

**SAGARPA**

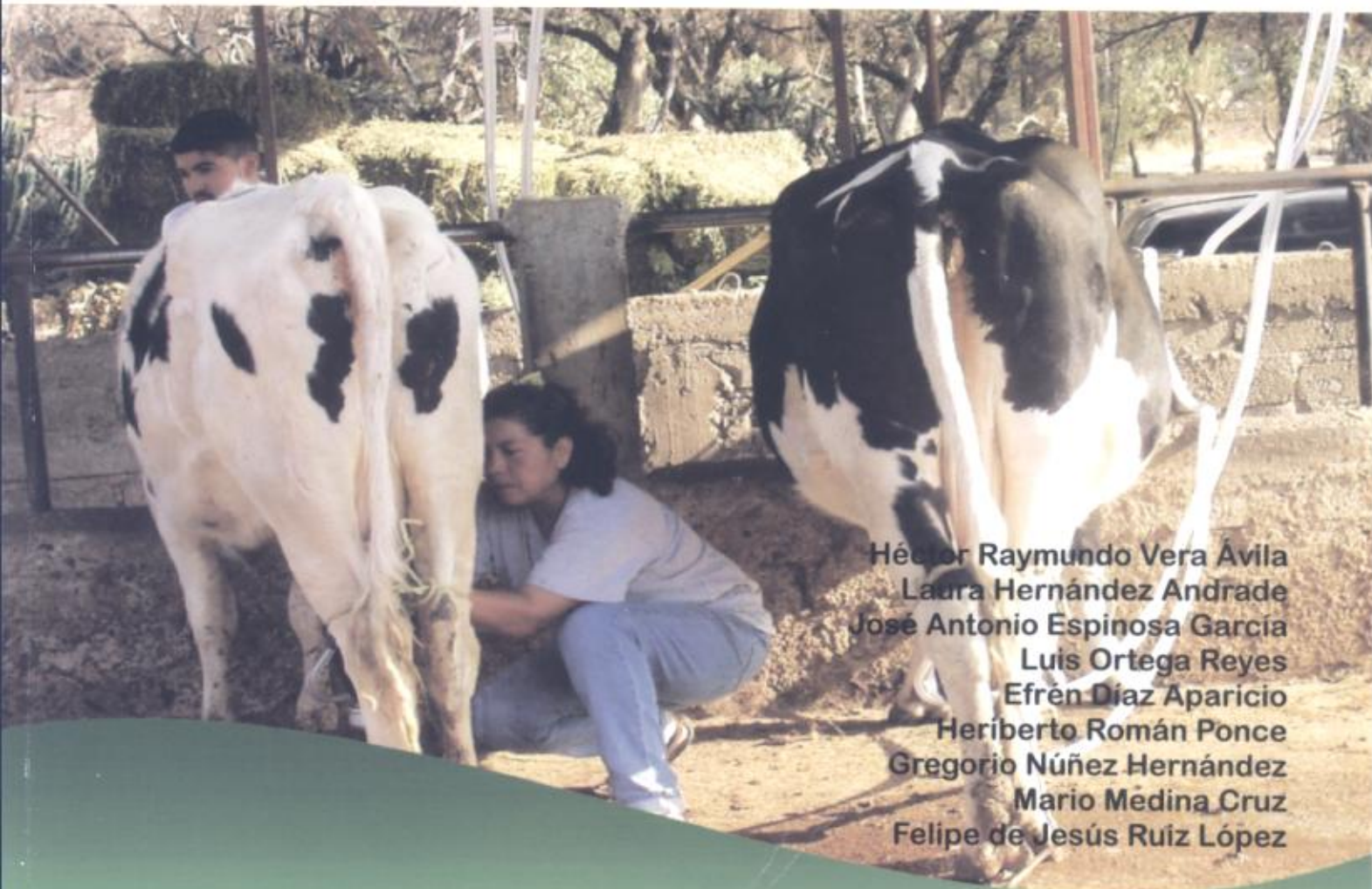


SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

# PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN EL SISTEMA FAMILIAR



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

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO**

Veracruz, Ver., Diciembre de 2009

Libro Técnico Núm. 24

I.S.B.N. 978-607-425-269-9

# PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN EL SISTEMA FAMILIAR

## Editores Técnicos:

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



**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL GOLFO CENTRO  
VERACRUZ  
MÉXICO  
DICIEMBRE 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. 978-607-425-269-9**  
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. 24      Diciembre 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](mailto:vega.vicente@inifap.gob.mx)

**La cita correcta de este Libro Técnico es:**

Vera A. H., Hernández A. L., Espinoza G. J., Ortega R. L., Díaz A. E., Román P. H., Núñez H. G., Medina C. M., y Ruiz L.F., (Eds). 2009. Producción de leche de bovino en el sistema familiar. INIFAP. CIRGOC. Libro Técnico Núm. 24. Veracruz, México. 384p.

## 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 DE BOVINO.....	6
PROCESO DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE FORRAJES.....	9
PROCESO DE ALIMENTACIÓN .....	10
PROCESO DE MANEJO REPRODUCTIVO .....	10
PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO .....	11
PROCESO DE SALUD ANIMAL .....	12
PROCESO DE CRIANZA DE BECERRAS .....	12
PROCESO DE ORDEÑO Y CALIDAD DE LA LECHE.....	13
PROCESO DE ADMINISTRACIÓN .....	13
PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.....	14
LITERATURA CITADA.....	15
 <i>CAPÍTULO 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJES</i> .....	21
INTRODUCCIÓN .....	21
ELECCIÓN DE LOS CULTIVOS FORRAJEROS.....	24
ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS FORRAJEROS .....	35
MANEJO AGRONÓMICO.....	43
COSECHA.....	55
CONSERVACIÓN DEL CULTIVO FORRAJERO .....	67
LITERATURA CITADA.....	73
 <i>CAPÍTULO 3. PROCESO DE ALIMENTACIÓN</i> .....	81
INTRODUCCIÓN .....	81
DISEÑO DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN .....	81
BALANCEO DE DIETAS .....	83
SUMINISTRO DE DIETAS .....	101
MONITOREO DE LA RESPUESTA ANIMAL .....	107
LITERATURA CITADA.....	111



<i>CAPÍTULO 4. PROCESO DE MANEJO REPRODUCTIVO</i> .....	117
INTRODUCCIÓN .....	117
SUPERVISIÓN DE ETAPAS Y CONTROL DE EVENTOS REPRODUCTIVOS .....	117
REGISTROS, ANÁLISIS Y USO ESTRATÉGICO DE INFORMACIÓN .....	136
LITERATURA CITADA.....	141
 <i>CAPÍTULO 5. PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO</i> .....	147
INTRODUCCIÓN .....	147
PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO .....	147
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO .....	173
LITERATURA CITADA.....	186
 <i>CAPÍTULO 6. PROCESO DE SALUD ANIMAL</i> .....	191
INTRODUCCIÓN .....	191
DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES.....	192
PREVENCIÓN Y CONTROL.....	209
LITERATURA CITADA.....	232
 <i>CAPÍTULO 7. PROCESO DE CRIANZA DE BECERRAS</i> .....	237
INTRODUCCIÓN .....	237
MANEJO PREPARTO Y DURANTE EL PARTO.....	237
MANEJO EN EL PRIMER DIA DE VIDA.....	239
MANEJO DURANTE LA LACTANCIA.....	252
MANEJO EN LA FASE DE CRECIMIENTO HASTA EL 6° MES DE VIDA.....	258
LITERATURA CITADA.....	260

<i>CAPÍTULO 8. PROCESO DE ORDEÑO Y CALIDAD DE LECHE</i> .....	265
INTRODUCCIÓN .....	265
PRE-ORDEÑO .....	266
ORDEÑO.....	275
POST-ORDEÑO.....	288
LITERATURA CITADA .....	310
 <i>CAPÍTULO 9. PROCESO DE ADMINISTRACION</i> .....	 317
INTRODUCCION .....	317
PLANEACIÓN.....	317
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO .....	328
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN .....	336
LITERATURA CITADA.....	345
 <i>CAPÍTULO 10. PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA</i> .....	 349
INTRODUCCIÓN .....	349
EL MODELO GGAVATT .....	349
FORMACIÓN DEL GGAVATT .....	356
OPERACIÓN DEL GGAVATT.....	358
SEGUIMIENTO DEL GGAVATT .....	362
EVALUACIÓN DEL GGAVATT .....	363
ANEXOS .....	368
LITERATURA CITADA.....	380



## PROLOGO

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 productos 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

## INTRODUCCIÓN

La definición de ¿qué es la leche?, se puede asociar a 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 de gran importancia, ya que en este período, el desarrollo de la cría es rápido y la leche no puede sustituirse por otro alimento. Algunas definiciones han agregado el concepto de 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 aporte de defensas inmunológicas a la cría.

Algunos autores señalan que la leche es un producto integro, 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 es variable de acuerdo a la especie que la produce. Si bien todas las especies mamíferas producen y secretan leche, es la leche 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 es muy similar y diferente 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, contiene un 6 % de nitrógeno que no es proteico. Las caseínas son fosfoproteínas que se encuentran en formas coloidales denominadas micelas. Sus funciones biológicas son transporte de calcio y fósforo, así como formar coágulos para facilitar la digestión.

Las lactoalbúminas y lactoglobulinas son proteínas presentes en el suero de la leche. Son proteínas más solubles en agua que las caseínas y complementan el valor biológico de las caseínas. 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. Esta compuesta de 97 a 98% de triglicéridos (ácidos grasos de cadena corta y larga con diferentes grados de saturación). Alrededor de 2/3 de los ácidos grasos son saturados, pero contiene los ácidos grasos insaturados esenciales linoléico 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 el principal carbohidrato de la leche. Es un componente único sintetizado solo por la glándula mamaria. La lactosa consiste de  $\beta$ -D-galactosa y D- glucosa y es el componente menos variable de la leche. La lactosa es el principal osmoregulador que determina el volumen de leche producido y representa la principal limitante de su síntesis 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 con un 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 solo 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 procesado 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 se tiene que importar alrededor del 20 % del consumo nacional aparente. Respecto a la producción de leche en México, está 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 explotaciones, el pastoreo principalmente de praderas de gramíneas tropicales introducidas con ganado de cruza de Cebú con Holstein o Pardo Suizo, para la producción de leche y becerros. Se tiene un uso limitado o nulo de suplementos, se práctica la monta directa y muy poco la inseminación artificial. La producción de leche es alrededor de 700 kg/vaca/año (Villa-Godoy y Arregín, 1993; De Dios, 2001; Rosete *et al.*, 1993; Villagómez, 2000; Román-Ponce, 1995).

El sistema de lechería familiar se localiza principalmente en regiones semiáridas y templadas. Entre sus características destaca que aprovechan 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 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 (Cuevas *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2007; Medina y Montalvo, 2004).

El sistema especializado se localiza principalmente 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 especializadas 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:



- Deterioro, baja productividad y calidad de los recursos forrajeros debido al manejo inadecuado del pastoreo, y a la baja fertilidad, compactación y erosión del suelo.
- Nutrición inadecuada del ganado debido a los esquemas de alimentación en uso y a la falta de información sobre los requerimientos nutricionales de los animales, así como de la composición de los alimentos en el trópico.
- Bajo potencial genético para producción de leche debido a cruzamientos no apropiados y falta de identificación de animales genéticamente superiores para utilizarse en programas de mejoramiento genético.
- Baja eficiencia reproductiva debido a periodos de anestro posparto prolongados y pubertad tardía, problemas vinculados de forma importante con estados nutricionales deficientes.
- Alta incidencia de enfermedades parasitarias e infecciosas, dentro de las cuales, la infestación por garrapatas y las enfermedades que estas transmiten (babesiosis y piroplasmosis) son de gran relevancia.

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.
- Carencia de programas de mejoramiento genético apropiado a las características del sistema.
- Baja eficiencia reproductiva debido a diversos factores no plenamente identificados en cuanto a su incidencia e importancia.
- Insuficiente cantidad y calidad de reemplazos debido a la mortalidad de becerras y una lenta tasa de crecimiento que repercute en la incapacidad de hacer selección.
- Problemas de salud asociados a la falta de programas sanitarios.
- Limitada aplicación de prácticas de higiene y como resultado problemas de inocuidad de los productos.

El sistema especializado a su vez tiene los siguientes problemas:

- Altos costos de producción debido al costo de los insumos y la necesidad de grandes inversiones en infraestructura y equipo.
- Altos costos de alimentación por el uso de granos y subproductos de importación.
- Problemas reproductivos que se asocian a altos niveles de producción, estrés calórico y enfermedades infecciosas.
- Problemas de salud de tipo infeccioso y metabólico.
- Abatimiento de acuíferos por la alta demanda de agua para la producción de forrajes y la ineficiencia en los sistemas de riego.
- Problemas potenciales de contaminación ambiental debido al alto consumo de nutrimentos y gran concentración de animales.

## PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO

La gestión de procesos es un enfoque para la administración de recursos y agregar valor. 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 (Brisson, 2008).

Los procesos de negocio dependen unos de los otros. Todos los procesos 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, y estos últimos se deben diseñar en base a las condiciones de satisfacción del cliente. Los requerimientos son la expresión de las especificaciones o expectativas del cliente que el producto o servicio debe satisfacer.

