del calostro con la susceptibilidad a la diarrea neonatal, a la colisepticemia, a las neumonías, onfalitis, onfaloflebitis, uraquitis, artritis séptica, peritonitis y mortalidad (Gay, 1983; Boyd, 1972; McGuire y Adams, 1982; Radostits *et al.*, 2000; Staley, 1985; Hancock, 1985; Rea *et al.*, 1996; Besser y Gay, 1985). Además de los factores anteriores están los aspectos ambientales, como el manejo de parto, densidad de población y concentración de patógenos en el ambiente (Thomas *et al.*, 1973; Logan, 1977). Los becerros con baja titulación de anticuerpos deben protegerse de la exposición a agentes patógenos, manteniéndoles su lugar lo más limpio posible. La prevalencia de la FTI varía de región a región, e inclusive de hato a hato y en ganado lechero puede alcanzar hasta un 40%.

La FTI en las becerras deberá diagnosticarse a los dos o tres días de edad. En becerras de 24 a 72 horas de vida, obtener 10 mL de sangre de la vena yugular, y el suero debe separarse de la muestra de sangre por centrifugación (10,000 rpm/10 min). Se determinará la proteína sérica total (Medina, 1986b; Tyler *et al.*, 1998), instilando 0.5 mL del suero en el prisma de un refractómetro estacionario o portátil, con compensación de temperatura, y previamente calibrado.

Una transferencia exitosa de la inmunidad dará un valor de ≥ 5.5 g/100 mL. Cuando existe falla parcial en la transferencia de la inmunidad, el valor será de 5.2 a 5.5 g/100 mL y la falla en la transferencia de la inmunidad tendrá un valor de ≤ 5.2 g/100 mL. El 95% de las becerras debe lograr ≥ 5.5 g/100 mL.

ALIMENTACIÓN HASTA EL DESTETE

Leche. En este sistema de crianza, esta etapa se extiende hasta los 210 días; desde sus inicios, el retículo-rumen debe adquirir la capacidad de digerir carbohidratos estructurales (celulosa), que servirán a la cría como fuente de energía para su crecimiento.

Los primeros cuatro o cinco días del nacimiento, la cría permanecerá con la madre y a partir del día seis se pasa al lote de becerros lactantes; hasta el día 90 se dejará un cuarto de la ubre sin ordeñar, para consumo de la cría, además de la leche de apoyo y la residual de los cuartos restantes durante 30 minutos posteriores al ordeño (dos veces al día). Del día 91 al 210, se le proporcionará sólo leche de apoyo y residual de todos los cuartos durante 30 minutos. El destete se verifica el día 210 posterior al parto, y se acompaña con la desparasitación y el pesaje.

Concentrado iniciador. Después de que las crías ingieren la leche residual, deben separarse de sus madres y alojarse en potreros pequeños, provistos con comederos y bebederos cubiertos donde se les ofrecerá hasta 2 kg de un concentrado con el 18 a 20% PC y 70% TND, adicionado con un coccidiostato. El Cuadro 101 presenta los requerimientos mínimos de las crías durante la crianza.

CUADRO 101. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES MÍNIMOS DE BECERROS EN LA FASE DE CRIANZA.

PESO CORPORAL (kg)	GANANCIA DIARIA (g)	CONSUMO MS (kg)	PROTEÍNA CRUDA TOTAL (kg)	TND (kg)
50	500	1.45	0.198	1.23
75	700	2.10	0.318	1.72
100	700	2.80	0.402	2.10
150	700	4.00	0.510	2.76
200	700	5.20	0.640	3.45

MS=Materia seca; TND=Total de nutrientes digestibles (Koppel *et al.*, 1999).

Forraje. Éste lo adquieren directamente de los potreros asignados para la crianza, establecidos con pastos mejorados y en el mejor de los casos, llevar a las becerras a bancos de proteína.

Agua. A partir del día seis hasta el 210 (destete), se debe de proveer agua limpia y fresca (el nutriente más crítico) a libertad, en bebederos o abrevaderos naturales.

Vitaminas y minerales. Es recomendable aplicar vitaminas A, D y E en el primer mes de vida; a su vez, los minerales deben ofrecerse a libertad en forma de sales.

Principales enfermedades durante la lactancia

Diarrea neonatal. Para evaluar las diarreas neonatales, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Identificar las heces acuosas, amarillentas, malolientes y ocasionalmente sanguinolentas.

- Tomar las constantes fisiológicas:
Frecuencia cardiaca (100 a 125/min)
Frecuencia respiratoria (30 a 45/min)
Temperatura: (39 °C)
- Evaluar el porcentaje de deshidratación en las beceras con diarrea neonatal (Morgado, 1990) y su comportamiento, y determinar la vía de administración de la terapia de rehidratación a seguir (Cuadro 102).

CUADRO 102. PORCENTAJE DE DESHIDRATACIÓN Y TERAPIA DE REHIDRATACIÓN EN BECERAS CON DIARREA NEONATAL.

COMPORTAMIENTO	DESHIDRATACIÓN (%)	HUNDIMIENTO DEL OJO* (mm)	DURACIÓN DEL ESTIRAMIENTO DE LA PIEL* (s)	VÍA DE ADMINISTRACIÓN DE LA TERAPIA DE FLUIDOS
Normal	<6	No	No	Ninguno
Deprimido	6 a 8	2 a 4	1 a 3	Rehidratación vía oral con mamila
Más deprimido, generalmente en decúbito	8 a 10	4 a 6	2 a 5	Rehidratación vía oral con mamila o sonda esofágica
Comatoso, decúbito esternal y lateral	10 a 12	6 a 8	5 a 10	Rehidratación vía intravenosa
Decubito lateral, moribundo	>12	8 a 10	>10	Rehidratación vía intravenosa

*El hundimiento del ojo y la duración del estiramiento de la piel, son los mejores indicadores del porcentaje de deshidratación de la beceras.

Rehidratación vía oral. Es la mejor alternativa como terapia, ya que permite un rápido restablecimiento de las pérdidas de agua, electrolitos, bicarbonato y energía (Medina, 1994). Existen diferentes electrolitos comerciales en el mercado, los cuales deben disolverse en 2 L de agua limpia y administrarse de dos a tres veces por día entre las alimentaciones con leche, durante un período de tres días (Smith, 2008).

Neumonías. En esta misma etapa, también es importante diagnosticar y evaluar las neumonías bajo los siguientes criterios (Radostits, 2000):

- Observar las características de la respiración (normal: toraco-abdominal).
- Identificar mediante el estetoscopio, el crujido o chasquido (estertores), roce pleural o el estertor laríngeo sin estetoscopio.
- Tomar las constantes fisiológicas.

Ver literatura complementaria y determinar el tratamiento a seguir.

Clostridiasis. En el trópico, son muy comunes las enfermedades producidas por *Clostridium* (carbón sintomático, edema maligno y falso carbón), por lo que se recomienda la vacunación; la periodicidad dependerá de la incidencia y prevalencia del problema.

Destete

Al momento del destete, debe realizarse el pesaje, la desparasitación y la somatometría.

Indicadores del desempeño

1. Consumo de concentrado iniciador: al destete de 210 días, en promedio 2 kg/animal/día.
2. Incidencia máxima de diarrea neonatal del 7%.
3. Incidencia máxima de neumonías del 5%.
4. Edad mínima al destete de 210 días.
5. Peso mínimo al destete de 180 kg.
6. Ganancia diaria de peso de 0.650 a 0.700 kg.
7. Sanas al momento del destete.
8. Mortalidad entre el 1 y el 3% en la etapa de lactancia.

Práctica 5. Diagnosticar la falla en la transferencia de la inmunidad a través de la proteína sérica por medio de la refractometría

Materiales y equipos requeridos:

- Dos refractómetros portátiles para proteína y orina, con compensación de temperatura, de preferencia marca Leyca.
- 100 tubos de 100 mL al vacío.
- 25 guías de tubo vacutainer.
- 200 agujas para vacutainer del No. 20.
- Una centrifuga portátil.
- 2 L de alcohol al 70%.
- Una bolsa con torundas.
- Una gradilla.
- Una caja con 100 pipetas Pasteur.
- Toallas desechables.
- Una caja de plástico tipo pescador, para cuidado y transporte de los equipos.

Procedimiento. Con la becerro en decúbito lateral, desinfectar la zona de la vena yugular y presionar con un dedo el surco yugular, haciendo resaltar la vena. Introducir la aguja previamente acoplada a la guía y con un tubo al vacío sin perforar y al estar dentro de la vena, presionar el tubo para que la aguja penetre el tapón plástico, después de lo cual deberá fluir libremente la sangre dentro del tubo. Esperar a que se llene, quitarlo y extraer cuidadosamente la aguja de la yugular, presionando con una torunda con alcohol por cinco segundos.

Centrifugar la sangre a 10,000 rpm durante 10 minutos, y con una pipeta Pasteur tomar 0.5 mL del suero obtenido y colocarlo en el prisma del refractómetro, previamente calibrado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Se lee la titulación de la proteína sérica a partir de la escala del refractómetro, graduada en g/dL, y se anotan sus resultados en la hoja de Excel 1.

Práctica 6. Examen clínico de la cría

Materiales y equipos requeridos. Cada participante deberá traer su propio estetoscopio y termómetro.

Procedimiento. Consultar el examen físico del animal en una de las obras de referencia.

Práctica 7. Descornado y destetillado

Materiales y equipos requeridos para el descornado. Se requiere material de sujeción, tijeras para depilar, pasta cáustica "descornadora" a base de sosa cáustica (hidróxido de sodio) y vaselina.

Procedimiento. La práctica consiste en sujetar adecuadamente a la cría en su primera semana de vida, depilar la periferia del botón córneo y aplicar la vaselina, para evitar el escurrimiento y prevenir quemaduras en la piel aledaña; con una paleta de madera o plástico, se aplican pequeñas cantidades de la pasta descornadora sobre el botón córneo. En el trópico, la pasta se debe aplicar después del amamantamiento, asegurándose que los becerros permanezcan separados de la madre por lo menos tres horas, para evitar quemaduras en la ubre de la madre.

Materiales y equipo requeridos para el destetillado. Tijeras o bisturí, 10 frascos de xilocaína al 2% sin epinefrina (Labs Astra), 25 jeringas de 5 mL, 50 agujas hipodérmicas del No. 20 y solución antiséptica.

La eliminación de tetas extras consiste en la sujeción adecuada de la becerro, para que quede en decúbito dorsal, el lavado y desinfectado de manos por parte de la persona que lo va a realizar, la desinfección del área de la base de la tetilla, con una gasa embebida en yodo o benzal, seguida de una gasa embebida en alcohol al 70% (opcional dependiendo de la higiene del lugar), anestesia con 1 mL de xilocaína al 2% vía subcutánea de la base de la tetilla y espera de cinco minutos. Corte con bisturí o tijeras previamente desinfectadas en alcohol al 70%. Aplicar una solución antiséptica (azul de metileno) en el punto resultante.

Práctica 8. Ejercicio de aula. Calcular tasas de morbilidad y mortalidad

Materiales y equipos requeridos. Cada participante deberá traer sus datos de nacimientos, de animales que pasan por cada etapa de la crianza: ingreso a lactancia, destete, a un año, al servicio y al primer parto, así como los datos sobre presencia de diarreas neonatales, neumonías, y en general, enfermedades durante la crianza, y también los datos de pesaje y estaturas de cada etapa.

Procedimiento. Los participantes recibirán instrucción para obtener las tasas de mortalidad y morbilidad, así como sus ganancias diarias de peso y estaturas a la cruz en cada etapa.

Cálculo de la tasa de mortalidad bruta. La tasa de mortalidad se calcula con la siguiente fórmula (Thrusfield, 1990; Wayne *et al.*, 1997):

$$\text{Tasa de mortalidad bruta} = \frac{\text{Total de crías muertas en un periodo de tiempo}}{\text{Número promedio de total de crías en riesgo}} \times 100$$

En los sistemas de producción de leche como el de doble propósito, pueden dividirse en dos periodos de manejo: del nacimiento a los 90 días de edad, y de los 91 días de edad hasta el destete.

En caso de calcular la tasa de ocurrencia de una enfermedad como la diarrea, se puede utilizar la fórmula de Schwabe *et al.* (1977):

$$\frac{\text{Número de casos existentes en la población}}{\text{Número de animales en la población}} \times 100$$

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2006. Manual de tecnologías agropecuarias. Ed. ACPA. La Habana, Cuba. 103 p.
- Besser, T. B. and C. C. Gay. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1:445.
- Boyd, J. H. 1972. The relationship between serum immunoglobulin deficiency and disease in calves: a farm survey. *Veterinary Record*. 90:645-649.
- Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72:68-78.
- Fleenor, W. A. and G. H. Stott. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science* 63(6):973-977.
- Gay, C.C. 1983. Failure of passive transfer of colostral immunoglobulins and neonatal disease in calves: a review. p. 346-364. *In: Proceedings of the Fourth International Symposium on Neonatal Diarrhea*. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Godden, S. M., S. Smith, J. M. Feirtag, L. R. Green, S. J. Wells and J. P. Fetrow. 2003. Effect of on-farm commercial batch pasteurization of colostrum on colostrum and serum immunoglobulin concentration in dairy calves. *Journal of Dairy Science* 86:1503-1512.
- Hancock, D. D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *Journal of Dairy Science* 68(1):163-183.
- Koppel, R. E. T., G. A. Ortiz O., A. Ávila D., J. Lagunes L., O. G. Castañeda M., I. López G., U. Aguilar B., H. Román P., J. A. Villagómez C., R. Aguilera S., J. Quiroz V. y R. C. Calderón. R. 1999. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP. CIRGOC. C.E. La Posta. Veracruz, México. 158 p.
- Logan, E. F. 1977. The influence of husbandry on colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows. *British Veterinary Journal*. 133:120-125.
- McGuire, T. C. and D. S. Adams. 1982. Failure of colostral immunoglobulin transfer to calves: prevalence and diagnosis. *Compendium of Continuing Education for the Practicing Veterinarian*. 4(1):S35-S40.

- Medina, C. M. 1986b. Determinación de gammaglobulinas en el becerro neonato. p. 237-247. *In*: Morilla, G. A., G. C. Bautista (eds.). Manual de Inmunología. Ed. Diana. México, D. F.
- Medina, C. M. 1994. Medicina productiva en la crianza de becerras lecheras., 1ª. ed. Uteha-Limusa. México, D. F. 306 p.
- Medina, C. M. 2007. Manejo de calostros (pasteurización-congelación) sustitutos y su impacto sobre las enfermedades y la inmunidad neonatal. [CD-ROM]. p. 50-56. *In*: Memorias del Curso "Producción de Becerras y Vaquillas Lecheras" El Futuro de la Ganadería está en su Recría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. Tequisquiapan, Qro, México.
- Medina, C. M., C. Cruz y V. H. Montaldo. 2008. Serum protein levels in Holstein calves fed pasteurized-frozen-thawed or unpasteurized first milk colostrum. *The Bovine Practitioner* 42 (2):201-205.
- Morgado, D. E., M. Medina C., R. M. García E. y J. Sagardía R. 1990. Respuesta al tratamiento oral con una solución hiperosmótica en becerras Holstein-Friesian con diarrea Indiferenciada aguda. *Veterinaria México* 21(3):246-253.
- Morilla, A. G. 1982. Aspectos inmunológicos de la etapa perinatal de los bovinos. p. 468-485. *In*: Pérez, D. M. (ed.). Manual sobre Ganado Productor de Leche. Ed. Diana, México, D. F.
- Morin, D. E., G. C. McCoy and W. L. Hurley. 1997. Effects of quality, quantity and timing feeding and addition of a dried colostrums supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *Journal of Dairy Science* 80:747-53.
- Quigley, J. 2003. Pasteurized colostrum. <http://www.calfnotes.com>
- Quigley, J. 2004. Pro's and con's of feeding frozen colostrum. <http://www.calfnotes.com/CNcalvingease.htm>
- Radostits, O. M., C. C. Gay, D. C. Blood and K. W. Hinchclif. 2000. *Veterinary medicine, a textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. 9th. ed. Bailliere Tindall. London, Great Britain. 1877 p.
- Radostits, O. M. 2001. *Herd health-food animal production medicine*. 3rd. ed. WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, USA. 884 p.
- Rea, D. E., J. W. Tyler, D. D. Hancock, T. E. Besser, L. Wilson, D. S. Krytenberg and S. G. Sander. 1996. Prediction of calf mortality by use of tests for passive transfer of colostrum immunoglobulins. *Journal of the American Veterinary Medical Association* (12):2047-2049.
- Schwabe, C. W., H. P. Riemann and C. E. Prant. 1977. *Epidemiology in veterinary practice*. Lea & Febiger. Philadelphia, USA. 303 p.

- Smith, G. 2008. Oral electrolyte and intravenous fluid therapy in diarrheic calves. [CD-ROM]. p. 39-45. *In*: 3er. Curso Internacional de Clínica, Cirugía y Producción de Becerras y Vaquillas Lecheras. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. Tequisquiapan, Qro, México.
- Staley, T. E. and L. J. Bush. 1985. Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *Journal of Dairy Science* 68(1):184-205.
- Stott, G. H., W. A. Fleenor and W. C. Kleese. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milking. *Journal of Dairy Science* 64(3):459-465.
- Thomas, L. H. and R. G. Swan. 1973. Influence of colostrum on the incidence of calf pneumonia. *Veterinary Record*. 92:454-455.
- Thrusfield M. 1990. *Epidemiología veterinaria*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España. 339 p.
- Tyler, J. W., D. D. Hancock, S. M. Parish, D. E. Rea, T. E. Besser, S. G. Sanders and L. K. Wilson. 1998. Evaluation of three assays for failure of passive transfer in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 10(5):304-307.
- Wayne S, A H Meek, P Willeberg. 1997. *Epidemiología veterinaria. Principios y métodos*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España. 354 p.
- Weaver, D. M., J. W. Tyler, D. C. Van Metre, D. E. Hostetler and G. E. Harrington. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 14:569-577.

CALIDAD DE LECHE EN EL SISTEMA BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO



Justo Abelardo Tepal Chalé¹

Maribel Montero Lagunes²

María de Lourdes Ontiveros Corpus³

Miguel Ángel Blanco Ochoa⁴

Laura Hernández Andrade⁵

Arcelia Alvarado Islas⁵

Gaspar de los Reyes González Cu⁶

¹Campo Experimental Mocochoá-CIR Sureste-INIFAP.

²Campo Exérimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

³Asesor Privado. ontiveros22@yahoo.com.mx

⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM

⁵CENID Microbiología-INIFAP.

⁶Asesor Privado. ilsyeli@yahoo.com.mx

CALIDAD DE LECHE EN EL SISTEMA BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO

INTRODUCCIÓN

La leche constituye un alimento de importancia universal y esencial en la dieta humana, por su riqueza en proteína de alto valor biológico, su aporte de energía, y la contribución de minerales osteotróficos. Es el alimento natural que mayor número de sustancias nutritivas aporta; otros son más ricos en algún nutriente en particular, pero ninguno la supera como alimento equilibrado en componentes necesarios para el ser vivo (Eastringe, 2001).

Su alto contenido en agua y nutrientes, así como un pH cercano a la neutralidad, constituye un excelente medio de cultivo para desarrollar diferentes microorganismos, lo que socialmente constituye un riesgo potencial, ya que la población se expone al consumo de leche contaminada, carga de agentes patógenos o sus toxinas, al no cumplirse las normas higiénicas (Noquera, 2001).

Dentro de las buenas prácticas agropecuarias de los productores de leche, la ordeña higiénica constituye la parte fundamental para la comercialización del producto, ya que reduce los costos y decomisos, hay menos rechazos por la industria láctea y se capturan nuevos mercados. Para implementar esta práctica entre los productores, se necesita capacitar a las personas involucradas en la obtención y manejo de la leche cruda.

Existen diferentes parámetros para obtener una buena calidad en la leche, entre ellos, la limpieza de la máquina de ordeño y de las vacas, lo que repercute en controlar el nivel de bacterias y de mastitis.

La leche cruda es un producto fresco, obtenido higiénicamente del ordeño de hembras bovinas en buen estado de salud y bien alimentadas; por su alto contenido nutricional es apropiada para multiplicar la mayoría de los microorganismos y por ende muy susceptible de contaminarse durante los procesos de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño, almacenamiento y transporte a la planta procesadora (ver Figura 9 del Capítulo 1).

PREORDEÑO

El preordeño consta de las actividades indicadas en el Cuadro 103. Las prácticas higiénicas para disminuir los riesgos de contaminación de la leche y enfermedades a las vacas, así como el buen manejo de éstas son la base para obtener leche de calidad.

Buenas prácticas de higiene

Descripción de la actividad. Las buenas prácticas de higiene son una serie de medidas 100% preventivas, que aplicadas en todas las acciones de preordeño, ordeño y postordeño reducen significativamente el riesgo de contaminación de la leche por material extraño, microorganismos y/o sustancias químicas en la leche cruda, que pueden afectar la salud de la población consumidora y/o causar pérdidas del producto, y a la industria lechera (Blowey y Collis, 1992). Con ello, se protege de contaminaciones a los consumidores o procesadores, se forma una cultura de higiene que contribuye a formar una imagen de calidad en las

unidades de producción, y se consolida la lechería al reducir o eliminar pérdidas económicas por rechazos de leche cruda de calidad deficiente.

CUADRO 103. ACTIVIDADES DEL PREORDEÑO.

ACTIVIDAD	MÉTODO	GUÍA	RESULTADOS
Buenas prácticas de higiene	1. Higiene del personal 2. Higiene en el establo 3. Instalaciones sanitarias	NOM-120-SSA1-1994 Manuales	Disminución de la contaminación microbiana de la glándula mamaria y de la leche.
Manejo de las vacas	1. Arreo 2. Ordenar a las vacas 3. Conducirlas sin estrés	Manual	Vacas sin estrés al sitio de ordeño
Preparación de las vacas	1. Contención de las vacas	Manual	Inmovilización de la vaca para facilitar el ordeño y evitar el estrés
Preparación de los pezones de la vaca	1. Eliminación de pelo de la ubre 2. Limpieza o lavado 3. Secado 4. Presellado 5. Despunte	Manual	Pezones limpios, desinfectados y estimulación de la vaca.

Material de apoyo a la actividad. Las presentes medidas de higiene deben aplicarse para las actividades de arreo, contención y preparación de los pezones, que corresponden al proceso de preordeño.

Es importante resaltar que tales medidas de higiene tienen mayor aceptación y aplicación en unidades especializadas, lo que redonda en mayor eficiencia de trabajo, menores pérdidas de leche y por lo tanto mayor beneficio económico.

Sin embargo, es necesario que las lecherías de menor especialización tropical apliquen las buenas prácticas de higiene, para que la leche cruda que obtengan mejore su calidad y reduzcan las pérdidas por rechazos.

Higiene del personal. La higiene del personal aplica a todas las personas permanentes, eventuales u ocasionales en las salas o sitios de ordeño. Los empleados deben:

1. Presentarse aseados a trabajar.
2. Usar ropa limpia (incluyendo las botas blancas).
3. Lavarse y desinfectarse las manos antes de iniciar el trabajo, y en cualquier momento cuando puedan estar sucias o contaminadas.
4. Mantener las uñas cortas, limpias y libres de barniz de uñas. Entre otras razones, para no lesionar los pezones de las vacas.
5. Tener el cabello corto, patillas a ras de la oreja y sin barba. En caso necesario, usar protección que cubra totalmente el cabello, la barba y el bigote. Es adecuado usar gorras, pero deben estar limpias.
6. Lavar y desinfectar mandiles y guantes por cada vaca que sea ordeñada.
7. Prohibido fumar, comer, beber o escupir en las áreas de ordeño.

8. Evitar objetos en los bolsillos superiores de la ropa o mandil que puedan caer en la leche, cuando el ordeño es manual, tales como plumas, lapiceros, termómetros u otros.
9. No usar joyas ni adornos: pinzas, aretes, anillos, pulseras y relojes, collares u otros que puedan contaminar la leche. Solamente se permite el uso de broches pequeños y pasadores, para sujetar el cabello debajo de una protección.
10. Evite toser o estornudar sobre la leche.
11. Las personas que tengan heridas con pus, no deben realizar actividades que toquen la leche. Se pueden reubicar en otras tareas y las heridas deben estar protegidas.
12. Las personas con enfermedades contagiosas no deben estar en actividades de preordeño, ordeño o posordeño.
13. Los visitantes, internos y externos deben cumplir con las mismas medidas señaladas en los puntos anteriores.

Higiene de las instalaciones físicas

1. Alrededores del sitio o sala de ordeño. Deben evitarse condiciones que posibiliten la contaminación y proliferación de plagas, tales como:
 - Equipo mal almacenado
 - Basura, desperdicios y chatarra
 - Maleza o hierbas
 - Drenaje insuficiente o inadecuado. Los drenajes deben tener cubierta apropiada, para evitar entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas.
 - Iluminación inadecuada
2. Sitios o salas de ordeño. Deben caracterizarse por impedir la contaminación de la leche, por ello es relevante la ubicación, el diseño y la orientación. Prohibir la presencia de otros animales domésticos en la sala o sitio de ordeño, como perros, patos, gallinas, etc.
3. Pisos. Los pisos deben ser impermeables, homogéneos y con pendiente hacia el drenaje, suficiente para evitar encharcamiento y de características que permitan su fácil limpieza y desinfección.
4. Paredes. Deben ser lavables, impermeables y de colores claros; pueden ser superficies pulidas, pintadas con pintura plástica o cubiertas con losa. No se recomiendan las paredes de madera, por la dificultad para mantenerlas lisas, lavadas y desinfectadas adecuadamente.
5. Techos. Deben ser accesibles para su limpieza, de materiales y diseño tal que limiten o impidan la acumulación de suciedad y eviten al máximo la condensación, ya que ésta facilita la formación de mohos y bacterias.

Servicios al sitio o sala de ordeño. Abastecimiento de agua potable. Se debe disponer de agua suficiente y contar con instalaciones adecuadas para su almacenamiento y distribución.

1. **Cloración.** Cuando no se cuenta con agua potable, conviene tratar el agua, al menos por cloración, para que sea aceptable la calidad microbiológica. Para clorar el agua a una concentración de 2 ppm, aplicar 33.3 mL de cloro comercial a 1000 litros de agua.

Fuentes de abastecimiento. Pueden ser del sistema público, de pozos (de primer o segundo sustrato), ríos, lagos, presas. En el primer sistema, generalmente el agua es de buena calidad por los tratamientos que se aplican, debido a que se destina al consumo humano.

2. **Pozos excavados.** Deben tener brocal, de acuerdo a su dimensiones o diámetro; y alrededor del pozo debe haber una pendiente del 2%, para limitar los escurrimientos.
3. **Pozos perforados (entubados).** El ademe debe tener 50 cm sobre el nivel del terreno, y el contraademe debe sobresalir al menos 20 cm del nivel del terreno o hasta el mismo nivel del ademe. El espacio, entre el ademe y el contraademe debe rellenarse con concreto.
4. **Almacenamiento.** Los tanques, aljibes o estanques de almacenamiento, deben estar tapados o protegidos, para evitar la entrada de animales y materiales sólidos o líquidos que contaminen el agua. Los alrededores deben estar libres de maleza, basuras o desechos. Se debe dar mantenimiento (limpieza y desinfección) al menos dos veces al año.
5. **Sistema de conducción.** Los ductos y conexiones no deben presentar fugas; en caso de utilizar PVC, evitar su exposición al sol, para evitar la formación de algas en los interiores de las tuberías. Identificar las tuberías utilizando un código de colores y leyendas, de acuerdo al tipo de agua que conducen (agua cruda, agua tratada, agua caliente, vapor, etc).
6. **Drenaje.** Debe estar provisto de trampas contra olores, y rejillas, para obstruir la entrada de plagas al drenaje. Cuando las tapas de los drenajes impidan el uso de trampas, se establecerá un programa de limpieza continuo que cumpla con la misma finalidad. Los establecimientos deben disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y aguas residuales, el cual debe mantenerse siempre en buen estado.
7. **Iluminación.** Las características de iluminación en las áreas de trabajo deben permitir la realización apropiada de las actividades y no ser una limitante; además, una iluminación deficiente puede ser un riesgo para los trabajadores.

Manejo de las vacas

El objetivo de esta actividad es enviar a las vacas al sitio de ordeño con orden y sin estrés, para reducir el tiempo de ordeño y mejorar la higiene de la leche. Esta condición de tranquilidad (sin estrés), debe mantenerse durante todo el proceso de ordeño (Voisinet *et al.*, 1997).

Si las vacas llegan desordenadamente al sitio de ordeño, puede prolongarse mucho el tiempo total para el ordeño. Una vaca de lenta eyección de leche en un grupo de entrada, retrasará a los grupos siguientes. Asimismo, si alguna vaca está enferma, puede contaminar todo un lote de leche.

El ordeño diario lo determinan las señales que la vaca percibe de su ambiente; si es desagradable, ocasionará la secreción de una hormona, la adrenalina, en su torrente sanguíneo, que contraerá los vasos sanguíneos, disminuyendo el efecto de otra hormona, la oxitocina, necesaria para lograr un ordeño completo.

La secreción de adrenalina dentro de los 30 minutos previos al ordeño interfiere en la cantidad de leche que puede extraerse y en el tiempo para realizar el ordeño. Las evidencias más observadas son el rechazo a llegar al ordeño y/o defecación frecuente en el sitio de

ordeño. Por el contrario, las vacas tranquilas llegan con más disposición a ser ordeñadas, aumentando el rendimiento en menor tiempo.

Actividades para evitar el estrés de los animales durante el ordeño:

- Un buen comienzo, es brindarles un ambiente tranquilo, es decir, seco y confortable.
- Tenga en cuenta que las vacas son animales de hábito, es decir, aman la "rutina". Por ello, un cambio en los procedimientos rutinarios, puede estresarlas. Cuando se requieran cambios, hágalos gradualmente, de ser posible.
- Evite la presencia de personas extrañas en el manejo de las vacas.
- Mejore la actitud del o de los ordeñadores. Personal con buenos hábitos de comportamiento contribuye a la tranquilidad de las vacas. Aquellos que hablan con las vacas, tienen mayor éxito que quienes gritan. Puede ser difícil guiar a las vacas, pero pegarles o maltratarlas, empeora la situación en el corto y largo plazos.

Orden de las vacas para llevarlas al sitio de ordeño:

- Vacas sanas de mayor a menor producción.
- Vacas enfermas (leche que no va a proceso).

Preparación de las vacas

Descripción de la actividad. Las estructuras y el diseño de los sitios o salas de ordeño deben permitir que las vacas estén fijas, pero sin lesionarlas o estresarlas. Las vacas son animales muy nerviosos, pueden lanzar patadas en el momento del ordeño; por ello, se les confina para reducir su movimiento y facilitar la extracción de la leche.

Una vez en la sala o sitio de ordeño, generalmente, se sujetan las extremidades posteriores de las vacas, para evitar golpes a los ordeñadores (Figura 25).



Figura 25. Contención del animal previo al ordeño.

Material de apoyo a la actividad. Los materiales para las estructuras de las salas de ordeño, deberán ser lo más lisos posibles, sin esquinas o superficies que puedan causar lesiones. Los tubos metálicos (galvanizado, acero inoxidable) son materiales aceptables, debido a su rigidez, al poco espacio que requieren y a que sus superficies son lisas. En tanto, las maderas, aunque son materiales disponibles en cualquier lugar, generalmente se instalan sin pulir, son cuadradas, tienen esquinas y sus superficies tienen puntas o astillas que pueden lesionar a las vacas. Además, son más difíciles de lavar y desinfectar, y requieren más espacio.

En cuanto a diseño de entradas y salidas al sitio o sala de ordeño, se ha observado que los tiempos de manejo son adecuados cuando la entrada de las vacas a la sala es frontal y libre, con respecto a una entrada lateral. Con respecto a las salidas, no hay mucha diferencia entre salida frontal y lateral, aunque la tendencia es de mejores resultados con la primera forma (Cuadro 104).

CUADRO 104. TIEMPO DE INGRESO Y SALIDA DE LAS VACAS A LA SALA DE ORDEÑO.

	INGRESO DE LAS VACAS			SALIDA DE LAS VACAS	
	FRONTAL ABIERTO	FRONTAL CON PUERTAS	LATERAL	FRONTAL	LATERAL
Tiempo (segundos/vaca)	3.0	5.3	7.1	2.4	2.9
Vacas que ingresan solas (% del total)	65	28	13		

Taverna y Nary (2008).

Preparación de los pezones

Descripción de la actividad. El objetivo es preparar los pezones para el ordeño higiénico y completo, es decir, el manejo se enfoca a los pezones y no a la ubre. Esta fase es importante, tanto para el sistema de ordeño manual como mecánico.

La higiene del pezón se enfoca a reducir o eliminar la flora microbiana de la piel y de los primeros chorros de leche que se encuentran en el canal del pezón (Bushnell, 1984). Los microorganismos pueden alterar la leche y/o ser una vía de transmisión de enfermedades (vía ubre-hombre y vaca-vaca).

Material de apoyo a la actividad. Se debe eliminar el pelo de la ubre, solamente cortando o quemando con llama de bajo calor.

Cuando se utiliza agua a chorro para lavar los pezones, no se debe aplicar a las partes superiores, ya que los escurrimientos son altamente contaminantes. El secado de los pezones con toallas desechables, es la parte final de la preparación.

La estimulación de la vaca se efectúa al mismo tiempo que el lavado, limpieza y desinfección de los pezones. Un buen manejo de los pezones, induce al sistema nervioso central a enviar una señal al cerebro (a la glándula pituitaria), para que se secrete la oxitocina (hormona que baja la leche de la glándula mamaria). Con esto se logra cuidar a los pezones, obtener más leche y reducir el tiempo de ordeño (Figura 26).

Los pezones deben prepararse en un minuto aproximadamente; después de este tiempo se reduce el efecto de la oxitocina.