Los procesos son conjuntos de actividades multidisciplinarias, 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 a los insumos para transformarlos en productos o servicios que satisfacen los requerimientos de calidad de los clientes. Algunas definiciones en relación al enfoque de procesos son los 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 los 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 a otros procesos.

Los atributos de los procesos son:

**Eficacia del proceso:** Que es la capacidad para alcanzar los resultados.

**Eficiencia del proceso:** Que es el contraste de los resultados alcanzados con los recursos utilizados.

Un sistema de procesos considera la organización de procesos subordinados jerárquicamente. Estos procesos parten a partir 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 de estas relaciones. En este caso, el modelo considera un enfoque de empresa, con una visión de empresas líderes que ofertan leche de alta calidad nutricional, sana y que se produce en condiciones amigables con el ambiente para satisfacer las necesidades nutricionales y salud de los consumidores de leche de manera sustentable.

Entre los objetivos 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 (Nivel 0) considerado en la elaboración de este libro técnico.

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

Los principales clientes internos son la crianza de animales de reemplazo, 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.

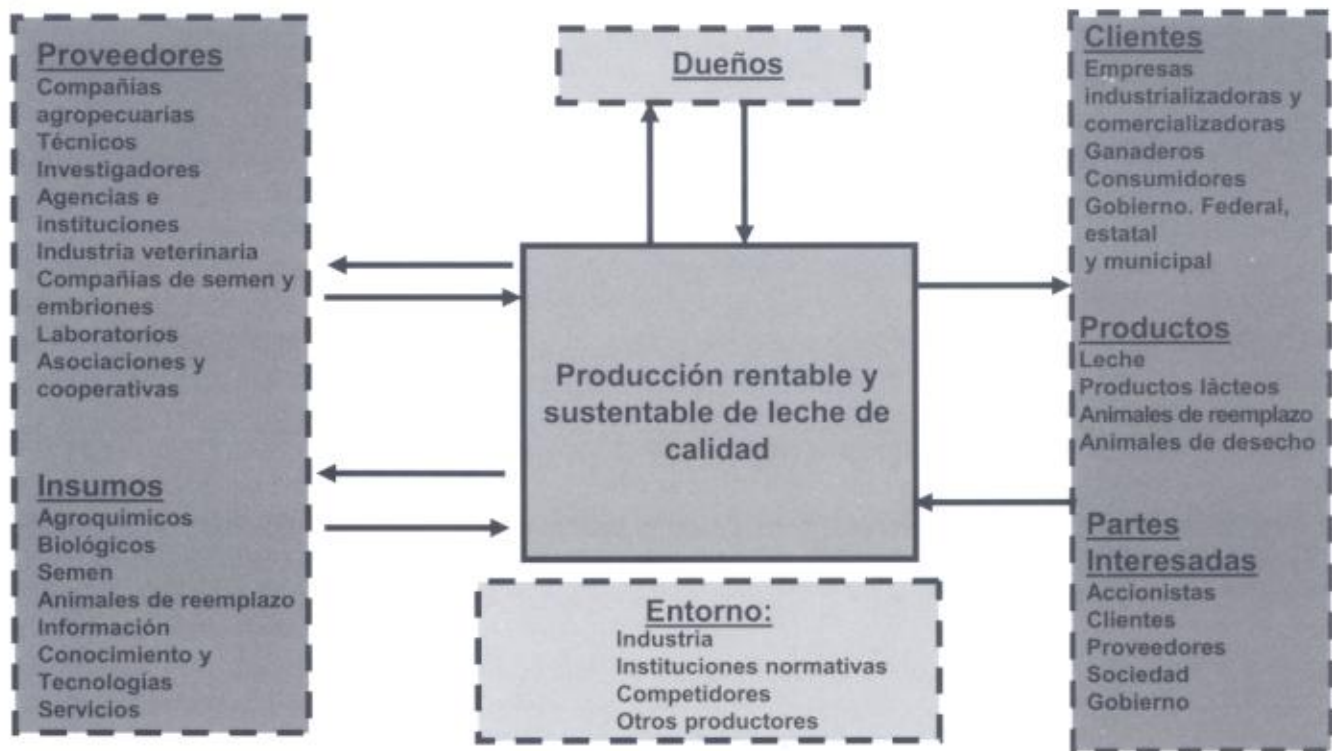


Figura 1. Modelo de negocio de una explotación lechera (Nivel 0).

En el Nivel 1, se incluyen las 8 o 10 "grandes acciones o pasos" que se deben llevar a cabo para que el producto se desarrolle u obtenga. En este nivel se muestran todos los procesos dentro de los cuales se incluyen los gobernadores, principales o claves y de soporte. En la Figura 2 se muestran los procesos correspondientes al Nivel 1 en una explotación lechera: Producción y Aprovechamiento de Forrajes, Alimentación, Mejoramiento Genético, Manejo Reproductivo, Salud Animal, Ordeño y Calidad de Leche, Crianza de Reemplazos, Administración y Transferencia de Tecnología.

El Nivel 2 se define a partir de cada uno de los procesos incluidos en el Nivel 1. En este nivel se indican a su vez los procesos o bloques de actividades necesarias para que cada proceso de Nivel 1 cumpla con su objetivo.

Para cada proceso de Nivel 2, o subproceso, se indican a su vez las actividades o procesos de Nivel 3 correspondientes, especificando para cada uno de ellos: los principios básicos o elementos de conocimiento que los determinan, métodos y guías de aplicación, indicadores de desempeño, material de apoyo, entre otros.

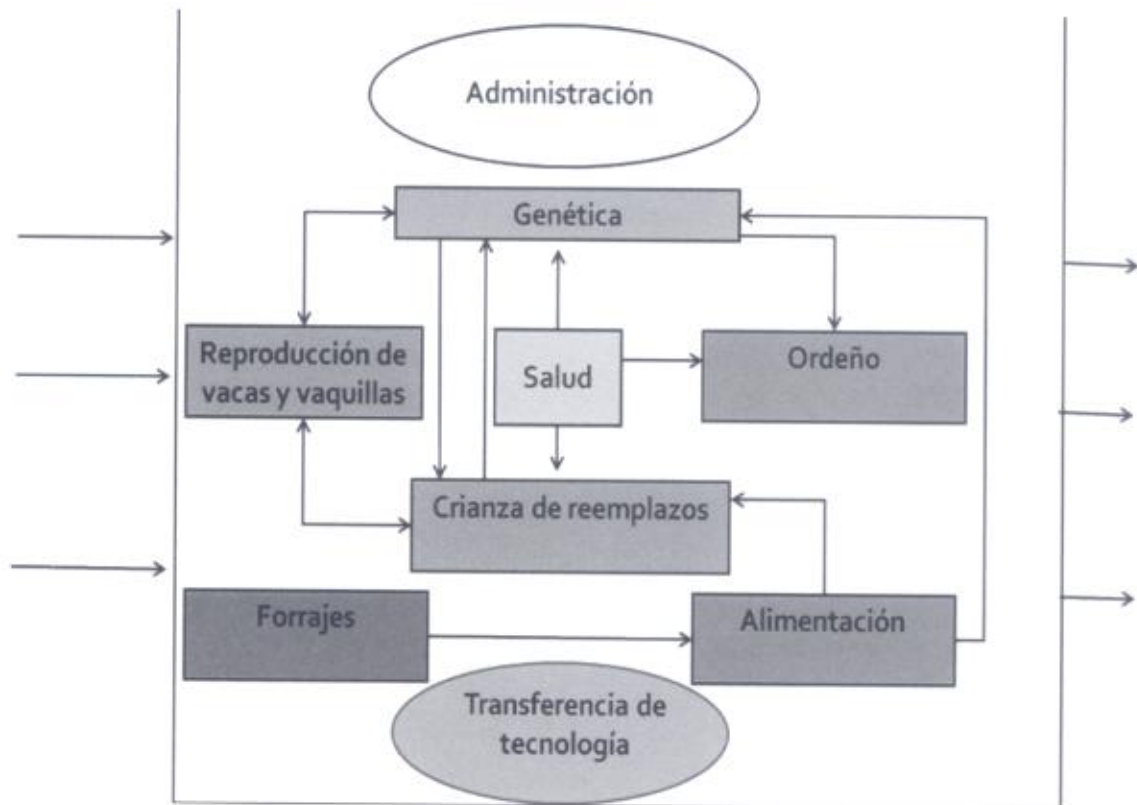


Figura 2. Procesos de Nivel 1 en una explotación lechera.

### PROCESO DE PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE FORRAJES

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. Considera cinco procesos de Nivel 2: Selección de especies forrajeras, Establecimiento, Manejo agronómico, Cosecha, y Conservación (Figura 3).



Figura 3. Proceso de producción y aprovechamiento de forrajes (Nivel 2 y 3).



Los principales insumos de este proceso son semillas de variedades de especies forrajeras, fertilizantes, agua, agroquímicos, equipo y maquinaria agrícola y tecnología, etc. Los resultados de este proceso son forraje 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 del proceso son: rendimiento de materia seca por hectárea, nutrimentos por hectárea, kg de materia seca por metro cúbico de agua, proteína por metro cúbico de agua, etc. (Tovar *et al.*, 2009).

## PROCESO DE ALIMENTACIÓN

El objetivo de este proceso es el de proporcionar a las vacas los nutrimentos requeridos para obtener la mayor producción y calidad de leche posible, y lograr el desarrollo adecuado de animales de reemplazo de manera más eficiente, al menor costo y sin contaminar el ambiente. Los procesos de Nivel 2 que lo integran son: Diseño del programa de alimentación, Balanceo de dietas, Suministro de dietas, y Monitoreo de la respuesta animal (Figura 4). Los principales insumos de este proceso son: forrajes, granos, subproductos, aditivos, equipo de alimentación, tecnología, etc. Los productos de este proceso son programas de alimentación a bajo costo para cubrir los requerimientos nutricionales de los diferentes grupos de ganado. Los indicadores de este proceso son producción por animal, condición corporal, composición de la leche, costo de alimentación por litro de leche, porcentaje de enfermedades metabólicas, etc. (Núñez *et al.*, 2009).

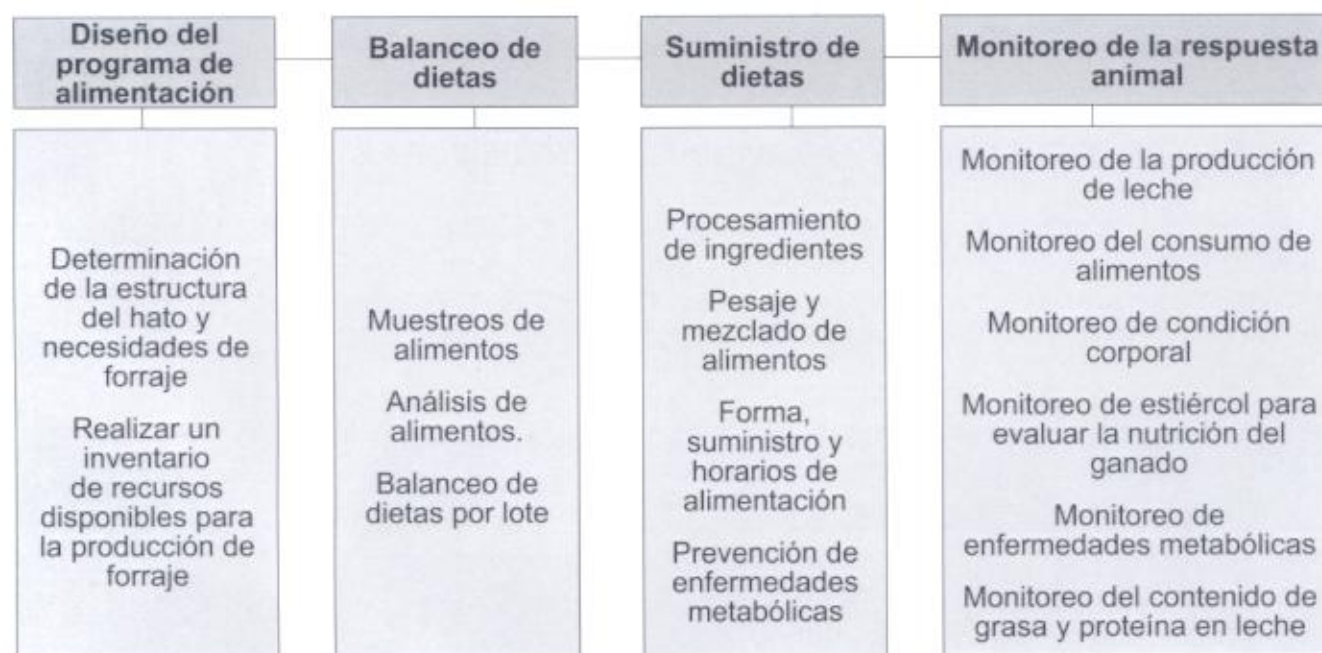


Figura 4. Proceso de Alimentación (Nivel 2 y 3).