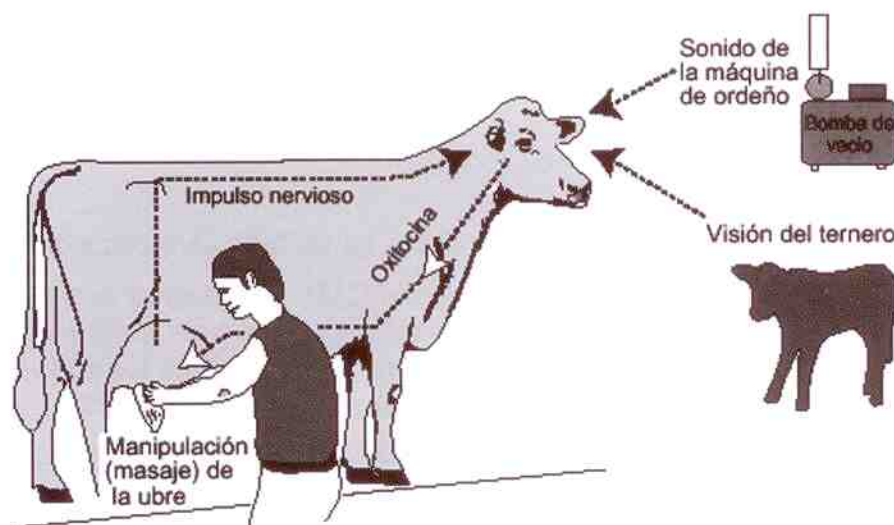


Figura 26. Estimulación para la bajada de leche.

Además, hay otros factores que desencadenan tal estimulación, como el llamado del ordeñador, el sonido de los equipos de ordeño, el ofrecimiento de alimento en el sitio de ordeño, y la presencia o apoyo del becerro.

Algunos posibles inconvenientes de utilizar el apoyo del becerro son: la prolongación del tiempo de ordeño, dificultad en la limpieza, desinfección y secado del pezón, contacto del ordeñador con materiales contaminados como las cuerdas o postes al manejar el becerro, y el propio becerro.

Antes de ordeñar, se deben limpiar y secar bien los pezones de la vaca, preferentemente con toallas de papel individuales, jamás con esponjas, pues se convierten en un reservorio de microorganismos que se pasan de una vaca a otra. Cuando se utilice un balde con solución desinfectante para lavado de pezones, debe cambiarse regularmente (10 vacas en promedio), para evitar la contaminación cruzada de los pezones (Philot y Nickerson, 1991).

Además, antes del ordeño se recomienda realizar la prueba del paño negro y la de California como apoyo a la detección temprana de la mastitis subclínica.

Prueba del paño negro. Esta prueba se realiza durante la preparación de la vaca para la ordeña. Consiste en detectar grumos en la leche (tolondrón), haciendo pasar los primeros chorros a través de una malla negra o utilizando una cubeta especialmente diseñada para eso. Este procedimiento es recomendable en todos los ordeños, ya que además de detectar leche anormal, se eliminan bacterias que normalmente se encuentran en mayor cantidad en estos primeros chorros y además, se estimula la “bajada de la leche”.

Prueba de California. El recuento de células somáticas con el método de California es uno de los más específicos para el diagnóstico de mastitis, debido a la reacción de detergentes con las células presentes en la leche.

El diagnóstico cualitativo de células somáticas por el método de California es uno de los métodos más específicos para diagnosticar mastitis subclínica; se fundamenta en la reacción de un detergente (alquil-aril sulfonato de sodio) con las células presentes en la leche, que ocasiona su desintegración, por lo que se forma un conglomerado de células con apariencia gelatinosa, el cual será más gelatinoso y tendrá una mayor calificación, mientras mayor sea el número de células somáticas. Esta es una prueba subjetiva y debe realizarse al lado de la vaca durante el ordeño.

Procedimiento de la prueba de California

1. El muestreo para detectar mastitis subclínica en un hato se realiza durante el ordeño.
2. La prueba se realiza con una palita especial CMT que cuenta con cuatro recipientes (Figura 27), donde se depositan de 2 a 3 mL del reactivo de California y de la leche, y se analiza cada recipiente. Las muestras de leche deben tomarse en condiciones asépticas, por lo que los pezones deben estar perfectamente limpios.
3. La muestra se agita, por medio de movimientos circulares y de arriba a abajo durante 10 a 20 segundos y se lee la reacción.
4. Interpretación de resultados: Reacción Negativa, traza 1+, 2+, 3+; estos resultados son cualitativos y subjetivos, y están sujetos a la interpretación de la persona que realiza la prueba (Figura 27).



Figura 27. Paleta para la prueba de California e interpretación de la prueba, de acuerdo al grado de viscosidad.

ORDEÑO

El ordeño es el acto de coleccionar leche, luego de estimular adecuadamente a la vaca para liberar la leche de la ubre; puede ser rápido y completo, mediante el esfuerzo de equipo en el que la vaca, la máquina y el operador (o becerro) juegan papeles críticos. La sala y su manejo (Cuadro 105) son esenciales para la viabilidad de la explotación bovina lechera, repercuten sobre la cantidad y calidad de la leche y sobre la salud del animal.

CUADRO 105. ACTIVIDADES DURANTE LA FASE DE ORDEÑO.

ACTIVIDAD	MÉTODO	GUÍA	RESULTADOS
Ordeño	<ul style="list-style-type: none">• Manual• Mecánico	Manuales	Obtención de leche
Salas de ordeño	<ul style="list-style-type: none">• Sala en tándem• Sala en parada convencional• Sala en paralelo• Sala en espina de pescado	Manuales	Elección de la sala apropiada para cada tipo de explotación
Errores durante el ordeño	<ul style="list-style-type: none">• Sobreordeño• Desprendimiento de las pezoneras	Manuales	Glándulas mamarias sanas

Ordeño manual. Es el proceso mediante el cual se extrae toda la leche de la vaca manualmente. Para que el ordeño, sea rápido y completo, una vez que el reflejo de liberación de leche es iniciado, la leche es presionada hacia afuera del alvéolo por medio de las células mioepiteliales y forzada dentro del sistema de conductos. La mano del operador o la máquina ordeñadora, pueden coleccionar la leche que ha drenado dentro del canal del pezón.

En el ordeño manual, la mano toma todo el largo del pezón, el pulgar y el índice comprimen la parte superior del pezón, y al mismo tiempo los demás dedos aprietan hacia adentro y hacia abajo (Figura 28). La mayor presión dentro de la ubre (relativa a la presión atmosférica fuera del pezón) obliga a la leche a pasar por el conducto.

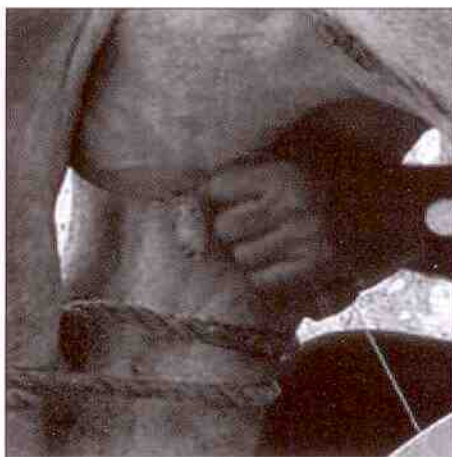


Figura 28. Posición de la mano en el ordeño manual.

El ordeño debe iniciarse en las vacas inmediatamente después del parto, en un sitio bien ventilado e higiénico, que proporcione bienestar tanto a las vacas como a los ordeñadores. Las características favorables para realizarlo son:

- Buen abastecimiento de agua potable, para asear los utensilios y edificaciones. Para tener agua de buena calidad en las unidades de producción. En caso de no disponer de agua potable, se pueden aplicar 3.5 mL de cloro comercial a 100 litros de agua, y esperar de 15 a 20 minutos antes de utilizarla.
- Rápido, sin interrupciones, para terminarlo antes de que se inactive la oxitocina, hormona responsable de la bajada de la leche.
- Completo, para que no se descreme la leche y se evite la mastitis.
- Sin dolor, para que se produzca buena cantidad de leche.

- Higiénico; las manos del ordeñador, medio ambiente y los materiales empleados deben estar limpios.
- Efectuarlo a mano llena, o a dos dedos, presionando la base del pezón a pulso, sin jalar los pezones en forma de maraqueo; debe hacerse en seco. Es incorrecto ordeñar a pellizcos, campaneando, o con el dedo pulgar metido. Se debe ordeñar lo más rápido posible, para evitar que la leche quede sin salir de la ubre.
- El tiempo a emplear es de cinco a siete minutos.

Ejercicio para realizar con los productores (práctica)

Realizar un ordeño manual siguiendo la rutina siguiente:

- Enjuagar los utensilios con agua de buena calidad (éstos se deben lavar el día anterior, al término del ordeño).
- Desinfectar los utensilios con solución yodada de 25 ppm.
- Enjuagar con agua de buena calidad, dejar escurrir 2 minutos después de desinfectar.
- El ordeñador debe lavarse las manos, desinfectarse con la solución yodada, y secarse con una toalla limpia o toallas de papel.
- Iniciar el ordeño y verificar que se apliquen las indicaciones de la sección anterior, sin usar los nudillos, ni jalar los pezones.
- Registrar el tiempo en que se efectúa el ordeño.
- Revisar la leche que se obtuvo; en caso de observar materiales suspendidos, identificarlos, y tomar las medidas que los reduzcan o eliminen.

Ordeño mecánico. La ordeña mecánica gira alrededor de dos principios básicos (Figura 29):

- Aplica vacío parcial al pezón, creándole una presión diferencial a través del canal de salida, abre el conducto del pezón, extrae la leche de su cisterna y por una tubería la vierte en un recipiente.
- Ejerce una acción de masaje intermitente en el pezón, para facilitar la circulación de sangre y evitar la congestión en la porción distal del pezón (Ávila y Gutiérrez, 2008).

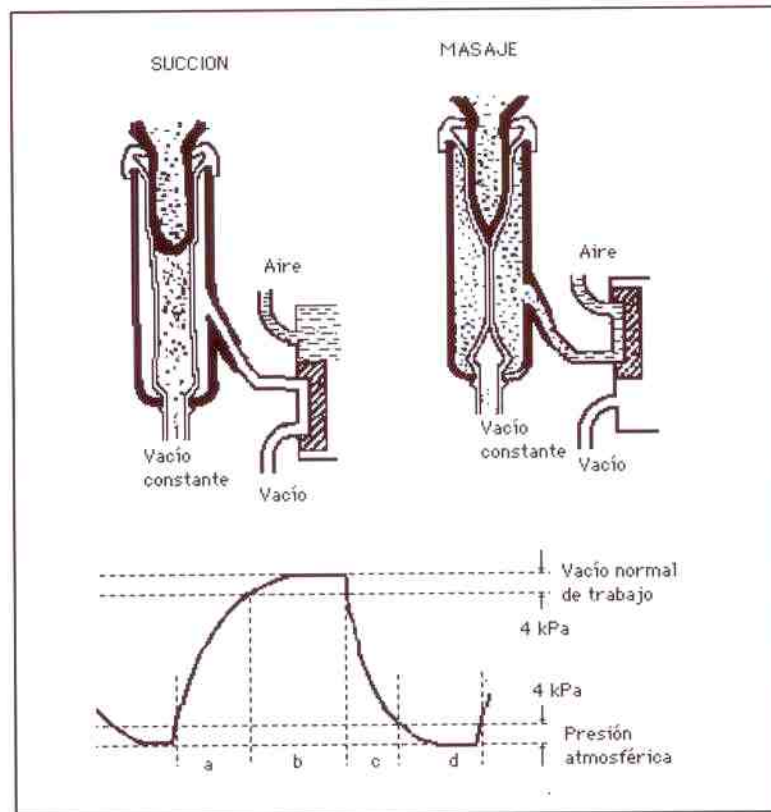


Figura 29. Principios básicos del equipo de ordeño.

Un equipo de ordeño adecuadamente diseñado, instalado y bien operado logra la correcta aplicación de estos principios. Los componentes de un equipo de ordeño se muestran en la Figura 30. La descripción de las partes, la función, los tipos o variantes, la localización y las especificaciones del equipo de ordeño se presentan en Cuadro 106.

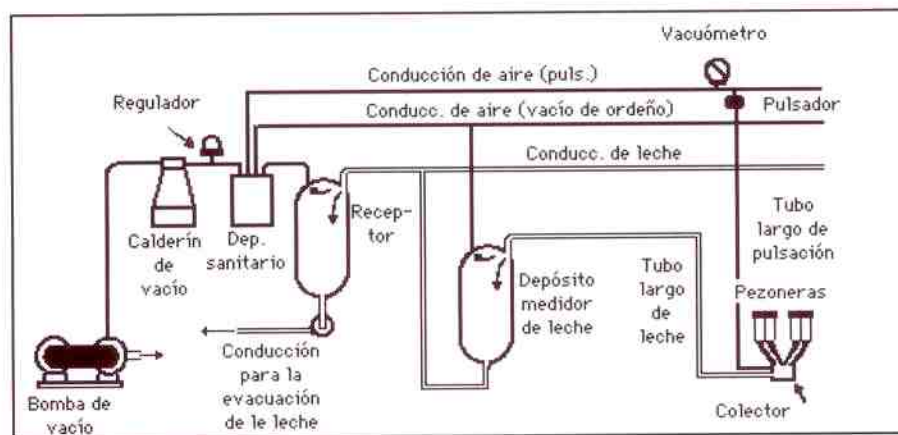


Figura 30. Partes que integran el equipo de ordeño mecánico.

CUADRO 106. FUNCIONES DE LAS PARTES DEL EQUIPO DE ORDEÑO.

PARTE	FUNCIÓN	TIPOS O VARIANTES	LOCALIZACIÓN	ESPECIFICACIONES
Bomba de vacío	Extraer aire del sistema de ordeño, es decir, crea una presión negativa, conocida como vacío parcial, que al aplicarse al pezón de la ubre, la presión fisiológica positiva que existe en ésta, empuja la leche al área de presión negativa del sistema.	Pistón Rotativas Centrífugas	Cuarto de máquinas	Capacidad deseada: 8 pies cúbicos/min. 3.7 a 4.7 L/s 15" Hg Aislada eléctricamente del resto del sistema, para evitar pasos de corriente al salón de ordeño. Fuentes de energía: energía eléctrica, motores de gasolina o diesel o tomas de fuerza de un tractor.
Tanque de distribución de vacío	Mantener una reserva de vacío para las posibles fluctuaciones, así como cerrar en él todos los ramales de abastecimiento de vacío, para evitar puntos ciegos y conexiones en "T" que incrementan las fricciones y dificultan el libre desplazamiento del aire.	---	Cuarto de máquinas	Debe tener una reserva mínima de un 50% de la capacidad de la bomba de vacío, es decir 8 a 20 litros por unidad de ordeño.
Regulador de vacío	Tiene dos funciones principales: mantener el nivel de presión negativa en el sistema, evitando que el nivel de vacío en el sistema pueda ser más elevado de lo establecido y provoque perjuicio en la glándula mamaria. 1. Restablecer con rapidez el nivel deseado, evitando fluctuaciones de vacío que predispongan a mastitis.	Pueden funcionar mediante tres mecanismos: 1. De resorte 2. De contrapeso 3. Sensor remoto automático	Línea de vacío, entre el tanque de distribución y la trampa sanitaria, generando así menos fricciones y facilitando el desplazamiento del aire de forma más rápida y eficiente	Colocadas en forma de parejas. Estándares predeterminados: 1. Líneas de transporte de leche elevada: 15" Hg 2. Línea de transporte de leche baja 13 a 13.5" Hg
Medidor de vacío	Medir el nivel de vacío en el sistema; está calibrado en pulgadas de mercurio y en ocasiones en centímetros o milímetros de mercurio.	1. Modelo de reloj, con escala de 0 a 30 "Hg ó de 0 a 760 mm Hg. 2. Modelo de columna de mercurio calibrado en "Hg, el cual es más exacto y sensible	Tanque de distribución y en la línea de vacío.	Se recomienda la instalación de mínimo dos en: 1. Tanque de distribución o en el ramal de abastecimiento que va del tanque a la trampa sanitaria 2. En un sitio visible para el ordeñador.
Línea para pulsación y vacío	Abastecer el vacío generado por la bomba al tanque de distribución, a la línea de pulsación, los pulsadores, los casquillos de la unidad para ordeño, la trampa sanitaria y la línea de ordeño y lavado.	---	A lo largo de la sala de ordeño	Elaboradas a base de PVC, por ser aislante de la corriente eléctrica, su facilidad de lavado e instalación. La altura máxima de la línea al piso de la vaca no debe ser mayor a 1.80 metros. Deben ser lo más rectas y cortas posibles, ya que una excesiva longitud o muchas curvaturas reducen significativamente el flujo de aire. La toma de vacío para los pulsadores, debe estar localizada en la parte superior de la tubería.

PARTE	FUNCIÓN	TIPOS O VARIANTES	LOCALIZACIÓN	ESPECIFICACIONES
Trampa sanitaria	<p>Previene el contacto de la leche con el aire del sistema, debido al movimiento de líquido de un lugar a otro.</p> <p>Es el punto de unión donde se separa el equipo en dos grandes partes: la que tiene contacto con la leche, y la que no lo tiene.</p>	---	Lo más cerca posible de la sala de ordeño.	<p>Pueden ser de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vidrio. Permite la visibilidad continua, lo que facilita la detección de obstáculos en el flujo de leche y el grado de limpieza que guarda esta. 2. Acero inoxidable. Son más durables y económicas a largo plazo.
Línea de transporte de leche	Transporta de manera eficiente, leche y aire hasta la jarra donde se recibe la leche, en donde el aire y la leche son separados posteriormente.	Tuberías de vidrio o acero inoxidable.	Sala de ordeño y cuarto de enfriamiento.	Las tuberías pueden ser de vidrio o acero inoxidable, con acabado sanitario totalmente.
Jarro final de recibo	Recibe leche procedente de las unidades ordeñadoras y la traslada al tanque de almacenamiento.	---	Lo más cerca posible de la sala de ordeño.	<p>Debe tener la entrada de la tubería de leche en el tercio superior, para asegurar la estabilidad de vacío. Puede ser de acero inoxidable o preferentemente de vidrio, por la visibilidad, aunque con la desventaja de ser rompible.</p>
Bomba para leche	Expulsar hacia el tanque de enfriamiento la leche, cuando ésta llega a cierto nivel, activando un sensor localizado en el interior del jarro de recibo.	<p>Éstas pueden ser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Centrífugas. 2. Helicoidales 3. Rotatorias. 	Lo más cerca posible de la sala de ordeño.	<p>Es importante que la bomba se desconecte automáticamente cuando el jarro todavía no este vacío; esto impide que la leche se ventile excesivamente, lo que incrementa la posibilidad de entranamiento.</p>
Pulsador	Dirige alternativamente vacío y aire al espacio entre la pezonerera y el casquillo, produciendo dos fases: una de descanso o masaje y otra de ordeño.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electromagnéticos 2. Electroneumáticos <p>Pulsadores general (Pulsador máster). Controla dos o más unidades de ordeño.</p>	Línea de vacío.	<p>Trabajan a una velocidad de 40 a 60 pulsaciones por minuto, produciendo una tasa de pulsación de 50:50 a 70:30</p> <p>La línea de pulsación en sistemas con pulsador maestro deberá ser de un diámetro de 3/8 de pulgada y las unidades de ordeño deberán estar colocadas a una distancia no menor de cuatro metros del pulsador.</p>
Pezoneras	Permitir la aplicación del ciclo de ordeño al pezón (ordeño descanso).	<p>Material: silicon. Pueden ser de tres formas diferentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Circular: se cierra primero en el centro, donde se encuentra el esfinter del pezón y permite el masaje de éste en dos lados 2. Triangular: no se cierra directamente en el pezón y permite el masaje en tres lados. 3. Cuadrado: no cierra tampoco directamente en la punta del pezón. 	Unidad de ordeño (pezoneras).	<ol style="list-style-type: none"> 1. La boca de las pezoneras debe ser flexible, y a medida que el diámetro se reduzca, la flexibilidad será mayor, para permitir la perfecta expansión del pezón y que fluya adecuadamente la leche. Debe cerrar completamente y acoplarse al pezón como un guante en el momento de descanso. 3. Su resistencia no debe ser mayor a 3.5" Hg 4. Baja porosidad, para evitar acumulación de grasa, piedra de leche y bacterias.

PARTE	FUNCIÓN	TIPOS O VARIANTES	LOCALIZACIÓN	ESPECIFICACIONES
Copas metálicas o Casquillos.	Albergar a la pezonera y servir como conexión, para las líneas cortas de leche y de aire.		Unidad de ordeño (pezoneras).	<ol style="list-style-type: none"> 1. La copa debe ser específica a la de la pezonera, para lograr un ordeño adecuado y con longitud suficiente, para permitir el correcto funcionamiento de la pezonera. 2. No deberá apretar a la pezonera, al grado de dificultar el desplazamiento del aire.
Colector o sifón.	Une a las cuatro pezoneras y recolecta la leche para transportarla a través de una manguera a la jarra pesadora o al lactoducto, según el caso.	---	Unidad de ordeño.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tener una capacidad mínima de 228 g. 2. Contar con ventilación que rompa las columnas de leche y provoque cierto grado de turbulencia que empuje la leche (0.8 mm). 3. Cortar vacío cuando esté en posición vertical y tener un peso individual adecuado al peso total de toda la unidad de ordeño.
Líneas cortas de aire y leche.	Conducir el vacío y la leche procedente de las pezoneras hacia el colector.	---	Unidad de ordeño.	<p>Material:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hule: tiene más flexibilidad y más larga duración. 2. Plástico: es más conveniente por la visibilidad, aun cuando tiende a cuartearse en los extremos Diámetro: propuesto por los fabricantes de la máquina
Sistema de pesado.	Permitir al ganadero el pesado individual de producción de sus vacas.		Sala de ordeño a nivel de los ordeñadores.	<p>Pueden ser de plástico o cristal, con grado sanitario y graduados en libras o kilogramos.</p>
Tanque de almacenamiento y enfriamiento de leche	Almacenar y refrigerar la leche de tres ordeños.	Existen dos tipos: 1. Tanques de expansión directa. La leche obtenida se enfría en el tanque. 2. Termo-tanques. Reciben la leche, enfiada por placas a través de un banco de hielo.	Cuarto de almacenamiento de leche.	<p>Los tanques deben ser capaces de enfriar la leche bajo la siguiente secuencia: un tanque para recolección diaria debe enfriar al 50% del volumen, de 32.2 °C a 10 °C en una hora, con el sistema de enfriamiento, funcionando durante la operación de llenado; posteriormente, el sistema enfriador debe enfriar la leche de 10 °C a 4.4 °C dentro de la hora siguiente.</p>

En el Cuadro 107 se presenta el tipo de fallas más comunes, las causas y los efectos observados en el equipo de ordeña mecánica.

CUADRO 107. FALLAS COMUNES EN EL EQUIPO DE ORDEÑO.

TIPO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO
Niveles altos de vacío en el sistema.	Reguladores de poca capacidad, sucios o mal calibrados.	Congestionamiento de pezones. Hiperqueratosis en esfínteres.
Niveles bajos de vacío en sistema.	Desgaste de bombas Pérdidas de vacío en línea de aire.	Ordeños lentos. Caída de la unidad de ordeño. Contaminación de la leche.
Fallas en sistema de pulsación.	Mal estado del pulsador.	Subordeño. Sobreordeño. Congestión de pezón.
Fluctuaciones de vacío.	Desgaste de bomba, pulsador. Fugas de vacío en sistemas de conducción.	Reflujo de leche a pezón. Contaminación de leche.

Ejercicio para realizar con los productores (práctica)

Realizar un ordeño mecánico siguiendo la rutina siguiente:

- El ordeñador debe lavarse las manos, desinfectarse con la solución yodada, secarse con una toalla limpia o toallas de papel y utilizar guantes durante el ordeño.
- El ordeño inicia con las prácticas especificadas en el proceso preordeño y se verifica la aplicación de las indicaciones.
- Colocación de pezoneras, cada una se lleva individualmente hacia el pezón, minimizando la entrada de aire.
- Evitar resbalamiento de las pezoneras.
- Cuando el ordeño termina, cerrar vacío y quitar pezoneras.
- Evitar sobreordeño, ya que daña las puntas de los pezones.
- Desinfección de pezoneras: enjuagar la unidad, lavar con yodo 25 a 50 ppm durante 30 segundos, enjuagar y dejar secar.

Salas de ordeño. La sala de ordeño es una parte importante de una explotación lechera y constituye una instalación altamente especializada, con las siguientes ventajas: flexibilidad para expandir el hato, adaptabilidad para la automatización del proceso de ordeña, y mecanización del manejo de la leche (Alfa de Laval, 2008).

Dentro de los principales avances en la mecanización de las salas de ordeño destacan:

- Arreo automático del ganado.
- Lavado automático, tanto de los pezones como del equipo.
- Puertas neumáticas.
- Despendedores automáticos.
- Sistemas de pesado electrónico de la leche.
- Sistemas de desinfección.

- Sistemas computacionales orientados a obtener y procesar datos relacionados con la producción láctea.

De los diferentes tipos de salas de ordeño, cinco son los más comunes, no sólo en nuestro país, sino en los países con lechería avanzada; éstos son:

- Sala en espina de pescado
- Sala en tándem
- Sala en parada convencional
- Sala rotativa o carrusel
- Sala en paralelo

Factores a considerar para seleccionar una sala de ordeño

La decisión sobre que sala de ordeña debe instalarse debe evaluarse bien, dado que se requiere un capital considerable para su construcción. Entre los factores para elegir correctamente un modelo de sala de ordeño, destacan los siguientes:

- Número y tipo de vacas en el hato
- Inversión económica
- Tecnificación de la unidad de producción
- Preferencias personales del propietario
- Disponibilidad de terreno
- Planes de expansión

La eficiencia o rapidez del ordeño es un factor importante que depende de las siguientes consideraciones:

- Disposición de las plazas para animales. Los diseños deben proporcionar comodidad al operador y reducir las distancias a recorrer, tanto por los animales como por los ordeñadores.
- Tráfico de animales. El acceso a la sala y el acomodo de los animales en su plaza debe facilitarse, para abreviar tiempo de movimiento de los animales.
- Número de plazas. En las salas chicas, el tiempo que emplean los animales en colocarse en sus plazas es reducido, no así en salas con gran número de plazas, en las que el tráfico se hace lento.
- Número de máquinas. Debe ajustarse considerando el tiempo de ordeño deseado, la eficiencia estimada de un tamaño de sala y el número de salas que puede manejar cada ordeñador.
- Limpieza de vacas. A cada una debe lavársele la ubre antes de ordeñarla; en algunos modelos, mientras un grupo es ordeñado, el otro se está lavando; estas salas suelen ser más eficientes que aquellas donde primero se lavan todas las ubres y luego se ordeñan.

En algunos casos, se puede utilizar una máquina de ordeño portátil (Figura 31), sobre todo cuando son pocos los animales a ordeñar, se carece de instalaciones adecuadas o de los recursos económicos para una sala de ordeño. En el Cuadro 108 se presentan comparativamente las características de la sala de ordeña tipo tándem y espina de pescado. Un ejemplo de las mismas se presenta en las Figuras 32 y 33.

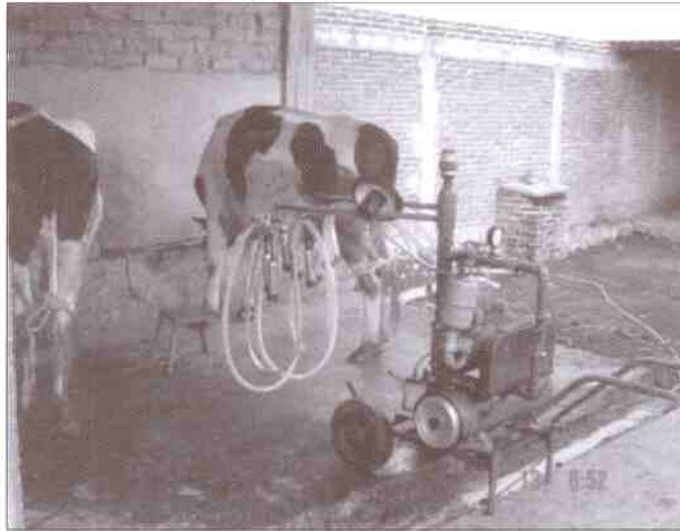


Figura 31. Máquina de ordeño portátil.

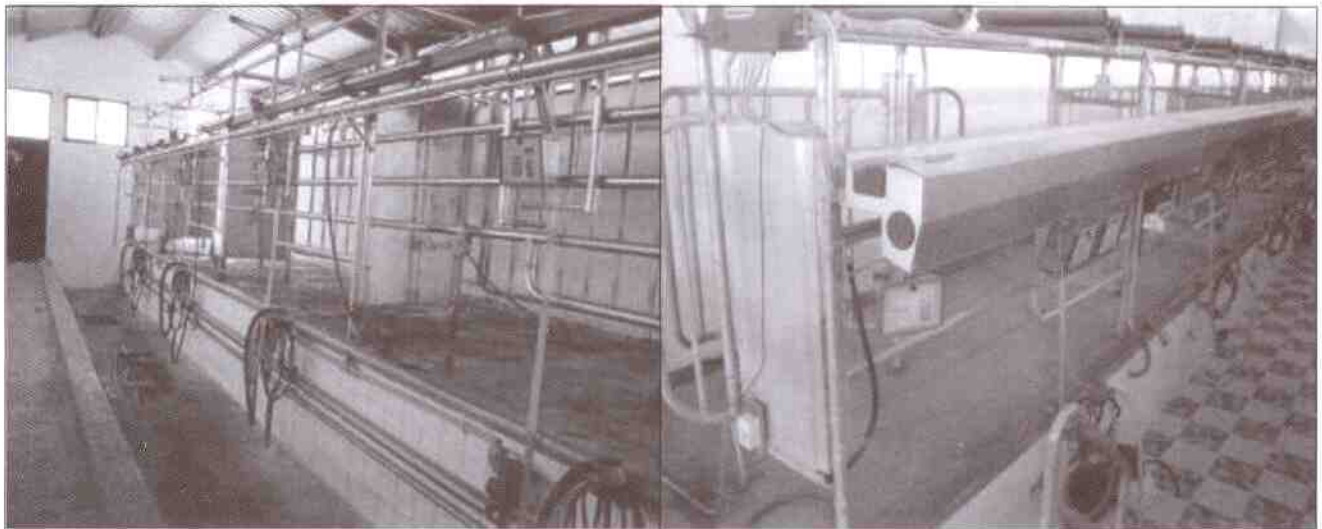


Figura 32. Sala en tándem.



Figura 33. Sala en espina de pescado.

CUADRO 108. SALAS DE ORDEÑO TIPO TÁNDEM Y ESPINA DE PESCADO.

TIPOS	TÁNDEM	ESPINA DE PESCADO
Niveles	2	2
Desnivel - pasillo de ordeñadores	0.75 a 0.80 m	0.75 a 0.80 m
Ancho de pasillo de ordeñadores	1.5 a 2.3 m	1.5 a 2.3 m
Disposición de los animales	Los animales se acomodan en jaulas individuales, con puertas laterales que permiten la entrada y salida de cada vaca.	Los animales se acomodan en posición oblicua de 35 a 50°, con relación al eje longitudinal de la sala, quedando la cola hacia el pasillo de los ordeñadores.
Manejo del ordeño	Los animales se manejan en forma individual, ya que son inmovilizados en jaulas.	Los animales se manejan formando grupos de ordeño.
No. de máquinas/plaza	Una máquina por jaula para lograr la mayor eficiencia.	Generalmente, se instala una ordeñadora por cada dos plazas (una frente a otra); sin embargo, se puede colocar una máquina por plaza.
Longitud de la plaza	2.4 a 2.5 m x 0.85 a 0.90 m	1.25 a 1.24 m x 0.90 a 1.2 m
Tamaño	Se recomiendan cuatro plazas por lado, como tamaño óptimo, aunque se han construido modelos con 20 plazas por lado.	Se recomienda un tamaño mayor a 16 plazas por lado, por razones de eficiencia y manejo.
Otras características	La superficie de construcción de una sala de ordeño de este tipo, es superior a la de cualquier otro, y por consecuencia, las tuberías de vacío y de conducción tienen una mayor longitud.	Las plazas pueden tener comederos para el suministro de concentrado de forma manual o automática. A medida que el tamaño de la sala aumenta, la supervisión del ordeño se dificulta, creándose nuevos diseños en los que el foso de los operadores tiene forma de trígono o polígono .
Ventajas	Fácil observación y reconocimiento de las vacas. Por el manejo individual, las vacas de ordeño lento no constituyen problema para el proceso. La permanencia de las vacas en sus plazas se ajusta al tiempo de ordeño, permitiendo una lotificación menos estricta del ganado.	La posición de las vacas y la proximidad de las ubres permiten el ahorro de espacio. Mayor eficiencia de ordeño, ya que el ordeñador recorre menores distancias y se facilita la vigilancia del ordeño. Sus líneas cortas, favorecen un vacío más estable. Costos de inversión intermedios.
Desventajas	Requiere casi del doble de espacio longitudinal, incrementando la inversión en obra civil y equipo, y reduciendo la eficiencia en el ordeño, ya que el ordeñador recorre mayores distancias entre ubres y abre y cierra dos puertas por jaula, reduciendo el número de máquinas que puede manejar.	La identificación de los animales se dificulta; como se manejan en grupo, las vacas de ordeño lento retienen a las demás, requiriendo mejor manejo y lotificación del ganado. Pobre observación de la vaca durante el ordeño.

En el Cuadro 109 se presentan comparativamente las características de la sala de ordeño tipo paralelo y parada convencional. Un ejemplo de las mismas se presenta en las Figuras 34 y 35.

CUADRO 109. SALAS TIPO PARALELO Y PARADA CONVENCIONAL.

TIPO	PARALELO	PARADA CONVENCIONAL
Niveles	2	
Desnivel - pasillo de ordeñadores	0.75 a 0.90 m	Esta sala cuenta con un solo nivel.
Ancho de pasillo de ordeñadores	1.5 a 2.3 m	
Disposición de los animales	Los animales se disponen en forma perpendicular, con respecto al foso de los operadores, la aplicación de las máquinas es posterior y la salida de los animales es de frente.	Los animales se colocan paralelos uno al lado de otro, y quedan inmovilizados por pescueceras o cornadizas de candado, las cuales pueden ser de ajuste individual o colectivo.
Manejo del ordeño	Grupal	Los animales se manejan en forma individual.
No. de máquinas/plaza	Requiere de una máquina por plaza, siendo necesaria la automatización.	Una máquina por cada dos plazas, la cual se maneja en forma de péndulo.
Longitud de la plaza	2.2 a 2.3 m x 0.80 m	2.2 a 2.3 m x 0.90 m
Tamaño	Se recomienda un tamaño de 25 plazas por lado.	En instalaciones pequeñas y medianas, es común instalar una sola hilera de plazas.
Eficiencia de ordeño		
Vacas en ordeño	50 (25 x 2)	6
Vacas/hora/máquina	12 a 15	7 a 8
No. de animales totales	2,250	150
Otras características	Por la disposición de las plazas, se ordeña un gran número de animales, pues la posición paralela de los animales entre sí disminuye el espacio entre ubres y la distancia de las líneas de vacío y leche.	Existen dos variantes de la sala en parada convencional: a) de una sola hilera de plazas y b) de dos hileras, con los animales colocados cola a cola y separados por un pasillo central de circulación o frente a frente con pesebres interpuestos y pasillos de circulación laterales.
Ventajas	Ordeño de un gran número de animales, comodidad del ordeñador, poca mano de obra, salida rápida de los animales, mejor visualización de la ubre, fácil identificación de las vacas con mastitis, pues la que se encuentre enferma se marca en las patas y el vaquero sabe que debe separar la leche de ese animal, aplicar el tratamiento y darle mayor atención.	Construcción sencilla y económica. Facilidad de identificación, observación, tránsito y colocación de los animales; tiempo de permanencia igual al de ordeño; mayor consumo de concentrado.
Desventajas	Mayor infraestructura; lotificación estricta, no permite la expansión; mínima visualización; requiere de gran automatización.	Los ordeñadores realizan mayor esfuerzo físico, ya que deben inclinarse para colocar y retirar la unidad de ordeño y limpiar las ubres. Los ordeñadores corren mayor riesgo de ser lastimados por las vacas pateadoras o nerviosas.



Figura 34. Sala en paralelo.



Figura 35. Sala en parada convencional.

Colocación de las pezoneras

La colocación de las pezoneras es muy importante; deben adherirse bien, para evitar que los pezones queden retorcidos.

Desprendimiento de las pezoneras

El procedimiento correcto es el siguiente:

1. Interrumpir la conexión de la pezonera con la tubería del vacío, bloqueando la manguera de aire.
2. Esperar unos minutos hasta que haya desaparecido la depresión en las mamilas de las pezoneras.
3. Quitar las pezoneras simultáneamente e introducir los pezones en soluciones desinfectantes.

Alteraciones en el ordeño y su corrección

Cuando el tiempo de éste se prolonga, se puede deber a un bajo vacío por defectos en la pezonera, puede estar rota, entrar aire, o tener problemas con el pulsador; las medidas de corrección son cambiar o limpiar las pezoneras. Otra causa son defectos en la instalación, las mangueras pueden ser largas, estar rotas o con suciedad en el interior, por lo que deben cambiarse. Otro posible problema es que el tubo de vacío esté sucio, por ello se limpian con una solución alcalina.

Se debe evitar el sobreordeño (ordeño mecánico al máximo vacío en pezones y vaciados por el ordeño); el vacío se transmite al pezón y se produce el vacío residual, el cual favorece la penetración de agentes patógenos a través del canal mamario; como ya no fluye la leche, los agentes patógenos no se eliminan por el chorro de leche, por lo que pueden quedarse, multiplicarse y causar una infección en la glándula mamaria.

El sobreordeño puede controlarse mediante la palpación de la cisterna, para verificar si la ubre ha quedado vacía por el ordeño.

Otro error es un ordeño incompleto u ordeño irregular de los cuartos, cuyas causas pueden ser pezoneras muy usadas y alteraciones en la pulsación; se corrige cambiando pezoneras.

Los problemas con la bomba por falta de vacío, pueden deberse a interrupciones de aire, o bloqueo de los tubos.

POSTORDEÑO

El postordeño considera: a) el manejo de las vacas desde el sellado de los pezones hasta la salida del área de ordeño, b) el manejo de la leche desde su colecta hasta su entrega, c) la limpieza y desinfección del área, los utensilios y los equipos de ordeño y d) las pruebas de control de calidad de la leche (Cuadro 110).

Estas actividades tienen el propósito de proteger a las vacas de infecciones, que junto con la adecuada limpieza y desinfección de instalaciones, utensilios y equipos, evitarán la contaminación de la leche, para conservar su calidad.

La leche de una vaca sana, ordeñada higiénicamente, tiene bajos conteos de microorganismos (Cuadro 111), y contiene ciertas sustancias bactericidas que la protegen contra la acción de microorganismos durante cierto tiempo. Estas características deben utilizarlas los pequeños productores, para conservar la calidad de la leche desde la unidad de producción hasta su entrega para procesarla.

CUADRO 110. ACTIVIDADES DEL POSTORDEÑO.

ACTIVIDAD	MÉTODO	GUÍA	RESULTADOS
Buenas prácticas de higiene	Higiene del personal Higiene de equipos y utensilios. Higiene de las instalaciones.	NOM-120-SSA1-1994	Prevención de contaminación y nuevos casos de mastitis.
Manejo de las vacas	Sellado, Salida sin estrés. Suplementación,	Manual	Protección del pezón, y vacas sin estrés.
Manejo de la leche	Filtrado, conservación, transporte	Manual NMX-F-715- COFOCALEC-2006	Leche de calidad, limpia y libre de materiales extraños.
Limpieza y desinfección	Enjuague, aplicación de detergentes, desinfección.	Manual	Equipo limpio y desinfectado
Pruebas de control de calidad	Muestreo Análisis sensoriales Análisis fisicoquímicos Análisis de calidad sanitaria. Adulterantes	NMX-F-700- COFOCALEC- 2004 NOM-155-SCFI-2003 NOM-184-SSA1-2002 AOAC 17 ^{a, b, c, d e} ed. 1 ^a rev. (2002) NOM-092-SSA1-1994	Conocer la calidad sensorial fisicoquímica y sanitaria de la leche.

CUADRO 111. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE A NIVEL DE PEZÓN.

	BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS (ufc/mL)	COLIFORMES TOTALES (ufc/mL)	COLIFORMES FECALES (ufc/mL)	HONGOS Y LEVADURAS (ufc/mL)
Leche a nivel de pezón	8,000	<1,000	<1,000	<10

Tepal *et al.* (2005).

En tal sentido, conviene señalar que la leche sale de la ubre a 37 °C, y a esta temperatura las bacterias son capaces de multiplicarse cada 20 minutos. En una hora tendrán ocho veces su población inicial, en dos horas serán 64 veces y en cuatro horas, 4,096 veces. En el trópico donde las temperaturas ambientales a la sombra son de 30 °C en promedio, es necesario tomar medidas apropiadas para evitar o limitar la multiplicación microbiana en un medio nutritivo como lo es la leche. Por lo anterior, hay que protegerla de la posible contaminación microbiana en las ubres, las manos de los ordeñadores, el agua, el polvo, corrientes de aire, techos, paredes, forrajes y alimentos, y pelos de las vacas, materiales y equipos con deficiencias de limpieza y desinfección, etc. (Cuadro 112).

CUADRO 112. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE ALGUNOS COMPONENTES DEL ORDEÑO.

	BACTERIAS MESOFÍLICAS 265 AERÓBIAS (ufc/mL)	COLIFORMES TOTALES (ufc/mL)	COLIFORMES FECALES (ufc/mL)	HONGOS Y LEVADURAS (ufc/mL)
Ambiente de la sala	146	24		<57
Agua de pozo	45,000	13	4	<100
Manos del ordeñador	285,300	194	5	767
Superficie de la perola	>500,000	984	102	3,162
Pezonera, parte interna	>500,000	368	31	5,000

Tepal *et al.* (2006).

Buenas prácticas de higiene. Esta sección se detalla con amplitud en el subproceso de preordeño.

Manejo de las vacas. El manejo de las vacas después de ordeñadas contempla el sellado de los pezones, su salida del área o sitio de ordeño sin causarles estrés, y la suplementación, en caso de realizarse.

Sellado de pezones. El canal del pezón mide aproximadamente de 1 a 1.25 cm, y es la única barrera entre los tejidos internos de la ubre y el medio exterior donde abundan los microorganismos causantes de mastitis. Después del ordeño, el conducto del pezón queda abierto, momento de mayor riesgo de que la población bacteriana de la piel del pezón o del ambiente penetre a la ubre. La mejor manera de prevenirlo, es aplicar un sellador seguro, inmediatamente al término del ordeño. Al respecto, los estudios han revelado una correlación entre la condición de la piel del pezón y la colonización de la piel por parte de *Staphylococcus aureus*, y que un sellador efectivo reducirá entre 50 a 90% la incidencia de nuevas infecciones intramamarias.

El sellado es quizás el procedimiento más importante que por sí solo previene las infecciones de la ubre, sobre todo si existen lesiones en el pezón, como grietas y heridas, las bacterias se alojarán allí y comenzarán a reproducirse, esperando el momento oportuno para ingresar a la ubre a través del esfínter.

Características recomendables del sellador:

- a) Tener capacidad de adhesión a la piel de los pezones
- b) Destruir los microorganismos de la piel de los pezones
- c) Prevenir y eliminar las colonizaciones microbianas en el canal del pezón
- d) Promover la cicatrización o saneamiento de lesiones del pezón
- e) No ser irritante para la piel
- f) No dejar residuos en la leche y
- g) Tener efecto residual entre los ordeños

El modo de acción bactericida de los selladores parece depender de una interfase entre el sellador y la superficie de las bacterias que permite el contacto de los ingredientes activos con la pared o membrana celular bacteriana. Los selladores contienen un principio activo, emoliente y humectante de la piel, y posiblemente otros ingredientes, como surfactantes, estabilizadores, colorantes y reguladores de viscosidad.

Los yodóforos son productos a base de yodo, con un agente solubilizante o una molécula acarreadora, como óxido de propileno y polivinil pirrolidona. No se consideran tóxicos a concentraciones de entre 0.12% y 2%. Los compuestos cuaternarios de amonio se usan en concentraciones de 0.05% a 1%; generalmente llevan emolientes en su formulación y son relativamente no tóxicos. El hipoclorito de sodio se usa a una concentración del 4%, en forma acuosa, aunque es irritante para la piel, muy sensible a la dureza del agua y sin emolientes. La clorhexidina se utiliza a una concentración del 0.2% al 1%, con emolientes y tintura.

Forma de aplicación del sellador. El sellado debe cubrir al menos la mitad de la parte baja del pezón (Figura 36). El método convencional para aplicarlo es la inmersión de los pezones en algún tipo de copa “aplicadora”, cuyo diámetro y profundidad asegure una cobertura total del pezón, para desinfectar adecuadamente la piel y las lesiones del pezón (Shearn, 1981) (Figura 37). Conviene que el aplicador tenga algún dispositivo, para colgarlo en la sala y evitar derrames por patadas o accidentes; la frecuencia para rellenarlo depende del cuidado en aplicar el desinfectante; si contiene suficiente cantidad del producto, pueden desinfectarse los pezones de aproximadamente 15 vacas (Saran, 1995). La solución sobrante en el aplicador debe eliminarse al terminar la ordeña (nunca devolver al envase original), y el aplicador debe lavarse, mantenerse limpio y seco hasta la ordeña siguiente.



Figura 36. Pezones sellados.



Figura 37. Sellado por inmersión.

Otra forma, es el sellado por aspersión manual o mecánica. Su ventaja es que la solución es de un solo uso, sin riesgo de contaminación de vaca a vaca o de pezón a pezón.

Salida de las vacas. Las vacas que reciben un buen manejo salen del área o sitio de ordeño en poco tiempo y sin estrés. Según observaciones, su salida es más rápida que su entrada, sin influir que las salidas sean frontales o laterales. Sin embargo, a fin de darles las condiciones adecuadas de manejo, hay que dotarles instalaciones que no las lastimen, con el menor número de vueltas posible, y con piso antiderrapante; la ruta de salida debe ser amplia, y deben tratarse lo mejor posible. A la salida, se recomienda proveerlas de suficiente agua.

Suplementación. Un buen régimen alimenticio es la base para tener buenos resultados en la lechería. Las estrategias de alimentación y/o suplementación se vuelven más importantes a medida que mejora la genética de las vacas. Los beneficios productivos de la suplementación son: a) aumentar la producción de leche por vaca, b) aumentar la carga y la producción de leche por unidad de superficie, c) mejorar el uso de las potreros a través de mayores cargas, d) aumentar el largo de las lactancias en épocas de producción de materia seca limitada, y aumentar el contenido de proteína en la leche. Para mayor detalle ver proceso de alimentación.

Manejo de la leche

Filtrado manual de la leche. La leche que se obtiene del ordeño manual o mecánico, debe filtrarse rápidamente, para eliminar las impurezas, ya que causan crecimiento bacteriano. Generalmente, la leche se filtra con una tela, aunque idealmente debería hacerse con un tamiz o malla de acero inoxidable, con agujeros de 0.2 a 1 mm que retengan las impurezas de mayor tamaño (trozos de paja, estiércol, pelo, insectos). Estos filtros deben limpiarse y desinfectarse frecuentemente.

La leche se colecta en cubetas o recipientes de 10 a 15 litros de capacidad en promedio; debido a que son de boca ancha al ser totalmente abiertos, es fácil que caigan en los recipientes partículas de polvo, pelo de los animales, pasto, alimento balanceado, o partículas y materiales de los ordeñadores, etc. Por ello, es necesario pasar la leche a través

de un filtro; en el mercado existen filtros industriales con una alta eficiencia para retener partículas que se observan en la leche. Sin embargo, en las unidades de producción sin energía eléctrica o con productores de recursos limitados, se utilizan telas, mallas de plástico, o coladores de plástico.

Estas telas, mallas o coladores, deben estar bien lavados, desinfectados y secos al momento de utilizarse. Conviene conservarlos en bolsas de plástico, para aislarlos y evitar que se contaminen al manipularlos. Al usarlos, se colocan directamente en la boca de las perolas cuando son coladores de plástico o metálicos, ya que tienen aditamentos que permiten fijarlos. En el caso de las telas o mallas, se fijan atando las orillas o colocando un hule alrededor de la boca de la perola.

Conservación de la leche. La leche es un excelente medio para el desarrollo microbiano, por lo que un manejo inadecuado reducirá su calidad, al grado de no ser apta para procesamiento, ni consumo humano directo. Su conservación implica mantener las condiciones nutritivas e higiénicas después del ordeño hasta su entrega a los compradores y/o procesadores. Esto justifica que la principal recomendación sea enfriar la leche inmediatamente después del ordeño a 4 °C, ya que a esta temperatura la actividad microbiana es baja.

Muchas veces, la leche no se enfría por razones técnicas, económicas o de otro orden, como la falta de electricidad, agua suficiente, altas inversiones, bajo volumen de producción, el productor no está convencido, etc. Por lo anterior, se enfatiza que las condiciones de higiene del ordeño y del manejo de la filtración deben ser eficientes, y que las perolas en donde se traslada la leche estén limpias y desinfectadas. Así, la conservación de la leche será adecuada para pequeños productores en un tiempo máximo de dos horas después del ordeño, si se toma en cuenta que la leche al salir de la ubre tiene pocas bacterias, contiene ciertas sustancias bactericidas que le dan protección, y que los microorganismos requieren cierto tiempo para comenzar a multiplicarse (Ávila, 2003).

La conservación de la leche se logra controlando la actividad microbiana, en donde las bacterias son las más importantes. Para desarrollarse, éstas además de condiciones adecuadas de temperatura, humedad, presencia o ausencia de oxígeno, luz, presión osmótica, y pH, requieren nutrientes, todos ellos presentes en la leche (agua, proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales) y 37 °C de temperatura óptima.

Leche sin enfriamiento. Es importante indicar que en orden de calidad higiénica, las perolas, contenedores o recipientes de leche deben ser de acero inoxidable, aluminio, o plástico. Son inadmisibles los revestidos o estañados, porque se dañan fácilmente y se oxidan en poco tiempo; tampoco los bidones, botellones u otros recipientes de boca pequeña por la dificultad de lavarlos y desinfectarlos correctamente.

Hay que tomar en cuenta que algunos metales pueden funcionar como catalizadores enzimáticos, entre ellos el hierro, y esto le imparte a la leche olores y sabores rancios.

Las perolas o contenedores deben estar limpios y desinfectados, con superficies internas sin ralladuras, ni olores indeseables; estas condiciones aseguran la calidad de la leche y su conservación. Una vez llenas las perolas, deben taparse y enfriarse, por inmersión en agua o aspersión, protegerse del sol y estar en lugares limpios.

Es conveniente llenar las perolas o contenedores en el menor tiempo posible, para limitar su exposición a diversas fuentes contaminantes, y recogerlas inmediatamente, ya sea que pasen por ellas a las unidades de producción, se lleven a la carretera, o las lleve el productor al centro de acopio o sitio de compra.

Leche fría. El objetivo del enfriamiento es reducir rápidamente la temperatura de leche ordeñada, de 37 a 4 °C, manteniéndola así hasta su recolección, para conservar la calidad de la leche cruda.

Los equipos de enfriamiento están provistos de un agitador, con capacidades para enfriar toda la leche ordeñada (250 hasta 5,000 litros) a 4 °C en dos horas (Figura 38). Es inaceptable adicionar leche de otro ordeño a la leche fría, pues elevaría la temperatura. Si se interrumpe momentáneamente la cadena de frío, los microorganismos de la leche comenzarían a multiplicarse, dando lugar a la producción de metabolitos y enzimas que afectarían negativamente la calidad de la leche cruda. Un posterior enfriamiento detendrá tales cambios, pero el daño ya está hecho.

Cuando los volúmenes de leche son mayores a 5,000 litros, los equipos anteriores son inadecuados, y para enfriar rápidamente de 37 a 4 °C, se emplean intercambiadores de calor en línea.



Figura 38. Tanque de enfriamiento pequeño.

Transporte de la leche. El transporte es el medio por el cual se trasladan las perolas o contenedores de leche a los sitios de entrega, sin afectar su calidad (Figura 39). En leche cruda sin enfriamiento, es importante el tiempo de traslado, las condiciones higiénicas del medio de transporte y el movimiento de vaivén, debido a que la constante agitación de la leche a temperatura ambiente favorece el desarrollo microbiano.

Para evitar que el transporte de la leche represente un riesgo para su calidad, pueden tomarse en cuenta las indicaciones siguientes:

- Todos los vehículos deben estar en condiciones aceptables de higiene y funcionamiento. La presencia de materiales u otros animales durante el transporte representan un alto riesgo, pues contaminan la leche con olores y microorganismos.

- Las perolas o recipientes deben estar bien cerrados y protegidos contra el sol y la lluvia.
- La manipulación de las perolas y/o recipientes debe ser tal, que impida la contaminación del producto.
- Los vehículos con sistema de refrigeración, deben someterse a revisión periódica del equipo, con el fin de que su funcionamiento garantice las temperaturas requeridas para la buena conservación de la leche, y deben contar con indicadores y registradores de temperatura.



Figura 39. Transporte de leche con enfriamiento.

Limpieza y desinfección de sala, equipos y utensilios. La limpieza y desinfección de instalaciones, equipos y utensilios en las unidades de producción, es esencial para garantizar la calidad sanitaria de la leche cruda. Una mala higiene causa por sí misma elevados conteos bacterianos, que pueden ocasionar serias consecuencias para los productores. La limpieza se define como un conjunto de procedimientos, con el objeto de eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables. A su vez, la desinfección es la reducción del número de microorganismos, para impedir la contaminación de la leche, mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos, higiénicamente satisfactorios; generalmente no mata las esporas. Es importante señalar que no hay una desinfección eficiente sin una limpieza eficiente.

Factores que influyen en los procesos de limpieza y desinfección. Para lograr una alta eficiencia de limpieza y desinfección de instalaciones, equipos y utensilios tienen que considerarse los tipos de materiales con que están contruidos, el tipo de superficie, las características de los residuos a eliminar y la calidad del agua.

Tipo de superficie. Las superficies deben ser lisas, exentas de orificios y grietas, y con acabados sanitarios (sin esquinas). En cuanto a paredes y techos de la sala de

ordeño, deben tomarse las mismas indicaciones. Las maderas de las unidades de producción regularmente no tienen acabados sanitarios, y sus superficies son irregulares y rugosas, lo cual dificulta la limpieza y desinfección adecuada.

Residuos a eliminar. La leche es una emulsión de grasa, proteína, azúcar y minerales; los tres primeros son orgánicos y deben ser removidos lo antes posible, para evitar que se sequen y endurezcan. Los minerales de la leche y el agua forman acumulaciones inorgánicas. En el Cuadro 113 se describen los residuos de la leche, sus principales componentes y características.

CUADRO 113. RESIDUOS DE LECHE, PRINCIPALES COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS.

TIPO DE RESIDUO	COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS
Grasas	Principalmente grasa butírica.	Es insoluble en agua, ácidos y álcalis. Comienza a solidificarse a los 35 °C.
Proteínas	Principalmente caseína.	Son solubles en álcalis. Forman películas incoloras que al acumularse adquieren una tonalidad amarilla. Las películas proteicas son difíciles de eliminar. Las altas temperaturas no son recomendables.
Azúcares	Principalmente lactosa.	Son solubles en agua. No representan un problema, a menos que la limpieza sea exageradamente inadecuada.
Minerales	Carbonatos y fosfatos de calcio y magnesio.	Son ligeramente solubles en agua. Solubles en medios ácidos. Forman películas incoloras, difíciles de remover y pueden acumularse.

Calidad de agua. Básicamente se refiere a la concentración de sales (bicarbonato de calcio, bicarbonato de magnesio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio) y a la dureza que éstas le proporcionen, pues determinan el tipo de soluciones detergentes y desinfectantes a utilizar. La dureza reduce la efectividad de los limpiadores y desinfectantes al reaccionar con ellos, y en los equipos de calentamiento forma capas que reducen la eficiencia de transferencia de calor y pueden dañarlos. Esto puede mejorarse con una vigorosa limpieza manual, utilizando secuestradores o quelantes, o por ablandamiento del agua. La calidad del agua es variable de un lugar a otro.

Procesos de limpieza y desinfección. La limpieza siempre debe efectuarse inmediatamente al finalizar el uso de cualquier instalación, equipo o utensilio que haya estado en contacto con la leche. Aunque la limpieza es la eliminación de cualquier material no deseado, también elimina un gran número de microorganismos. Las bacterias aún presentes en las superficies que parecen limpias, pueden formar una película biológica muy difícil de eliminar; por eso, es de vital importancia prevenirla por medio de la desinfección.

Los procesos utilizan principios físicos y químicos para la limpieza y desinfección, y su grado de efectividad se mide por la eliminación de residuos físicos, químicos y biológicos.

Entre los principios físicos y químicos para la limpieza y desinfección están:

- **Fuerza mecánica.** Considera la eliminación de los residuos de las superficies por a) remoción directa y b) por el movimiento y contacto constante con el agua o soluciones. En superficies abiertas, la velocidad con que se proyectan el agua o las soluciones deben crear la suficiente fuerza mecánica, para remover los residuos; la inyección de aire es apropiada, por ser más eficiente en la limpieza y el uso de agua. En el caso de tuberías, las superficies internas se limpian con la circulación del agua o soluciones, creando turbulencia; se recomienda una velocidad mínima de 1.5 m/s en una línea de 1.5" de diámetro interno, con una recuperación de 45 litros de líquido, en un máximo de 22 s.
- **Temperatura.** Es un factor muy importante, pues de ella depende la reducción de la tensión superficial, la rapidez con que se realiza la saponificación e hidrolización y licuado de los aceites, ácidos grasos y grasa.
- **Concentración de las soluciones.** Las altas concentraciones de detergentes generalmente aumentan la eficacia de la limpieza, pero hasta cierto límite. La concentración de un detergente se determina por la dureza del agua, mientras que la de las soluciones desinfectantes depende del fabricante.
- **Duración de la limpieza.** Dependerá de los productos químicos utilizados y del tiempo mínimo de contacto recomendado por cada fabricante; sin embargo, generalmente no excede los 20 minutos.
- **Volumen utilizado.** Es de suma importancia utilizar cantidades de agua exactas, si sobra puede sobresaturarse el sistema, y si falta, las soluciones de limpieza y desinfección no llegarán a todas las áreas durante cada ciclo de lavado.

Sala o área de ordeño y sus alrededores

- Recoger y desechar basuras, residuos de producto, polvo o cualquier otra suciedad presente en el lugar que se va a limpiar.
- Humedecer con suficiente agua potable el lugar o superficie que se va a limpiar.
- Preparar la solución de detergente que se va a usar.
- Enjabonar las superficies a limpiar, esparciendo la solución de detergente. Restregar fuertemente la superficie, con escobas o cepillos, eliminando toda la suciedad, muchas veces poco visible; por esta razón, debe quedar completamente limpio.
- Dejar la solución de detergente aplicada por un tiempo corto (tres o cinco minutos), para que el detergente actúe.
- Enjuagar con suficiente agua potable, asegurándose de eliminar todo el detergente.
- Observar detenidamente el lugar que se limpió, para verificar que se haya eliminado toda la suciedad. En caso necesario, lavar nuevamente con jabón hasta que quede completamente limpio.
- Tener lista la solución desinfectante, 20 minutos antes de emplearla.
- Aplicar la solución desinfectante sobre el lugar o superficie que se va a desinfectar, y dejarla en contacto por un tiempo mínimo de 10 minutos; en el caso del cloro, no es necesario enjuagar. Durante este tiempo, se elimina la mayor cantidad posible de microorganismos.

Equipos de ordeño. Después del ordeño, el equipo tiene residuos de la leche líquida y películas finas de leche; la mayor parte se eliminan fácilmente con un enjuague, inmediatamente después de terminar de usar los equipos y/o utensilios. Sin embargo, como los últimos residuos son difíciles de eliminar, se realiza la limpieza química. La piedra de leche es otra contaminación (capa formada por calcio y magnesio, principalmente), que además de dar al equipo un aspecto sucio, puede incluir y proteger a microorganismos.

Normalmente, se limpia con métodos *in situ*, es decir, sin dismantelar el equipo, aunque se recomienda desarmar rutinariamente las áreas que posiblemente no alcance la solución limpiadora con la suficiente fuerza, como esquinas de las instalaciones, codos, uniones, juntas y el interior de colectores, puntos donde inicia la acumulación de residuos y con alto riesgo de contaminación bacteriana (Cuadro 114).

CUADRO 114. RESIDUOS DE LECHE, PRINCIPALES COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Enjuague	Pasar suficiente agua tibia (de 35 a 40 °C), hasta que el agua de salida esté limpia. El agua a temperatura ambiente es menos eficiente.	Elimina residuos antes de su depósito en la superficie de las tuberías. Precalienta las tuberías y mejora la acción de las soluciones limpiadoras.
Lavado con detergente alcalino clorado	Preparar la solución detergente como indican las etiquetas del producto. La temperatura inicial debe ser de 70 a 75 °C, y la final de 49 °C. El pH óptimo es de 12 y el cloro de 100 ppm. Este lavado debe durar 10 minutos, y si es necesario puede extenderse hasta 20 minutos.	Elimina las grasas y proteínas, principalmente. Puede determinarse el pH y la concentración de cloro con tiras reactivas.
Enjuague	Pasar agua suficiente hasta que esté clara.	Elimina la solución detergente que contiene los residuos removidos.
Lavado ácido	En algunos establos, esto se hace sólo dos o tres veces por semana. También se usan soluciones ácidas como el clorhídrico, sulfúrico, nítrico y cítrico, en vez de los detergentes ácidos. Actualmente, se manejan esquemas en el que se utilizan detergentes alcalinos en la mañana y ácidos en la tarde. Se recomiendan ambos en cada ciclo de ordeño. La temperatura de la solución debe ser de 20 a 35 °C, el pH de 3 a 4, y el tiempo de cinco minutos.	Neutraliza los residuos alcalinos, previene y elimina los residuos minerales.
Enjuague	Pasar agua suficiente hasta que esté clara.	Elimina la solución detergente que contiene los residuos removidos.
Desinfección *Se pueden aplicar otros desinfectantes	Debe realizarse al final del ciclo de lavado y antes de cada ordeño, utilizando una solución de cloro a una concentración de 100 a 200 ppm. Debe aplicarse en cinco minutos.	Elimina los microorganismos de las superficies. La concentración de cloro puede determinarse con tiras reactivas.

Utensilios (lavado manual). Generalmente, se someten a limpieza y desinfección manual, bajo los mismos principios y el proceso descritos en los equipos de ordeño:

- Limpiar los utensilios en cuanto se hayan dejado de usar; en caso contrario, pueden depositar los residuos y dificultar la limpieza.
- Enjuagar con agua a una temperatura de 35 a 40 °C, restregando con un cepillo de cerdas suaves si el material es de acero inoxidable. En caso de materiales de plástico, utilice esponjas.
- Aplicar una solución detergente a temperatura de 35 a 40 °C, restregando con cepillo o esponjas, para remover con firmeza los posibles residuos de las superficies a limpiar.
- Enjuagar con suficiente agua para remover la solución detergente y los residuos removidos.
- Secar y proteger los utensilios de posibles contaminaciones, antes de volverlos a utilizar.
- Desinfectar los utensilios antes de usarlos, con soluciones como el hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm.
- Enjuagar con agua potable.

Pruebas de control de calidad

La calidad de la leche se mide con diversos estándares; cada uno puede ser influenciado por uno o más procedimientos y/o prácticas del manejo de las vacas y del ordeño. En la actualidad, la aceptación de la leche cruda en los centros de acopio o en las procesadoras, depende del resultado de evaluación de su calidad, la cual se realiza a través de pruebas, clasificadas en: sensoriales, fisicoquímicas y sanitarias, que determinan las características y propiedades de su aptitud nutritiva e inocua en el uso y consumo humano, aseguran la adquisición de una materia prima adecuada para la producción de lácteos, y comprueban si cumple con las normas o criterios de calidad (Adams y Moos, 1997). Por lo tanto, el solo hecho de llevar leche, no implica su aceptación.

A continuación, se presentan los diferentes tipos de análisis en las pruebas de calidad:

Sensoriales: color, olor y sabor característicos.

Fisicoquímicas: densidad, sólidos no grasos, grasa, proteína, lactosa, punto crioscópico.

Sanitarias: presencia de material extraño, acidez, prueba de alcohol, reductasas, cuenta de células somáticas, cuenta total de bacterias, coliformes, residuos de antibióticos, inhibidores, aflatoxina M1.

Sustancias adicionadas: conservadores, neutralizantes, adulterantes.

Si el color no es característico, puede deberse al contacto de la leche con materiales inapropiados, incluso sangre o pus, lo cual le confiere a la leche una dudosa calidad, con un alto riesgo para su procesamiento y para la salud de los consumidores. Esto debe conducir al rechazo de la leche.

La leche tiene la capacidad de absorber olores y aromas por contacto con materiales, sustancias o ambiente de dudosa higiene; por tanto, la leche con olor o aroma no característico indica falta de calidad.

El Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios (Diario Oficial de la Federación, 1999) señala que la leche debe “ser de color, olor y sabor característicos que correspondan a una ordeña higiénica”.

Aunque el sabor se considera entre los criterios sensoriales, en la actualidad esta práctica no se realiza, por el riesgo sanitario que representa.

Los criterios fisicoquímicos y sanitarios de la calidad de la leche cruda de vaca, se muestran en los Cuadros 115 y 116, con los estándares establecidos en el Reglamento arriba mencionado, la NMX-700-COFOCALEC-2004, el Pliego de Condiciones de la Leche Calidad Suprema, y se complementa con los promedios obtenidos de la empresa Mexicana Alpura (Alpura, 2008).

CUADRO 115. ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS DE LECHE CRUDA DE VACA.

PARÁMETRO	REGLAMENTO DE CONTROL SANITARIO 1999	COFOCALEC 2004	CALIDAD SUPREMA 2007	ALPURA 2008
Densidad a 15 °C (g/mL)	1.031 (a 15.5 °C)	1.0295 mínimo	1.030 mínimo	
Grasa butírica (g/L)				
Clase A	Propia de la leche	≥32	≥32	36
Clase B		31 mínimo		
Clase C		30 mínimo		
Proteínas totales (g/L)				
Clase A	≥ 30	≥31	≥31	32
Clase B		30 a 30.9		
Clase C		28 a 29.9		
Lactosa (g/L)	43 a 50	43 a 50	45 a 50	47
Sólidos no grasos (g/L)	83 a 89	83 mínimo	86 mínimo	87
Punto crioscópico °C (°H grados Horvet)	-0.530 ni menor de -0.550	-0.515 (-0.535) y -0.536 (-0.560)	-0.515 (-0.535) y -0.536 (-0.560)	-542
Caseína en relación con proteína total (%)			75 mínimo	

CUADRO 116. ESPECIFICACIONES SANITARIAS DE LA LECHE CRUDA DE VACA.