## PROCESO DE MANEJO REPRODUCTIVO

El objetivo de este proceso es asegurar un flujo adecuado de vacas en inicio de lactación, las cuales sean 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. Está integrado por los procesos de Nivel 2: Supervisión de etapas y control de eventos reproductivos, y Registro, análisis y uso estratégico de información (Figura 5). Los principales insumos son: vaquillas, vacas, semen, toros, productos antibióticos y hormonales. Los productos del proceso son vacas y vaquillas al parto, becerras, etc. Los indicadores de este proceso son: edad y peso al primer servicio y parto, días al primer estro y servicio posparto, 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 proceso, es el de incrementar el valor genético del ganado lechero para los componentes de importancia dentro de cada sistema de producción, de tal manera que se promueva la productividad, competitividad y sustentabilidad de estos últimos. Los procesos de Nivel 2 que integran este proceso son: Planeación del programa de mejoramiento genético, e Implementación del programa de mejoramiento genético (Figura 6). Los principales insumos de este proceso son: información y evaluaciones genéticas, semen, sementales, embriones, vaquillas de reemplazo, etc. Los productos de este proceso son vaquillas y sementales (Ruiz *et al.*, 2009).

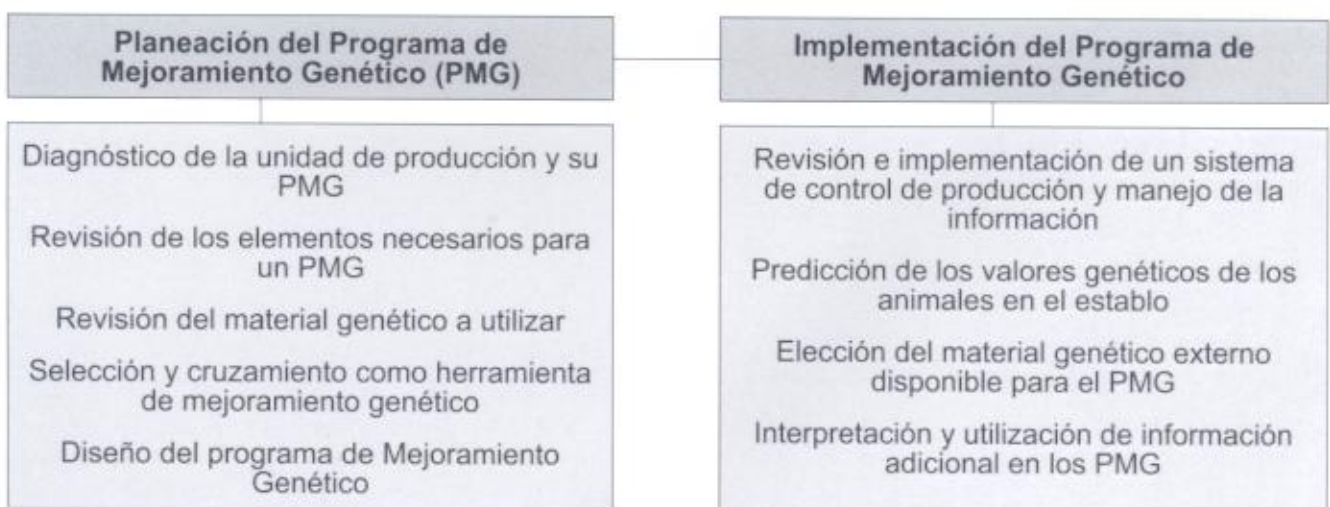


Figura 6. Proceso de Mejoramiento Genético (Nivel 2 y 3).

## PROCESO DE SALUD ANIMAL

El objetivo de este proceso es mantener la salud del hato mediante el diagnóstico y control de enfermedades infecciosas, para evitar pérdidas en producción y calidad de la leche, de animales y económicas. Está compuesto por los procesos de Nivel 2: Diagnóstico de Enfermedades, y Prevención y Control (Figura 7). Los principales insumos del proceso son: productos farmacéuticos y biológicos, técnicas y equipo de diagnóstico y material veterinario. Los productos del proceso son animales sanos y leche de calidad sanitaria. Los indicadores son prevalencia e incidencia de enfermedades, tasas de desecho y muertes por enfermedades (Herrera *et al.*, 2009).

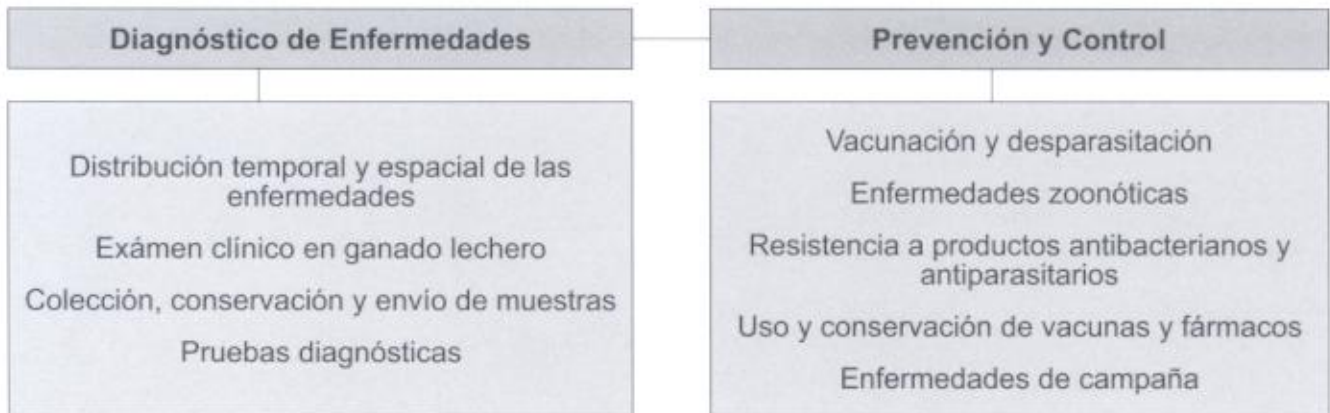


Figura 7. Proceso de Salud Animal (Nivel 2 y 3).

## PROCESO DE CRIANZA DE BECERRAS

El objetivo de este proceso es disminuir al máximo la pérdida de becerras durante la crianza, destete y crecimiento, así como lograr al término de este último una adecuada salud y desarrollo, que posteriormente permita llevar a las vaquillas a un peso y edad adecuadas al primer parto, para reemplazar a las vacas de desecho o crecer el hato. Consta de los siguientes procesos de Nivel 2: Manejo preparto y durante el parto, Manejo en el primer día de vida, Manejo durante la lactancia, y Manejo en la fase de crecimiento hasta el 6° mes de vida. Los principales insumos del proceso son: crías recién nacidas, calostro y leche, granos, sustitutos de leche, coccidiostatos, vacunas, fármacos, etc. Los productos del proceso son animales de reemplazo sanos (Figura 8). Los indicadores del proceso son: tasa de mortalidad, edad y peso al destete, ganancias diarias de peso, etc. (Medina *et al.*, 2009).



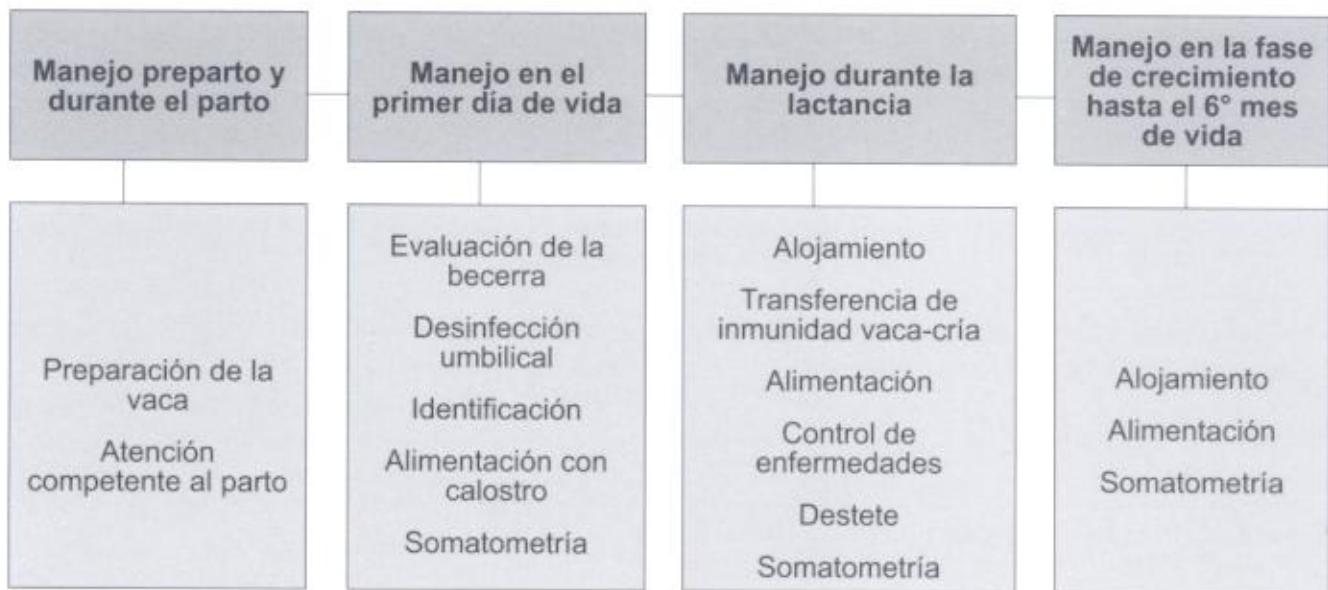


Figura 8. Proceso de Crianza de Becerras (Nivel 2 y 3).

## PROCESO DE ORDEÑO 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 de este proceso son: materiales utilizados en la ordeña como toallas, pezoneras, antibacterianos, equipo de ordeño, equipo de enfriamiento, normatividad, etc. Los productos de este proceso son leche de calidad y animales sanos (Figura 9). Los indicadores son: cuentas bacterias y células somáticas en la leche, incidencia de mastitis, etc. (Montero *et al.*, 2009).

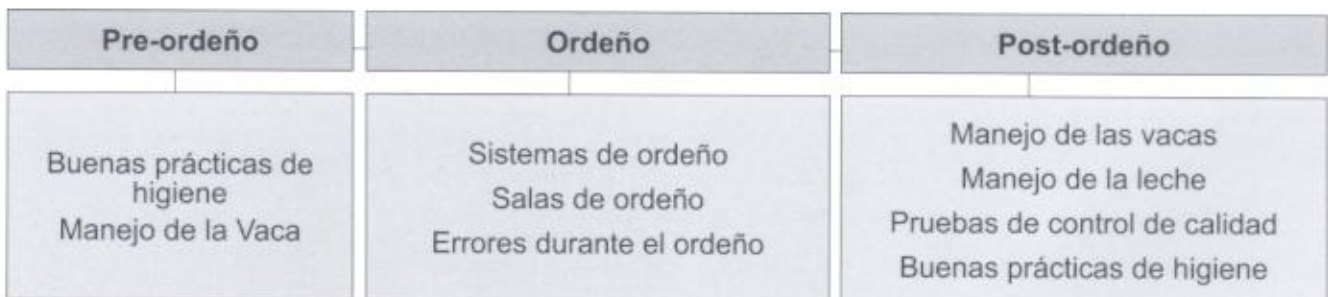


Figura 9. Proceso de Ordeño y Calidad de Leche (Niveles 2 y 3).

## PROCESO DE ADMINISTRACIÓN

El objetivo de este proceso es lograr que a través de la planeación, seguimiento y evaluación se obtenga una mayor eficiencia de las unidades de producción. Considera los procesos de Nivel 2: Planeación, Implementación del plan operativo, y Seguimiento y evaluación. Los principales insumos de este proceso son la información de contexto, información de la unidad de producción, conocimientos y tecnologías (Figura 10). Los productos de este proceso son manuales, personal capacitado e información para toma de decisiones. Los indicadores de este proceso son de desempeño de los procesos productivos y económicos de la empresa lechera (Espinosa *et al.*, 2009).



Figura 10. Proceso de Administración (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 producción y aprovechamiento de forrajes, alimentación, manejo reproductivo, mejoramiento genético, salud animal, crianza de becerros, ordeño y calidad de leche y administración, para hacer más eficientes, rentables, sustentables y competitivas sus unidades de producción. En este caso en particular se basa en el modelo GGAVATT y de acuerdo a eso considera los procesos de Nivel 2: Formación, Operación, Seguimiento, y Evaluación (Figura 11). Los principales insumos son: tecnologías, y estrategias de transferencia de tecnología. Los productos de este proceso son: asesores y productores capacitados para la adopción de tecnología (Roman *et al.*, 2009).