PARÁMETRO	REGLAMENTO DE SALUD 1999	COFOCALEC 2004	CALIDAD SUPREMA 2007	ALPURA 2008
Acidez (como ácido láctico) (g/L)	1.3 a 1.7	1.3 a 1.6	1.35 a 1.45	1.4
Prueba de alcohol al 72% v/v	Negativa (Alcohol al 68%)	Negativa	Negativa	Negativa
Materia extraña		Libre	Libre	Libre
Inhibidores bacterianos	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aflatoxina M ₁ (µg/kg)*		0.5	0.5	
Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias (UFC/mL)				
Clase 1		≤100,000	35,000 máx.	8,000
Clase 2		101,000 a 300,000		
Clase 3		301,000 a 599,000		
Clase 4		600,000 a 1'200,000		
Células somáticas (CCS/mL)				
Clase 1		≤400,000		
Clase 2		401,000 a 500,000	≤400,000	290,000
Clase 3		501,000 a 749,000		
Clase 4		800,000 a 1'000,000		

*Parámetro sujeto a evaluación hasta que se cuente cuando menos con dos laboratorios de prueba acreditados en el método de prueba.

En el Cuadro 117, se muestran las diferentes sustancias detectadas en la leche, no aprobadas por el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios (Diario Oficial de la Federación, 1999).

CUADRO 117. SUSTANCIAS ADICIONADAS A LA LECHE CRUDA.

TIPO	SUSTANCIAS
Conservadores	Peróxido de hidrógeno
	Derivados clorados
	Aldehidos
	Sales cuaternarias de amonio
Neutralizadores	Compuestos alcalinos
Adulterantes	Agua
	Suero
	Productos vegetales

En el Cuadro 118, se presenta la frecuencia de las pruebas sensoriales, fisicoquímicas y sanitarias, así como de detección de sustancias extrañas (Cuadros 117, 118 y 119) en leche a temperatura ambiente y leche fría en los centros de acopio.

CUADRO 118. FRECUENCIA DE ANÁLISIS EN LOS CENTRO DE ACOPIO.

PARÁMETRO	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	
	LECHE CALIENTE	LECHE FRÍA
Color	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Olor	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Materia extraña	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Células somáticas	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Prueba de California	Semanal	Semanal en el contenedor
Conteo		Diario salida de la pipa
Acidez	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Prueba de alcohol	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Densidad	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Punto crioscópico	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Grasa	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Proteína	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Sólidos no grasos	Por contenedor	Por contenedor y salida de la pipa
Cuenta total bacteriana	Quincenal	Quincenal
Reductasas	Semanal	Semanal en el contenedor Diario en pipa
Antibióticos	Quincenal	Semanal en el contenedor Diario salida de la pipa
Aflatoxina M1	Quincenal	Quincenal
Peróxido de hidrógeno	Semanal	Por contenedor y salida de la pipa
Derivados clorados	Semanal	Por contenedor y salida de la pipa
Aldehídos	Semanal	Por contenedor y salida de la pipa
Compuestos alcalinos	Semanal	Semanal en el contenedor Diario en pipa
Compuestos cuaternarios	Semanal	Semanal en el contenedor Diario en pipa
Suero	Según historial del productor	Según historial del productor
Productos vegetales	Según historial del productor	Según historial del productor

CUADRO 119. MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LECHE CRUDA.

PARÁMETRO	MÉTODO	NORMA/MÉTODO OFICIAL
Color	Observación	
Olor	Observación	
Materia extraña	Filtración	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Células somáticas		
Prueba de California	Coagulación	
Cuento	Cuenta directa	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Acidez	Titulación	NOM-155-SCFI-2003
Prueba de alcohol	Formación de grumos	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Densidad	Flotación	NOM-155-SCFI-2003, NMX-F-424-S- 1982
Punto crioscópico	Punto de congelación	NOM-155-SCFI-2003
Grasa	Gerber, Milko Scan, Lactichек	NOM-155-SCFI-2003
Proteína	Kjeldahl, Milko Scan, Lactichек	NOM-155-SCFI-2003, AOAC 17 ^a ed. 1 ^a rev. (2002)
Sólidos no grasos	Por diferencia	NOM-155-SCFI-2003
Cuenta total bacteriana	Placa	NOM-092-SSA1-1994, NMX-F-705-COFOCALEC-2004
Reductasas	Colorimétrico	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Antibióticos	Kit	AOAC 17 ^a ed. 1 ^a rev. (2002)
Aflatoxina M1	Elisa	
	Columna de inmunofinidad- HPLC	NOM-184-SSA1-2002
Peróxido de hidrógeno	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002
Derivados clorados	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002, AOAC 17 ^a ed. 1 ^a rev. (2002)
Aldehidos	Colorimétrico	
Compuestos alcalinos	Colorimétrico	Alais (1981)
Sales cuaternarias de amonio	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002
Suero	Electroforesis en gel	Pinto y Casadini (1991)
Productos vegetales	Cromatografía de gases	NOM-155-SCFI-2003

Ejercicio

Al término de la ordeña, verificar:

1. Color
2. Olor
3. Materia extraña observable (pelo, residuos de forraje, de alimento, estiércol, etc.)
4. En una muestra de 100 mL realizar las siguientes pruebas:
 - California
 - Acidez
 - Alcohol al 72%
 - Densidad
 - Reductasas

Redactar un reporte de la calidad de la leche observada y, en caso necesario, formular recomendaciones para corregir los factores que están afectando la calidad.

Métodos de prueba

Muestreo de la leche. La correcta toma de las muestras y su manejo es determinante para obtener los resultados que representen las condiciones sensoriales, fisicoquímicas, y sanitarias de la leche. Las muestras se depositan en frascos estériles que se solicitan al laboratorio donde se realizará el análisis.

Es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las características que se analizan cuando se recoge la leche son su color, olor y temperatura.
- Previo a la toma de las muestras de perolas, la leche debe mezclarse con movimientos suaves verticales durante dos minutos, con un agitador de acero inoxidable.
- Los tanques colectores con sistema de enfriamiento cuentan con un agitador que funciona constantemente; en este caso, la muestra se toma sin demora. Si hay varios tanques se toman muestras por separado de cada tanque.
- El cucharón con el que se colecta la muestra debe estar limpio y desinfectado. Para desinfectar el cucharón se sumerge en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio por 5 minutos. La leche se debe depositar con precaución en un frasco estéril.
- Las muestras se deben depositar en cajas de unicel con hielo, para transportarse al laboratorio y conservarse en refrigeración hasta su análisis.

Recolección de la muestra

- Solicitar al laboratorio los frascos (con conservador) para depositar las muestras.
- Previamente agitar durante dos minutos como mínimo.
- Colocar el frasco muestreador perfectamente limpio y seco en el dispositivo de muestreo.
- Introducir el dispositivo para extraer la muestra desde el fondo, realizando un barrido diagonal ascendente.
- Depositar la muestra en el frasco, dejando espacio para mezclar la leche con el conservador.
- Secar el frasco con toalla desechable e identificar la muestra.
- Almacenar las muestras en una caja aislante (unicel) que mantenga la cadena de frío a 4 °C, aproximadamente.
- Enviar al laboratorio.

Utilizar un frasco de vidrio o de plástico, provisto de tapón de cierre hermético, o una bolsa estéril de 7 onzas, libre de fenol. Transportar la muestra en una hielera, para lograr una temperatura de 10 °C o menos, evitando su congelación.

En los casos de envío de muestras de lugares distantes, por medio del correo, etc., se recomienda usar conservadores, tales como tabletas de 0.5 g de cloruro mercúrico o dicromato de potasio y excipiente hasta un total de 7 g (una tableta por cada 250 mL de leche) o una solución de formaldehído al 36% (0.85 mL por cada 250 mL de leche).

Estos conservadores no interfieren con las pruebas fisicoquímicas rutinarias que se practican en la leche, excepto la prueba de la fosfatasa, en la que solamente se admite como conservador al cloroformo. (1 a 3 mL por cada 100 mL de leche).

Acidez (COFOCALEC 2004). Generalmente, la leche tiene una acidez de 1.3 a 1.7 g/L, expresada en ácido láctico. La acidez normal de la leche se debe principalmente a su contenido de caseína (0.05 a 0.08%) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0.01 a 0.02%), los citratos (0.01%) y la albúmina (<0.001%). La acidez se mide con base en una titulación alcalimétrica, con hidróxido de sodio 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador.

Procedimiento. Depositar 20 mL de leche de la muestra en un matraz. Añadir 2 mL de fenolftaleína y titular con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado persistente, cuando menos un minuto, empleando como guía de color una muestra de control de acetato o cloruro de rosanilina.

Cálculo de la acidez

$$\text{Acidez (g/L)} = \frac{V \times N \times 90}{M}$$

Donde:

V = mL de solución de NaOH 0.1 N, gastados en la titulación

N = normalidad de la solución de NaOH

M = volumen de la muestra en mL

Prueba de alcohol al 72% v/v. La mezcla de volúmenes iguales de alcohol al 72% y leche, provoca una deshidratación parcial de ciertos coloides, alcanzando un estado de desequilibrio entre sus dos fases discontinuas, por lo que flocculan.

Procedimiento. Poner 2 mL de leche cruda en un tubo de ensayo y agregar 2 mL de alcohol al 72%, mezclar y observar la formación de grumos.

Los resultados se reportan como positivo o negativo. La formación de grumos es una reacción positiva, e indica que la suspensión coloidal de la leche se encuentra afectada, por lo que no resistirá el proceso térmico de pasteurización.

Prueba de reductasas. Se emplean colorantes como el azul de metileno, para evaluar la calidad microbiológica de la leche, debido a que se decoloran a una velocidad proporcional a la actividad de las reductasas microbianas.

Procedimiento. Poner 10 mL de leche cruda en un tubo de ensayo estéril 16 x 160 mm, con tapa de rosca y añadir 1 mL de solución de azul de metileno; cerrar el tubo con la tapa y mezclar por inversión una o dos veces; incubar a 37 °C en baño de agua; observar los tubos

cada media hora; registrar con precisión las horas de inicio y de decoloración, e interpretar de acuerdo al Cuadro 120.

CUADRO 120. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

TIEMPO DE DECOLORACIÓN	NÚMERO ESTIMADO DE BACTERIAS (mL)	CALIDAD DE LA LECHE
5 horas	100,000 a 200,000	Buena
2 a 4 horas	200,000 a 2'000,000	Buena a regular
<2 horas	2'000,000 a 10'000,000	Mala

Cuenta bacteriana total. La evaluación de las condiciones higiénicas de la leche cruda, esencial para garantizar la calidad sanitaria de los productos lácteos, implica determinar la cuenta bacteriana (Vasavada y White, 1993). Se describe la técnica de cultivo en placa (NOM-092-SSA1-1994), aunque también se tienen métodos de microscopía directa y métodos indirectos que emplean compuestos fluorescentes.

El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio de cultivo de agar para cuenta estándar, después de cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio.

Procedimiento. Preparar diluciones 10^{-3} y 10^{-4} de la muestra de leche e inocular las cajas de petri con 1 mL, adicionar de 12 a 15 mL de medio de cultivo, mezclarlo mediante seis movimientos de derecha a izquierda, seis en el sentido de las manecillas del reloj, seis en sentido contrario y seis de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal, hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio; cuidar que el medio no moje la cubierta de las cajas, y dejar solidificar.

Incubar las cajas en posición invertida (la tapa hacia abajo) a 35 ± 2 °C durante 48 ± 2 horas. En la lectura, seleccionar las placas donde aparezcan entre 25 a 250 colonias, para disminuir el error en la cuenta.

Determinación de antibióticos β lactámicos en leche con SNAP. Se basa en la unión del antibiótico a una proteína específica, alojada en la matriz de una membrana. Existen diferentes productos comerciales, ejemplos. Charm I test, permite la detección exclusiva de antibióticos β lactámicos en 15 minutos; Charm II test, detecta tetraciclinas, sulfonamidas además de los β lactámicos. El delvo-X-press y SNAP- β lactámicos son ensayos en donde la determinación se realiza mediante una reacción enzimática (Benito *et al.*, 2007).

Procedimiento. Utilizar muestras de leches sin pasteurizar, ni congelar; en caso de muestras refrigeradas, probarlas después de tres días de recolectadas. Las muestras deben mezclarse perfectamente antes de probarse; con la pipeta del Kit tomar 500 μ L de leche en el contenedor correspondiente, la muestra se incuba a 45 °C durante cinco minutos y se coloca en el SNAP, y cuando el círculo azul de activación empiece a desaparecer, se oprime el activador y se espera por cuatro minutos; el SNAP debe permanecer a 45 °C; durante este tiempo, realizar la lectura correspondiente, comparando el control negativo del SNAP. Un resultado es negativo cuando la mancha de la muestra es más oscura o igual a la mancha del control, y un resultado positivo cuando la mancha de la muestra es más clara que la del control.

LITERATURA CITADA

- Adams, M. R. y M. Moos O. 1997. Microbiología de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 478p
- Alais, Ch. 1981. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 8ª reimp. CECOSA. México, D. F. 594 p.
- Alfa De Laval. 2008. Salas de ordeño. [Consultado el 11 de agosto de 2008]. http://www.delaval.com.ar/Products/Movies/Milking_systems/default.htm
- Alpura. 2008. Nuevas exigencias, estándares de calidad y normatividad. I Foro de la Leche. México. México, D.F.
- Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis (AOAC). 2002a. Determinación de acidez. Método 947.05. 17ª. ed. 1ª revisión. AOAC.
- Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis (AOAC). 2002b. Determinación de caseína por Kjeldahl. Método 991.18. 17ª. ed. 1ª revisión. AOAC.
- Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis (AOAC). 2002c. Determinación de derivados clorados. Método colorimétrico con yoduro de potasio. Método 922.08. 17ª. ed. 1ª revisión. AOAC.
- Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis (AOAC). 2002d. Método microbiológico con el Kit Delvotest. Método 982.18. 17ª. ed. 1ª revisión. AOAC.
- Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis (AOAC). 2002e. Método Kjeldahl o Milko Scan o Lactichek. Método 982.18. 17ª. ed. 1ª revisión. AOAC.
- Ávila, R. L. A. 2003. Factores de manejo que afectan la calidad de la leche de vaca en las zonas centro, sur y oriente del estado de Yucatán. Tesis Profesional. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Merida, Yuc. 69 p.
- Ávila, T. S. y A. J. Gutiérrez C. 2008. Producción de ganado lechero. p. 23-31. *In*: Ordeño mecánico. Libro electrónico. [Consultado el 12 de agosto de 2008]. <http://www.fmvz.unam.mx/bibliwir/BvS1Lb/BvS1Pdf/Avila/index3v.pdf>
- Benito, P. E., L. Urraca J. y M. C. Moreno B. 2007. Técnicas de tratamiento de muestra para la detección de residuos de antibióticos β lactámicos. Departamento de Química Analítica. Facultad de Química. Universidad Complutense. Madrid, España. 40p.
- Blowey, R. W. and K. Collis. 1992. Effect of premilking teat disinfection on mastitis incidence, total bacterial count, cell count and milk yield in three dairy herds. *Veterinary Record* 130:175-178.
- Bushnell, R. B. 1984. The importance of hygienic procedures in controlling mastitis. *Veterinary Clinic of North American Large Animal Practitioner* 6-361-370.

- Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados, AC COFOCALEC. 2004. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche. Alimento lácteo. Leche cruda de vaca. Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Consejo para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados, AC COFOCALEC 2006. NMX-F-715-COFOCALEC-2006. Sistema producto leche. Especificaciones para el enfriamiento y almacenamiento de leche cruda en las explotaciones lecheras.
- Diario Oficial de la Federación. 1999. Reglamento de control sanitario de productos y servicios. México, D.F. Secretaría de Salud. 09 de agosto de 1999.
- Eastringe, M. 2001. Control de la mastitis ambiental. (Consultado el 21 de abril de 2009). <http://wwwa.Aces.Edu/urbans/spanis>
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003. Leche, fórmula láctea y producto combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. México, D.F. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Economía. 2003. 12 de septiembre de 2003.
- Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias. México, D.F. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. 2002. 23 de octubre de 2002.
- Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. México, D.F. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. 1995. 28 de agosto de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México, D.F. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. 1995. 12 de diciembre de 1995.
- Noquera E. 2001. La mejor manera de controlar la mastitis. (Consultado el 25 de enero de 2009) <http://www.aic.uniavi>
- Philot WN, Nickerson SC. 1991. Mastitis: counter attack. A strategy to combat mastitis. Babson Bros. Co. Naperville, Illinois. USA.
- Pinto M and Casadini S. 1991. Detección de sólidos totales de suero de quesería en leche pasteurizada y leche en polvo por electroforesis en gel de poliacrilamida-SDS. *Alimentos*. 161: 23-31.
- Saran A. 1995. Disinfection in the dairy parlour. *Revue Scientifique et technique Office International Epizoties*. 14:207-224.
- Shearn MFH. 1981. Methods of teat disinfection after milking. *In*: AJ Bramley, FH Dodd and TK Griffin eds. Mastitis control and herd management. NIRD Tech. Bull. SNAP Idexx Laboratories Inc. 4, 67-69.

- Taverna M y Nari J. 2008. Factores que influyen en el ingreso y la salida de las vacas en la sala de ordeño. E.E.A. INTA Rafaela. (Consultado el 13 de enero de 2009) www.produccion-animal.com.ar
- Tepal ChJA, Delgado HMA, Rojas O y Solís CJJ. 2006. Algunas prácticas de higiene para mejorar la calidad microbiológica de la leche de vaca en el estado de Yucatán. *UUY U TAN*. 2(6): 9-11.
- Tepal ChJA, Delgado MA, Rojas RO, y Solís CJJ, 2005. Capacitación y transferencia de tecnología para mejorar la calidad higiénica de la leche de vaca en el estado de Yucatán. p. 16-20.II. En: Memorias de la Reunión Estatal de Investigación Agropecuaria, Forestal y Pesca, Mérida, Yuc., México.
- Vasavada, P. C. and C. H. White. 1993. Symposium: developing methodology for microbial evaluation of milk and dairy products. *Journal of Dairy Science* 76:3099-3100.
- Voisinet, B. D., T. Grandin, J. D. Tatum, S. F. O' Connor y J. J. Struthers. 1997. En engorde a corral, el ganado calmo gana más peso por día que el ganado arisco. *Journal of Animal Science* 75:892-896.

PROCESO DE ADMINISTRACION



Sergio Fernando Góngora González¹
José Antonio Espinosa García²
Venancio Cuevas Reyes³
Georgel Moctezuma López⁴
José de Jesús Espinoza Arellano⁵
Ubaldo Aguilar Barradas⁶
Alfredo Aguilar Valdés⁵

¹Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP.

²CENID Fisiología-INIFAP.

³Campo Experimental Valle de México. CIR Centro-INIFAP.

⁴CENID COMEF-INIFAP.

⁵Campo Experimental La Laguna. CIR Norte Centro-INIFAP.

⁶Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UV.

⁷Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

PROCESO DE ADMINISTRACIÓN

INTRODUCCIÓN

El hombre ordena y controla conscientemente el intercambio de recursos materiales entre él y los recursos naturales existentes en el medio ambiente, poniendo en acción y orientando, en cierto modo, sus fuerzas y conocimientos hasta llegar a dominar ciertos procesos naturales, modificándolos y sometiénolos a su voluntad, es decir, el hombre dirige tanto su persona como los procesos externos independientes de su conciencia y voluntad. En este sentido, la administración ejercida por el hombre, se correlaciona constantemente con la transformación de la naturaleza.

Esta unidad entre la actividad productiva y la administración es evidente, incluso al observar superficialmente la actividad conjunta de los hombres. El hombre es un ser social y su actividad individual también lo es; por esta razón, la administración debe conceptualizarse como una función social, pues reúne y combina factores de la producción, incrementando la productividad de las empresas a través de la efectividad y eficiencia; por lo tanto, la administración permite el mejor funcionamiento del negocio, con la obtención del máximo rendimiento empresarial.

En ese sentido, la aplicación de los conceptos administrativos, cobran fundamental importancia para el productor en **el sistema de producción de doble propósito**, ampliamente diseminado en todos los países de América Latina tropical, medio de vida para un amplio grupo de productores pequeños y medianos, con limitada disponibilidad de recursos físicos y financieros (Rivas y Holmann, 2002). Asimismo, ha demostrado ser un sistema biológica y económicamente eficiente, si al evaluarlo se tiene en cuenta la calidad de los recursos que utiliza y las condiciones climáticas de la región donde se practica (Sere, 1986); para ello, es necesario determinar exactamente las fuentes y factores que afectan el ingreso neto, y como éstos pudieran cambiar el beneficio obtenido en cada explotación (Yáñez *et al.*, 2006).

En el sistema de doble propósito, se produce simultáneamente carne y leche. La alimentación depende principalmente del pastoreo; las vacas se ordeñan manualmente una vez al día por la mañana, requiriéndose el apoyo del becerro hasta el destete; se utilizan animales cruzados *Bos taurus* x *B. indicus*, y la producción de carne se sustenta por la venta de becerros destetados y vacas de desecho (Vera *et al.*, 1994; Gómez *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2008). La leche tiene tres destinos: consumo como leche bronca, elaboración de derivados lácteos y procesamiento en empresas agroindustriales.

Según Pérez (s/f) en un estudio dirigido a identificar y priorizar la problemática del sistema de doble propósito en Veracruz, detectó como principales problemas: la falta de planeación en la producción, la escasa integración de los diferentes eslabones de la cadena, la organización entre los productores y la carencia de visión empresarial.

Por ello, en el presente capítulo se aborda el proceso de administración desde la planeación, partiendo de un diagnóstico de la unidad de producción, con el objeto de identificar las limitantes técnicas e implementar estrategias tecnológicas que deberán incorporarse a un plan operativo (Alonso *et al.*, 2002). Se obtienen indicadores técnicos de base y se definen

sus posibilidades de mejora, mediante la incorporación de componentes tecnológicos. Durante el proceso productivo, se establece una estrategia de seguimiento y su posterior evaluación. A continuación se presentan los pasos necesarios para que la administración de una empresa de doble propósito, contribuya al logro de los objetivos y metas planteadas; estos pasos constituyen tres subprocesos que se presentan en la Figura 10, del Capítulo 1.

PLANEACIÓN

En ella se combinan racionalmente la estructura, los recursos y los procedimientos organizacionales que permiten al rancho o empresa lechera el logro de determinadas metas y objetivos, de acuerdo con la realidad del entorno. Comprende el análisis de contexto y de la unidad de producción (diagnóstico situacional), y la elaboración del plan anual operativo de actividades relevantes del rancho. Las actividades, métodos y resultados de la planeación se presentan en el Cuadro 121 (Gómez, 1997).

CUADRO 121. ACTIVIDADES DEL SUBPROCESO DE PLANEACIÓN.

ACTIVIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
1. Análisis de contexto de la empresa	Revisión de fuentes bibliográficas de variables del contexto nacional e internacional. Sistematización y análisis de la información del entorno.	Lista de factores críticos de contexto Identificación de amenazas y oportunidades.
2. Análisis de la empresa (diagnóstico situacional)	Diseño, elaboración y aplicación del formato para capturar información. Análisis de información.	Identificación del nivel tecnológico del rancho Identificación de factores críticos a mejorar Identificación de fortalezas y debilidades.
3. Plan operativo del rancho	Definición de la misión, visión y análisis FODA. Diseño de objetivos, estrategias y metas de operación. Elaboración de flujo de caja (inversiones, costos y beneficios).	Documento de plan operativo estructurado.

Análisis de contexto de la empresa

Mediante el análisis de las variables de contexto nacional e internacional, se determinarán los factores críticos más relevantes de la empresa lechera.

El análisis del contexto tiene como propósito identificar y caracterizar los factores o elementos externos del rancho, que de alguna forma influyen en su desarrollo actual y futuro; incluye la revisión de fuentes bibliográficas de variables de contexto nacional e internacional, como el precio de los insumos, de los productos, consumo, etc., así como su sistematización; debe identificar los aspectos esenciales que influyen en el rancho, y caracterizarlos como amenazas u oportunidades que impactan la empresa.

Antes de analizar esta actividad, conviene definir una serie de conceptos importantes, como factores críticos, oportunidades y amenazas.

Factor crítico. Cualquier elemento del ambiente externo de la empresa, capaz de afectar directamente, de forma positiva o negativa (que impulsa o restringe), el desempeño general o de alguna actividad del rancho; por ejemplo, disponibilidad de crédito, precio de la carne y leche, organización deficiente, disponibilidad de forrajes, entre otros.

Oportunidad. Se define como las tendencias, cambios, nuevas necesidades, etc. de la empresa, que fundamentan una demanda actual o potencial de productos o servicios proporcionados por el negocio, para mejorar su posición actual en el mercado local, nacional o internacional (Granados, 1998). Por ejemplo, desarrollo de la industria productora de quesos, crecimiento del consumo de nuevos productos lácteos, desarrollo de infraestructura de riego, construcción de un rastro Tipo Inspección Federal, subsidios para adquirir equipos (tanques enfriadores, picadoras, etc.), entre otros.

Amenaza. Es aquella situación desfavorable en el entorno de la empresa, obstáculos, restricciones, vicios, actitudes, etc., que puedan afectar su funcionamiento actual o futuro (Granados, 1990). Por ejemplo, sobreoferta de leche importada, empresas oligopólicas, aparición de nuevas enfermedades, cambio climático, existencia de productos sustitutos de leche, entre otras.

Método. Revisión de fuentes bibliográficas sobre variables del contexto nacional e internacional. Se refiere al conocimiento detallado de la situación actual en donde opera el rancho. Existe una gran variedad de factores externos que influyen en la empresa pecuaria, entre los que destacan los siguientes:

- a) La demanda de los productos que genera el sistema.
- b) El sistema de comercialización de esos productos.
- c) La disponibilidad regional de recursos forrajeros para la producción.
- d) Los programas de apoyo, etc.

Para analizar el contexto, se recomienda revisar fuentes documentales y electrónicas relacionadas con el sistema como: publicaciones de INEGI o estadísticas publicadas por los gobiernos estatales o las asociaciones de productores, documentos, planes, programas y proyectos gubernamentales, etc.

Sistematización y análisis. Una vez analizado el ambiente externo de la empresa, el técnico identificará y determinará cuáles factores son críticos, para el desempeño general o de algunas actividades de la empresa, confirmando la relevancia de cada factor externo y determinando si se traduce en una oportunidad o en una amenaza para la empresa. Los criterios para seleccionarlos pueden ser variados, sin embargo, hay que considerar los objetivos de producción del rancho, su ubicación geográfica, el acceso al mercado, el acceso a los insumos, los programas de apoyo y crédito, etc.

El procedimiento para identificar las oportunidades y amenazas del rancho será: a) el ambiente externo, b) los factores críticos externos, c) las fuentes claves de información para cada factor crítico, d) la tendencia y e) las oportunidades y amenazas a partir de la tendencia de cada factor. Por ejemplo: se listan los factores críticos detectados, y se describe su importancia o comportamiento en el mediano plazo; posteriormente, se define si es oportunidad y/o amenaza, como sería el caso del factor crítico de una demanda creciente en el consumo mundial de leche o carne; la tendencia es mantener ese crecimiento sostenido, por lo tanto, se convierte en una oportunidad para el rancho.

Resultado. Obtener un documento con el análisis del contexto de la empresa lechera de doble propósito, en donde se identifiquen y caractericen los factores que de alguna forma influyen en su desarrollo actual y futuro. El estudio debe identificar los aspectos esenciales que existen en el rancho y caracterizarlos como amenazas u oportunidades.

Análisis de la empresa (diagnóstico situacional)

El diagnóstico de la unidad de producción tiene por objeto caracterizar a la empresa lechera e identificar el nivel tecnológico del rancho, así como los principales obstáculos (factores críticos) que impiden o limitan la productividad y rentabilidad del rancho.

El análisis de la unidad de producción (diagnóstico situacional) incluye el diseño de un cuestionario que se aplicará en el rancho, con rubros que incluyan información general del productor y del rancho, inventarios (tierras, hato, instalaciones y equipo, etc.), de su nivel de ingreso y forma de vinculación al mercado (comercialización de su principal producto), e indicadores de las tecnologías utilizadas. Este análisis, para identificar el nivel tecnológico y los factores críticos a mejorar, incluye también la identificación de fortalezas y debilidades del rancho. Algunos conceptos importantes en esta actividad son:

Inventario de activos. Los activos de una empresa bovina de doble propósito son los bienes materiales con que cuenta el rancho; constituyen la inversión inicial y los conforman conceptos como: terrenos, animales, instalaciones, equipos, etc. Al analizar la empresa, se debe contabilizar cada uno de sus activos, así como su estado actual, pues de ellos depende su desarrollo futuro; si están muy deteriorados, el productor desembolsará una cantidad fuerte de dinero, para sustituirlos, restando capacidad para invertir en gastos de operación o recurriendo a un crédito para reponerlos.

Insumos utilizados. Los insumos son todos los recursos utilizados en la producción, tales como las materias primas, la mano de obra, energía e información de diverso tipo que constituyen los costos de producción. Los más comunes en la empresa bovina de doble propósito son mano de obra, ingredientes alimenticios, medicamentos y agroquímicos, servicios profesionales, combustible, servicios de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo, impuestos y cuotas.

Procesos. Un proceso dentro de un rancho se debe de entender como la acción o conjunto de acciones, mediante las cuales la empresa transforma los insumos utilizados en productos, para venderlos posteriormente. Los procesos básicos en una empresa son: producción, comercialización y administración. El análisis de estos procesos debe atender especialmente el aspecto relacionado con la toma de decisiones, en sus diferentes etapas.

Productos generados. En el sistema bovino de doble propósito, los productos generados son: leche bronca, quesos y mantequillas artesanales, becerros destetados, vacas y toros, vaquillas de reemplazo y algún esquilmo agrícola.

Fortalezas. Se refiere a todos los recursos o capacidades de la empresa, para cumplir eficazmente sus objetivos (Granados, 1990).

Debilidades. Son todas aquellas restricciones, carencias o defectos que limitan la consecución de los objetivos del rancho (Granados, 1990).

Método

Diseño instrumental del cuestionario. El diagnóstico situacional es la evaluación del comportamiento previsto del rancho, como punto de partida para implementar nuevos componentes o modificaciones en uno o varios de ellos, considerando información relevante. Para ello, es necesario diseñar, probar e implementar el instrumento de captación de información (cédula de entrevista), definiendo de manera precisa las variables a incorporar, que deben referirse a las distintas áreas técnicas de la producción de leche y carne del productor y de sus aspectos contables, y deberá incluir la siguiente información: nombre, edad, escolaridad, número de integrantes de la familia que dependen del productor, localización geográfica, infraestructura carretera y de caminos de acceso, extensión en hectáreas, clima, tipos de suelo, topografía, tierras, hatos, instalaciones y equipo, nutrición y alimentación, manejo, sanidad, genética, reproducción, productos, cantidades y precios, frecuencia de venta y mercado (Cuevas *et al.*, 2007).

El cuestionario contará con un formato general para el diagnóstico de un rancho de doble propósito, que adecuará y modificará el técnico encargado.

Análisis de la información. El técnico capturará y analizará la información para el diagnóstico situacional con información proporcionada por el productor, pudiendo utilizar una hoja de Excell. Una información veraz permitirá conocer el comportamiento de los insumos utilizados, los procesos implementados y la generación de productos.

Resultado

Un documento con el análisis de la empresa, en donde se identifique el nivel tecnológico del rancho, los factores críticos o problemática que limitan su desarrollo, así como las fortalezas y debilidades de la empresa.

Plan operativo de la empresa lechera

Se elaborará un documento de plan operativo, con elementos de planeación estratégica, estructurado con lógica y tiempos de ejecución de un rancho de doble propósito.

El plan operativo del rancho involucra la realización de:

- Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).
- La definición de la misión y visión del rancho.
- Objetivos y metas.
- El diagnóstico estratégico.
- El diseño y elaboración de estrategias de operación.
- La elaboración del flujo de caja.

Un plan operativo es un conjunto de elementos y/o conceptos que unifican, integran, y dan coherencia a las decisiones, para orientar el destino de una organización, departamento o unidad de producción agropecuaria (Alvarado, 2001; Vázquez *et al.*, 2006 y SAGARPA, 2006).

Método

Define la misión y visión de la empresa de manera consensuada entre sus integrantes, asimismo realiza un análisis FODA, con la información obtenida en las etapas anteriores (Ansoff, 1984).

Misión. En este enunciado se expresa la razón de ser o existir del negocio; indica el propósito general para el que fue creado; refiere el beneficio que se pretende dar, es decir, determina a quiénes desea servir; y define el ámbito de responsabilidad, así como el área de especialización. La misión debe ser clara para cualquier persona que trabaje en la empresa, sin importar el puesto que ocupe; al definirla, es recomendable involucrar el mayor número de personas que ocupan un puesto directivo e incluso los trabajadores.

Idealmente, una misión contendrá ocho elementos o características (Granados, 1998):

- Clientes
- Productos y servicios
- Mercados
- Tecnología
- Filosofía
- Concepto de sí misma
- Interés por la imagen pública
- Interés por los empleados

Visión. Expresa la orientación, camino o dirección que la empresa desea seguir en el futuro. Es la visualización de hacia dónde se quiere llegar y como quisiéramos ser. De hecho, representa un objetivo que nos proponemos alcanzar en el mediano plazo. Es recomendable definirla mediante la formación de un equipo de trabajo, que incluya los principales directivos, o tomadores de decisión del rancho, y también se incorporen trabajadores. Este equipo analizará y contestará, entre otras, las siguientes preguntas (Granados, 1998):

- ¿Cómo me gustaría que fuera la empresa y que nos describieran en el futuro?
- ¿Cómo quisiéramos que se expresaran de nosotros los usuarios o clientes en el futuro?
- ¿Cuál es nuestra cualidad distintiva?

Análisis FODA. Es una de las herramientas esenciales que provee de insumos al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para implantar acciones y medidas correctivas, y generar nuevos o mejores proyectos de mejora continua. En este proceso, se consideran los factores económicos, políticos, sociales y culturales que representan las influencias del ámbito externo, e inciden sobre su quehacer interno, ya que potencialmente pueden favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de la misión. La previsión de esas oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados, para reorientar el rumbo de una organización. Los problemas priorizados serán los puntos críticos que deberán trabajarse, implementando estrategias de mejora, vertidas en un plan operativo de la empresa bovina de doble propósito.