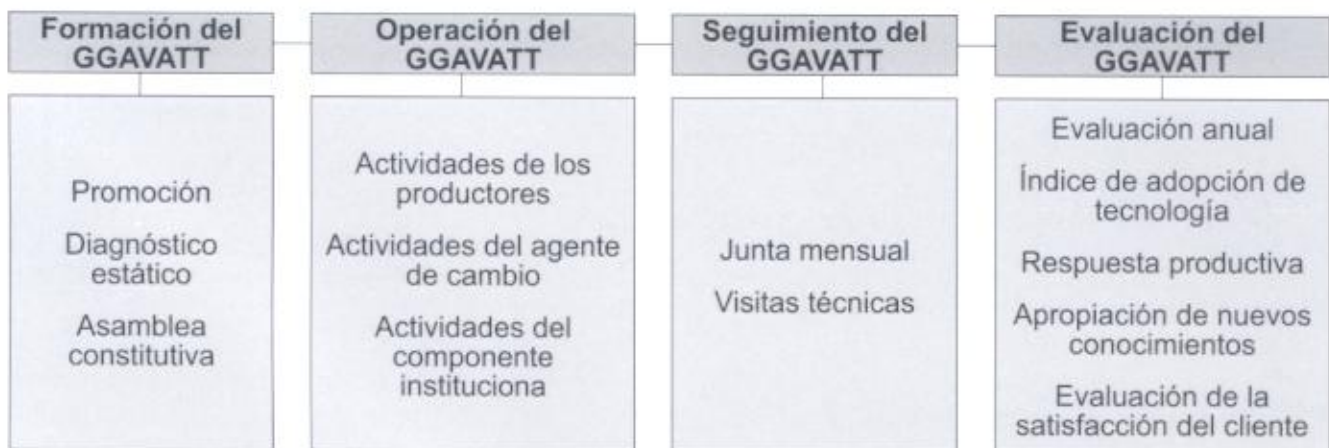


Figura 11. Proceso de Transferencia de Tecnología (Niveles 2 y 3).



## LITERATURA CITADA

- Barrera GC, Sánchez C. 2003. Programa nacional estratégico de necesidades de investigación y de transferencia de tecnología. SNITT. SAGARPA. 205 pp.
- Bauman DE, Mather IH, Wall RJ and Lock AL. 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 VR, Espinosa GJA, Moctezuma LG, Jolalpa JL, Romero SF, Vélez IA, Flores MBA, Vázquez GR. 2007. La cadena Agroalimentaria de la leche de vaca en el Estado de Hidalgo: Diagnóstico 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. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Ed. Roviroso. pp 300-332.
- Espinosa GJA, Cuevas RV, Góngora GSF, Moctezuma LG, Espinoza AJJ, Aguilar BU y Aguilar VA. 2009. Proceso de Administración. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Figueroa P. 2006. Optimización de productos y procesos industriales. Ediciones Gestión 2000. España.
- Flores HE, Olmos JJ, Ramírez H, Fuentes VO, Reynoso O y 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 PF and McSweeney PLH. 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic and Professional an imprint of Chapman y Hall, London. pp 1-2
- Galloway D. 2002. Mejora continua de procesos. Ediciones Gestión 2000. 2ª. Edición. Barcelona, España.
- Herrera LE, Aguilar RF, Córdova LD, Díaz AE, Hernández OR, Álvarez MJA, Cantú CA, Santillán FMA, Herrera RD y Banda RVM. 2009. Proceso de Salud Animal. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Huth PJ, Di Rienzo DB and Miller GD. 2006. Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health. *J Dairy Sci.* 89:1297-1221.

## LITERATURA CITADA

- Barrera GC, Sánchez C. 2003. Programa nacional estratégico de necesidades de investigación y de transferencia de tecnología. SNITT. SAGARPA. 205 pp.
- Bauman DE, Mather IH, Wall RJ and Lock AL. 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 VR, Espinosa GJA, Moctezuma LG, Jolalpa JL, Romero SF, Vélez IA, Flores MBA, Vázquez GR. 2007. La cadena Agroalimentaria de la leche de vaca en el Estado de Hidalgo: Diagnóstico 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. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Ed. Roviroso. pp 300-332.
- Espinosa GJA, Cuevas RV, Góngora GSF, Moctezuma LG, Espinoza AJJ, Aguilar BU y Aguilar VA. 2009. Proceso de Administración. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Figueroa P. 2006. Optimización de productos y procesos industriales. Ediciones Gestión 2000. España.
- Flores HE, Olmos JJ, Ramírez H, Fuentes VO, Reynoso O y 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 PF and McSweeney PLH. 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic and Professional an imprint of Chapman y Hall, London. pp 1-2
- Galloway D. 2002. Mejora continua de procesos. Ediciones Gestión 2000. 2ª. Edición. Barcelona, España.
- Herrera LE, Aguilar RF, Córdova LD, Díaz AE, Hernández OR, Álvarez MJA, Cantú CA, Santillán FMA, Herrera RD y Banda RVM. 2009. Proceso de Salud Animal. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Huth PJ, Di Rienzo DB and Miller GD. 2006. Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health. *J Dairy Sci.* 89:1297-1221.



- Medina CM y Montalvo VH. 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. p. 96.
- Medina CM, Calderón RR, Zárate MJP, Aguilar RF y Ugarte BJ. 2009. Proceso de Crianza de Becerras. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Montero LM, Tepal ChJA, Hernández AL, Ontiveros CML y Blanco OMA. 2009. Proceso de Ordeño y Calidad de Leche. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Núñez HG, Ortega RL, Echevarria MS, Bores QJ, Romero PJ, Catañeda MO, Vazquez GR, Vega MV, Romano MJL y Vega MC. 2004. Análisis, perspectiva y sostenibilidad de la ganadería nacional. Memoria de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 81-108.
- Núñez HG, González CF, Bonilla CJA y Bustamante GJJ. 2009. Proceso de Alimentación. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Román-Ponce H. 1995. Situación actual y retos de la ganadería bovina en el trópico. En: Villagómez CJA, Rodríguez-Chessani MA (Eds.), XX Simposium de Ganadería Tropical. Mem. Téc. No. 2 CIRGOC-INIFAP-SAGAR, Veracruz, México. 108-117.
- Román PH, González OTA, González SA y Cabrera TEJ. 2009. Proceso de Transferencia de Tecnología. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Rosete FJV, Villa-Godoy A, Villagómez-Amezcuca E y Lagunes LJ. 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.
- Ruiz LFJ, García PTB, Román PSI, Quiroz VJ y Durán AM. 2009. Proceso de Mejoramiento Genético. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Santos AM. 1991. Leche y sus derivados lácteos. 1<sup>era</sup> edición. Ed. Trillas. México. pp 27.
- Tovar GMR, Mendoza PC, Nuñez HG, Ortega RL, Flores OMA y Alemán MV. 2009. Proceso de Producción y Aprovechamiento de Forrajes. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Vera AHR, Padilla RFJ, Jiménez SH y De la Torre SF. 2009. Proceso de Manejo Reproductivo. En: Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico Núm. 24. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.

- 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. Páginas 55-84.
- Villagómez AME. 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 AL y Olivera CE. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. SAGARPA. 39 pp.
- Webb BH, Johnson AH and Alford JA. 1974. Fundamentals of dairy chemistry. Second Ed. AVI. Publishing Co., Westport, CT.



## PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJES



Dra. Ma. del Rosario Tovar Gómez<sup>1</sup>

M.C. Claudia Pérez Mendoza<sup>2</sup>

Dr. Gregorio Núñez Hernández<sup>3</sup>

Dr. Luis Ortega Reyes<sup>4</sup>

Dr. Miguel A. Flores Ortiz<sup>5</sup>

Ing. Víctor Alemán Martínez<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle de México. CIR Centro-INIFAP.

<sup>2</sup> Campo Experimental Iguala. CIR Pacífico Sur-INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental La Lagunilla. CIR Norte Centro-INIFAP.

<sup>4</sup> Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP.

<sup>5</sup> Campo Experimental Zacatecas. CIR Norte Centro-INIFAP.

<sup>6</sup> Campo Experimental Altos de Jalisco. CIR Pacífico Centro-INIFAP.



## PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJES

### INTRODUCCIÓN

En México en la producción de leche en el sistema de ganadería familiar intervienen varios procesos; uno de ellos es la producción sustentable de forraje, cuya finalidad es satisfacer la demanda de alimento de los animales. Este proceso está compuesto por los siguientes subprocesos: 1) elección de los cultivos forrajeros, 2) establecimiento, 3) manejo agronómico, 4) cosecha y 5) conservación (Ver Figura 3 Capítulo 1).

En este capítulo se describen los subprocesos que intervienen en la producción sustentable de forraje, así como los aspectos técnicos para lograrla en forma eficiente. A continuación se definen algunos términos que se presentan repetidamente en este documento con el propósito de que se les dé una correcta interpretación.

**Sistema.** Conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben insumos (entrada y proveen productos (salida).

**Proceso.** Conjunto de actividades que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**Sustentable.** Se refiere a la optimización de la producción con equidad social, viabilidad económica y conservación de los recursos naturales. Esto es, producir más consumiendo menos recursos, generando menos residuos y mayores beneficios a la sociedad.

**Forraje.** Parte de las plantas herbáceas y arbustivas que es consumida por el ganado en pastoreo o estabulado.

**Cultivar.** Término aceptado internacionalmente para designar una *variedad* de plantas cultivadas y mejoradas. Debe poder distinguirse de otras variedades de su especie por determinadas características y retener sus caracteres.

**Especie.** Categoría taxonómica de jerarquía inferior al género o subgénero. La especie es el grupo de organismos que pueden reproducirse y producir descendencia fértil.

**Variedad.** Categoría taxonómica de jerarquía inferior a la especie y a la subespecie, que de forma abreviada se escribe "var.". Tienen características particulares de anatomía, fisiología o conducta, generalmente adecuadas al ambiente en donde viven pero que las distinguen de las características promedio de la especie a la que pertenecen.

### Producción sustentable de forrajes

La rentabilidad de las explotaciones productoras de leche depende de la disponibilidad de alimento para el ganado durante todo el año. Es importante que este alimento sea suficiente tanto en cantidad como en calidad, y que se produzca a bajo costo, ya que en este tipo de sistemas el componente que mayor incide en los costos de producción de leche es el costo de alimentación. En el sistema familiar de producción de leche los forrajes son la base de la



alimentación, y constituyen los insumos más baratos de la dieta del animal en comparación con el costo de los alimentos balanceados y de la mano de obra.

En México los principales cultivos forrajeros para el sistema de lechería familiar son las gramíneas (maíz, avena, trigo, triticale, cebada, centeno, pasto ballico o rye grass y pastos nativos e introducidos), leguminosas (alfalfa, ebo y garbanzo) y en menor proporción se utilizan otras especies como el nopal.

La superficie sembrada con forrajes en 2006 fue aproximadamente de 4 millones de hectáreas, de las cuales 80 % se sembró en condiciones de temporal. Los principales cultivos fueron los pastos, seguidos por avena, maíz y sorgo (Cuadro 1). En riego, de acuerdo con la superficie sembrada, fueron: alfalfa, pastos, maíz, avena y sorgo (Cuadro 2).

Por otra parte, es de suma importancia considerar que en México el principal esquilmo que se produce es el rastrojo de maíz. Para la ganadería nacional se aporta anualmente alrededor de 48 millones de toneladas, lo que contribuye a disminuir los problemas ocasionados por la falta de alimentos durante la época seca del año, sobre todo para productores de bajos ingresos que se ubican en ejidos y pequeñas comunidades. En el Cuadro 3 están contenidas las cantidades anuales que se producen en México de residuos de cultivos y otros sub-productos que se utilizan tradicionalmente para la alimentación del ganado.

**CUADRO 1. CULTIVOS FORRAJEROS SEMBRADOS EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO. AÑO AGRÍCOLA 2006.**

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCIÓN (t)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (MILES DE PESOS)	PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES
Pastos	1 985 601	37 108 185	10 644 260	Chis., Coah., Gro., Jal., Méx., Nay., N.L., Oax., Yuc.
Avena	699 410	2 398 096	2 561 699	Chih., Dgo., Méx., Mich., S.L.P., Zac.
Maíz	271 935	5 316 585	1 633 247	Ags., Chih., Dgo., Jal., Méx., N.L., Tlax., Zac.
Sorgo	187 332	2 826 697	800 101	Chih., Coah., Dgo., Gro., Jal., Mich., N.L., Sin., Son., Zac.
Garbanzo	16 226	180 914	10 731 796	Gto., Jal., Mich., S.L.P.
Ebo	6349	75 746	42 549	D.F., Méx., Mich., Mor.
Nopal	4735	117 812	35 650	Ags., Chih., Zac.
Alfalfa	2052	104 881	44 987	Jal., Méx., Mich., Pue., Ver.
Trigo	2015	5051	331	B.C.

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP, 2006.

**CUADRO 2. CULTIVOS FORRAJEROS SEMBRADOS EN CONDICIONES DE RIEGO EN MÉXICO. AÑO AGRÍCOLA 2006.**

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCIÓN (t)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (MILES DE PESOS)	PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES
Alfalfa	377 052	27 914 935	8 688 495	B.C., Chih., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Méx., Pue., Qro., S.L.P., Son., Zac.
Pastos	215 736	6 371 788	2 411 442	Coah., Gro., Jal., Mich., N.L., Oax., S.L.P., Sin., Tamps., Ver., Yuc., Chih., Gto., Pue.
Maíz	108 710	5 177 711	1 668 457	Dgo., Jal., Méx., Ags., Chih., Coah., Gto., Pue.
Avena	99 647	2 398 096	811 653	Ags., Chih., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Méx., Mich., Son., Zac.
Sorgo	78 039	2 713 108	922 881	B.C., Chih., Coah., Dgo., Gro., Jal., Mich., N.L., Sin., Son.
Otros cereales menores	13 264	373 845	121 956	Chih., Coah., Dgo., Son., B.C., Hgo., Jal., Gto., Qro
Ebo	2328	32 181	21 407	Méx., Mich., Tlax.
Garbanzo	3909	8485	18 334	Gto., Jal., Mich.
Nopal	59	12 223	3662	Chih., Zac.