Objetivos y metas. Los objetivos definen los logros esperados cualitativamente en el periodo establecido; por ejemplo, para la empresa bovina de doble propósito, producir carne y leche de bovino en forma eficiente y rentable con calidad e inocuidad, conservando el medio ambiente. Las metas en cambio, son resultados y beneficios cuantificables esperados, congruentes con los objetivos planteados (Pérez, 2005); en este sistema, una meta es producir carne y leche con costos por debajo del precio de mercado de estos productos.

Diseño de estrategias de operación. Muchos autores definen la estrategia como una combinación lógica de actores, factores y acciones, seleccionadas para lograr un determinado objetivo en un contexto específico. Las estrategias son importantes porque existen oportunidades para ser aprovechadas, amenazas para ser evitadas, fortalezas para ser utilizadas y debilidades para ser minimizadas. Desafortunadamente, se carece de una técnica o regla fija para formular una estrategia, lo único existente es el objetivo deseado: la referencia metodológica de la que un estrategia dispone para realizar su tarea. De aquí surge una pregunta: ¿cómo puede el objetivo contribuir metodológicamente a la formulación de una estrategia?

El éxito o fracaso de una estrategia puede estar influenciado por la definición del objetivo que se quiere lograr, de cuya claridad y precisión depende el estrategia, para: (a) definir el contexto relevante en el que se logrará; (b) identificar los posibles actores estratégicos para alcanzarlo; (c) identificar los factores críticos para su logro; (d) definir las acciones con mayor potencial, para conseguirlo; y (e) diseñar los pasos lógicos de la estrategia que combinará los actores, factores y acciones para obtenerlo. Como puede apreciarse, el objetivo es el eje para definir la estrategia, requiere respuestas a algunas preguntas que orientan al estrategia en su tarea (Espinosa *et al.*, 2005).

La matriz FODA indica cuatro estrategias alternativas, conceptualmente distintas. En la práctica, algunas se interceptan o pueden efectuarse de manera concurrente y concertada:

1. La estrategia DA (Mini-Mini). En general, el objetivo de DA (Debilidades vs Amenazas), es minimizar tanto las debilidades como las amenazas.
2. La estrategia DO (Mini-Maxi). DO (Debilidades vs Oportunidades) intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.
3. La estrategia FA (Maxi-Mini). FA (Fortalezas vs Amenazas) se basa en las fortalezas de la institución que pueden interactuar con las amenazas del medio ambiente externo. Su objetivo es maximizar las primeras, mientras se minimizan las segundas.
4. La Estrategia FO (Maxi-Maxi). A cualquier empresa le agradecería estar siempre en la situación donde pudiera maximizar tanto sus fortalezas como sus oportunidades, es decir aplicar siempre la estrategia FO (Fortalezas vs Oportunidades).

Con los resultados de los análisis del contexto interno y externo, es recomendable integrar un cuadro en donde se resuma y visualice el conjunto de los resultados obtenidos, destacando las relaciones entre las amenazas y las oportunidades, respecto a las fortalezas y las debilidades, considerando, además, el tiempo y la caracterización de su impacto en el rancho. Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de la empresa y el entorno en el cual compete. El análisis FODA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito del rancho, resaltando las fortalezas y las debilidades diferenciales internas, al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia, las oportunidades y amenazas claves del entorno.

En síntesis, a partir de una matriz FODA, se debe elaborar un plan de acción, con la definición de las estrategias priorizadas y sus metas correspondientes (por ejemplo, aumento de superficie sembrada de praderas, adquisición de tanques enfriadores de leche, venta directa al consumidor de carne y la leche, etc.). La matriz de estrategia se elabora en función del análisis FODA; las intersecciones declaran estrategias que permiten el logro de los objetivos organizacionales.

El plan estratégico es un documento que el técnico debe elaborar como guía para implementar las acciones futuras, y un sistema de seguimiento y evaluación de la empresa. Los capítulos que debe contener este plan son: a) activos de la empresa, b) insumos utilizados, c) descripción de los procesos, d) productos generados, e) amenazas y oportunidades, f) debilidades y fortalezas, g) misión y visión, h) objetivos y metas e i) estrategias a implementar.

Elaboración del flujo de caja

El flujo de caja muestra todos los ingresos y egresos presentes y futuros del rancho. Los ingresos pueden ser por ventas, aporte de socios, préstamos de terceros, préstamos de los bancos, ganancias de intereses o cualquier otro tipo de ingreso. Algunos conceptos importantes son: período "0", es aquel en el que se recibe el préstamo y se hacen todas las inversiones (Gittinger, 1976). Cuando los ingresos llevan el signo positivo, se trata de ingresos "a caja"; por el contrario, si los egresos llevan el signo negativo, representan salidas "de caja".

Para elaborar un flujo de caja (Cuadro 122), mensualmente se determinan las partidas que se utilizarán, clasificándolas en ingresos y egresos. Los ingresos deben incluir todas las partidas que generen entradas de dinero; se dividen en operacionales y no operacionales.

CUADRO 122. FORMATO DE FLUJO DE CAJA PARA LA EMPRESA LECHERA.

CONCEPTO	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
INGRESOS													
1. Vacas de deshecho													\$0.00
2. Vaquillas													\$0.00
3. Becerros destetados													\$0.00
4. Toretes													\$0.00
5. Leche (miles de litros)													\$0.00
6. Flujo total de Efectivo (1+2+3+4+5)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0.00
EGRESOS													
7. Inversiones													\$0.00
8. Costos fijos													\$0.00
9. Costos variables													\$0.00
10. Total de egresos (7+8+9)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0.00
Flujo neto de efectivo (6-10)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0.00

Las primeras provienen de la actividad habitual del negocio, es decir, las generadas en el rancho; la partida más común en esta categoría son ventas. Las segundas no provienen de la operación habitual del negocio; ejemplo los ingresos por arriendo, entre otros.

Los egresos representan salidas de dinero de la empresa; se clasifican en operacionales y no operacionales: los primeros se refieren a insumos o materia prima, remuneración, la promoción, arriendo o alquiler de instalaciones, etc., y los segundos no son producto de la operación habitual del negocio, por ejemplo, muebles, maquinarias, decoración, etc.

Resultado

El producto final es un documento denominado plan operativo de la empresa, que incluye las estrategias para el cumplimiento de la misión, a través de la consecución de los objetivos y metas de la misma.

Ejercicio

a) Información para los participantes

Objetivo: identificar la importancia de utilizar la información de contexto y los recursos de la empresa, como insumo para la planeación de una empresa bovina de doble propósito.

Orientaciones

- ✓ Analizar individualmente la información de apoyo, con sus respectivos formatos para la captura de la información de contexto y de análisis de la empresa.
- ✓ Formar cuatro grupos.
- ✓ Trabajar en cuatro grupos con los participantes, de acuerdo a los siguientes criterios:
 - Los grupos 1 y 3 determinarán las amenazas y oportunidades que les proporciona el contexto y formularán un plan estratégico de la empresa.
 - Los grupos 2 y 4 determinarán las fortalezas y debilidades de la empresa y formularán un plan estratégico de la empresa.
- ✓ Preparar en acetatos los cuadros con la información requerida en cada uno de ellos, de acuerdo a las conclusiones de cada grupo.
- ✓ Presentar en plenaria las conclusiones.

El tiempo para este ejercicio es de 90 minutos, distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Organización de grupos: 5 minutos
- ✓ Práctica: 55 minutos
- ✓ Plenaria: 20 minutos (10 minutos de presentación por grupo)
- ✓ Información de retorno: 10 minutos

b) Información de retorno. Consiste en presentar en láminas los cuadros solicitados ya llenos y un plan estratégico, adecuado a la empresa bovina de doble propósito.

c) Información de apoyo para el ejercicio. En los Cuadros 123 y 124, se presenta información para el análisis de contexto y recursos existentes en una empresa lechera de doble propósito.

CUADRO 123. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA DE DOBLE PROPÓSITO (EJEMPLO).

FACTOR	CARACTERÍSTICAS
Oferta de productos	<p data-bbox="391 247 1206 279"><u>La oferta de los productos se comporta de la siguiente manera:</u></p> <ul data-bbox="391 323 1438 709" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="391 323 1438 426">• Oferta de leche. La producción es estacional, la mayoría se presenta en los meses de julio a noviembre, ocasionando que el precio baje en esos meses. Además, se ofrece leche industrializada, generada en otros estados. <li data-bbox="391 432 1438 564">• Oferta de carne. Es el principal producto en el estado, porque además es generado por otros sistemas de producción, lo cual homogeniza más su comportamiento a través del año, propiciando que el precio esté influenciado más por la demanda. <li data-bbox="391 571 1438 638">• Oferta de becerros destetados. Dado que los partos son estacionales, la oferta de becerros también lo es. <li data-bbox="391 644 1438 709">• Oferta de vaquillas de reemplazo. Son pocos los productores que ofrecen vaquillas de reemplazo de buena calidad genética, lo cual eleva el precio.
Oferta de insumos	<ul data-bbox="391 724 1401 758" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="391 724 1401 758">• Existe una cooperativa que vende insumos ganaderos a precios accesibles.
Demanda de productos	<p data-bbox="391 766 1256 798"><u>La demanda de los productos se comporta de la siguiente manera:</u></p> <ul data-bbox="391 842 1438 1163" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="391 842 1438 942">• Demanda de leche. La población no tiene hábitos de consumo de leche bronca, pero existen tres queserías que demandan una cantidad considerable de leche, así como una empresa pasteurizadora. <li data-bbox="391 949 1438 1016">• Demanda de carne. Existe un frigorífico TIF que demanda animales para sacrificarlos, cortarlos y exportarlos. Toda la demanda de carne se abastece. <li data-bbox="391 1022 1438 1089">• Demanda de becerros destetados. Existe un número considerable de engordadores que demandan este tipo de becerros. <li data-bbox="391 1096 1438 1163">• Demanda de vaquillas de reemplazo. La mayoría de los productores generan sus propios reemplazos.
Comercialización	<p data-bbox="391 1171 1438 1236"><u>La comercialización de los productos en la región se comporta de la siguiente manera:</u></p> <ul data-bbox="391 1281 1438 1444" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="391 1281 1438 1314">• De leche. La mayoría de la producción se vende en el rancho a intermediarios. <li data-bbox="391 1320 938 1354">• De carne. Igual que el caso de la leche. <li data-bbox="391 1360 1117 1394">• De becerros destetados. Igual que los dos anteriores. <li data-bbox="391 1400 1336 1434">• De vaquillas de reemplazo. Se vende directamente a otros ganaderos.
Políticas de apoyo	<ul data-bbox="391 1444 1438 1512" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="391 1444 1438 1512">• El gobierno sólo apoya el establecimiento de praderas y el pago de asistencia técnica a ganaderos organizados.

CUADRO 124. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS INTERNAS DE LA EMPRESA DE DOBLE PROPÓSITO (EJEMPLO).

FACTOR	CARACTERÍSTICAS
Activos:	
Terreno	El material genético del ganado es de mala calidad; esto impide producir leche, becerros y vaquillas de buena calidad.
Ganado	Se tiene una superficie de 60 ha sin utilizar.
Insumos:	
Alimento	En la región, se consiguen insumos de buena calidad, para generar alimento en la empresa.
Insumos:	
Mano de obra	de El costo de mano de obra es elevado.
Procesos:	
Reproductivo	Se cuenta con personal capacitado para mejorar el manejo reproductivo.
Nutrición	Se dispone de un molino de martillos, para producir alimento en la empresa a bajo costo.
Productos:	
Leche	Es posible incrementar la producción de leche.
Beceros	Es posible aumentar la cosecha de becerros.
Vaquillas	Es posible mejorar la calidad genética de las vaquillas.
Procesos:	
Sanidad	El mantener animales enfermos limita la venta de vaquillas de reemplazo.

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO

El plan operativo es un instrumento que define el quehacer diario y rumbo de la empresa. Ponerlo en marcha significa implementar las innovaciones tecnológicas seleccionadas, con el objeto de mejorar los índices de producción, productividad y rentabilidad de la empresa. Sin embargo, previo a su implementación, se requiere considerar las fuentes de apoyo y de financiamiento existentes, así como el análisis de precios de insumos, materiales, equipo, infraestructura, disponibilidad y contratación de mano de obra, y capacitación. Con base al diagnóstico del rancho, también es necesario definir los indicadores técnicos actuales sobre los que incidirá para su mejora, mediante la incorporación de tecnología. Todo ello garantizará su ejecución exitosa. Las actividades, métodos y resultados de la implementación del plan operativo se presentan en el Cuadro 125.

Obtención de recursos financieros para la implementación del plan operativo

Descripción de la actividad. Garantizar a la empresa la disponibilidad de financiamiento que le permita cubrir las necesidades de implementación del plan operativo.

Principios básicos. La disponibilidad de capital de trabajo, equipo, infraestructura y el pie de cría son el centro de la actividad ganadera, por lo que se deben identificar, evaluar, seleccionar y tramitar las opciones de apoyo gubernamental y productos financieros disponibles en el mercado, para las empresas de doble propósito.

Método. Los programas de apoyo gubernamental a la ganadería de doble propósito, funcionan según el tipo de productor y la región donde se ubique el rancho; representan la

opción de menor costo, pues están subsidiados, por lo que se deberá estar bien informado sobre su disponibilidad, ya sea en forma personal o visitando las páginas Web.

CUADRO 125. ACTIVIDADES, MÉTODO Y RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO.

ACTIVIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
1. Obtención de recursos financieros.	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta sobre programas de apoyo gubernamentales y disponibilidad de líneas de créditos bancarios y otras fuentes de financiamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de la información para acceder a financiamiento. • Apoyos gubernamentales y financiamiento bancario.
2. Contratación de recursos humanos y adquisición de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y selección de las mejores opciones, cotización y adquisición de equipos e infraestructura. • Sondeo del mercado laboral, definición de perfiles y contratación de la mano de obra necesaria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ranchos con equipo e infraestructura necesaria y adecuada, así como mano de obra contratada.
3. Selección y priorización de los componentes de innovación tecnológica (CIT).	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión documental de tecnologías disponibles. • Asignación de calificaciones y ponderaciones. • Establecimiento de indicadores técnicos de base (ITB). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías seleccionadas y priorizadas e ITB establecidos. • Listado de CIT para las diferentes áreas del rancho.
4. Capacitación a productores.	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos teórico-prácticos participativos con interacción capacitador-capacitando. 	<ul style="list-style-type: none"> • Productores y personal del rancho capacitados en los CIT.
5. Implementación de los CIT.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de resultados de investigación en las áreas de producción de leche. • Establecer indicadores de innovación tecnológica (IIT). • Método aprender haciendo. 	<ul style="list-style-type: none"> • CIT implementados.

Para las opciones de intermediarios financieros bancarios y no bancarios, se considerarán varios factores; entre ellos destacan las tasas de interés, variables de acuerdo a: plazos de los financiamientos (45 días hasta 15 años), tipos de cliente (nuevos, habituales, preferentes), tasas más bajas a clientes que pagan puntualmente o que presenten mayores garantías, y nivel de cobertura de garantías (mínimo, medio y alto). Se obtendrá un catálogo de instituciones con información de apoyo financiero, para elegir la mejor opción, y con el auxilio de los prestadores de servicios profesionales se tramitará el crédito seleccionado.

Resultados. Información para solicitar el financiamiento gubernamental o bancario que permita obtener los recursos requeridos y cubrir los costos de implementación de las innovaciones tecnológicas.

Información de apoyo. El Cuadro 126 presenta información relevante sobre fuentes de financiamiento, para que los productores puedan obtener bienes y servicios.

CUADRO 126. FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y/O CAPITALIZACIÓN PARA PRODUCTORES.

FUENTE/PROGRAMA Y/O PRODUCTOS	BIENES Y SERVICIOS ACCESIBLES
SAGARPA	
Adquisición de activos productivos.	Maquinaria y equipo, especies zootécnicas, infraestructura.
Programa soporte.	Investigación y transferencia de tecnología, capacitación y asistencia técnica.
Fomento a la organización rural.	Profesionalización, equipamiento, difusión y gastos operativos de las organizaciones.
Inducción y desarrollo del financiamiento rural.	Apoyo para la elaboración de diagnósticos y planes de negocios; capitalización mediante reservas líquidas.
Apoyos compensatorios.	Componente de energéticos (diesel agropecuario), componente de apoyo al ingreso objetivo, ordenamiento del mercado y adquisición de coberturas de precios.
Uso sustentable de recursos naturales para la producción primaria.	Obras para el aprovechamiento de suelo y agua; PROGAN.
FIRCO	
Programa de apoyo y fomento a los agronegocios (Fomagro).	Formulación de planes y proyectos de inversión, asistencia técnica especializada, infraestructura y equipamiento.
FINANCIERA RURAL (Banca de primer y segundo piso. Puede otorgarse directamente a personas físicas o morales o a intermediarios financieros no bancarios).	
Crédito de habilitación o avío.	Financia necesidades de capital de trabajo (salarios, jornales, insumos, productos veterinarios).
Crédito refaccionario.	Financia activos fijos o bienes de capital (adquisición de maquinaria, equipo, ganado, construcción y ampliación de inmuebles).
Crédito simple.	Financia tanto capital de trabajo como bienes de capital.
Crédito prendario.	Otorga liquidez a individuos o empresas que poseen ganado bovino u otro producto susceptible de acopiarse en un almacén o bodega habilitada para tal efecto.
FIRA (Banca de segundo piso).	
Créditos refaccionarios de habilitación o avío y prendario.	A través de intermediarios financieros que cuenten con registro para operar con FIRA.
Otros apoyos.	Capacitación y transferencia de tecnología, servicios de asistencia técnica integral, fortalecimiento de competencias.
INTERMEDIARIOS FINANCIEROS BANCARIOS	
Banca comercial (con garantías líquidas proporcionadas por FIRA, Gobierno del Estado, FIRCO y productores).	Apoyo a proyectos productivos en sus componentes capitales de trabajo e infraestructura.
INTERMEDIARIOS FINANCIEROS NO BANCARIOS	
Sociedades financieras de objeto limitado (Sofoles). Sociedades financieras de objeto múltiple (Sofom). Uniones de crédito, microfinancieras, dispersoras, etc.	Apoyo a proyectos productivos en su componente capital de trabajo e infraestructura, con recursos provenientes principalmente de FIRA y Financiera Rural.

Fuente: SAGARPA, 2008; Financiera Rural, 2008; FIRA, 2008; FIRCO, 2008.

Ejercicio de Identificación de Apoyos Financieros y Otros Servicios

La obtención de recursos financieros juega un papel determinante en el establecimiento, desarrollo y consolidación de las empresas dedicadas al ramo de la producción de carne y leche de ganado bovino, ya que la disponibilidad oportuna, ágil y con un costo adecuado a las condiciones del mercado, puede ser la diferencia entre permanecer o quedar fuera del sector lechero.

El estudio y análisis de los diferentes programas de apoyo financiero y otros servicios que el Gobierno Federal pone a disposición de los productores de doble propósito, resulta de vital importancia, ya que su comprensión permitirá iniciar adecuadamente la gestión de esos apoyos, bien sea para la operación cotidiana de la empresa o para inversiones de capital que permitan impulsar la actividad económica del sector ganadero lechero del país.

a) Información para los participantes

Objetivo: identificar los apoyos y servicios gubernamentales destinados a las empresas en el sistema bovino de doble propósito, y con base al diagnóstico de la unidad de producción, seleccionar los que puedan contribuir al establecimiento de las innovaciones tecnológicas más relevantes. Por ejemplo, el instructor entregará al técnico información de cuatro organismos del Gobierno Federal que otorgan diversos apoyos financieros y otros servicios al sector agropecuario.

Orientaciones

- ✓ Integrar cuatro equipos de trabajo.
- ✓ Trabajar en cuatro equipos con los participantes, de acuerdo a la siguiente distribución de la información:
 - El equipo 1 recibirá información de los programas de apoyo financiero y otros servicios proporcionados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA).
 - El equipo 2 recibirá información de los programas de apoyo financiero y otros servicios proporcionados por la Financiera Rural.
 - El equipo 3 recibirá información de los programas de apoyo financiero y otros servicios proporcionados por el Fideicomiso Instituido con Relación a la Agricultura (FIRA).
 - El equipo 4 recibirá información de los programas de apoyo financiero y otros servicios proporcionados por el Fondo de Riesgo Compartido (FIRCO).
- ✓ Preparar en rotafolio o acetatos, un cuadro con las características de la información pertinente y su relación con las innovaciones tecnológicas que se implementarían, de acuerdo a la organización gubernamental seleccionada.
- ✓ Presentar las conclusiones en plenaria.

El tiempo disponible para este ejercicio es de 60 minutos, distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Organización de grupos: 5 minutos
- ✓ Lectura de la información: 5 minutos
- ✓ Práctica: 20 minutos
- ✓ Plenaria: 20 minutos (5 minutos de presentación por grupo)
- ✓ Información de retorno: 10 minutos

b) Información de retorno

Consiste en llenar los cuadros solicitados, con algunos comentarios, y presentarlos en Power Point.

Contratación de recursos humanos y adquisición materiales

Descripción de la actividad. Uso óptimo y racional del financiamiento de adquisición de equipos, infraestructura, y contratación de mano de obra, para operar el plan operativo.

Principios básicos. Con el financiamiento disponible, se incursionará al mercado de insumos, equipos, infraestructura y mano de obra, con el objeto de realizar las cotizaciones, correspondientes. Se deberán seleccionar los mejores proveedores y adquirir los bienes comprometidos en el financiamiento.

Respecto a la contratación de personal, se diagnosticará la disponibilidad en la región, según las metas del plan operativo y se contratará, previa capacitación.

Métodos/guía de aplicación. El mercado de insumos, productos e infraestructura ofrece diversas opciones, las cuales se conocerán visitando casas comerciales, proveedores de equipo, prestadores de servicios y fabricantes de infraestructura; se seleccionarán las mejores, en función de la disponibilidad, precio y calidad.

El mercado de trabajo en el sector agropecuario pasa por una crisis ante las alternativas laborales en otros sectores de la economía. Esto ocasiona escasez de trabajadores, y por lo tanto una debilidad de la actividad lechera, por lo cual la contratación de trabajadores deberá apegarse estrechamente a las necesidades del rancho, garantizando su permanencia mediante la seguridad laboral (salarios dignos, seguridad social y capacitación permanente).

Resultado. Contar con el equipo, infraestructura y mano de obra necesarios para la implementación del plan operativo.

Selección y priorización de componentes de innovación tecnológica (CIT)

Descripción de la actividad. Existen tecnologías en las diferentes áreas de la producción de bovinos de doble propósito, muchas de ellas integradas en paquetes; sin embargo, dado los diferentes niveles tecnológicos de los ranchos, es necesario sistematizarlas, seleccionarlas y priorizarlas según la disponibilidad de recursos financieros y las necesidades y capacidades de implementación de cada rancho en particular.

Principios básicos. Se seleccionarán y priorizarán las tecnologías disponibles y factibles de implementar plasmadas en el plan operativo, en función de los objetivos del rancho y de la capacidad del productor, para cubrir el costo y el riesgo minimizado que conlleva su implementación. Se priorizarán considerando parámetros de medición, especialmente aquellos de mayor impacto en la productividad, rentabilidad y competitividad del rancho. No hay ranchos iguales, todos presentan una problemática diferente; por ejemplo, para algunos será prioritario tener una buena higiene en el ordeño antes de fertilizar sus praderas, porque tienen una aceptable producción en ellas. Otros necesitarán bajar sus costos de alimentación, por lo tanto requerirán de alternativas de bajo costo. Algunos más, no les importaría incrementar sus costos de alimentación, si ello les permite aumentar su producción de leche por vaca y el número de animales destetados, para mejorar su

rentabilidad. Como estos ejemplos (puede haber muchos), la decisión final será del productor y del asesor técnico, con base en la problemática del rancho.

Previo a la selección y priorización de los componentes tecnológicos, y partiendo del diagnóstico situacional del rancho, se seleccionan y registran los indicadores técnicos de base (ITB), definidos como aquellos parámetros de producción y rentabilidad que se obtienen en el rancho, para ubicar el nivel tecnológico del mismo, útiles como punto de partida, para mejorar la producción, productividad y rentabilidad de la unidad de producción. Los indicadores financieros se presentan en el Cuadro 127.

CUADRO 127. INDICADORES FINANCIEROS DE BASE DE LA EMPRESA LECHERA.

INDICADOR	NIVEL	REGLA DE DECISIÓN
Rentabilidad	Negativa.	Intervención inmediata.
	Menor al costo de oportunidad del capital ¹ .	Incidir en las áreas de producción de mayor impacto productivo.
	Mayor al costo de oportunidad del capital ¹ .	Incidir sólo si el productor desea mayores ganancias.
Costo de litro de leche	Mayor al precio al que el productor vende actualmente.	Intervención inmediata.
	Igual al precio al que el productor vende actualmente.	Incidir en las áreas de producción de mayor impacto productivo.
	Menor al precio al que el productor vende actualmente.	Incidir sólo si el productor desea mayores ganancias.

¹ El costo de oportunidad del capital es la tasa de interés interbancaria (TIIE). Banco de México, 2008.

Métodos/guía de aplicación. Para seleccionar y priorizar las innovaciones tecnológicas se efectuará una revisión documental, personalizada o electrónica exhaustiva en centros de investigación y docencia, relacionada con la ganadería de doble propósito. Se sistematizará la información y se le asignarán calificaciones relativas, con base a su impacto en los índices de producción y el costo de su implementación, siempre y cuando la información tecnológica lo permita, como se cita en las fichas tecnológicas del INIFAP (2008). La información del diagnóstico del rancho se analizará con el auxilio de una hoja de cálculo, que permita establecer ITB en cada una de las áreas de la producción, para conocer su nivel tecnológico.

Resultado. Listado de componentes de innovación tecnológica (CIT) en las diferentes áreas de la producción lechera, debidamente priorizadas con base en el impacto al interior del sistema de producción.

Capacitación a productores

Descripción de la actividad. Gran parte del éxito de un plan operativo son las habilidades para implementar los CIT, por lo cual los productores y el personal que labora en el rancho requieren capacitación en las diferentes áreas donde inciden.

Principios básicos. Capacitar a los productores y trabajadores del rancho sobre las características de la tecnología y sus formas de implementación, mediante cursos teórico-prácticos, apropiados a su nivel educativo (Espinosa *et al.*, 2003).

Método. La capacitación se realizará utilizando el método participativo y la educación no formal para adultos (andragogía), donde se privilegie la interacción capacitador-capacitando. Para ello, al preparar el curso es necesario precisar los resultados deseados, y planificar las

etapas lógicas de aprendizaje, decidiendo qué conceptos básicos se deben transmitir. Al presentar cada etapa, el instructor esboza los objetivos y los puntos clave; cada uno de estos últimos irá acompañado por una demostración práctica o una pregunta. Los participantes realizan cada ejercicio práctico y el instructor corrige los errores y verifica la comprensión del tema. Se promueve la ayuda entre participantes y se utilizan sociodramas¹ para destacar los aspectos más importantes de los diversos procedimientos de seguimiento (Stephen, 1994).

Resultado. Productores y trabajadores del rancho capacitados en la aplicación y seguimiento de los diferentes CIT a implementar.

Implementación de los componentes de innovación tecnológica

Descripción de la actividad. El objetivo de la implementación de innovaciones tecnológicas en el rancho es combinar los recursos existentes, plasmados en una tecnología o componente tecnológico, para incrementar la productividad del sistema de producción, incrementar el ingreso personal disponible del productor o bien reducir los costos totales en la producción de leche, carne y sus derivados. Cada uno de estos indicadores, puede darse en forma aislada o en interacción. El propósito central es aumentar la rentabilidad y competitividad de la actividad del productor.

Principios básicos. Revisar exhaustivamente el resultado de la tecnología, para minimizar los riesgos al implementarla, y confirmar que ya esté validada a nivel productor y en condiciones de ser una innovación.

Iniciar la tecnología, monitorear su desarrollo y comportamiento en cada etapa, y si hay desvíos, corregirlos, evitando comprometer el logro de los resultados, objetivos y metas establecidas. Al final, registrar los resultados obtenidos y analizar si se mejoraron los indicadores de base en la dimensión programada.

Método. Con el objeto de garantizar en lo posible los resultados del plan operativo, una vez seleccionados y priorizados los componentes tecnológicos, se establecerán los indicadores de innovación tecnológica (IIT), auxiliándose de una hoja de cálculo, mediante la revisión de reportes de investigación, catálogos de tecnologías, publicaciones técnicas y científicas, en las secciones de nutrición, reproducción, genética y salud animal.

Previa capacitación del personal, se aplican las innovaciones tecnológicas, con la participación activa de técnicos y productores, aspecto fundamental para incidir en la adopción. En muchas ocasiones, es insuficiente obtener buenos resultados, si los productores no se apropian del proceso; por ello, es recomendable implementar la tecnología mediante el principio de aprender-haciendo.

Se analizan los IIT obtenidos al final del proceso de producción, comparándolos con los ITB; la diferencia obtenida entre ellos se denomina "análisis de brecha". Previo a esta acción, el proceso de producción deberá someterse a un seguimiento estricto, y posteriormente a una evaluación.

¹Sociodrama es la representación de algún hecho o situación de la vida real en un espacio físico y con un público involucrado (ellos mismos) Mora y Gamboa, 2006.

Resultado. Componentes de innovación tecnológica implementados en las áreas prioritarias del rancho.

Ejercicio: identificación de problemas y alternativas de mejora

Orientaciones

- ✓ Se conforman cuatro equipos de trabajo.
- ✓ Se proporciona un cuestionario a cada equipo, con la información de una empresa de ganado de doble propósito, para identificar los principales problemas, se seleccionan las áreas de mejora y los indicadores técnicos de base.
- ✓ Se identifican, seleccionan y priorizan las tecnologías a implementar para cada problema y sus indicadores de innovación.
 - Preparar en rotafolio o acetatos, un cuadro donde se identifiquen los principales problemas, sus indicadores técnicos de base, sus tecnologías a implementar y sus indicadores de innovación.
 - Presentar las conclusiones en plenaria.

El tiempo disponible para este ejercicio es de 60 minutos, distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Organización de equipos: 5 minutos
- ✓ Lectura de la información: 5 minutos
- ✓ Práctica: 20 minutos
- ✓ Plenaria: 20 minutos (5 minutos de presentación por grupo)
- ✓ Información de retorno: 10 minutos

Información de retorno. Los cuadros solicitados se llenan y presentan en Power Point, con algunos comentarios.

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA EMPRESA LECHERA

La evaluación tiene por objeto apreciar y valorar los resultados de las actividades realizadas, respecto de las programadas; permite conocer el grado de cumplimiento de objetivos y metas, la eficiencia lograda y los impactos de estas metas en los aspectos técnicos, productivos y económicos. En la Figura 40, se plantean las actividades para tal fin y en el Cuadro 128 se presentan las actividades, métodos y resultados del seguimiento y evaluación de una empresa.

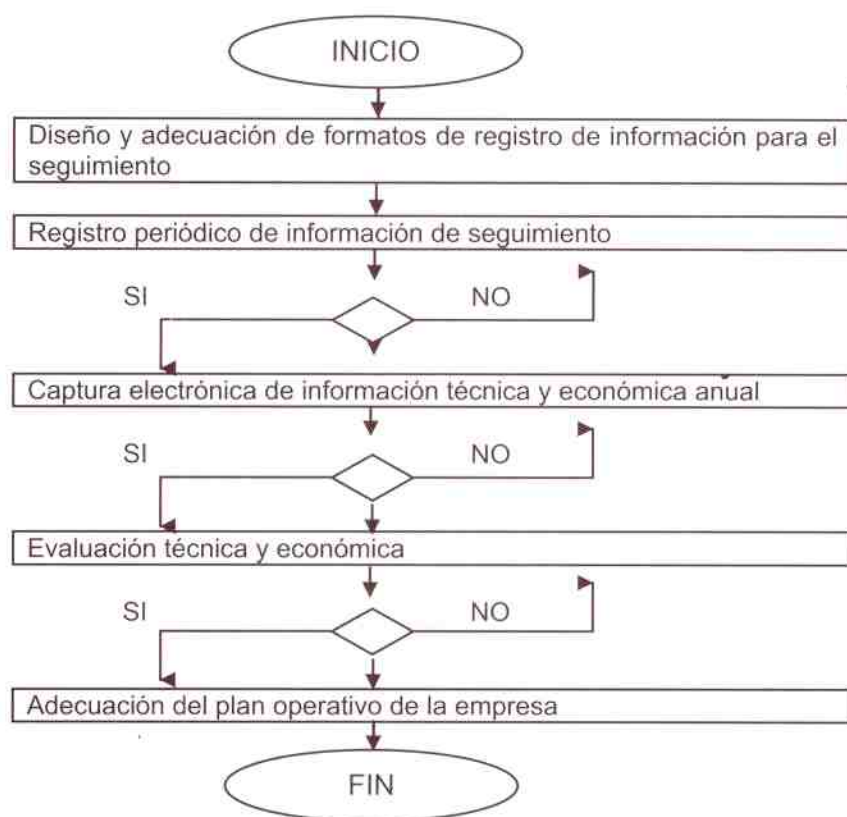


Figura 40. Flujo del seguimiento y evaluación de la empresa bovina de doble propósito.

CUADRO 128. PROCESO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN ANUAL DE LA EMPRESA BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO.