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP, 2006.

**CUADRO 3. CANTIDADES ANUALES DE LOS PRINCIPALES RESIDUOS DE CULTIVOS Y SUB-PRODUCTOS.**

RESIDUO DE CULTIVO O SUB-PRODUCTO	MILLONES DE TONELADAS AÑO <sup>-1</sup>
Rastrojo de maíz	48.1
Rastrojo de sorgo	6.5
Paja de trigo	2.7
Paja de frijoles	0.8
Paja de cebada	0.7
Puntas de caña de azúcar	14.9
Afrechillo y salvado de trigo	0.8
Bagazo de cervecería	0.7
Melaza	1.8
Harina de semilla de algodón	0.40
Harina de semilla de cártamo	0.14
Harina de soya	0.13

Fuente: Améndola *et al.*, 2005.



## OBJETIVO DEL PROCESO

Planear, producir y conservar forraje de calidad durante el año para satisfacer la demanda de alimento requerido por el ganado en la unidad de producción en sistemas de lechería familiar, sembrando las especies forrajeras de mayor adaptabilidad a la región, estrategia importante y económica para incrementar la productividad del animal.

## ELECCIÓN DE LOS CULTIVOS FORRAJEROS

### Diagnóstico

Para la producción sustentable de forraje lo primero que se debe decidir es qué especies sembrar y qué variedades. Esta elección es crucial para tener éxito, porque las especies varían en sus requerimientos de temperatura, agua, tipo de suelo, manejo. Una mala elección conduce a una producción subóptima en cantidad o calidad de forraje y al uso inadecuado de los recursos disponibles.

Al elegir los cultivos que mejor satisfagan las necesidades de forraje, el productor debe considerar los siguientes factores: clima, suelo, requerimientos de agua, rendimiento, calidad nutrimental, ciclo de cultivo y el uso que le dará (SAF, 2007; Glover *et al.*, 1997).

### Clima

#### Descripción de la actividad

Comparar los requerimientos de clima de los cultivos de interés con las condiciones climáticas de la región utilizando mapas de clima y potencial productivo.

#### Principios básicos

El clima es el primer factor que se debe analizar antes de elegir el cultivo a sembrar. Los factores de clima a considerar son: temperatura (máxima, mínima y óptima), ocurrencia de heladas (período e intensidad), precipitación (cantidad y patrón de distribución) y fotoperíodo. La temperatura de un sitio geográfico varía a través del año y en algunos lugares las bajas temperaturas, desde finales de otoño hasta la primavera, limitan el desarrollo de algunos cultivos. Los cultivos por su tipo de fotosíntesis ( $C_3$ ,  $C_4$  y CAM) presentan diferentes respuestas en eficiencia fotosintética al clima (Cuadro 4).

Por la estación en que las especies germinan y crecen, éstas se clasifican en dos grupos: 1) de estación caliente y 2) de estación fría. Las especies de estación caliente son del tipo  $C_4$  (ruta de fijación del carbono en la fotosíntesis) y requieren una temperatura de 32 a 35 °C para su óptimo desarrollo; inician su crecimiento cuando la temperatura del suelo alcanza entre 15 y 18 °C. Las especies  $C_4$  tienen un mejor desarrollo en regiones con días largos, por lo que para su selección hay que tomar en cuenta la altitud o la estación del año. En las especies de estación caliente la producción de forraje se concentra principalmente en primavera, verano e inicio del otoño.

Las especies de estación fría son de ruta fotosintética C<sub>3</sub>. La temperatura óptima para su crecimiento es entre 18 y 24 °C e inicia cuando la temperatura del suelo alcanza entre 4.5 y 7.2 °C. Si la temperatura aumenta, las especies C<sub>3</sub> pierden eficiencia porque aumenta la fotorespiración, y a temperaturas muy altas, en verano, su crecimiento se reduce y entran en dormancia. Las especies de estación fría producen forraje principalmente en primavera e inicios de otoño, y cuando son perennes su mayor producción es en otoño e inicios de invierno.

**CUADRO 4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES ENTRE PLANTAS C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> Y CRASAS (CAM).**

CARACTERÍSTICAS	PLANTAS C <sub>3</sub>	PLANTAS C <sub>4</sub>	PLANTAS CRASAS CAM
Grupo de plantas representativas	Templadas: cebada, avena, remolacha, leguminosas	Tropicales, subtropicales y desérticas: maíz, sorgo	Desérticas y cálidas: crasuláceas, cactáceas, euforbiáceas
Velocidad relativa de respiración	3 a 5 veces más que la respiración oscura	10 veces más débil que la respiración oscura	Difícil de detectar
Abertura de estomas a la luz	Grande	Pequeña	Pequeña o nula
Inhibición por O <sub>2</sub>	Fuerte	Muy débil	Fuerte
Primer producto de fijación	Fosfoglicerato	Oxalacelato	Oxalacelato
Saturación de luz (wm <sup>2</sup> )	50-150	>500	Inferior a C <sub>4</sub>
Temperatura óptima (°C)	15-20	30-47	35
Fotosíntesis máxima (mg CO <sub>2</sub> dm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	10-30	50-70	1-10
Punto de compensación de CO <sub>2</sub> , ppm	30-70	0-10	0-200
Velocidad máxima de crecimiento (g MS.dm <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.5-2	4-5	0.015-0.02
Producción de MS (t ha <sup>-1</sup> )	22 ± 3	38 ± 17	Poca información
Tasa de respiración	Alta	Baja	-

Fuente: Van Soest, 1998 y Salisbury y Ross, 1994, citados por Ramírez (2007).

El nopal forrajero, perteneciente al género *Opuntia*, presenta el ciclo CAM (metabolismo ácido crasuláceo), que se caracteriza por la asimilación nocturna de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo que forma ácidos orgánicos seguidos de la conversión diurna a compuestos naturales. A diferencia de las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, en las que el proceso de la fotosíntesis ocurre en las hojas, en el nopal esta función se lleva a cabo en los cladodios (pencas) a través del parénquima clorofiliano que se sitúa bajo la epidermis del tejido tuberoso y se comunica al exterior por medio de los estomas. Gradualmente se convierte en acuífero y constituye la zona central y esponjosa del cladodio, por donde circula la savia ascendente. El tejido esponjoso almacena grandes cantidades de agua, lo que le permite a la planta mantenerse turgente durante largos períodos de sequía (López y Medina, 2009).

En el Cuadro 5 se presentan los requerimientos climáticos de algunos cultivos forrajeros.



CUADRO 5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DE ALGUNOS CULTIVOS FORRAJEROS.

CULTIVOS	ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA	ALTURA (msnm)	TEMPERATURA (°C)			REQUERIMIENTO DE AGUA (mm)
			MÍNIMA	MÁXIMA	ÓPTIMA	
Maíz	C <sub>4</sub>	0- 3200	10	40	25	400-800
Sorgo	C <sub>4</sub>	0-1800	8	40	30	450-650
Avena	C <sub>3</sub>	1200-2800	5	30	17	400-1200
Cebada	C <sub>3</sub>	1200-2800	4	35	17	400-1200
Triticale	C <sub>3</sub>	1200-2800	5	28	18	400-1200
Trigo	C <sub>3</sub>	1200-2800	5	28	18	400-1200
Ballico Anual	C <sub>3</sub>	2300-3000	2	29	12	700-900
Pastos	C <sub>3</sub>	400-2500	3	---	23-26	300-1500
Alfalfa	C <sub>3</sub>	500-2400	5	35	25	1000-1200
Nopal forrajero	CAM*	0-3000	10	55	18	200-500

\*CAM=Metabolismo Ácido Crasuláceo

Fuente: Núñez *et al.*, 2007; Beltrán *et al.*, 2007; Rios y Quintana, 2004; Reyes, 1990.

Cuando las especies forrajeras se siembran en fechas fuera del periodo en que se presentan temperaturas óptimas para su crecimiento, el rendimiento y la calidad resultan afectados. A bajas temperaturas las plantas disminuyen su producción debido a reducciones en la tasa de asimilación de carbono, transporte y distribución de asimilados, tasa de crecimiento y absorción de agua y sales. A temperaturas superiores a la óptima, disminuyen la tasa de asimilación de carbono, el transporte y distribución de asimilados y nutrientes, la absorción de agua y sales, la fertilidad del polen, la tasa de crecimiento, y aumentan la tasa de respiración, la fotorrespiración, la evapotranspiración, y como resultado del proceso de lignificación, disminuye la calidad del forraje (Van Soest *et al.*, 1978).

Otro factor que se debe tomar en cuenta es la tolerancia de las especies forrajeras a las heladas. Cuando un cultivo está en desarrollo, las heladas ocasionan un efecto adverso, y dependiendo de la severidad de éstas y de la resistencia de la especie, van a causar daños a partes de la planta o la muerte de la misma. Los daños ocurren por la acumulación de hielo en los espacios intra e inter celulares; por lo tanto, al seleccionar las especies de interés es necesario considerar la tolerancia de las mismas a las bajas temperaturas. Los cultivos de centeno, trigo, triticale y avena son ejemplos de especies tolerantes a heladas (TAES, 2008).

En áreas de temporal deficiente la estrategia de selección de especies forrajeras es tomar en consideración sus características fisiológicas y morfológicas, las cuales permiten hacer un uso eficiente del agua. Por ejemplo, la variedad de maíz VS-209, adaptada a la región norte de México, emerge más rápido y tiene una alta tasa de crecimiento inicial, reduce su crecimiento cuando hay déficit de humedad y lo reanuda a tasas altas cuando la humedad está disponible nuevamente; además, su tasa de transpiración es baja y tiene una menor densidad estomática (Luna y Gutiérrez, 2000).

En áreas donde el forraje se produce en condiciones de temporal es importante conocer la cantidad de lluvia que ocurre en la estación lluviosa y su patrón de distribución. Cuando la



precipitación ocurre en el verano, las especies a sembrar deben ser de estación caliente; pero si la temperatura no es muy elevada, algunas especies de estación fría pueden desarrollarse. Cuando la precipitación es baja se deben elegir especies tolerantes a sequía, por ejemplo, el mijo perla es más tolerante a sequía que el sorgo, el cual a su vez es más tolerante que el maíz (Kallenbach *et al.*, 2001).

Otro aspecto a tomar en cuenta es que las etapas críticas del desarrollo fenológico del cultivo coincidan con la ocurrencia de las lluvias. También en regiones con temporal deficiente hay que seleccionar cultivos con mayor habilidad para aprovechar el agua; por ejemplo, el girasol es más eficiente en el uso del agua que el sorgo porque sus raíces penetran a una mayor profundidad. Esta característica le confiere mayor tolerancia a sequía (Stone *et al.*, 2001). Si el temporal se retrasa, la estrategia de selección es elegir variedades precoces, que aunque son de menor rendimiento, dan oportunidad de cosechar forraje.

## **Ejercicio 1**

**Consultar en la página de internet del INIFAP la red de estaciones climatológicas de los diferentes estados de la república y el potencial productivo de los cultivos forrajeros**

### **Red de estaciones climatológicas**

Para afrontar cualquier eventualidad del clima es muy importante estar bien informado de las condiciones climatológicas (Medina *et al.*, 2008).

Las redes de estaciones climatológicas de una región permiten contar con información meteorológica automatizada en tiempo real, de gran utilidad para la toma de decisiones; con el manejo de cultivos para reducir los riesgos que representan heladas, granizo, olas de calor, vientos fuertes, sequías e inundaciones, y con ello aumentar las posibilidades de obtención de altos rendimientos.

El Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP pone a la disposición de productores, prestadores de servicios profesionales, dependencias públicas y privadas relacionadas con el sector agropecuario, universidades y público en general el portal de Internet <http://www.clima.inifap.gob.mx>

En este portal se pueden consultar diariamente en forma gráfica y con mapas los datos del clima en tiempo cercano al real. Se presentan también índices agroclimáticos como horas frío, heladas y evapotranspiración.

### **Mapas de potencial productivo**

El INIFAP realiza estudios de potencial productivo de una gran variedad de especies, y con base en ellos desarrollan planes y estrategias para incrementar y diversificar la producción haciéndola más competitiva y rentable al aprovechar de manera integral y sustentable los recursos naturales (<http://www.agromapas.inifap.gob.mx>). En los estudios de potencial productivo se aplican sistemas de información geográfica (SIG) y herramientas de planeación integral para identificar áreas y zonas con mayor probabilidad de éxito y rentabilidad en las diferentes actividades agropecuarias y comerciales (Figura 12).



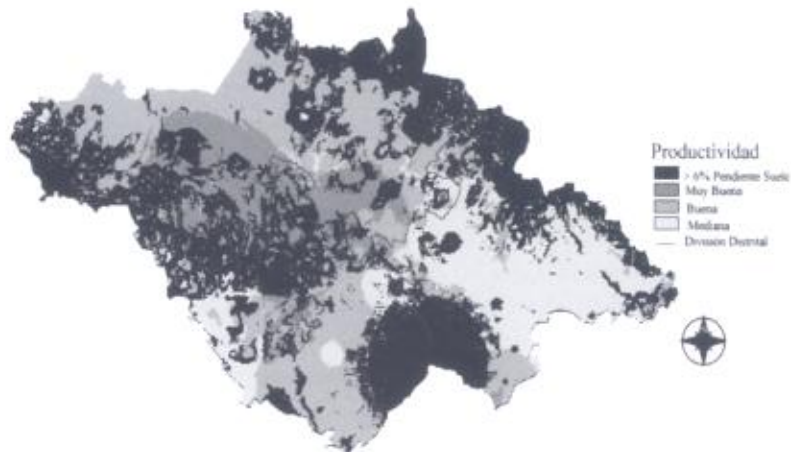


Figura 12. Mapa de áreas de potencial productivo para el cultivo de avena forrajera de temporal en Tlaxcala.

## Suelo

### Descripción de la actividad

Comparar las características del suelo de un sitio en particular para elegir los cultivos forrajeros a sembrar.

### Principios básicos de la actividad

El suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas, las provee de anclaje, de los elementos minerales y del agua que necesitan para su crecimiento (SSSA, 2008). Entre las propiedades del suelo que se deben considerar para la selección de especies forrajeras a establecer están las siguientes: textura, drenaje interno, fertilidad, pH, salinidad y sodicidad.

La textura es la proporción relativa de cada una de las partículas minerales (arena, limo y arcilla que contiene el suelo (SSSA, 2008; Brown, 2003). De las propiedades del suelo ésta es la más importante porque afecta al resto. Las características de los suelos arenosos y arcillosos son contrastantes; por ejemplo, los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención del agua y nutrientes, son fértiles, su contenido de materia orgánica es mayor, tienen una alta capacidad de intercambio catiónico y su tasa de infiltración es menor. En suelos arenosos estas características son opuestas a las de los arcillosos (Brown, 2003).

El pH del suelo es un indicador de acidez o alcalinidad y se mide en unidades de pH. En las regiones áridas y semiáridas de norte de México los suelos son generalmente alcalinos, mientras que en el trópico se caracterizan por su acidez. El pH tiene un efecto directo en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por ejemplo, cuando el pH es ácido, la nitrificación y la disponibilidad de nitratos se reduce; por lo tanto, las especies con mayor habilidad para aprovechar el amonio tienen ventajas. En el caso de las leguminosas, la supervivencia de bacterias *Rhizobium* disminuyen el pH y es difícil establecer leguminosas forrajeras como la alfalfa en suelos con pH menor de 6. Respecto al fósforo (P), su forma y disponibilidad para las plantas es altamente dependiente del pH en suelos alcalinos. En

general el P en el suelo es de baja solubilidad, lo que limita su disponibilidad para las plantas. Este mismo comportamiento tiene la mayoría de los micronutrientes (manganeso, hierro, cobre, zinc y boro); el molibdeno se comporta opuesta a estos micronutrientes (McKenzie, 2003).

La salinidad y sodicidad son otras propiedades del suelo que se deben tomar en cuenta para seleccionar las especies forrajeras a sembrar. La salinidad se refiere al contenido de sales solubles presentes en la solución del suelo. Se evalúa midiendo la conductividad eléctrica (CE) en un extracto de agua de un suelo saturado en unidades de decisiemen por metro (dS/m). Una unidad de dS/m equivale aproximadamente a 640 mg/L de sales disueltas. Las sales aumentan la fuerza con la que las partículas del suelo retienen el agua, por lo cual su disponibilidad para las plantas es menor. En un suelo salino las plantas requieren mayor cantidad de energía para extraer el agua, por lo tanto, ya no destinan la energía necesaria para propiciar su adecuado crecimiento, por lo tanto, el rendimiento se ve afectado. La salinidad causa desbalances nutrimentales en las plantas y toxicidad, al grado de provocarles la muerte (Blaylock, 1994).

Los suelos sódicos contienen un exceso de sodio intercambiable en las cargas negativas de las partículas de arcilla; estos suelos se caracterizan por tener una menor permeabilidad del agua y una falta de estructura o consistencia dispersa similar al talco. En el Cuadro 6 se presentan las diferencias de algunos cultivos forrajeros por su tolerancia a salinidad y sodicidad.

**CUADRO 6. TOLERANCIA DE CULTIVOS FORRAJEROS A SALINIDAD Y SODICIDAD.**

CULTIVOS	TEXTURA	pH	SALINIDAD	SODICIDAD
Alfalfa	Franca	6.5-8.2	Moderadamente sensible	Tolerante
Maíz	Franca y arenosa	6.5-8.5	Moderadamente sensible	Sensible
Sorgo	Franca y pesada	5.0-8.5	Moderadamente tolerante	Semi-tolerante
Avena	Franca y pesada	5.0-8.0	Moderadamente tolerante	Semi-tolerante
Ballico anual	Franca	5.0-8.2	Moderadamente tolerante	-
Trigo	Franca y pesada	6.0-8.5	Moderadamente tolerante	Tolerante

Fuente: Núñez *et al.*, 2007.

### Rendimiento de forraje

La producción de un cultivo es la resultante de un sistema que permite a las plantas captar la energía del sol y transformarla en alimentos (Evans, 1975). Donald y Hamblin (1976) por su parte señalan que la producción es la acumulación de sustancias elaboradas por la planta (fotosintatos) en los órganos vegetales. Watson (1952) indica que el rendimiento es el peso por unidad de superficie del producto cosechado o de una de sus partes.

### Descripción de la actividad

Comparar el potencial de rendimiento de los cultivos forrajeros a seleccionar, en verde y en seco de acuerdo con las condiciones de clima y suelo.



## Principios básicos de la actividad

Para realizar una selección adecuada las especies forrajeras de interés es indispensable conocer la producción total de forraje y su distribución en el año. En general el patrón de crecimiento de los forrajes es diferente como respuesta a las características del suelo, a las condiciones de clima y al tipo de cosecha (corte o pastoreo). En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos de materia seca (MS) de los principales cultivos forrajeros, y en el Cuadro 8 los de maíz forrajero.

**CUADRO 7. RENDIMIENTO MÍNIMO, MÁXIMO Y MEDIO DE MATERIA SECA DE CULTIVOS FORRAJEROS. (BASADO EN REPORTE DE INVESTIGACIÓN DURANTE 1996 Y 2003).**

CULTIVO	RENDIMIENTO (t MS ha <sup>-1</sup> )			NÚMERO DE INFORMES
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIO	
Avena	4.5	15.3	9.7	19
Rye grass anual	6.4	15.0	9.7	6
Mezcla de avena y rye grass anual	7.1	15.2	11.0	6
Triticale	3.1	17.5	9.7	11
Cebada	2.6	10.0	6.5	6
Trigo	9.0	13.7	10.9	4
Centeno	8.3	14.5	10.7	3

Fuente: Améndola *et al.*, 2005.

**CUADRO 8. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE MAÍZ FORRAJERO (BASADO EN REPORTE DE INVESTIGACIÓN DURANTE 1996 Y 2003).**

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO ((t MS ha <sup>-1</sup> )			NÚMERO DE INFORMES
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIO	
Bajo	9.6	20.6	16.0	12
Medio	11.6	25.2	18.7	13
Alto	18.6	34.1	24.2	16
Mazorca % de MS	33,0	47,0	42,4	6

Fuente: Améndola *et al.*, 2005.

En las zonas semiáridas y áridas del norte y centro del país. La producción en los pastizales es estacional (estación de crecimiento determinado por temperatura y humedad disponible óptimas). En éstas áreas la principal especie forrajera nativa es el pasto navajita azul (*Bouteloua gracilis*) en asociación con otras especies de *Bouteloua*. Los pastos nativos mejorados *Bouteloua gracilis* (Navajita Cecilia *Bouteloua curtipendula* (Banderilla Dianson) idóneos para la rehabilitación de agostaderos en estas regiones. Estos pastos son producto de una selección sistemática realizada entre más de 200 accesiones colectadas del centro y norte de México. El rendimiento del pasto Banderilla Diana varía de 1340 y 2400 kg MS ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 1850, y de Navajita Cecilia entre 660 y 1240 kg MS ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 980 (Beltrán *et al.*, 2007).

## **Calidad nutrimental del forraje**

El valor nutritivo de un forraje depende de la naturaleza y cantidad de compuestos químicos del alimento que aprovecha el animal por unidad de tiempo (Marten, 1985). Mott y Moore (1969) definen la calidad nutrimental de un forraje como el producto del valor nutritivo (composición química, digestibilidad) por su consumo, y esta calidad nutrimental puede ser modificada por factores antinutrimientales. El valor nutritivo de los forrajes es una expresión del potencial de producción del animal a partir de la retención de los nutrimentos contenidos en el alimento.

La calidad del forraje está asociada principalmente con la especie, estado de madurez, clima y manejo agronómico. Algunas especies son más nutritivas que otras, o conservan su calidad nutrimental por más tiempo. Por ello, la información sobre calidad es otro criterio importante para seleccionar el cultivo forrajero a sembrar.

### **Descripción de la actividad**

Comparar la calidad nutrimental de los cultivos forrajeros seleccionados para diferente tipo de ganado.

### **Principios básicos de la actividad**

El análisis bromatológico es el método que se utiliza para determinar la composición del forraje en términos de sus principales nutrimentos. Los datos que se obtienen del análisis bromatológico permiten planear programas de alimentación del ganado utilizando raciones balanceadas.

Los compuestos que se determinan en los forrajes en el análisis bromatológico son los siguientes: materia orgánica e inorgánica, proteína total, extracto etéreo, fibras ácido y neutro detergentes, nitrógeno en la fibra ácido detergente, lignina, celulosa, hemicelulosa, contenido celular, carbohidratos solubles, contenido de almidón y la concentración de energía. Es importante conocer la utilidad de cada uno de éstos análisis y su necesidad de determinación de acuerdo al objetivo programado, ya que algunos análisis pueden ser necesarios y otros sólo deberán realizarse en casos justificados de búsqueda de causas (Tovar y Martínez, 1990).

Es importante además, determinar el contenido de materia seca del forraje, para conocer la cantidad de humedad que tiene la muestra tal como se ofrece a los animales y es un análisis obligado para poder hacer comparación entre forrajes y para conocer la cantidad real de materia seca que el animal consume. El paso siguiente después del análisis químico, es cuantificar en el forraje, tan preciso como sea posible, el porcentaje de cada nutrimento que es digerido, lo anterior se obtiene mediante la determinación de la digestibilidad. Es importante señalar que el valor nutritivo de los forrajes, no depende completamente de la cantidad de nutrimentos que contiene el forraje, sino de la cantidad en que estos nutrimentos pueden ser digeridos y utilizados por el animal.

De esta manera deben considerarse como criterios adicionales al seleccionar el cultivo forrajero, las necesidades de proteína, fibra, digestibilidad y energía, adecuados para la etapa productiva del ganado (vacas en producción, vacas secas, vaquillas y becerras), así como por el nivel de producción y peso de los animales. Los requerimientos de la calidad nutrimental están relacionados principalmente con el nivel de producción de leche. Las becerras y vaquillas en crecimiento demandan forrajes con un contenido de proteína y energía alto o



moderado, mientras que las vacas secas requieren forrajes con un contenido en proteína y energía regular. Las vacas en producción demandan forrajes con alto contenido de proteína y energía, bajas y regulares concentraciones de fibra. En el Cuadro 9 se presenta la calidad nutricional de forrajes conservados y su utilización de acuerdo a la etapa de producción del ganado.

**CUADRO 9. CALIDAD NUTRIMENTAL DE ENSILADO O HENIFICADO DE ESPECIES FORRAJERAS POR ETAPA DE PRODUCCIÓN EN LA QUE SE ENCUENTRA EL GANADO.**

CULTIVOS FORRAJEROS	PROTEÍNA CRUDA (%)	FIBRA DETERGENTE NEUTRO (%)	ENERGÍA NETA PARA LA LACTANCIA (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	TIPO DE GANADO
Ensilado de maíz	8-9	45-55	> 1.4	Todo el hato
Heno de alfalfa	20-23	35-45	> 1.4	Becerras, vaquillas en crecimiento y vacas
Ensilado de alfalfa	18-22	40-45	> 1.4	Todas las vacas
Heno de gramíneas	11-14	55-60	> 1.3	Vaquillas y vacas secas
Ensilado de gramíneas	11-14	55-60	> 1.2	Vaquillas y vacas secas
Ensilado de gramíneas	15-18	55-60	> 1.3	Vaquillas, vacas secas y vacas en producción

Fuente: Núñez *et al.*, 2007.

En el Cuadro 10 se presenta el valor nutricional de maíz forrajero, y en el Cuadro 11 el de los pastos nativos *Bouteloua gracilis* (Navajita Cecilia) *Bouteloua curtipéndula* (Banderilla Diana).

**CUADRO 10. VALOR NUTRIMENTAL DE MAÍZ FORRAJERO (BASADO EN EXPERIMENTOS REPORTADOS ENTRE 1996 Y 2003).**

COMPONENTE NUTRIMENTAL	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIO	NÚMERO DE EXPERIMENTOS
Fibra detergente neutro (FDN, % de MS)	37.2	51.9	45.3	10
Fibra detergente ácido (FDA, % de MS)	23.0	28.0	25.4	12
Proteína cruda (PC, % de MS)	6.1	9.0	7.8	4
Digestibilidad <i>in vitro</i> (% de MS)	59.0	81.8	72.4	17
Energía neta para la lactancia (Mcal kg MS <sup>-1</sup> )	1.20	1.68	1.53	12

Fuente: Améndola *et al.*, 2005.