ACTIVIDAD	MÉTODOS	RESULTADOS
1. Diseño y/o adecuación de formatos de registro de información para el seguimiento	Selección de variables de seguimiento. Agrupación de variables por concepto.	Formatos de captura adecuados a la empresa.
2. Registro periódico de información para el seguimiento	Monitoreo continuo de información financiera de la empresa.	Información técnica y económica registrada.
3. Captura electrónica de información técnica y económica anual	Sistematización de la información técnica y económica. Diseño de formatos electrónicos para integración de información técnica y económica Captura en hojas de cálculo.	Archivos electrónicos con información anual de costos, ingresos y datos productivos, reproductivos y sanitarios.
4. Evaluación técnica y económica	Promedios Rentabilidad Costo unitario de producción de carne y leche	Indicadores de desempeño productivo y económico de la empresa.
5. Adecuación del plan operativo de la empresa	Comparación de parámetros técnicos y económicos programados vs obtenidos Análisis de brechas	Identificación de factores críticos a corregir por proceso para el próximo ciclo productivo.

Para evaluar el comportamiento de las variables productivas, reproductivas, sanitarias y económicas, se requiere un esquema de seguimiento, con la información necesaria, obtenida mediante un proceso continuo de observación, supervisión, revisión y registro de las actividades de la empresa (Gálvez *et al.*, 1995).

Diseño y/o adecuación de formatos de registro de información para el seguimiento

Descripción de la actividad. Se seleccionan las variables para la información de seguimiento, y se elaboran los formatos de captura, con base en los conceptos de inversión, egresos e ingresos, que evaluarán el desempeño económico de la empresa. Los formatos se presentan en sus respectivas secciones.

Principios básicos. La gran cantidad de información generada en una empresa de doble propósito, requiere seleccionar anticipadamente las variables que evaluarán su comportamiento productivo, reproductivo, sanitario y económico (González y Espinosa, 2004), para evitar información superflua.

Al seleccionar las variables productivas, reproductivas y sanitarias, deberán considerarse los indicadores presentados en las secciones de genética, reproducción, nutrición y salud animal. Por su parte, las variables económicas incluirán información para medir el desempeño económico de la empresa, estimando la rentabilidad y el costo unitario de producción de carne y leche.

Métodos. La información que debe registrarse para evaluar el desempeño económico de la empresa se presenta en el Cuadro 129. Se aprecia que los activos se registran anualmente, y los costos e ingresos mensualmente.

CUADRO 129. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ECONÓMICO DE LA EMPRESA BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO.

VARIABLE	CONCEPTO A REGISTRAR	UNIDAD DE MEDIDA
Activos	Inversión inicial	\$/año
	Compras y venta de activos	
Costos de producción	Mano de obra (temporal y permanente)	\$/mes y año
	Alimentación	
	Salud animal	
	Otros costos	
Ingresos	Venta de productos y subproductos generados	\$/mes y año

A continuación se describe brevemente cada indicador (Aguilar *et al.*, 2001):

Inversión inicial. Es la suma del valor monetario de todos los activos de la empresa (terreno, infraestructura hidráulica, ganado, construcciones, maquinaria, equipo y otros bienes), utilizados en la producción bovina al iniciar el registro de información económica. La inversión se calcula con un valor comercial estimado (avalúo), tomando en cuenta la condición actual y los años de uso de cada activo.

Compra y venta de activos. Es la suma monetaria de todas las compras y ventas efectuadas, para incrementar o disminuir los activos de la empresa, cuyo valor es el de mercado; para ello se recomienda guardar las facturas o notas de compra que lo

respalden, o registrar en una libreta el activo comprado o vendido, así como su respectivo valor monetario.

Costo de mano de obra. Lo constituye la suma del pago de los salarios y prestaciones al personal contratado en la empresa, tanto fijo como eventual, durante el periodo de análisis. También debe considerarse el costo de la mano de obra familiar, aunque no perciban salario. Si se realiza más de una actividad (agricultura u otra actividad pecuaria) y el personal del rancho participa en ellas, el costo de esta mano de obra se estima multiplicado el tiempo dedicado a la actividad, por el salario pagado.

Costo de alimentación. Es la suma de los gastos de insumos para la alimentación del ganado (alimento concentrado, sales minerales, granos, forrajes, etc.) durante el periodo de análisis. Cuando en el rancho se cultiven forrajes, también se considerarán los gastos necesarios para producirlos.

Costo de salud animal. Es la suma de los gastos de todas las compras de insumos para prevenir y controlar enfermedades del ganado (desparasitantes, vacunas, medicinas, servicios veterinarios, etc.) durante el periodo de análisis.

Otros costos. Es la suma de los gastos de otros insumos y el pago de servicios como luz, combustibles, inseminación artificial, nitrógeno, mantenimiento de maquinaria y equipo en general, pago de cuotas, impuestos, etc., efectuados en la empresa durante el periodo de análisis.

Ingresos por venta de productos y subproductos generados. Es la suma monetaria de todos los productos que vende la empresa lechera, como carne, leche, becerros, toretes, pie de cría y animales de desecho.

Resultado. Formato con la captura de información de los activos de la empresa, de las compras efectuadas y el pago de mano de obra y servicios, así como las ventas de los productos y subproductos generados. Se sugiere encabezar el formato con el nombre del propietario y del rancho, y el periodo de captura de la información, ejemplos: Cuadros 130, 131 y 132.

CUADRO 130. FORMATO DE CAPTURA DE ACTIVOS DEL RANCHO.

Nombre del propietario:				
Nombre y ubicación del rancho:			Fecha:	
Concepto	Cantidad	Características	Valor unitario	Valor total
Terreno				
Praderas				
Infraestructura hidráulica				
<u>Ganado:</u>				
Sementales				
Vientres				
Vaquillas				
Becerras				
Total ganado				
<u>Construcciones:</u>				
Sala de ordeña				
Corrales				
Bodega				
Silos				
Total construcciones				
<u>Equipo con motor:</u>				
Tractor				
Vehículo				
Ordeñadora				
Otros				
Total equipo con motor				
<u>Equipo sin motor:</u>				
Carretilla				
Termo de inseminación				
Otros				
Total equipo sin motor				
<u>Enseres menores:</u>				
Palas				
Botes de leche				
Otros				
Total enseres menores				
Total activo \$				

CUADRO 131. FORMATO PARA REGISTRO MENSUAL DE COMPRAS DE INSUMOS Y DE ACTIVOS.

Nombre del propietario:					
Nombre y ubicación del rancho:				Año:	
Periodo de captura de datos: del _____ de _____ al _____ de _____					
Concepto	Unidad	Características	Cantidad	Precio unitario	Costo total
<u>Insumos para operación</u>					
Mano de obra					
Insumos alimenticios					
Inseminación					
Combustible					
Compra de forraje					
Material mantenimiento					
Servicios					
Medicamentos					
Cuotas					
Otros					
Total costos operación					
<u>Compras de activos</u>					
Animales					
Equipo con motor					
Equipo sin motor					
Material construcción					
Terreno					
Otros					
Total costos inversión					
Compras totales \$					

CUADRO 132. FORMATO PARA EL REGISTRO DE VENTAS DE PRODUCTOS Y DE ACTIVOS.

Nombre del propietario:					
Nombre y ubicación del rancho:				Año:	
Periodo de captura de datos: del _____ de _____ al _____ de _____					
Concepto	Unidad	Características	Cantidad	Precio unitario	Ingreso total
<u>Venta de productos</u>					
Leche					
Becerras al nacimiento					
Otros					
Ingreso por productos					
<u>Venta de activos</u>					
Animales de desecho					
Otros					
Ingresos por activos					
Ingresos totales \$					

Registro periódico de información para el seguimiento

Descripción de la actividad. Diseñado el formato, el siguiente paso es registrar sistemáticamente cada evento en la empresa.

Principios básicos. La información la registrará preferentemente el responsable que la empresa designe, asegurándose de capturarla al momento en que sucede el evento, para evitar que se olvide; registrar información útil.

Método. Para asegurar la calidad de la información registrada, se monitorea y supervisa el registro de las variables financieras a las que se les dará seguimiento.

Captura electrónica de información técnica y económica anual

Descripción de la actividad. Para evaluar técnica y económicamente la empresa, se requiere integrar electrónicamente la información de un ciclo productivo, que normalmente es de un año.

Principios básicos. La captura y sobre todo el análisis de la información, se facilitan mediante un formato en una hoja Excell; nuevamente, para la información técnica, se sugiere el formato propuesto en las secciones de genética, reproducción, nutrición y salud animal. Para la información económica, se utilizará una hoja de cálculo que se proporcionará en el curso.

Método. Existen programas para el análisis de empresas, aunque la mayoría tienen un precio, por lo que se sugiere diseñar una hoja electrónica, adecuada a las características de cada unidad de producción, asegurando que permita la captura y análisis.

Ejercicio. Hoja de cálculo para evaluar económicamente una empresa de ganado bovino de doble propósito

Objetivos del ejercicio: familiarizar al capacitando con el manejo de la hoja de cálculo.

Orientaciones

- ✓ Se integran aleatoriamente cuatro equipos de trabajo.
- ✓ Se constata que los participantes tengan a la mano el material del curso: información económica mensual de una empresa de lechería familiar.
- ✓ Cada grupo deberá capturar la información proporcionada en la hoja de cálculo.
- ✓ Se prepara un acetato con las conclusiones del grupo.
- ✓ Presentar las conclusiones en plenaria.

Evaluación técnica y económica

Descripción de la actividad. Capturada la información de un ciclo productivo, se evalúa técnica y económicamente, con el objeto de apreciar y valorar los resultados de las actividades realizadas, respecto de las programadas. Los resultados reflejarán el grado en que se han cumplido los objetivos y metas, la eficiencia con la que se lograron y los impactos en la productividad y rentabilidad de la empresa (Ronald, 1986).

Principios básicos. Los elementos de la evaluación son dos: la medición y la comparación. El primero es el proceso para determinar estatus y cantidad, tiene una fase numérica y describe exacta y concretamente las variables. El segundo se refiere a las metas definidas en el plan operativo. La evaluación económica contempla el cálculo de los siguientes conceptos:

Costos variables. Este indicador lo constituye la suma aritmética de los costos de mano de obra, alimentación, salud animal y otros efectuados durante el periodo de análisis. Una actividad importante que se realiza al inicio y al final del periodo es un inventario. En caso de existir mercancías que no se utilizaron, se calcula la diferencia (insumos, medicinas, alimentos, etc.); se hace un inventario al inicio y al final del periodo, para calcular la diferencia y cargarla a los costos del periodo en que se utilizaron.

Costos fijos. La característica principal de este indicador, es que su valor no varía en relación con el volumen de producción, y por lo general se tiene que estimar. Entre estos costos está la depreciación y la amortización (se relaciona con la inversión de los activos).

Costos totales. Es la suma de los costos variables y fijos de la empresa, durante el periodo de análisis.

Costo unitario de producción. Se refiere a lo que cuesta obtener una unidad de producto. Como la empresa de doble propósito genera principalmente carne y leche, se debe estimar el costo de producción de cada uno de ellos, dividiendo el costo total de producción de cada producto generado entre el total de unidades producidas (Guillermo, 1978).

Utilidad. Este indicador es la ganancia monetaria de la empresa durante el periodo de análisis. Se calcula restando los costos totales a los ingresos totales.

Rentabilidad. Indica la ganancia o pérdida porcentual, respecto a la inversión total de la empresa, en un ciclo de producción. Se calcula dividiendo la utilidad entre los costos totales de producción por 100.

Método. Al igual que en el seguimiento para la evaluación técnica, se recurre a los métodos planteados en las secciones de genética, reproducción, nutrición y sanidad. Aquí sólo se presentan los pasos necesarios para la evaluación económica, con el fin de estimar la rentabilidad de la actividad de doble propósito y el costo de producir un kilo de carne y un litro de leche.

Paso 1. Cálculo de costos variables de producción. Se suman aritméticamente todos los conceptos registrados en la etapa de seguimiento.

Paso 2. Cálculo de los costos fijos de producción. Es la suma aritmética de los valores asignados a los conceptos depreciación y amortización. Respecto a la depreciación de activos, si no existe un sistema contable, el método propuesto es el de línea recta, y su fórmula es la siguiente:

Depreciación = (valor inicial del activo - valor de desecho del activo)/años de vida útil.

La *amortización* es el monto asignado por la institución crediticia cuando se contrata un crédito refaccionario.

Paso 3. Estimación de los costos totales de producción. Es la suma de los costos variables más los costos fijos.

Paso 4. Estimación de los ingresos por venta de productos generados. La información registrada durante los 12 meses se suma por producto y subproducto y el resultado es el monto de los ingresos totales.

Paso 5. Estimación de los costos unitarios de producción de los productos generados. Primeramente, se estima la participación porcentual de cada producto generado respecto al ingreso total, para lo cual se divide el ingreso de cada producto entre el ingreso total. Con este porcentaje, se estiman los costos totales que le corresponden a cada uno de ellos; para ello se multiplica el costo total de la empresa por el respectivo porcentaje de cada producto, y finalmente, estos costos se dividen entre el total de unidades producidas (Guillermo, 1978). Los costos unitarios de producción de los productos generados se estiman con las siguientes fórmulas:

Participación de cada producto en el ingreso total (%) = $\text{Ingreso del producto} / \text{ingreso total}$.

Costos totales por producto generado = Costos totales por la participación porcentual de cada producto en el ingreso total.

Costo unitario de producto generado = $\text{Costos totales por producto generado} / \text{total de unidades producidas}$.

Paso 6. Estimación de la utilidad de la empresa. Se aplica la siguiente fórmula:

Utilidad del periodo = $(\text{Ingresos por venta de productos} + \text{valor del cambio de inventario de productos}) - \text{costos totales de producción}$.

Paso 7. Estimación de la rentabilidad de la empresa. Se aplican las siguientes fórmulas:

- a) $\text{Rentabilidad/costos variables de operación} = (\text{utilidad/costos variables de operación}) \times 100$.
- b) $\text{Rentabilidad sobre costos totales de producción} = (\text{utilidad/costos totales de producción}) \times 100$.
- c) $\text{Rentabilidad sobre la inversión total} = (\text{utilidad/inversión total de activos}) \times 100$.

Resultados. Indicadores del desempeño productivo y económico de la empresa lechera, que para el caso del desempeño económico, son la rentabilidad, la utilidad y el costo unitario de los productos generados.

Indicadores de desempeño del proceso.

Indicadores que definan los procesos de genética, reproducción y sanidad.

Ejercicio. Evaluación económica de una empresa de lechería.

Objetivos del ejercicio: evaluar económicamente una empresa de doble propósito, con el fin de asimilar su metodología de evaluación.

Orientaciones

Se expone brevemente la metodología de evaluación económica aplicada a la empresa, y al finalizar se explica a los participantes en qué consiste el ejercicio, el cual se trabajará individualmente y en equipo, procediendo de la siguiente manera:

- ✓ Integrar aleatoriamente cuatro equipos de trabajo.
- ✓ Constatar que los participantes tengan a la mano el material del curso: información económica mensual de una empresa de ganado bovino de doble propósito.
- ✓ Explicar que individualmente deberán analizar la información proporcionada y realizar la suma anual de los costos e ingresos de la empresa analizada.
- ✓ Calcular por equipo, los indicadores económicos de costo variable, costo fijo y costo total, ingresos, cambio de inventario y costos unitarios de producción (carne y leche).
- ✓ Preparar un acetato con las conclusiones del equipo.
- ✓ Presentar las conclusiones en plenaria.

Adecuación del plan operativo de la empresa

Descripción de la actividad.- Comparar los indicadores técnicos y económicos obtenidos con las metas planteadas en el plan operativo (análisis de brecha), con el propósito de detectar factores favorables y desfavorables durante el periodo de análisis y con base en ellos realizar las adecuaciones pertinentes al plan operativo para el siguiente ciclo productivo.

Principios básicos. El “análisis de brechas” proporciona información de gran utilidad, para la toma de decisiones estratégicas.

Métodos. Comparación de parámetros técnicos y económicos programados vs obtenidos en una matriz de doble entrada.

Identificación de puntos críticos y rediseño del plan operativo.

LITERATURA CITADA

Aguilar, B. U. J, L. Lagunas y J. M. Pérez S. 2001. Metodología para la evaluación económica en ranchos ganaderos de doble propósito. p. 51. *In*: Memoria Día del Ganadero. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver.

Alonso, P. A., N. Aymamí G., J. A. Carranza V., L. Dávalos J., V. Espinosa O., L. Gómez G., C. A. López D., C. V. Loza A., H. Márquez L., J. R. Meléndez G., J. I. Reyes C., E. Rivera G., J. M. Sánchez M., B. L. Vélasquez C. y M. P. Velázquez P. 2002. Administración pecuaria. Bovinos. UNAM. México, D. F. 321 p.

Alvarado, M. T. E. 2001. Metodología para elaborar un plan estratégico y rediseño organizacional de una unidad de producción agropecuaria. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Torreón, Coah., México. Segunda Época. Año 5 (9) p11.

Ansoff, I. H. 1984. Planeación estratégica. UAM-Azcapozalco. México, D. F. 145 P.

- Banco de México. 2008. Tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE). [Consultado el 23 de septiembre de 2008]. www.banxico.org.mx/indicadores/tiie28.html
- Cuevas, R. V., J. A. Espinosa G., G. Moctezuma L., J. L. Jolalpa B., F. Romero S., A. Vélez I., R. Vázquez G. y B. A. Flores M. 2007. La cadena agroalimentaria de leche de vaca en el estado de Hidalgo: diagnóstico y prospección al año 2020. Libro Técnico No 2. INIFAP. CIRCE. Sitio Experimental Pachuca, Pachuca, México. 194 p.
- Espinosa, G. J. A. y R. Saldaña A. 2003. Secuencia 1. Aspectos esenciales de administración. p. 39-110. *In*: Manual de Capacitación para el Manejo Sustentable de la Empresa de Bovinos de Doble Propósito del Trópico de México. Libro Técnico INIFAP. México, D. F.
- Espinosa, G. J. A., A. T. González O., U. Aguilar B. y S. A. Ríos R. 2005. Planeación, seguimiento y evaluación económica: metodología para empresas familiares bovinas. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 32 p.
- Financiera Rural. 2008. Planes de crédito. Disponible en <http://www.financierarural.gob.mx> Accesado el 24 de septiembre de 2008.
- FIRA (Fideicomiso Instituido con Relación a la Agricultura), 2008. (Consultado el 24 de septiembre de 2008). <http://www.fira.gob.mx/irj/portal/anonymos>.
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido). 2008. FOMAGRO. [Consultado el 24 de septiembre de 2008]. <http://www.firco.gob.mx>
- Gálvez, S. A., R. Novoa, J. de Souza Silva y M. Villegas. 1995. El enfoque estratégico en la administración de la investigación agropecuaria. Serie: Capacitación en planificación, seguimiento y evaluación para la administración de la investigación agropecuaria. ISNAR. Cali, Colombia. Fascículo 1. 56 p.
- Gittinger, P. J. 1976. Análisis económico de proyectos agrícolas. Banco Mundial. Ed. Tecnos. Madrid, España. 532 p.
- Gómez, C. G. 1997. Sistemas administrativos: análisis y diseños. Mc Graw Gil. México, D. F. 290 p.
- Gómez, C. G. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 10(3):175-183.
- González, O. T. A. y J. A. Espinosa G. 2004. GGAVATT Guanajuato, transferencia de tecnología pecuaria. Libro Técnico No. 1. INIFAP. CIRCE. Celaya, Gto. México. 181. p
- Granados, M. J. A. 1990. Marco conceptual y metodología para elaborar un plan estratégico de innovación y nuevas oportunidades. Mimeo. México.
- Granados, M. J. A. 1998. Metodología para elaborar una programa estratégico de servicio al cliente para un agronegoció de servicios. Revista Mexicana de Agronegocios. Torreón, México. Volumen 3. p 8.

- Guillermo, F. R. 1978. Introducción al cálculo de costos agropecuarios. 2ª. Reimp. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 37 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2008. Fichas tecnológicas. [Consultado el 23 de septiembre de 2008]. http://www.inifap.gob.mx/temas_interes/innovaciones_tecnologicas.htm
- Mora, J. F y D. O. Gamboa L. 2006. Desarrollo de competencias investigativas en educación. [Consultado el 23 de Septiembre de 2008]. [http://www.espacioblog.com/myfiles/quirosleiva/Sociodrama-por-Gamboa-y-Mora-Flores-\(Sábados\)](http://www.espacioblog.com/myfiles/quirosleiva/Sociodrama-por-Gamboa-y-Mora-Flores-(Sábados))
- Pérez, H. P. S/F. Caracterización y problemática de la cadena bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. [Consultado el 11 de septiembre de 2008]. [http://www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi.../CADENA_BOVINOS_DE DOBL E PROP% D3SITO.html - 112k](http://www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi.../CADENA_BOVINOS_DE_DOBL E_PROP% D3SITO.html - 112k)
- Pérez T. N. 2005. Análisis FODA para los distintos tipos de concursos de obra vigentes en Puebla. Tesis Licenciatura. Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. [Consultado el 17 de octubre de 2008]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/perez_t_n/
- Rivas, L. y F. Holmann. 2002. Sistemas de doble Propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América latina tropical. pp 1-38. *In: Simposio Internacional sobre la Actualización en el Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito.* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. CEIEGT. Veracruz, México.
- Ronald DK. 1986. Administración agrícola y ganadera: Planeación, control e implementación. CECSA. México, D. F. 423 p.
- Ruiz G. C., C. H. Ávila B., L. A. García H. y L. Brunett P. 2008. "Sustentabilidad financiera: El caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito". *Revista Mexicana de Agronegocios.* Año XII, volumen 22, enero-junio 2008. 503-516
- SAGARPA, 2006. Plan Rector del Sistema Producto Bovinos-Leche. [Consultado el 10 de septiembre de 2008]. <http://www.amsda.com.mx/>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2008. Reglas de operación. Consultado el 23 de septiembre <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Sere, C. 1986. Socioeconomía de la producción bovina de doble propósito. En: L. Arango, A. Charry y R. Vera (editores). p 13-28 .*Memorias del seminario sobre ganadería de doble propósito.* Bogotá, septiembre 1986.
- Stephen J. 1994. Manual de campo sobre desarrollo forestal comunitario. Cap. V. Capacitación para el seguimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. Roma 1994. Consultado el 23 de octubre del 2008. <http://www.fao.org/docrep/u1310s/u1310s08.htm#TopOfPage>

- Vázquez AR, Aguilar VA, Aizouru GE, Chávez GR, 2006. "Administración Estratégica Aplicada a Ranchos Ganaderos Extensivos en Base a Programas". Revista Mexicana de Agronegocios. Año X, Vol. 18, Enero-junio, p19.
- Vera, R.R., García, O., Botero, R., y Ullrich, C. 1994. Producción de leche y reproducción en sistemas de doble propósito. Algunas implicaciones para el enfoque experimental. Pasturas Tropicales, 18: 25-30.
- Yañez, L., J. Aranguren M., Y. Villasmil O., N. Rojas., Z. Chirinos y J. Ordoñez. 2006. Modelo bioeconómico de simulación para orientar la definición del objetivo de selección en el sistema doble propósito. Revista Científica de Ciencias Veterinarias. Universidad de Zulia. Venezuela. Vol. 16. No. 4. p 381-392.

PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA



Heriberto Román Ponce¹
Alfredo González Sotelo²
Tomás Arturo González Orozco³
Eduardo José Cabrera Torres⁴

¹Floresta sur No. 200, Fracc. Floresta, Veracruz, Ver. Hroman_ponce@yahoo.com.mx

²Campo Experimental Tecomán. CIR Pacífico Centro-INIFAP.

³Campo Experimental Bajío. CIR Centro-INIFAP.

⁴Campo Experimental Chetumal. CIR Sureste-INIFAP.

PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se observan marcados contrastes en el desarrollo económico y social, dentro y entre países. Un factor determinante que explica en parte esas grandes diferencias es el uso de innovaciones tecnológicas y su adopción (Alter y Bridger, 2003; Brewer, 2003; Ekboir *et al.*, 2003; Leeuwis y Van den Ban., 2004). En México, en el sector agropecuario en particular, estos contrastes son muy marcados. Por un lado, existe un pequeño grupo de empresas integradas vertical y horizontalmente que utilizan tecnología de punta, su productividad es alta y su rentabilidad y competitividad son buenas (Aguilar *et al.*, 2005). En contraste, existe una mayoría de medianos y pequeños productores desorganizados, que utilizan tecnología tradicional, con altos costos de producción, y como consecuencia, baja productividad, competitividad y rentabilidad en sus unidades de producción (UP). Esta situación es común en productores de leche en los sistemas de lechería familiar en el altiplano y de doble propósito en el trópico.

Para incrementar el uso de innovaciones tecnológicas y los índices de adopción de tecnología, se requiere la utilización de estrategias de transferencia de tecnología integrales, en las que participen activamente los productores. En este capítulo se presenta la estrategia de transferencia de tecnología con grupos de pequeños y medianos productores en sistemas de producción de leche con bovinos de doble propósito (Aguilar *et al.*, 2000; Pulido, 2001; Vilaboa-Arróniz, 2009; Ortiz-Ortiz, 2002).

El objetivo del proceso de transferencia de tecnología es que los productores de leche adopten las tecnologías que han sido desarrolladas en los centros de investigación en las áreas de forrajes, alimentación, reproducción, genética, salud animal, crianza de becerras, calidad de la leche y administración, con el propósito de aumentar la eficiencia, la rentabilidad, la sustentabilidad y la competitividad de las UP.

Las estrategias de transferencia de tecnología, al igual que las tecnologías mismas, son consideradas como insumos que pueden ser generadas por las instituciones de investigación, las empresas privadas y los productores exitosos (Velázquez, 2002; Rodríguez-Chessani *et al.*, 1991; Espinosa *et al.*, 2000; Galindo, 2001, 2007). En este caso cuando se generó el modelo GGAVATT (Grupo de Ganaderos para la Validación y Transferencia de Tecnología) por el INIFAP, se propuso como clientes a prestadores de servicios profesionales, productores, dependencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales en un esquema de transferencia de tecnología. La formación, operación, seguimiento y evaluación son los subprocesos pilares del modelo GGAVATT.

EL MODELO GGAVATT

El modelo GGAVATT fue desarrollado para facilitar el proceso de validación y transferencia de tecnología pecuaria con el propósito de incrementar la producción, productividad, competitividad, sustentabilidad y rentabilidad de las UP, que tiene como fin último mejorar la calidad de vida de los productores y de sus familias (Román-Ponce *et al.*, 2001; Rodríguez-Chessani *et al.*, 1995; Aguilar *et al.*, 2002).

Los objetivos específicos del modelo son los siguientes:

1. Inducir la organización de los productores en grupos con objetivos comunes.
2. Inducir, mediante difusión de innovaciones tecnológicas y capacitación, cambios de actitud, de comportamiento y de aptitud en los productores, que favorezcan la adopción de tecnología.
3. Fomentar la conservación y el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.
4. Fortalecer la integración de las cadenas de valor pecuario.
5. Retroalimentar a las instituciones de investigación y docencia con demandas de nuevas tecnologías.

Antecedentes

En el desarrollo y la evolución del modelo GGAVATT se consideran cuatro etapas:

La primera (1970 a 1982), que se denomina “**Poniendo los cimientos**”, inicia con el desarrollo tecnológico del rancho Bella Esperanza (**RBE**), el cual contaba con un sistema tradicional de producción bovina de doble propósito, y donde el productor confió totalmente en los investigadores. Los resultados demostraron que la adopción y la aplicación de tecnología ordenadas, mejoraron por un lado el manejo y la genética de los animales, y por el otro la producción de forraje en los potreros, lo cual impactó positivamente en la productividad del rancho.

En la segunda etapa (1983 a 1989), se integró el “**Modelo GGAVATT**”. Los avances tecnológicos observados en el RBE despertaron curiosidad e inquietudes en los productores vecinos, quienes demandaron la formación de un programa que les permitiera mejorar sus UP, induciendo a la integración del Programa Ganadero Tepetzintla (**PROGATEP**), con 28 productores. Los ganaderos aceptaron inventariar el rancho, identificar individualmente a los animales, establecer tarjetas de registro del comportamiento productivo y reproductivo, llevar registros de ingresos y egresos, y asistir a una reunión mensual de trabajo.

Se acordó que el programa debería ser continuo, con adopción de tecnología para propiciar cambios paulatinos, de acuerdo a las posibilidades económicas, operativas y a las decisiones de los productores. Se enfatizó la necesidad de registrar los indicadores productivos, para posibilitar las evaluaciones anuales, por lo cual fue necesario incorporar el componente de asistencia técnica al proceso, quedando como responsable un Médico Veterinario Zootecnista, adscrito al Distrito de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con sede en Tuxpan, Ver. El INIFAP se responsabilizó de las innovaciones tecnológicas. Por parte de los ganaderos, se nombró a un coordinador que fungió como enlace con las autoridades municipales, estatales y federales, así como con la Unión Ganadera Regional Norte de Veracruz. De esta manera, se interaccionan y coordinan productores, agentes de cambio e investigadores.

Los resultados del PROGATEP fueron muy alentadores; el calendario de actividades incluía 14 prácticas tecnológicas, cuya adopción por los productores aumentó de 22.1% a 56.4% del primero al segundo año de trabajo. A partir de entonces, la adopción de tecnología impactó positivamente los indicadores productivos y económicos de las UP.

El PROGATEP se transformó después en el GGAVATT Tepetzintla. Simultáneamente, se trabajó con otros grupos de productores localizados en la zona centro del estado de

Veracruz; los más destacados fueron Jamapa, Joachín y Tres Valles, también denominados programas ganaderos, que posteriormente se transformaron en GGAVATT. Las experiencias obtenidas con estos grupos de productores tuvieron la misma tendencia positiva que las del PROGATEP, fundamentando la metodología de trabajo en el modelo GGAVATT.

El nombre de GGAVATT surgió en noviembre de 1989, cuando creció la demanda para trabajar con grupos similares a los antes mencionados en diferentes regiones del estado de Veracruz. Se necesitaba un nombre genérico que reflejara claramente el tipo de trabajo en estos grupos, con la participación activa de los productores, agentes de cambio e investigadores.

La tercera etapa (1990-1996), ya con el nombre de GGAVATT, es la “**Validación del Modelo**” en los estados de Veracruz y Tabasco, destacando la participación activa de instituciones de investigación y académicas, de desarrollo y fomento, gremiales y organizaciones de productores relacionadas con el subsector pecuario, de donde surgió en el estado de Veracruz el Programa Único de Grupos de Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (**PROGGAVATT**), con el objetivo de tecnificar la ganadería mediante el uso del modelo GGAVATT.

Los 11 GGAVATT que originalmente atendía el INIFAP en Veracruz en 1990, con la participación interinstitucional, se incrementaron a 37 en 1991, a 67 en 1992 y a 79 en 1993. Los grupos se relacionaban con los sistemas de producción de bovinos de doble propósito, bovinos de leche, ovinos, caprinos, cerdos y aves. Se observó que 34% de los productores adoptaron las tecnologías recomendadas en el calendario de actividades durante el primer año; en el siguiente año, la adoptaron 66.6% y para el tercer año 69.7%. Entre 1990 y 1995, se iniciaron los encuentros estatales de los GGAVATT en el puerto de Veracruz, donde se intercambiaron experiencias y se establecieron compromisos, para continuar trabajando en forma organizada. A su vez, en el estado de Tabasco, se validó el modelo con dos grupos de productores en el municipio de Huimanguillo, con resultados muy similares a los obtenidos en el estado de Veracruz.

La cuarta etapa (1997-2007), se conoce como la “**Extensión Nacional del Modelo GGAVATT**”. El INIFAP implementó una estrategia nacional que permitió extender el modelo, basado en la capacitación y el soporte tecnológico; lo más importante fue la elaboración de manuales, para preparar a profesionales, responsables de capacitar con la metodología GGAVATT en todo el país, y la estructuración del Programa Nacional de Validación y Transferencia de Tecnología (PRONAVATT). Este programa fue fundamental para los agentes de cambio y productores de los GGAVATT en los diferentes estados del país, así como para la evaluación y el seguimiento de las actividades de estos grupos, y en la promoción y organización de los encuentros estatales y nacionales de transferencia de tecnología.

En esta etapa se constituyeron más de 1,500 GGAVATT, relacionados con los principales sistema-producto pecuarios del país (bovinos leche, bovinos doble propósito, bovinos carne, caprinos, ovinos, cerdos, aves y abejas) e inclusive el modelo se utilizó en algunos sistema-producto agrícolas (limón, mango y café). Se observó una adopción de tecnología del 60 al 70% (manejo reproductivo, sanitario, genético, alimenticio y socioeconómico), con impacto positivo en la rentabilidad y productividad en las UP.

Fundamentos

Con el fin de lograr sus objetivos, el modelo GGAVATT se sustenta en su estructura y operatividad, las cuales garantizan el cumplimiento de la promoción, el diagnóstico estático, la asamblea constitutiva, y el seguimiento de las actividades individuales y de grupo. Los fundamentos que identifican al modelo GGAVATT, son los siguientes:

La autonomía. Entendida como la capacidad del grupo de productores, para decidir su forma de organización interna, acciones, objetivos y metas, considerando sus intereses y recursos, los cuales les permiten un nivel aceptable de independencia, para responder y controlar los cambios endógenos y exógenos, sin perder identidad ni sus valores.

La flexibilidad. Producto de la versatilidad con la que operan los productores, el agente de cambio y las instituciones participantes. El GGAVATT ha mostrado un amplio ámbito y rango de adaptabilidad, de acuerdo al entorno ecológico y condiciones técnicas, sociales, económicas y culturales de los productores.

La sustentabilidad. Entendida como un proceso mediante el cual la humanidad busca la igualdad de su bienestar social y económico, manteniendo sus niveles de producción y calidad de vida a través del tiempo, conservando los recursos naturales heredables a las generaciones futuras.

El enfoque holístico. En las actividades del grupo, se considera la planeación y el manejo integral de los recursos, para la sustentabilidad del sistema productivo.