**CUADRO 11. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS PASTOS NAVAJITA CECILIA Y BANDERILLA DIANA.**

PASTO	PROTEÍNA CRUDA (%)		PROTEÍNA DIGESTIBLE (%)		CENIZAS (%)		CALCIO (%)		FÓSFORO (%)	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Navajita Cecilia	9.7	3.4	6.3	1.5	11.9	11.2	0.26	0.24	0.09	0.04
Banderilla Diana	8.6	3.6	6.4	2.1	10.7	12.7	0.29	0.21	0.08	0.03

\*(F) en floración y (M) en madurez.  
Fuente: Beltrán *et al.*, 2007.

### Variedades recomendadas

Para asegurar una mayor producción de forraje se recomienda sembrar semilla de calidad de variedades mejoradas. En México la institución responsable de inspeccionar, vigilar y verificar que la producción de semillas se lleve a cabo conforme a las normas vigentes es el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

### Descripción de la actividad

Consultar los catálogos de las variedades recomendadas de cultivos forrajeros en la región (Espinosa *et al.*, 2004).

### Principios básicos de la actividad

Una variedad mejorada es el producto de la aplicación de alguna técnica de mejoramiento genético, con características propias. Una variedad mejorada reúne la condición de ser diferente a otras, es estable y uniforme. Generalmente es de mayor rendimiento y calidad que las variedades que la antecedieron; es precoz, resistente a plagas y enfermedades, y con potencial de uso para determinada región (Espinosa *et al.*, 2004).

Las variedades mejoradas liberadas por los fitogenetistas son inscritas en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC), dependiente del SNICS (SNICS, 2009), para tener acceso a su certificación. Cada nueva variedad debe ser evaluada por lo menos durante tres años y lograr rendimientos similares o superiores a los de las variedades testigo, para ser incorporada al Boletín de Variedades Recomendadas (BVR), por la SAGARPA. En el Cuadro 12 se muestra un ejemplo de la información de un híbrido de maíz liberado (No. de registro MAS-793-150806) y recomendado para producción de grano y forraje.

En el Cuadro 13 se presentan algunas variedades de avena recomendadas para condiciones de temporal en el Estado de México.



**CUADRO 12. RENDIMIENTO DE GRANO (t ha<sup>-1</sup>) DEL HIBRIDO DE MAÍZ H-376 Y DEL MEJOR TESTIGO A TRAVÉS DE AÑOS Y LOCALIDADES (Peña et al., 2007).**

AÑO	LOCALIDAD	H-376	TESTIGO	RENDIMIENTO MEDIO
2001	Pabellón, Ags.	12.3	11.3	10.3
	Calera, Zac.	14.5	13.1	12.9
	Durango, Dgo.	8.6	10.4	9.7
	Celaya, Gto.	13.3	13.4	11.4
2002	Pabellón, Ags.	14.2	12.4	11.8
	Calera, Zac.	16.6	13.8	13.3
	Durango, Dgo.	10.9	7.1	9.2
	Delicias, Chih.	11.0	8.0	7.7
2003	Pabellón, Ags.	14.8	13.0	8.7
	Cuauhtémoc, Chih.	10.4	11.9	9.8
	Delicias, Chih.	10.5	8.6	8.1
	Calera, Zac.	16.1	13.0	13.7
	Celaya, Gto.	16.4	15.8	11.8
	Durango, Dgo.	11.1	9.3	9.7

**CUADRO 13. VARIETADES DE AVENA RECOMENDADAS PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE MÉXICO: RESPUESTA A ENFERMEDADES, CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, RENDIMIENTO DE FORRAJE Y GRANO, Y ORDEN DE OPCIÓN PARA SIEMBRA EN LOS DIFERENTES AMBIENTES DE PRODUCCIÓN (Villaseñor, 2008).**

VARIEDAD	Fol.	ROYA TALLO	ROYA HOJA	CICLO	ACAME	USO	PACAS (20 KG)	GRANO (KG HA <sup>-1</sup> )	TEMPORAL		
									Fav	Int	Crt
Obsidiana	R	MS	MR	T	MS	G-F	430	2953	1*	1	4
Karma	MR	MR	MS	I	MR	G-F	394	2770	3	2	1
Avemex	R	MS	MR	T	MS	G-F	462	2390	2	4	2
Menonita	MS	MR	MS	P	R	G-F	324	2500	4	3	3
Saia	R	S	R	MP	S	F	500	-	5	5	-

Fol = Complejo de enfermedades foliares; R = Resistente; MR = Moderadamente resistente; MS = Moderadamente susceptible; S = Susceptible; T = Tardío; I = Intermedio; P = Precoz; MT = Muy tardío; G-F = Grano y Forraje; F = Forraje; Fav = Favorable; Int = Intermedio; Crt = crítico; Pacas = Rendimiento de seis ambientes; Grano = Rendimiento de 16 ambientes; \* = orden de preferencia de las variedades en cada uno de los tres ambientes de temporal.

### Uso del cultivo forrajero

#### Descripción de la actividad

Revisar la respuesta de los cultivos forrajeros seleccionados de acuerdo con la forma de utilización (corte o pastoreo).

## **Principio básicos**

Una vez seleccionado el cultivo y la variedad de forraje es muy importante evaluarlo de acuerdo con la forma en que se va a utilizar como alimento para el hato. Cuando va a ser utilizado en pastoreo, la variedad debe tolerar el pisoteo y tener una alta capacidad de rebrote. Por ejemplo, el trébol pata de pájaro es resistente al pisoteo, mientras que el sainfoin es muy sensible debido a que su corona es muy débil (Glover, 1997). Otro ejemplo es el cultivo de la avena. En éste hay variedades con muy baja capacidad de rebrote, aptas para producir heno, pero si se utilizan para pastoreo no funcionan tan bien como las de hábito de crecimiento postrado con puntos de crecimiento bajos que le permiten rebrotar después del pastoreo.

El punto de partida para la producción sustentable de forraje es la elección del cultivo a sembrar. El siguiente paso es conocer cómo deben establecerse los cultivos y los factores a tomar en cuenta para obtener producciones óptimas y una alta calidad nutrimental.

## **ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS FORRAJEROS**

Las prácticas agronómicas que se deben considerar para el establecimiento de cultivos forrajeros son la preparación del terreno y la época, densidad y método de siembra. Es importante tomar en cuenta el equipo para la preparación del terreno, así como su calibración

### **Preparación del terreno**

#### **Descripción de la actividad**

Conocer los procesos básicos que se deben tomar en cuenta para la correcta preparación del terreno así como la época, la densidad y el método de siembra para el establecimiento de los cultivos forrajeros.

#### **Principios básicos de la actividad**

Una adecuada preparación del terreno es fundamental para lograr un buen establecimiento en campo de las especies forrajeras; si esto no se realiza adecuadamente se tendrá una baja emergencia de plántulas y por consiguiente un bajo rendimiento, además del uso deficiente del agua de riego (SARH, 1981; INIFAP, 2005).

#### **Prácticas de preparación del terreno**

En los sistemas de lechería familiar el uso de tracción animal en la preparación del terreno para la siembra de forrajes es común, especialmente para aquellos productores que no disponen de equipos mecánicos. Además, en unidades de producción con terrenos de lomeríos, en donde no es posible realizar el barbecho y rastreo con tractor, la tracción animal para preparar el terreno siguiendo las curvas de nivel es la mejor alternativa para evitar en lo posible la erosión del suelo.

Las prácticas más importantes para lograr una buena preparación del terreno, ya sea con maquinaria agrícola o con tracción animal, son las siguientes: subsoleo, barbecho, rastreo, nivelación o empareje (INIFAP, 2005).



**Subsoleo.** Esta práctica se recomienda en terrenos muy compactados o con una capa superficial dura (de 30 a 60 cm de profundidad) que puede impedir el buen drenaje o la libre penetración de raíces de cualquier cultivo. La profundidad del subsoleo adecuada varía entre 60 y 80 cm si se considera que la máxima actividad radicular de cualquier cultivo está entre 0 y 60 cm. Se recomienda realizar esta práctica cada tres años en las áreas de explotación intensiva; en suelos arenosos y delgados, cuya profundidad sea menor a 60 cm, no se recomienda debido a la erosión.

**Barbecho.** Tiene como objetivo mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo ya que permite una mejor captación y retención del agua de lluvia, además de incorporar los residuos del cultivo anterior y de las malezas para propiciar su descomposición y aumentar la fertilidad así como el contenido de materia orgánica. Al voltear el suelo se exponen a la superficie huevos, larvas y pupas de plagas que son destruidas por diferentes agentes bióticos y climáticos, con los que se ejerce un control adicional de plagas y enfermedades. Al mismo tiempo se expulsan semillas de malezas en diferentes estadios de germinación, lo cual contribuye a disminuir el grado de infestación. En suelos con texturas migajón arenoso y migajón arcilloso el barbecho se debe realizar a una profundidad de 30 cm, mientras que en suelos de textura arenosa a 15 cm. En laderas o pequeñas colinas onduladas, la labor de barbecho debe hacerse siguiendo las curvas de nivel del terreno para reducir el escurrimiento superficial del agua y evitar la erosión del suelo.

**Rastreo.** Se recomienda dar los pasos necesarios con rastra de discos acoplada al tractor, o con arado de vertedera en tracción animal con el propósito de desbaratar los terrones formados por el barbecho. Lo anterior permite mullir la capa más superficial del terreno para obtener una cama de siembra que facilite la germinación de las semillas y retenga la humedad. En suelos con textura migajón arenoso y migajón arcilloso se deben dar de dos a tres pasos de rastra, mientras que para los de textura arenosa se recomienda dar un solo paso, esto es con la finalidad de evitar la pérdida de humedad en el suelo.

**Nivelación o empareje.** Consiste en la preparación del suelo para darle la forma planimétrica que permite una mejor distribución del agua de riego. La nivelación es muy importante cuando se van a sembrar cultivos de grano pequeño, como alfalfa, debido a que se logra una mejor distribución de la semilla, una adecuada población de plantas y se aprovecha mejor el agua. La nivelación también ayuda a evitar excesos de humedad en algunas partes del terreno que favorece la incidencia de enfermedades.

En condiciones de temporal es conveniente que el terreno esté lo mejor nivelado posible para captar al máximo el agua de lluvia, así como evitar encharcamientos en las partes bajas del terreno o erosión del suelo en las partes más altas al presentarse escurrimientos y deslaves. La nivelación o emparejamiento debe realizarse inmediatamente después del rastreo ya sea con niveladora cuando se trate de la tracción mecánica, o con un riel o trozo de madera pesada para la tracción animal.

Considerando las prácticas que incluye la preparación del terreno, es importante definir cuáles se realizarán tomando en cuenta el cultivo a sembrar, el tipo de suelo y la condición de humedad en la región de interés. Con base en lo anterior, las actividades recomendadas para algunos cultivos forrajeros son las siguientes:

**Maiz.** Barbechar a 30 cm de profundidad inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior con el fin de incorporar residuos vegetales y facilitar la captación de humedad. En



febrero o principios de marzo se debe dar un rastreo, y de ser necesario, para suelos pesados, en caso necesario, se dará un segundo rastreo en forma perpendicular al primero. Finalmente la nivelación o emparejamiento (Albarrán *et al.*, 1990; Díaz *et al.*, 1999 y Báez *et al.*, 2006).

**Alfalfa, pastos introducidos y mezclas.** Realizar un barbecho y de uno a dos pasos de rastra. En suelos profundos donde se ha formado el piso de arado, o donde existe algún estrato que obstaculice tanto la penetración de las raíces como la infiltración del agua de lluvia, se requiere dar un subsoleo. En suelos arenosos o con profundidades menores no es recomendable el subsoleo debido a que puede favorecer la erosión (Gutiérrez *et al.*, 2000; Becerra, 2004). El barbecho se realiza con arado de discos o de vertedera, ya sea con tracción mecánica o animal, dependiendo de la disponibilidad del equipo y de las características del terreno.

**Pastos nativos.** Para establecer una pradera de pastos nativos, ya sea en áreas de pastizal o en parcelas agrícolas de baja productividad o marginales, es necesario evaluar las condiciones que presenta el sitio, ya que de este diagnóstico dependerá el tipo de preparación adecuado. No en todos los agostaderos es recomendable resembrar pastos. En algunos sitios habrá necesidad de realizar una limpia selectiva de especies, eliminando los árboles indeseables para la ganadería y conservando los deseables, como el mezquite (*Prosopis* spp.), arbustivas forrajeras, nopal (*Opuntia*, sp.), entre otras. Se recomienda evaluar en el sitio la presencia de pastos nativos. Existe menos del 15 % de cobertura, se recomienda resembrar (mediante la dispersión de la semilla del pasto nativo); si la cobertura es mayor, el sitio debe ser rehabilitado mediante manejo. La ventaja de revegetar el agostadero con especies nativas es que se restablece la sucesión ecológica, lo que favorece su establecimiento y persistencia ya que tienen defensas naturales en su medio (Beltrán *et al.*, 2007).