La capacitación continua. Esto es propiciar la interacción y el intercambio dinámico de información y experiencias entre productores, agentes de cambio e investigadores y/o académicos, para fortalecer las capacidades técnicas del grupo, y alcanzar los objetivos y metas establecidas. La finalidad es aprender haciendo.

Innovación permanente. Se espera un cambio de actitud que conlleve a la aceptación continua de nuevos conocimientos que permitan utilizar, adaptar y/o adoptar productos o procesos con mayor impacto económico y acordes al contexto que demandan las cadenas productivas.

La cooperación. Consiste en el trabajo en común, realizado en primera instancia entre los productores y los componentes del modelo GGAVATT, para lograr un objetivo compartido.

Ámbito

Por sus componentes, objetivos y funciones, el modelo GGAVATT comprende acciones e interacciones del proceso de investigación-transferencia-adopción de tecnología, como puede observarse en la Figura 41. El modelo se enfoca primordialmente hacia la validación y transferencia de tecnología (TT), propicia importantes interacciones entre esta última y la investigación, entre la TT y la adopción de tecnología y una zona de confluencia entre la investigación, transferencia y adopción de tecnología.

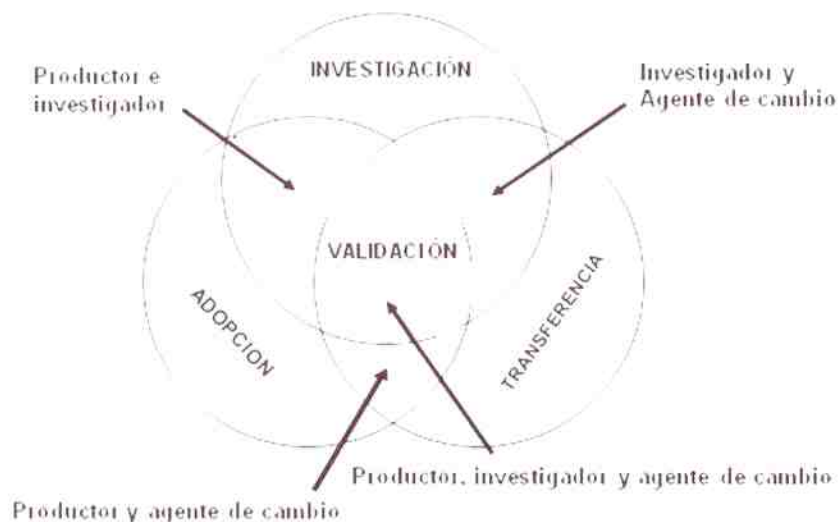


Figura 41. Ámbito del modelo GGAVATT.

En realidad, el proceso de generación-adopción de tecnología es continuo, sin límites bien definidos entre sus componentes (investigación, validación y transferencia). Es un proceso dinámico, tanto en forma horizontal como vertical, que requiere de la participación activa y organizada de todos los actores de las cadenas de valor pecuarias. En este escenario, la mayoría de los ganaderos integrantes del eslabón primario, tendrán que evolucionar, para interactuar con mejor éxito con los demás actores en los procesos de transformación y comercialización de las cadenas de valor.

Ámbito del modelo GGAVATT. Actualmente, con la globalización económica, las prioridades las establecen los consumidores o usuarios, pues las cadenas agroalimentarias empiezan con la demanda de los consumidores. El gran reto para todos los participantes en los diferentes eslabones de estas cadenas, es cómo obtener lo que les corresponde justamente, en relación al trabajo, tiempo, riesgo e inversión. Este reto es más cuesta arriba y de mayor grado de dificultad para los productores primarios, es decir, para la mayoría de los pequeños y medianos productores.

Estructura

La estructura básica de un GGAVATT es dinámica, con flujo permanente de ideas e innovaciones, comunicación continua entre las UP, el agente de cambio y su entorno e interacción permanente con los centros de investigación y/o fuente de información tecnológicas (Figura 42). La funcionalidad del GGAVATT se logra en la medida en que cada uno de sus componentes se comprometa a desempeñar su rol correspondiente.



Figura 42. Estructura del GGAVATT.

Las UP están representadas por cada uno de los óvalos alrededor del módulo de validación, las flechas de ida y vuelta entre las UP y el módulo de validación significan una interacción dinámica y recíproca entre ellas. Las flechas hacia el exterior de cada uno de los óvalos de las UP significan la comunicación y probable resonancia, con los productores situados en el área de influencia del GGAVATT, que también pueden beneficiarse con el uso de una nueva tecnología. Las flechas laterales de ida y vuelta entre los óvalos significan la interacción entre los productores, cuya integración como grupo facilita compartir experiencias y tecnologías utilizadas con éxito en sus UP.

El módulo de validación se constituye en la unidad de producción que reúne mejores características para la introducción de nuevas tecnologías, las cuales requieren observarse bajo las condiciones ambientales y socioeconómicas del GGAVATT. Cualquiera de las unidades de producción puede convertirse en módulo o módulos de validación, según las tecnologías que se decida validar. Es necesario difundir y adoptar las experiencias obtenidas en beneficio de todos los integrantes del GGAVATT y productores interesados.

En la estructura del modelo, el agente de cambio es un intermediario entre las instituciones de investigación o docencia, el módulo de validación y el GGAVATT en general. Para usar una nueva tecnología, se requiere la interacción permanente entre el agente de cambio y el módulo de validación. Este proceso evalúa la tecnología generada, bajo condiciones controladas de la experimentación, en las condiciones socioeconómicas del productor. Las

flechas en doble sentido (Figura 42) ilustran La interacción entre el agente de cambio y el productor de la UP, en donde se establece el módulo de validación. La relación entre los centros de investigación o docencia con el agente de cambio, representada con flechas de doble sentido, es la necesidad de una retroalimentación permanente entre los generadores y/o las fuentes de nueva de tecnología, los agentes de cambio y los usuarios de estas tecnologías. Si la tecnología no cumple las expectativas esperadas del proceso de validación, deberá rechazarse; por el contrario, si resulta exitosa, los demás productores del grupo recomendarán su adopción.

Componentes

El GGAVATT se integra por tres componentes:

Componente ganadero. Es el más importante; lo integran de 10 a 20 productores que se organizan y trabajan como grupo, quienes eligen democráticamente un comité directivo, formado por un presidente, secretario y tesorero, responsable de las funciones siguientes:

Presidente

- ✓ Representar al grupo ante instancias oficiales y privadas.
- ✓ Presidir las juntas mensuales y evaluaciones anuales.
- ✓ Gestionar apoyos institucionales o privados.
- ✓ Vincular al grupo con el sistema-producto, organizaciones ganaderas, organizaciones no gubernamentales, representantes de laboratorios y financieras.
- ✓ Gestionar las actividades técnicas con el asesor y con las instituciones.
- ✓ Gestionar compras consolidadas y comercialización de los productos generados.

Secretario

- ✓ Registrar la asistencia en cada junta.
- ✓ Leer la orden del día y la minuta anterior.
- ✓ Elaborar oficios o documentos, relacionados con la operación del grupo.
- ✓ Archivar la documentación del grupo.
- ✓ Programar y definir las fechas y lugares de cada junta mensual.
- ✓ Redactar la minuta de cada junta y dar seguimiento de acuerdos.

Tesorero

- ✓ Recibir las cuotas de los socios, acordadas en la asamblea.
- ✓ Gestionar el pago de asistencia técnica y capacitación.
- ✓ Presentar mensualmente el informe de ingresos, egresos y saldo existente en caja.
- ✓ Cuidar y orientar los intereses financieros del grupo.

Las funciones de todos los productores integrantes del GGAVATT son:

- ✓ Asistir a las juntas mensuales de trabajo.
- ✓ Aplicar las prácticas tecnológicas necesarias y/o optativas comprometidas en el calendario de actividades.

- ✓ Aportar las cuotas para apoyar actividades de capacitación y asistencia técnica, gestoría, demostraciones prácticas, reuniones de trabajo, compra de equipo y las que el grupo decida.
- ✓ Proporcionar información verídica para la elaboración del diagnóstico estático.
- ✓ Establecer registros productivos y económicos.
- ✓ Asistir a eventos de capacitación, demostraciones y giras de intercambio.

Componente técnico. Lo constituye el agente de cambio, profesionista con perfil pecuario y vocación para la transferencia de tecnología de instituciones oficiales, empresas privadas o en ejercicio libre de su profesión. El salario del agente de cambio lo deben pagar los productores o buscar alternativas para financiarlo.

Componente institucional. Instituciones de investigación, docencia, desarrollo, fomento, crediticias o de capacitación, ligadas al subsector pecuario, con interés en participar, apoyando a los GGAVATT.

Formación

Con la formación del GGAVATT, se inician las actividades dinámicas en relación al modelo. En el Cuadro 133, se describen los métodos utilizados, las guías y/o herramientas y los resultados para cada actividad.

CUADRO 133. RELACIÓN DE ACTIVIDADES DINÁMICAS DEL MODELO GGAVATT.

ACTIVIDAD	MÉTODO	GUÍA	RESULTADOS
Formación	Secuencia ordenada de los pasos de la constitución de un grupo.	Manuales y trípticos del modelo GGAVATT.	Formalización de la integración del grupo.
Operación	Descripción de las actividades de los componentes del modelo	Manuales y trípticos del modelo GGAVATT.	Cumplimiento de objetivos y logro de metas.
Seguimiento	Visitas técnicas, reuniones grupales y supervisión periódica de información técnica y económica.	Formatos de registros productivos, reproductivos y económicos. Cuadro de cumplimiento de actividades.	Parámetros técnicos y económicos y porcentajes de adopción de tecnología.
Evaluación	Comparación entre la situación técnica inicial y su avance. Análisis de indicadores técnicos, sociales, ecológicos y económicos.	Formatos de registros técnicos, sociales, ecológicos y económicos. Programas especiales de cómputo.	Conocer el avance entre la situación inicial y actual, en forma individual o grupal de las unidades de producción que forman el GGAVATT.

La formación del GGAVATT comprende una serie de actividades previas, con ello se pretende acordar responsabilidades de los componentes del modelo, a través de un compromiso de trabajo asentado en el acta constitutiva. Las actividades para la formación de un GGAVATT son: la promoción, el diagnóstico estático y la asamblea constitutiva.

Promoción

Para que los productores se interesen y decidan formar un GGAVATT, es fundamental brindarles la suficiente información sobre el modelo: cómo opera y cuáles son los beneficios que proporciona. Con este propósito, el agente de cambio debe diseñar estrategias de comunicación y difusión en su ámbito local.

Se sugieren las siguientes actividades:

1. Plática sobre la metodología del modelo a:
 - ✓ Uniones ganaderas regionales.
 - ✓ Asociaciones ganaderas locales.
 - ✓ Asociaciones gremiales.
 - ✓ Consejos estatales del sistema-producto.
 - ✓ Otras organizaciones de productores.
2. Reuniones con empresas y/o organizaciones privadas que soliciten conocer el modelo.
3. Visitas de productores interesados a GGAVATT exitosos.

El agente de cambio considerará los siguientes aspectos de los productores interesados en integrarse como GGAVATT; es importante que:

- Realicen actividades de producción pecuaria similares.
- Cuenten con unidades de producción geográficamente cercanas una de otra.
- Muestren más interés por la capacitación y asistencia técnica, y no por los apoyos gubernamentales.

Diagnóstico estático. Para elaborar el plan de trabajo del futuro GGAVATT, es indispensable diagnosticar previamente la situación social, económica, ecológica y productiva de los productores y sus UP. Con la información obtenida, se identificarán los problemas que afectan la productividad y sustentabilidad de las UP, y será la base para establecer el programa de trabajo y el calendario de actividades participativas entre los productores y el agente de cambio.

El diagnóstico se realiza a través de una entrevista, mediante un cuestionario que aplica el agente de cambio directamente al productor en su UP. El lugar de la entrevista es importante, debe generar confianza en el productor, lo cual contribuye a obtener información más objetiva, para evaluar los avances periódicos en la operación del GGAVATT. En el Anexo 1, se presenta un ejemplo de cuestionario, cuya información deberá capturarse en hojas tabulares de programas de cómputo, con el fin de facilitar su análisis.

Asamblea constitutiva. La asamblea constitutiva establece el evento protocolario de la formalización del GGAVATT; en ella se ratifica el nombre del mismo, el comité directivo, el agente de cambio y el componente institucional. Se presentan los resultados del diagnóstico estático y el programa de trabajo en forma calendarizada, el cual incluye las prácticas necesarias para el seguimiento y la evaluación, así como las actividades optativas que los productores decidan realizar.

La asamblea constitutiva debe prepararse con anticipación, ya que es la primera prueba de organización de los ganaderos interesados en trabajar en grupo. Antes de la asamblea, se envía una invitación oportuna, con el programa de actividades y tiempos. La asamblea debe realizarse preferentemente en la UP de un socio del GGAVATT (Anexo 2, ejemplo de un programa invitación para la asamblea constitutiva). El lugar seleccionado para este propósito debe acondicionarse previamente.

Se recomienda el siguiente procedimiento para la asamblea constitutiva.

- Selección del lugar adecuado.
- Asistencia puntual de los integrantes del GGAVATT.
- Presidium o mesa de honor con letreros alusivos al evento.
- Registro de asistentes, equipo de sonido y audiovisual (de ser posible), rotafolio y una comisión de socios para recibir invitados.
- Maestro de ceremonias con experiencia, quien presentará al presidium y a los productores e invitados.
- Bienvenida a los asistentes y explicación de los objetivos de la reunión, por el productor anfitrión.
- Resultados del diagnóstico estático y plan de trabajo del agente de cambio.
- Firma del acta con los ganaderos que formarán el GGAVATT.
- Ratificación del comité directivo y toma de protesta a los integrantes del GGAVATT y del agente de cambio.
- Clausura del evento.

Operación

Se refiere a las responsabilidades y actividades que realizan los productores, el agente de cambio y el componente institucional, para la buena operación del GGAVATT.

Actividades de los productores. Las actividades de los productores en el GGAVATT son de carácter individual o de grupo.

Actividades individuales. Son aquellas acciones que cada productor se compromete a realizar en su UP. Se consideran las siguientes:

Calendario técnico.

Diagnóstico dinámico.

Registros productivos y reproductivos.

Registros y evaluación económica.

Validación de tecnología.

Calendario técnico. Es un conjunto de actividades técnicas, programadas para los diferentes meses del año, en cumplimiento de los objetivos del grupo; se diseña con base en el resultado del diagnóstico estático, en forma conjunta entre el agente de cambio y los productores. Se incluyen todas las actividades importantes para el buen desarrollo de las UP, y las necesarias para el

seguimiento y la evaluación anual del grupo. Además de las actividades optativas que los productores decidan realizar, a continuación se describen las que aplican para el sistema de producción de ganado lechero.

Tecnologías necesarias

- Identificación numérica de los animales.
- Descorne de becerras.
- Uso de registros (tarjeta individual por animal) productivos, reproductivos, de peso y producción láctea.
- Vacunaciones.
- Registros económicos.
- Desparasitación interna y externa.
- Suplementación mineral.
- Diagnóstico de brucelosis.
- Diagnóstico de tuberculosis.
- Diagnóstico de mastitis.
- Diagnóstico de gestación.

Tecnologías optativas

- Inseminación artificial.
- Amamantamiento restringido.
- Crianza artificial.
- Manejo de potreros y praderas.
- Lotificación por etapa productiva.
- Suplementación energética.
- Evaluación de sementales.
- Aplicación de vitaminas.
- Forrajes de corte.
- Henificación.
- Ensilaje.
- Fertilización.
- Transformación de productos lácteos.

En el Anexo 3, se presenta un ejemplo de calendario de actividades para ganado bovino de doble propósito.

Diagnóstico dinámico. Es el seguimiento y la evaluación de los registros técnicos, productivos, sociales, económicos y ecológicos, realizados por el productor, con el apoyo del asesor técnico. Para registrar y analizar los indicadores productivos y económicos, pueden usarse programas computacionales en los procesos de mejoramiento genético, administración de empresas lecheras y manejo reproductivo.

Registros productivos y reproductivos. Es indispensable que el ganadero registre los eventos técnicos de su unidad de producción, para evaluar el

efecto del uso de tecnología en la unidad de producción. Existen varias herramientas para registrarlos. Las más utilizadas son las siguientes:

- Libreta ganadera.
- Tarjeta de registro individual.
- Formatos para el registro de actividades específicas.
- Hojas de cálculo de programas de cómputo.
- Programas específicos para manejo de hatos.

Libreta ganadera. Es una forma de control simple, dividida en apartados donde el productor diariamente registra eventos productivos y reproductivos, actividades sanitarias, muertes, ventas y compras.

Tarjeta de registro individual. Es otra forma de control mediante una tarjeta por animal que el productor debe llenar, la cual permitirá evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de cada animal o de toda la población de la UP y del GGAVATT.

Formato para actividades específicas. Son formatos en hojas individuales, para facilitar las anotaciones de actividades diarias específicas de salud animal, alimentación, reproducción, producción y administración.

Registros económicos. Para la ganadería de doble propósito y lechería familiar, existe una metodología que permite una evaluación económica: se describe paso a paso la forma de capturar información sobre el capital, las ventas y los costos de producción, con lo cual se estiman los indicadores de inversión, ingresos, costo de producción de litro de leche y kilogramo de carne (consultar capítulo de administración de empresas lecheras), el margen de ganancia, las rentabilidades y el punto de equilibrio de los productos leche y carne.

Validación de tecnología. Las nuevas tecnologías deberán utilizarse primero en el módulo de validación del GGAVATT, en donde deben demostrar su superioridad productiva y económica bajo las condiciones del productor, antes de difundirse a los demás productores del grupo y a otros usuarios interesados. La validación estará bajo la responsabilidad técnica de una institución de investigación o docencia; el productor deberá estar consciente que la validación está sujeta a los controles del método científico de una investigación. La decisión de validar nuevas tecnologías dependerá de los problemas tecnológicos identificados en las UP del GGAVATT, y se consensará dentro del grupo, en interacción con el agente de cambio.

Actividades de grupo. El avance tecnológico del GGAVATT dependerá, en gran parte, de la participación comprometida de los productores, la disposición al trabajo, la habilidad técnica y la capacidad de liderazgo que manifieste el agente de cambio responsable de la asistencia técnica y capacitación. En este proceso, es muy importante el apoyo de las instituciones, particularmente en el soporte técnico y la capacitación. Las actividades más importantes de grupo son:

- ✓ Capacitación.

- ✓ Gestoría.
- ✓ Difusión.

Capacitación. La capacitación de los productores y agentes de cambio debe ser continua, con las siguientes actividades:

- ✓ Pláticas sobre técnicas específicas.
- ✓ Demostraciones prácticas sobre una tecnología en particular.
- ✓ Talleres teórico-prácticos.
- ✓ Cursos específicos.
- ✓ Visitas a campos experimentales y centros de investigación o docencia.
- ✓ Visitas a ranchos tecnológicamente sobresalientes y de GGAVATT avanzados.
- ✓ Diplomado en transferencia de tecnología.
- ✓ Asistencia a simposios y congresos.

Gestoría. Son las actividades que deben realizar los productores para buscar apoyos técnicos, económicos y comerciales en beneficio del grupo. Entre otros temas, incluye la vinculación, la coordinación con instituciones de investigación, académicas, financieras y operativas a diferentes niveles de gobierno; además, con las organizaciones pecuarias, como las asociaciones, uniones ganaderas y empresas privadas relacionadas con el sector.

Difusión. Los resultados exitosos del trabajo en grupo, deberán difundirse en el área del entorno del GGAVATT: en las reuniones mensuales de trabajo, las evaluaciones anuales, los encuentros estatales y el encuentro nacional. Adicionalmente, se difundirán en las reuniones de trabajo de las asociaciones ganaderas locales y de las uniones regionales ganaderas, eventos técnicos y científicos y los medios masivos de comunicación. Esta actividad es responsabilidad de todos los integrantes del grupo, pero principalmente de los directivos y del agente de cambio.

Actividades del agente de cambio

Se responsabiliza de las siguientes funciones:

- ✓ Inducir al productor a usar y aplicar las tecnologías recomendadas y acordadas.
- ✓ Preparar y coordinar las juntas mensuales y la evaluación anual.
- ✓ Auxiliar a los productores en el acopio, análisis e interpretación de la información.
- ✓ Visitar periódicamente a las UP.

Coordinar el apoyo de las actividades que no pueda realizar, por ejemplo, diagnóstico de gestación, formulación de raciones, etc.

Detectar los problemas que limitan la productividad y el uso de tecnología.

Servir de enlace con las instituciones de investigación, enseñanza, fomento y las empresas privadas.

Capacitarse y capacitar a los productores en el uso de nuevas tecnologías.

Actividades del componente institucional

Sus funciones son:

Coordinar y supervisar el cumplimiento de los objetivos y metas a través del agente de cambio.

Capacitar al agente de cambio en la operación del GGAVATT.

Supervisar las tecnologías a validar y transferir en el GGAVATT.

Generar, proponer y atender la demanda de nuevas tecnologías e innovaciones que solucionen la problemática detectada por el agente de cambio en el GGAVATT.

Seguimiento

Se refiere al proceso continuo de supervisión, revisión y documentación de las actividades de los productores y el agente de cambio, con la finalidad de asegurar que se cumplan los objetivos, considerando los recursos previstos para su ejecución.

El seguimiento del GGAVATT induce a la toma de decisiones sobre las actividades que se desarrollan, señalando a los productores y agentes de cambio los problemas y desviaciones de los objetivos y de los resultados esperados. Las principales actividades en el seguimiento del GGAVATT son: la junta mensual, las visitas técnicas y la evaluación anual.

La junta mensual. En ésta participan los productores, el agente de cambio e institución responsable del GGAVATT. Su objetivo es dar seguimiento a las actividades calendarizadas del programa de trabajo, analizar el avance alcanzado con respecto a las metas propuestas, las actividades programadas para el siguiente mes de trabajo y revisar el itinerario de visitas del agente de cambio a las unidades de producción.

La reunión debe enriquecerse con acciones de interés para el grupo que favorezcan el buen funcionamiento del GGAVATT, incluyen pláticas de diferentes profesionistas, de las organizaciones ganaderas, así como de dependencias gubernamentales y privadas.

La asistencia de los integrantes del GGAVATT a la junta mensual es de carácter obligatorio; se realiza en diferente UP y es la oportunidad para intercambiar experiencias. Con la debida anticipación, se invitará a las autoridades que se requieran en la reunión, así como a expertos a impartir pláticas y/o hacer demostraciones en los diferentes temas de interés para el grupo.

El productor anfitrión es el responsable de definir el área física en donde se realizará la junta mensual, aunque lo más recomendable es en áreas de trabajo de la UP; por ejemplo, en la galera de ordeño, en el corral de manejo o en un potrero. La junta se inicia cuando la mayoría de los productores están presentes, con una orden del día que consta de los siguientes puntos:

- ✓ Registro de asistencia.
- ✓ Lectura y aprobación en su caso de la orden del día.
- ✓ Bienvenida y presentación de actividades de la UP por el ganadero anfitrión.
- ✓ Lectura y aprobación en su caso de la minuta de la reunión anterior y seguimiento de acuerdos.

- ✓ Presentación de actividades mensuales del agente de cambio, con resultados productivos, reproductivos, económicos, sociales y ambientales más relevantes.
- ✓ Calendarización de actividades del próximo mes.
- ✓ Demostración o plática técnica del mes, con la participación de casas comerciales e instituciones invitadas.
- ✓ Informe de tesorería.
- ✓ Programación de la próxima reunión.
- ✓ Asuntos generales.
- ✓

La visita técnica. La visita es una de las responsabilidades más importantes del agente de cambio con los productores; el objeto es capacitarlos y proporcionarles asistencia técnica directa en sus UP, además de realizar el seguimiento y la supervisión de la información técnica y económica que se genera en cada UP, de acuerdo con el programa de trabajo (Anexo 4).

Se recomienda que el agente de cambio y cada productor establezcan una fecha y hora fija para la visita, ya que es muy importante asegurar la presencia del productor. También es relevante que el agente de cambio cuente con una estrategia adecuada para documentar sus actividades durante la visita, con el fin de seguir y cumplir el programa de trabajo.

Evaluación anual. Es una reunión de trabajo para analizar los resultados de las actividades anuales, los cuales se comparan con las metas planeadas al inicio. También se adecúan los calendarios de actividades y se toman decisiones de reorientación, con base en la información presentada. Esta evaluación pública del GGAVATT permite difundir en la región las tecnologías de impacto y propiciar la creación de nuevos grupos ganaderos.

El evento se realiza en la UP, perteneciente al GGAVATT; se planea con tiempo, para definir el programa, las instituciones y personas a invitar, y se distribuyen tareas en relación al evento, entre todos los integrantes del grupo de trabajo. El agente de cambio deberá acopiar y analizar la información técnica productiva y económica generada por los productores y la institución responsable, para presentarla a los asistentes durante la reunión de evaluación, para analizarla y evaluarla, y emitir sugerencias para un mejor funcionamiento del grupo.

El programa de la evaluación anual deberá considerar los puntos siguientes:

- ✓ Registro de asistencia.
- ✓ Bienvenida y presentación del presidium.
- ✓ Presentación de los integrantes del GGAVATT.
- ✓ Antecedentes del GGAVATT.
- ✓ Descripción fisiográfica de la ubicación del GGAVATT.
- ✓ Grado de utilización de tecnología.
- ✓ Indicadores técnicos y económicos.
- ✓ Resultados de trabajos de validación.
- ✓ Participación de los productores del GGAVATT.
- ✓ Conclusiones.

Ejercicio 1. Simulacro de la junta mensual. Objetivo: identificar los pasos para realizar la junta mensual.

Instrucciones para el participante:

- Nombrar un conductor y un relator.
- Leer los documentos (juego de roles), que le proporcione el instructor.
- Asignar el nombre del GGAVATT.
- Designar los protagonistas del evento: autoridades, asesor, directivos del GGAVATT, productor anfitrión, otros invitados.
- Presentar en 40 minutos la simulación organizada, desempeñando espontáneamente cada quien el rol que el grupo le asignó.
- Participar con comentarios sobre los puntos importantes observados para la dramatización, de acuerdo a su experiencia.
- Presentar la información de retorno (Anexo 5).

Evaluación

Son los aspectos que deben abordarse en el GGAVATT para medir el cumplimiento de los objetivos. Dado que en otros apartados del manual se abordarán los temas relacionados con impacto técnico y económico en el uso de tecnología, en esta sección se evaluará el proceso de transferencia de tecnología.

Se parte del concepto de que la evaluación es el proceso de enjuiciar el mérito, valor o significado de algo, que puede ser un proyecto, un programa, un objeto o una acción. Para el caso del GGAVATT, se compara la situación inicial definida en el diagnóstico estático de los productores, con los avances obtenidos en cuando menos un año de operación. La comparación de los indicadores productivos y económicos entre estos dos puntos de referencia, permite observar si se cumplieron los objetivos y metas planteadas en el programa de trabajo. El propósito de una evaluación es proporcionar criterios para la toma de decisiones, en relación al funcionamiento y desarrollo de las UP. Los principales criterios a considerar en la evaluación son:

El grado de adopción de tecnología. La adopción de tecnología es un índice que se obtiene al contrastar las tecnologías de los productores al iniciar el GGAVATT y las que ellos mismos utilizan después de un periodo determinado, de acuerdo con el programa de trabajo. En el Cuadro 134, se ejemplifica un GGAVATT de lechería familiar en el estado de Guanajuato, en donde los productores aumentaron la adopción de tecnología del 15.7% al 73.6% en un periodo de tres años (González y Espinosa, 2004). En varios estados del país existen testimonios de adopción de tecnología por productores asociados al modelo GGAVATT (INIFAP, 2005; Contreras *et al.*, 2007; Aguilar *et al.*, 2007).

Estimación de la respuesta productiva a la adopción de tecnología. La adopción de nuevas tecnologías efectivas, debe reflejarse en mayor productividad y rentabilidad en las UP (OECD, 1997). Las experiencias con el modelo GGAVATT en varios estados del país han demostrado una correlación directa y positiva entre el grado de adopción de tecnología y los principales indicadores productivos y económicos (González *et al.*, 2001; González *et al.*, 2004; Vidal, 2001). Como ejemplo, en la Figura 43 se presenta la relación de la producción total de leche por rancho, con los niveles de adopción de tecnología por los productores

propietarios de esas UP. Se concluye que a mayor utilización de tecnologías, se obtiene mayor productividad.

CUADRO 134. ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DEL GGAVATT DOBLADENSE DE LECHERÍA FAMILIAR.

ACTIVIDAD O PRÁCTICA	VALOR PORCENTUAL	
	INICIO	AÑO 3
Identificación numérica	27	100
Registros técnicos	27	82
Registros económicos	0	54
Pesaje de leche	9	100
Prueba California	0	82
Buenas prácticas de ordeño	0	64
Desparasitación	27	82
Vacunación	36	91
Diagnóstico de gestación	0	91
Diagnóstico de brucelosis	36	45
Inseminación artificial	27	91
Suplementación mineral	0	64
Suplementación con concentrados	73	100
Balanceo de raciones	0	82
Conservación de forrajes (ensilado)	18	64
Conservación de forrajes (henificado)	18	100
Crianza de becerras	0	45
Siembra de cultivos de alternativa	0	54
Elaboración de composta	0	9
Porcentaje general	16	74

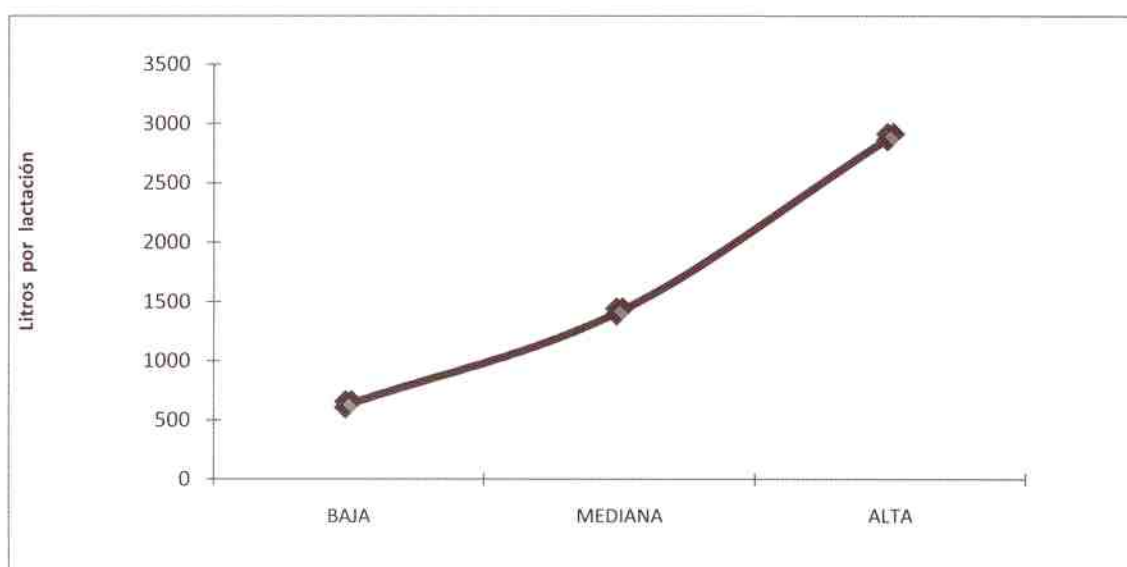


Figura 43. Efecto del nivel bajo, mediano y alto del uso de tecnología sobre la producción de leche.

Apropiación de nuevos conocimientos producto de la capacitación. Está en función del número de eventos de capacitación en un periodo determinado y el número de participantes por evento, cuantificando el número de tecnologías incorporadas en relación con los eventos previos de capacitación.

Para verificarlo se contrasta el programa de capacitación por GGAVATT y las listas de asistencia de los eventos donde participaron los integrantes de éste o el agente de cambio, complementado con la relación de nuevas tecnologías que estén utilizando los productores de este grupo.

De lo anterior se derivan dos indicadores: el primero es el porcentaje de productores capacitados, que resulta al dividir el número de productores asistentes a los eventos de capacitación entre el número total de productores integrantes del grupo. El otro se refiere al porcentaje de productores que se apropian de la tecnología, y se obtiene dividiendo el número de productores que adoptan la tecnología entre el número de productores que se capacitaron en ella.

Un ejemplo práctico es la capacitación sobre inseminación artificial, en donde participaron 12 de los 20 productores del GGAVATT Joaquín; por lo tanto, el 60% de los productores se capacitó en esa tecnología; de ellos, seis la utilizan, es decir, el 50% de los productores capacitados se apropiaron de la nueva tecnología.

Satisfacción del cliente. Es una evaluación del desempeño del agente de cambio, realizado por los productores integrantes del GGAVATT, previa presentación de los avances y resultados alcanzados durante el período de trabajo en grupo. Refleja el grado de participación de los productores, para alcanzar las metas planteadas en el programa inicial de trabajo. Entre las variables de verificación se pueden considerar las siguientes:

- ✓ Cumplimiento del programa de visitas técnicas establecidas.
- ✓ Realización de las actividades programadas en sus visitas.
- ✓ Cumplimiento del programa de capacitación establecido para el grupo.
- ✓ Presentación de informe de avances.
- ✓ Coordinación en la realización de las prácticas técnicas convenidas.
- ✓ Cumplimiento en el acopio, análisis y utilización de la información.
- ✓ Capacitación en el uso de nuevas tecnologías.
- ✓ Incremento en los indicadores productivos y económicos de las UP.

Ejercicio 2. Evaluación de un GGAVATT. Objetivo: identificar los indicadores productivos, socioeconómicos y ambientales para evaluar un GGAVATT.

Se elabora la documentación de soporte, para constatar los avances de un GGAVATT durante un periodo determinado. Se presentan los resultados de la evaluación del GGAVATT y se firma el acta de satisfacción del cliente.

Instrucciones para el participante:

- ✓ Formar dos grupos de trabajo y designar dos evaluadores.
- ✓ Nombrar un conductor y un relator por grupo.

- ✓ Elaborar los documentos de soporte (diagnóstico estático, registros productivos y económicos, programa de trabajo, calendario de actividades, informes mensuales de avances, etc.). Tiempo estimado: 60 minutos.
- ✓ Presentar resultados de la evaluación del GGAVATT por grupo. Tiempo estimado: 10 minutos por grupo.
- ✓ Firmar el acta de satisfacción del cliente (todos los participantes).
- ✓ Presentar la información de retorno.

Anexo 1. Diagnóstico socioeconómico y técnico productivo de la ganadería bovina de leche

Cédula de entrevista para caracterizar al productor

La presente entrevista permitirá conocer la situación actual de su unidad de producción; la información que proporcione será estrictamente confidencial y utilizada con fines estadísticos, por ningún motivo se mencionarán, ni usarán los datos individuales.

Agradecemos de antemano su disponibilidad para la buena realización de esta entrevista.

Encuestador	Firma	Fecha

I. Sociocultural

Marque con una "X" en el espacio adecuado o complete la respuesta para cada opción.

I.1 Identificación

Nombre del ganadero			
Teléfono	Dirección particular		
Nombre del rancho			
Figura jurídica	Persona física ()	Sociedad ()	Cooperativa ()
	Ejido ()	Propiedad privada ()	Otro:
Nombre del GGAVATT			
Nombre del asesor			
Ubicación del rancho	Localidad:	Municipio:	Estado:
Superficie total:	Orografía media:	Altitud media:	
¿Tiene catastral? plano	Se anexa copia Si () No ()		Elaborar croquis al final

I.2. Características del productor y sus trabajadores

1. Edad (años)		2. ¿Sabe leer y escribir?	Sí ()	No ()
3. ¿Grado escolar?	Ninguno ()	Primaria ()	Secundaria ()	Técnico ()
Preparatoria ()	Universidad ()	Otro	Cursó hasta:	

4. ¿Cuáles son sus tres fuentes y medios principales de acceso a la información agropecuaria?	Técnico independiente	()	Programa de radio	()
	Agencia gubernamental	()	Programa de televisión	()
	Casas comerciales que venden los insumos	()	Internet	()
	Tradición familiar	()	Ganadero de confianza	()
5. ¿Cuánto tiempo trabaja físicamente en el rancho?	Información de la asociación	()	Intuición	()
	Tiempo completo	()	Entre dos y cuatro días por semana	()
	Varias horas al día	()	Varias visitas al mes	()
6. ¿Cada cuándo lee?	Por temporada	()	Esporádicamente	()
	Diario	()	Dos veces /semana	()
7. ¿Qué lee?	Tres veces/semana	()	Cada quince días	()
	Periódico	()	Libros	()
8. ¿Qué programa agropecuario ve o escucha?	Historietas y cuentos	()	Publicación técnica sobre ganadería	()
	Radio	()	Otras:	
9. ¿Pertenece a alguna asociación?	Ganadera		¿Cuál?	
	Agrícola		¿Cuál?	
	Otra		¿Cuál?	

I.3. Vivienda

10. ¿Su vivienda principal está en el?	Rancho	()	Rancho y pueblo	()	Rancho y ciudad	()
11. ¿Cómo está constituida su vivienda?	Dormitorios	()	Comedor	()		
	Cocina	()	Sala	()		
	Baños	()	Otros			
12. ¿Cuál es el número de ocupantes en la vivienda?						
13. ¿Cuál es el material de construcción?	Madera	()				
	Adobe y teja	()				
	Tabique y concreto	()				
14. ¿De qué servicios dispone su vivienda?	Agua (lluvia, pozos, arroyo)	()	Drenaje	()		
	Agua potable	()	Teléfono	()		
	Luz eléctrica	()	Otros	()		
15. ¿De qué mobiliario dispone en su vivienda?	Radio	()	TV	()		
	Juego de sala	()	Comedor	()		
	Camas	()	Estufa	()		
	Licuadora	()	Refrigerador	()		
	Otros					

I.4. Alimentación

16. ¿Cuántas veces a la semana consume usted y su familia los siguientes alimentos?

	Leche	Carne	Verduras	Frutas	Huevos	Pescado	Arroz	Frijoles	Chile	Tortillas	Pan
Días											

I.5. Salud

17.	¿Dispone usted de servicio médico?	Sí () No ()	¿De qué tipo? Privado () Público () ¿Cuál?
18.	¿Con qué frecuencia acude a atención médica? Cuando me enfermo () Periódicamente ()		
19.	¿Cuánto destina mensualmente de sus ingresos en atención a la salud de usted y su familia?		

I.6. Educación

20.	¿Qué grados cursan en la escuela los integrantes de su familia?	Parentesco	Grado
		1. _____	_____
		2. _____	_____
		3. _____	_____
		4. _____	_____
		5. _____	_____
		6. _____	_____
21.	¿A qué tipo de escuela acuden?	Privada ()	Pública ()
22.	¿Cuánto gasta mensualmente en educación formal de la familia?		

I.7. Trabajo, recreación, relaciones y participación

23.	¿Cómo califica sus condiciones de trabajo: respecto a horarios, ambiente, rutina?	Buenas ()	Regulares ()	Malas ()
24.	¿Dedica tiempo a la recreación de usted y su familia?	Sí () No ()	¿Qué tipo?	Con qué frecuencia
25.	¿Cómo es su relación con su familia, parientes y amistades? Buena () Regular () Mala ()			
26.	¿Participa en actividades del grupo y la comunidad?	Sí () No ()	¿Cuáles?	Con qué frecuencia
27.	¿Participa en las decisiones del grupo y su comunidad?	Sí () No ()	¿Tipo?	Con qué frecuencia

II. Socioeconómico

28.	¿Cuántas personas dependen económicamente de usted?	Menores de edad	Mayores de edad			
29.	La organización del trabajo en la finca se forma por:	Propietario ()	Administrador ()	Ordeñador ()	Familiar directo ()	Otro ()

30. Empleos fijos							
Nombre	Sexo	Edad	Antigüedad	Remuneración en especie	Labor	Parentesco	Sueldo

31.	¿Contrata mano de obra eventual? Sí () No ()	Costo por jornal \$		
Cuántos por época:				
32.	¿En qué época y para qué? Seca () Lluvia ()			
	Para manejo de la vegetación	Para manejo del hato	Para comercialización	Otros, mencionar

33. ¿Tiene otras alternativas económicas en su rancho?

Alternativa económica	Actual	Potencial	Argumente
Apicultura	Sí () No ()	Sí () No ()	
Fruticultura	Sí () No ()	Sí () No ()	
Uso de fauna silvestre	Sí () No ()	Sí () No ()	
Turismo rural	Sí () No ()	Sí () No ()	
Otros usos			

34.	¿Realiza otra actividad económica fuera del rancho?	Ninguna ()	Ejercicio de la profesión ()
		Comercio ()	Oficios ()
35.	¿Qué porcentaje de su ingreso representa la actividad ganadera? () ¿Y la actividad agrícola? ()		
36.	¿Qué finalidad tiene su ganadería?	Doble propósito ()	Carne (engorda) ()
		Pie de cría ()	Lechería ()
		Otro mencionar ()	()
37.	¿Qué cantidad de la producción es de autoconsumo?	Leche	
		Carne	
		Queso	

38. ¿A quién vende la leche?	Precio/L	Litros/día	Litros/año	Total \$
Lechero				
Quesero				
Industria de la transformación: ¿Cuál?				
Consumidor directo:				

Otro			
39. ¿A quién vende la carne?	Precio/kg	Kilos/año	Total \$
Intermediario:			
Frigorífico:			
Carnicero:			
Otro			

40. ¿Cuántos animales vendió el año pasado?	Cantidad	Precio/kilo	Total
Vacas vientre			
Novillonas			
Toretas			
Becerras			
Otros			

41. ¿Qué inversiones ha hecho en su rancho durante los últimos tres años?	Monto invertido (pesos)			
	Recursos propios	Créditos	Apoyos de gobierno	Otros, mencionar
Establecimiento de praderas				
Compra de equipo				
Compra de maquinaria				
Construcciones				
Adquisición de pie de cría				
Cercos eléctricos				
Otro: ¿Cuál?				

42. Insumos utilizados en su rancho:	Unidad	Cantidad mensual	Precio por unidad	Gasto total \$
Alimento balanceado				
Sales minerales				
Desparasitantes				
Vacunas				
Otras medicinas				
Mantenimiento de praderas				
Mantenimiento de instalaciones				
Inseminación artificial				
Otro: ¿Cuál?				

III. Socioecológico

Piensa usted que la ganadería influye en:		No Influye	Si tiene importancia	Es muy importante	No lo sé
43.	La erosión del suelo				
44.	La contaminación del agua				
45.	La pérdida de especies nativas				
46.	La contaminación de desechos orgánicos				
47.	La contaminación por agroquímicos				

48.	Problemas para la salud humana				
49.	El cambio del paisaje				
50.	¿Cuál fauna silvestre ha disminuido la ganadería?	1	2	3	
		4	5	6	

Se han llamado Servicios ambientales a algunas prestaciones que proporcionan los ecosistemas como la captación y purificación de agua, prevención de la erosión de los suelos, conservación del clima, la captura de carbono, etc.

51.	¿Había escuchado qué son los servicios ambientales?	Sí ()	No ()
52.	¿Cuál de estos recursos naturales limita más su actividad productiva? Enumere del 1 al 5	Agua limpia y suficiente ()	La calidad del ganado ()
		Suelos fértiles y productivos ()	La pradera natural ()
		Cultivos propios ()	Otro ()
53.	¿Cuál recurso de su finca le gustaría cuidar mejor, enumere del 1 al 5?	El agua ()	La calidad del ganado ()
		El suelo ()	La pradera natural ()
		Cultivos propios ()	Otro ()

IV. Producción vegetal

Tierras

Agrosistemas (indique cómo tiene distribuida la tierra).

54.	Vegetación natural	Ha	Plantaciones arbóreas (uso comercial)	Ha	Cultivos	Ha	Otros usos	Ha

55.	¿Cuál es su tipo de tenencia de la tierra?	Particular ()	Ejidal ()	Comunal ()	Rentada ()
-----	--	----------------	------------	-------------	-------------

56.	¿Cuántas hectáreas de cultivo tiene con riego? () ¿Cuál?
-----	---

57.	¿Cuántas hectáreas fertiliza?	Con abono orgánico ()		Con abono químico ()		
	¿En cuáles meses fertiliza?	Con abono orgánico ()		Con abono químico ()		
58.	¿Cuál tipo de fertilizante usa?	Orgánico	1	2	3	4
		Químico	1	2	3	4
59.	¿Mediante cuál sistema prepara el terreno?	Tracción animal ()		Mecanizado ()		
		Manual ()				
60.	De los árboles presentes en su rancho ¿Cuáles son más útiles?	1	2	3		
		4	5	6		
61.	¿Cuáles plantas (árboles, arbustos, hierbas) deja en su potrero?	1	2	3		
		4	5	6		

62.	¿Cuáles árboles usa como cerco vivo?	1	2	3
		4	5	6
63.	¿Cuáles árboles deja a orilla de ríos o arroyos?	1	2	3
		4	5	6
64.	¿Cuáles son los pastos nativos más abundantes?	1	2	3
		4	5	6
65.	¿Cuáles pastos nativos prefiere el ganado?	1	2	3
		4	5	6
66.	¿Cuáles prácticas realiza para el mantenimiento de la vegetación?	1	2	3
		4	5	6

67.	¿Cuáles plantas ha introducido en su rancho?	Especie	¿Por qué?		
		1-			
		2-			
		3.			
		4.			
		5.			

68.	¿Cuál es la maleza más frecuente?	1	2	3
		4	5	6

69.	¿Cómo controla la maleza?	Manual ()	Mecánico ()	Químico ()
-----	---------------------------	------------	--------------	-------------

70.	¿Qué herbicidas aplica?	
-----	-------------------------	--

71.	¿Cuánto/ha?	
-----	-------------	--

72.	¿Cuántos chapeos realiza al año y en qué época?	
-----	---	--

73.	¿Cuáles son las principales plagas en los cultivos?	1	2	3
		4	5	6

74.	¿Cómo las controla?	
-----	---------------------	--

75.	¿Cómo conserva su forraje?	Ensilado ()	Henificado ()	Otro: ()
-----	----------------------------	--------------	----------------	-----------

76.	¿En cuál mes le rentan tierra y cuánto paga por animal?												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PRECIO/ANIMAL
													\$

V. Manejo del rancho

77.	¿Cómo era la vegetación original?	Selva ()	Bosque ()
		Matorral ()	Acahual ()

Describe la vegetación alta, media y baja que recuerde (árboles, arbustos, hierbas):

78.	¿En qué año desmontó y cuál práctica utilizó?	Año de desmonte	Corta selectiva de ()	Quema ()
			madera	

Describe el proceso (señale los primeros cultivos):

79. ¿Qué tipo de pastos ha sembrado en los últimos 40 años?	Cultivados	Pasto	Ha.	Pasto	Ha.
		1. Grama nativa	()	9. MG4	()
		2. Estrella de África	()	10. Jaragua	()
		3. Pangola	()	11. Pará	()
		4. Insurgente	()	12. Llanero	()
		5. Alemán	()	13. Orchard	()
		6. Señal	()	14. Taiwán	()
		7. Kikuyo	()	15. King grass	()
		8 Guinea (Privilegio)	()	16. Avena	()
		Otros _____			
		Nativos	1 _____		
			2 _____		
			3 _____		
	4 _____				
80. ¿Qué cultivos están asociados al potrero?					

81. ¿Cómo está dividido su potrero, mencione su tamaño y años de establecido?

Número de divisiones	Tamaño (ha)	Días en pastoreo	Edad (años)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
	Total		

82. ¿De los siguientes recursos, cuáles caracterizan su rancho en orden de importancia del 1 al 6?	El agua	()	El alimento	()
	La vía de acceso	()	La facilidad para el manejo de animales	()
	La cercanía	()	La seguridad	()

VI. Producción animal

VI. 1. Genética

83. Composición del hato

Concepto	Cantidad	Razas
Sementales		
Vacas de ordeña		
Vacas horras o secas		
Novillonas (2 a 3 años)		
Novillonas (1 a 2 años)		
Novillos (2 a 3 años)		
Novillos (1 a 2 años)		
Becerras (0 a 1)		

102.	¿Cuántos litros produce cada vaca/día?	
103.	¿Días en ordeño?	
104.	¿Qué método de pastoreo usa con su ganado?	
	Pastoreo continuo	
	Pastoreo rotacional	
105.	En qué época del año suplementa a su ganado, con: (marque con una X)	
	Época	Silo
	Secas	
	Lluvias	
	Todo el año	

VI. 4 Sanidad

106.	¿Cuáles son las enfermedades más comunes?	() Mastitis	() Anaplasmosis
		() Neumonías	() Brucelosis
		() Derriengue	() Carbón sintomático (mal de paleta)
		() Piroplasmosis	
107.	¿Cuáles vacunas aplica?	¿Cada cuánto tiempo las aplica?	
	1. Clostridiasis (carbón sintomático y otros)	()	
	2. Septicemias	()	
	3. Derriengue	()	
	4. Brucelosis	()	
	5. Leptospirosis	()	
	6. Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR)	()	
	7. Diarrea viral bovina (DVB)	()	
108.	¿Tiene problemas de infestación por garrapatas	Sí ()	No ()
109.	¿Cómo controla las garrapatas?	Baño de aspersion ()	Baño de inmersión ()
		Pour on ()	Otro _____
110.	¿Ha detectado resistencia de la garrapata a los productos utilizados?	Sí ()	No ()
111.	¿Cuáles animales desparasita?	Chicos ()	Grandes ()
		Todo el hato ()	
112.	¿Cómo desparasita a los animales chicos?	Internamente ()	Externamente ()
		Ambos ()	
113.	¿Cómo desparasita a los animales grandes?	Internamente ()	Externamente ()
		Ambos ()	
114.	¿Cómo detecta la mastitis?	Prueba de paño negro ()	Prueba de California ()
		No detecta ()	Ambas ()
115.	¿Consulta al veterinario?	Sí ()	No ()
	¿Si lo consulta, en qué casos?		
116.	¿Cuántos animales se le murieron el año pasado?	Adultos ()	Becerras ()
117.	¿Se han presentado abortos en su hato?	Sí ()	No ()
		¿Cuántos?	

118.	¿Desinfecta el ombligo del becerro?	Sí ()	No ()	
119.	¿Cada cuánto tiempo envía muestras de sus animales al laboratorio?	Frecuentemente () De vez en cuando () Nunca ()		
120.	¿Qué tipo de muestra envía al laboratorio?	Sangre () Heces () Cerebro ()		
		Animal completo ()	Visceras ()	Ganglios ()
121.	¿Está inscrito en la campaña de brucela y tuberculosis?	Sí ()	No ()	

VI.5. Reproducción

122.	¿Qué tipo de empareamiento practica?	Continuo ()	Por época ()																																	
123.	¿Se detectan calores?	Sí ()	No ()																																	
124.	¿Hace evaluación productiva del semental?	Sí ()	No ()																																	
125.	¿Cuál método reproductivo utiliza?	Inseminación artificial ()	Monta natural ()	Ambas ()																																
126.	¿En cuál mes del año hay más partos?	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>											E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																									
127.	¿Programa los partos del hato?	Sí ()	No ()																																	
128.	¿Se practica diagnóstico de gestación?	Sí ()	No ()																																	
129.	¿Separa a las vacas antes del parto?	Sí ()	No ()																																	
130.	¿Cuántas vacas paren al año?																																			
	¿En promedio, cada cuántos meses paren sus vacas?																																			

VI. 6. Instalaciones y equipo

131. ¿Qué instalaciones tiene en su rancho?

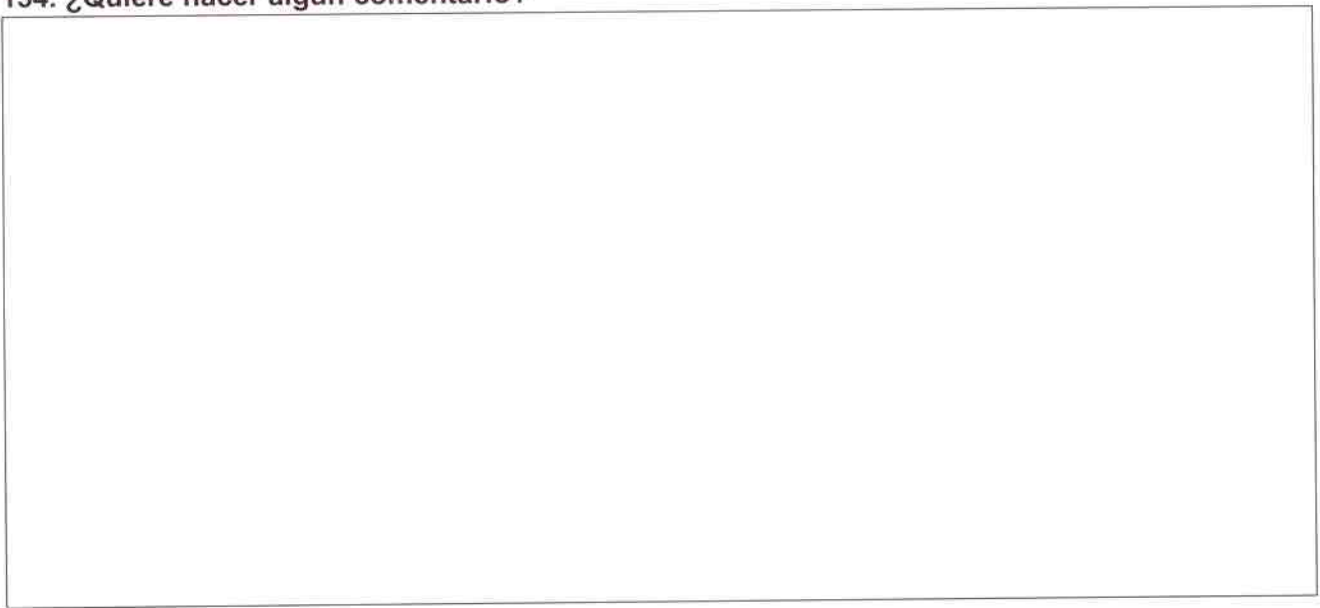
() Corral de manejo	() Baño garrapaticida
() Manga para palpar	() Cerco eléctrico
() Galera de ordeño	() Comederos
() Corral de ordeña	() Bebederos
() Becerreras	() Pozo
() Silos	

132.	¿Fuente de abastecimiento de agua?	Ríos ()	Arroyos ()	Presas ()
		Pozo ()	Bordos ()	La transporta ()

133. ¿Con qué equipo cuenta?

() Báscula para pesar ganado	() Ordeñadora
() Tractor	() Picadora
() Arado	() Molino de martillo
() Rastra	() Bomba de mochila
() Bomba de agua	() Termo de IA
() Camioneta	() Báscula para pesar leche

134. ¿Quiere hacer algún comentario?



Anexo 2. Guía de invitación y programa para la asamblea constitutiva.

LOGOTIPOS INSTITUCIONALES

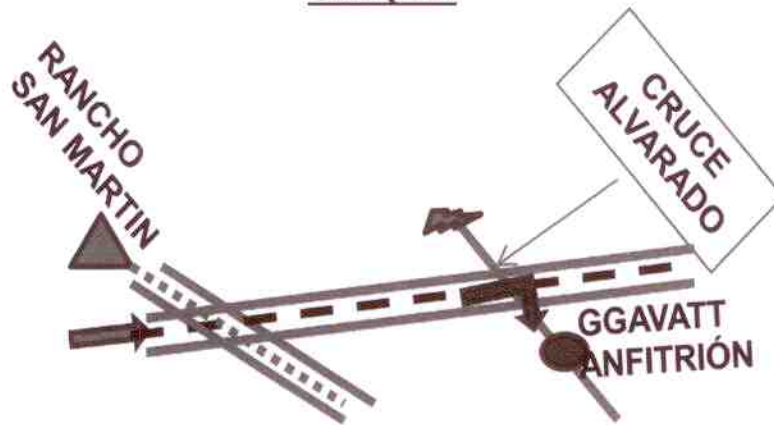
INVITACIÓN

Motivo: _____ Grupo: _____
Lugar: _____
Fecha: _____ Hora de inicio: _____
Nombre del PSP: _____

PROGRAMA DE TRABAJO

Actividad	Tiempo estimado (Minutos)	Responsable
Registro de asistencia	15	PSPP
Bienvenida	5	Anfitrión
Objetivo de la reunión	10	PSPP
El Modelo GGAVATT	20	INIFAP
Diagnóstico estático	15	PSPP
Programa de trabajo	15	PSPP
Toma de protesta	10	Autoridades
Firma del acta	10	Socios GGAVATT
Conclusiones	5	Presidente
Clausura	5	Autoridades

CROQUIS



ORGANIZADORES:

INFORMES:

Nombre: _____
Dirección: _____
Teléfono o celular: _____
Correo electrónico: _____

Anexo 3. Ejemplo de calendario de actividades en bovinos.

ACTIVIDADES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Actividades productivas												
Pesaje de leche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pesaje de animales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Registros económicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alimentación												
Suplementación mineral	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suplementación con concentrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suplementación con subproductos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suplementación con forraje de corte	X	X	X	X	X							X
Actividades reproductivas												
Diagnóstico de gestación				X							X	
Inseminación artificial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monta controlada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ACTIVIDADES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campaña de brucela y tuberculosis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vacunación de adultos												
Mal de paleta y edema maligno		X			X			X			X	
Derriengue	X						X					
Vacunación de jóvenes												
Mal de paleta y edema maligno		X			X			X			X	
Enfermedades respiratorias					X					X		
Brucelosis	X				X				X			
Derriengue	X						X					
Desparasitación de adultos												
Gastrointestinales y pulmonares				X						X		
Fasciola	X				X				X			
Garrapata	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moscas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desparasitación jóvenes												
Gastrointestinales y pulmonares	X			X			X			X		
Garrapata	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moscas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fasciola	X				X				X			

Anexo 4. Visitas técnicas

Fecha de visita _____

Nombre del productor atendido _____

Ubicación de la Unidad de producción _____

Área de atención	Marcar con una "X"	Área de atención	Marcar con una "X"
Genética y reproducción		Economía y administración	
Forrajes y alimentación		Comercialización	
Manejo sanitario		Capacitación	
Crianza de beceras		Otras	

Actividad realizada:

Recomendación al productor:

Fecha de próxima visita _____

Observaciones:

Nombre y firma del agente de cambio	Firma de conformidad del productor

Anexo 5. Información de retorno del ejercicio de la junta mensual.

Pasos a seguir en la junta mensual.

PASOS	GRUPO 1	GRUPO 2
Registro de asistencia.		
Lectura y aprobación en su caso de la orden del día.		
Bienvenida y presentación de actividades de la UP por el ganadero anfitrión.		
Lectura y aprobación en su caso de la minuta de la reunión anterior y seguimiento de acuerdos.		
Presentación mensual de actividades del agente de cambio sobre resultados productivos, reproductivos, económicos, sociales y ambientales más relevantes.		
Calendarización de actividades a realizar el próximo mes.		
Demostración o plática técnica del mes, con la participación de casas comerciales e instituciones invitadas.		
Informe de tesorería.		
Programación de la próxima reunión		
Asuntos generales.		

LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. J., H. Santoyo V., L. Solleiro J., J. Baca del M. 2005. Transferencia e innovación tecnológica en la agricultura. Lecciones y propuestas. Universidad Autónoma de Chapingo. Talleres Gráficos Fundación Produce. Michoacán, México. 217 p.
- Aguilar, B. U., A. Contreras, H. Román-Ponce, L. Osorio M., A. Espinosa, L. Martínez J. y E. Trujillo. 2007. Evaluación de impacto de los sistemas de doble propósito y lechería tropical en el centro de Veracruz. [CD-ROM]. *In*: Sexto Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales. La encrucijada del México Rural: Contrastes Regionales en un Mundo Desigual. Puebla, Pue., México.
- Aguilar, B. U., M. A. Rodríguez-Chessani, H. Bueno D., J. M. Pérez S., A. Pérez P., M. L. Méndez O. y D. L. Vázquez C. 2000. Diagnostico socioeconómico y técnico-productivo de ganaderos organizados en sistemas bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. Memoria Técnica. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 55 p.
- Aguilar, B. U., R. Amaro G., H. Bueno D., J. Chagoya F., E. Koppel R., G. Ortiz O., J. M. Pérez S., M. A. Rodríguez CH., M. Romero F. y R. Vázquez G. 2002. Manual para la formación de capacitadores modelo GGAVATT. Publicación Especial No. 8. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México.

- Alter, T. R. and J. C. Bridger. 2003. International Extension. Paper presented at the global perspectives: internationalizing extension conference. East Lansing, MI, USA. 250p
- Berdugo, R. J., C. Franco C. y G. Góngora S. 2007. Estrategia organizacional para la transferencia de tecnología: el modelo GGAVATT. p. 245-260. *In*: Innovación, Tecnología y Desarrollo Rural con Pequeños Agricultores. Texcoco, Edo. Méx.
- Brewer, F. L. 2003. Overview of extensión systems throughout the world: public, nongovernment, private and parastatal extension systems. p. 4-21. *In*: Brewer, (ed.). Agricultural Extension Systems: An International Perspective. An Arbor, M: XanEdu Original Works. IOWA, USA.
- Contreras, A., Osorio M. A., Aguilar B. U., Román-Ponce H., Espinosa G. A., Martínez J. L. y Trujillo. E. 2007. Evaluación del impacto de los sistemas doble propósito y lechería tropical en el centro de Veracruz. Informe Técnico del Proyecto: Desarrollo de un Modelo para Evaluar un Impacto Productivo, Económico, Social y Ecológico de las Innovaciones Tecnológicas de Bovinos en el Sistema de Doble Propósito y Lechería Tropical. SAGARPA-CONACYT 2003-C01-153. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver., México.
- Ekboir, J., J. A. Espinosa G., J. J. Arellano E., G. Moctezuma L. y A. Tapia N. 2003. Análisis del sistema mexicano de investigación agropecuaria. Documento CIMMYT-BID. México. 34 p.
- Espinosa, G. J. A., J. A. Matus G., M. A. Martínez D., M. J. Santiago C., H. Román-Ponce y L. Buccio A. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34(5):651-661.
- Galindo, G. G. 2001. Uso de innovaciones en el grupo de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología Joachín, Veracruz, México. *TERRA Latinoamericana* 19(4):385-392.
- Galindo, S. 2007. Extension experiences around the world. p. 221-240. *In*: Seevers, B., D. Graham and N. Conklin (eds.). Education Through Cooperative Extension. University of Florida. Gainesville, USA.
- González, E. A., V. Cuevas R., A. Loaiza M., J. M. O. Romero F., J. E. Reyes J., T. Moreno G., R. Martínez P. y S. Wood. 2004. Impacto económico del proyecto Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT) en Sinaloa. *Publicación Técnica No. 7*. SAGARPA. INIFAP. CIRNO. Ciudad Obregón, Sonora, México. 58 p.
- González, O. I. A. y A. J. Espinosa G. 2004. Transferencia de tecnología pecuaria: GGAVATT Guanajuato. *Libro Técnico No. 1*. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. 210 p.
- González, S. A., L. A. González E. y A. Yáñez M. 2001. Impacto de los GGAVATT como método de transferencia de tecnología pecuaria en Colima. *Publicación Especial No. 1*. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecoman. Tecoman, Col., México. 42 p.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2005. Contribuciones del modelo GGAVATT al desarrollo de la ganadería. Testimonios. Publicación Especial No. 1. INIFAP. CENID-Microbiología. México, D.F., 185 p.
- Leeuwis, C. and A. Van den Ban. 2004. Communication for rural innovation: rethinking agricultural extension. 3rd. ed. Blackwell Publishing. Manhattan, Ks.,USA. 160 p.
- OECD (Organization for economic cooperation and development), 1997. National innovation systems. France.
- Ortiz-Ortiz, G. 2002. Producción de leche en las regiones altas de Veracruz. GGAVATT Acatlán Nueva Generación, IV Evaluación. Folleto Informativo No. 5. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Xalapa. Veracruz, México.
- Pulido, A. A. R. 2001. An evaluation of the impact of technology transfer programe on dual purpose cattle production systems in Veracruz, México. Thesis Doctor of Philosophy. University of London. Imperial College at Wye. 308 p.
- Rodríguez-Chessani, M. A., H. Román-Ponce, H. Troncoso A., C. Vázquez P. y R. Saldaña A. 1991. Evaluación del programa ganadero Tepetzintla como un modelo de validación y transferencia de tecnología pecuaria para ganado bovino de doble propósito en la Huasteca Veracruzana. *Veterinaria Mexico* 22(2): p 230-235.
- Rodríguez-Chessani, M. A., H. Román-Ponce, J. Pérez S., H. M. Bueno D. y U. Aguilar B. 1995. El modelo GGAVATT, estrategia de validación y transferencia de tecnología pecuaria. p. 226-232. *In: Octava Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Veracruz, Ver. México.
- Román-Ponce, H., H. Bueno D., U. Aguilar B., J. M. Pérez S., M. A. Rodríguez-Chessani y E. Koppel R. 2001. Manual del modelo GGAVATT. Folleto Técnico No. 27. INIFAP Produce. CIRGOC. Veracruz, México. 91p.
- Velázquez, H. J. 2002. Experimentación campesina en México: caminando sobre arenas movedizas. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. México.
- Vidal, R. C. J. 2001. Herramientas metodológicas para transferencia de tecnología pecuaria mediante la metodología GGAVATT. Publicación Especial No. 1. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental "El Verdineño". Santiago Ixcuintla. Nay. 24 p.
- Vilaboa-Arróniz, J., P. Diaz-Rivera, O. Ruíz-Rosado, D. Platas R., S. González M. y F. Juárez L. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistema con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:53-62.

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este libro fue posible gracias al convenio de colaboración entre la Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA y el INIFAP, para conjuntar acciones y recursos en el financiamiento y operación del Proyecto Nacional de Capacitación para la Competitividad de la Producción de Leche de Bovino en México.



CRÉDITOS EDITORIALES

COORDINADOR DE PRODUCCIÓN: Vicente E. Vega Murillo, Heriberto Román Ponce y Alfredo Patraca Fernández.

COORDINADOR DEL COMITÉ EDITORIAL: Valentín A. Esqueda Esquivel.

EDICIÓN: Eunice Pérez Luna

COMPILADORES: Heriberto Román Ponce, Luis Ortega Reyes, Laura Hernández Andrade, Efrén Díaz Aparicio, José Antonio Espinosa García, Gregorio Núñez Hernández, Héctor Raymundo Vera Ávila, Mario Medina Cruz y Felipe de Jesús Ruiz López.

FORMACIÓN: Claudia Perdomo Montes y Alfredo Patraca Fernández.

REVISIÓN TÉCNICA: Vicente E. Vega Murillo, Valentín A. Esqueda Esquivel, Martha E. Valdovinos Terán y Oscar Hugo Tosquy Valle.

La presente publicación se terminó de imprimir en octubre de 2009 en la Imprenta Litográfica Alfa y Omega, S.A. de C.V. Domicilio Av. G. Victoria 3341 entre J. Soto y C. Cruz 91700, Veracruz, Ver., México. Tel.: (229) 938 32 52 Fax: (229) 938 47 38

Su tiraje fue de 1000 ejemplares

Para mayores informes, acuda, escriba o llame al:
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

Av. Progreso Núm. 5
Barrio Santa Catarina, Del. Coyoacán
04010, México, D. F.
Tel.: (55) 38 71 87 00

Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Melchor Ocampo 234 Desp. 313-322
3^{er} piso. Zona Centro
C.P. 91700
Veracruz, Ver., México
Tels.: (229) 931 71 04 y 931 87 84
Fax: (229) 932 74 95

www.inifap.gob.mx