En áreas de baja productividad donde es conveniente la reconversión productiva, la siembra de pastos es recomendable. A diferencia de lo que sucede en los agostaderos, en estas áreas sí se puede preparar el terreno con subsoleo, barbecho o multiarado, rastra sencilla o doble, ya que no existe vegetación nativa que se debe conservar. Es muy importante hacer una buena preparación de la cama de siembra ya que será la última vez que se trabajará de esta manera debido a que se establecerá una especie perenne (Beltrán *et al.*, 2007).

**Nopal forrajero.** La preparación del terreno para establecer nopal forrajero consiste en realizar un subsoleo a 50 cm de profundidad, y antes de la plantación dar uno o dos pasos de rastra (Ríos y Quintana, 2004). Cuando las condiciones del terreno no permiten el uso de maquinaria o no se dispone de ella, la preparación se hace con equipo de tracción animal (Ríos y Quintana, 2004).

## Época, densidad y método de siembra

### Descripción de la actividad

Conocer la época, método y densidad de siembra de los principales cultivos forrajeros, así como saber estimar la cantidad de semilla pura viable para determinar la cantidad real de semilla comercial que se requiere para una densidad de población óptima.



## Principios básicos de la actividad

**Época de siembra.** La elección de la fecha de siembra de un cultivo es un factor que se debe manejar con mucho cuidado, ya que para obtener altos rendimientos se debe realizar la siembra en la fecha que permita al cultivo alcanzar su máxima tasa de crecimiento, cuando las condiciones de humedad (temporal, humedad residual, punta de riego y riego), temperatura y fotoperiodo, sean las mejores de acuerdo a los requerimientos de cada especie. Además, se debe considerar también la ocurrencia de heladas tempranas y granizadas, así como la incidencia de plagas y enfermedades.

En el Cuadro 14 se presentan las épocas de siembra recomendadas para el establecimiento de algunos cultivos forrajeros. Cuando los cultivos son sembrados en condiciones de temporal, las fechas deben coincidir con el inicio del periodo de lluvias. Con excepción del maíz, todos los cultivos mencionados pueden sembrarse en invierno, en condiciones de riego, del 1 de octubre al 30 de diciembre.

En el caso de los pastos nativos las resiembras deberán efectuarse al inicio de la temporada de lluvias, generalmente de mayo a julio. No es conveniente sembrar después del 30 de agosto, ya que las heladas tempranas podrían acabar con las plántulas, que para entonces todavía no han desarrollado un adecuado sistema radical. Es posible sembrar en seco (antes del periodo de lluvias), aunque ello implica un riesgo de pérdida de semillas por insectos, roedores o por el viento (Beltrán *et al.*, 2007).

## 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 para la captura de energía solar. En cualquier cultivo la densidad depende de los siguientes factores: características de las plantas, humedad (riego, punta de riego, residual y temporal), calidad física y fisiológica de la semilla y fertilidad del suelo. Por lo tanto, antes de decidir qué cantidad de semilla se requiere, se recomienda revisar la información disponible en cada región en particular, de acuerdo con el cultivo y la variedad de interés.

Para contribuir con este propósito, se han desarrollado técnicas de análisis que permiten evaluar la calidad de las semillas para la siembra (Hernández y Carballo, 1997) las cuales son de interés tanto para la industria semillera como para la autoridad encargada de la certificación, por lo que permiten determinar el valor de las semillas para beneficio del agricultor (ISTA, 2009). En ese contexto, un factor básico para la producción de granos o forrajes es la utilización de variedades con alto potencial de rendimiento (Pérez, 2006a; Pérez, 2006b).

Una semilla de buena calidad contribuye a una mayor eficiencia productiva en una amplia gama de condiciones ambientales, ya que su emergencia es rápida y uniforme. La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de sus atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995. La calidad genética, se refiere a pureza varietal de la semilla; la calidad física involucra características tales como contenido de humedad, peso por volumen tamaño de semilla, pureza, entre otras (Moreno, 1996); la calidad fisiológica considera la viabilidad, germinación y vigor, que refleja la habilidad de la semilla para establecerse y desarrollarse en campo; y la calidad sanitaria determina la presencia de patógenos en la superficie de las semillas o dentro de ellas.

CUADRO 14. CALENDARIO DE SIEMBRA DE ESPECIES FORRAJERAS EN CONDICIONES DE TEMPORAL Y RIEGO EN ZONAS TEMPLADAS.

CULTIVO	TEMPORAL												RIEGO																	
	MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE								
	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30						
<b>Maiz</b>	Tardío H135, H157, H159, HS2, CRIOLLO TARDIO			Intermedio H40, H42, H44, H48, H50, H66, H58 PROMESA, CRIOLLO INTERMEDIO			Precoz H30, VS46, VS22, AS822 CRIOLLO PRECOZ																							
<b>Avena</b>	SAIA												AVEMEX, OBSIDIANA			KARMA, MENONITA			TURQUESA, ÁGATA, JADE			TURQUESA, ÁGATA, JADE			ESPERANZA					
<b>Cebada</b>													ADABELLA			ESMERALDA														
<b>Trigo</b>													REBECA F-2000			JUCHI F-2000 NAHUATL F-2000														
<b>Triticale</b>													SECANO TCL-96																	
<b>Alfalfa</b>													PUEBLA, ATLIXCO, OAXACA, MOAPA VALENCIANA, SAN MIGUELITO			PUEBLA, ATLIXCO, OAXAQUENSIS GENEX 9680, MAYA, ASTRO														
<b>Ebo o veza, Mezclas Pastos con leguminosas</b>													VEZA COMÚN RYE GRASS PERENNE, RYE GRASS ANUAL, ORCHARD, FESTUCA, TRÉBOL			VEZA COMÚN RYE GRASS PERENNE, RYE GRASS ANUAL, ORCHARD, FESTUCA, TRÉBOL														
<b>Pastos nativos</b>													RESIEMBRAS DE DIFERENTES GÉNEROS Y ESPECIES NATIVAS <i>Bouteloua gracilis</i> (pasto navajita, Cecilia), <i>Bouteloua curtipéndula</i> (pasto banderilla, Diana)																	

Fuente: Gutiérrez et al., 2000; Tovar et al., 2002; Tovar et al., 2003; Becerra, 2004; Zamora y Solano, 2004; Báez et al., 2006; Villaseñor, 2008.



La prueba de germinación de las semillas es la más aceptada para evaluar la calidad fisiológica, debido a la consistencia de los resultados en el análisis de muestras iguales en diversos laboratorios de control de calidad, ya que algunos investigadores reportan una alta correlación con la emergencia en campo. En variedades de maíz con potencial forrajero las variables de calidad de semillas más relevantes para la predicción del establecimiento son: longitud de semilla, peso de mil semillas, peso seco de la parte aérea y velocidad de emergencia (Hernández y Carballo, 1997; Pérez, 2006a; Pérez, 2006b).

En pruebas de germinación es frecuente encontrar semillas que no germinan aun cuando han absorbido agua, oxígeno y se encuentran en condiciones óptimas de temperatura, luz y humedad (ISTA, 2009), a estas semillas se les denomina latentes, y para germinar requieren de un tratamiento pregerminativo que sucede ser escarificación mecánica; escarificación con ácido sulfúrico o nítrico; remojo de la semilla con agua caliente; exposición de la semilla a temperaturas altas (40°C) antes de la siembra; alternancia de temperaturas altas y bajas (choque térmico), etc. (Moreno, 1996; ISTA, 2009).

Las especies de pastos en los que la semilla presenta latencia son las siguientes: *Paspalum notatum*, *Andropogon*, *Botriochla ischaemum*, *Schizachyrium scoparium*, *Buchloe dactyloides*, *Cenchrus ciliaris*, *Bouteloua* spp., *Stipa viridula*, *Oryzopsis hymenoides*, *O. miliacea*, *Eragrostis* spp., *Sporobolus cryptandrus*, *Pennisetum virgatum*, *Ehrharta calycina*, *Agropyron smithii* y *Sorghastrum nutans*.

### **Cálculo de porcentaje de semilla comercial**

Para la siembra de cualquier cultivo forrajero, 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, a la sombra, y sembrarla lo más pronto posible.
3. Realizar una prueba de germinación
4. Calcular el porcentaje de pureza.

Para determinar el porcentaje la Semilla Pura Viable (SPV) en un lote de semillas se recomienda tomar una muestra al azar de 100 g cuatro repeticiones. Se separan las impurezas y se vuelve a pesar cada una de las muestras por separado. Posteriormente se suman los resultados, o se divide entre el número de repeticiones (Moreno, 1996) (Ver ejercicio 2).

Para calcular el porcentaje de germinación (PG) se recomienda utilizar la prueba de germinación estándar por el método de "entre papel" recomendado por la ISTA (2009), el cual consiste en extender en una superficie plana dos toallas "sanitas" previamente humedecidas con agua destilada, y sobre ellas colocar cuatro repeticiones de 25 semillas distribuidas en cinco columnas y cinco hileras. Una vez acomodadas las semillas se cubren con otras dos toallas húmedas, se enrollan en forma de "taco", y se ponen a germinar. Durante la prueba se deben mantener constantes la humedad y la temperatura a 25 °C. La evaluación de los tratamientos se debe realizar a los cuatro y siete días. El porcentaje de germinación es el resultado de dividir el número total de plántulas emergidas dividido entre el total de semillas que se pusieron a germinar.

Una vez obtenidos estos resultados se procede a obtener la cantidad de semilla pura viable mediante la siguiente fórmula:

$$SPV = \frac{\text{Porcentaje de pureza} \times \text{Porcentaje de germinación}}{100} = \%$$

Para calcular la cantidad de semilla comercial (SC) en kilogramos por hectárea se utiliza la siguiente fórmula:

$$SC = \frac{\text{Densidad de siembra (kg)} \times 100}{\text{Porcentaje de SPV}} = \text{kg ha}^{-1}$$

## Método de siembra

Los métodos de siembra de cultivos forrajeros son dos:

1. **Siembra al voleo.** Permite una distribución uniforme de las semillas, pero es difícil regular la profundidad a que son depositados en el suelo, lo cual se disminuye el porcentaje de establecimiento.
2. **Siembra en surcos.** Ésta permite controlar mejor la profundidad a que debe quedar la semilla. Este método de siembra asegura un mayor porcentaje de establecimiento, y por lo tanto menor cantidad de semilla.

En el Cuadro 15 se presentan algunas recomendaciones para lograr un buen establecimiento de plantas.

**CUADRO 15. MÉTODO, PROFUNDIDAD Y CANTIDAD DE SEMILLA POR HECTÁREA NECESARIOS PARA ESTABLECER CULTIVOS FORRAJEROS EN ZONAS TEMPLADAS.**

CULTIVOS	MÉTODO DE SIEMBRA	PROFUNDIDAD (cm)	kg ha <sup>-1</sup> DE SEMILLA	
			TEMPORAL	RIEGO
<i>Anuales</i>				
Maiz	Surcos	4-5	24-30	28-35
Sorgo	Surcos	4-5	22-25	22-25
Avena	Voleo/surcos	3-5	120	140
Trigo	Voleo/surcos	3-5	120	150
Cebada	Voleo/surcos	3-5	120	150
Ebo o Veza	Voleo/surcos	4-5	35	
<i>Perennes</i>				
Alfalfa	Voleo/surcos	1-2	35	40
Ballico solo (Rye grass)	Voleo/surcos	1-2	35	40
Mezclas G+L			40	
-Rye grass perenne			20	
-Rye grass anual			8	
- Orchard			7.2	
-Trébol ( <i>T. repens</i> )			3.2	
-Trébol ( <i>T. pratense</i> )			1.6	
Nopal forrajero	Surcos	15 cm	1 penca cada 15 cm (40,000 pl ha <sup>-1</sup> )	

G+L= Gramíneas + Leguminosas Albarrán *et al.*, 1990; Díaz *et al.*, 1999; Gutiérrez *et al.*, 2000; Ríos y Quintana, 2004; Báez *et al.*, 2006; Beltrán *et al.*, 2007.



Para el cultivo de maíz se recomienda una distancia entre surcos de 80 cm y entre plantas de 15 cm, esto equivale a una densidad de 80,000 plantas por hectárea. Para cereales se recomienda una separación entre surcos de 15 a 30 cm. Para nopal forrajero la distancia entre surcos debe ser de 80 cm, y las pencas se entierran con orientación de norte-sur (las caras de la penca hacia este y oeste), pues se ha demostrado que con esta orientación se logra mayor desarrollo radicular y menor daño por quemaduras del sol (Ríos y Quintana, 2004).

En el caso de revegetación de agostaderos se han determinado diferentes densidades de siembra dependiendo de la especie. Por ejemplo, para Navajita Cecilia se recomiendan 1.5 kg ha<sup>-1</sup> de SPV y para Banderilla Diana 5 kg ha<sup>-1</sup> de SPV. La siembra se realiza al voleo y se tapa con el paso de una "rastra" de ramas; se recomienda no enterrar la semilla más de siete veces su tamaño. También es posible utilizar una sembradora para granos pequeños, por ejemplo, la sembradora Brillion, con la que la siembra es mucho más uniforme y va cubriendo la semilla con una capa ligera de suelo. Otra opción es producir plántulas en vivero o invernadero para luego ser trasplantadas al comienzo de la estación de lluvias. Con esta práctica las posibilidades de éxito son superiores al 90% si se realizan obras de captación de la lluvia al momento del trasplante.

## Ejercicio 2. Cálculo de la cantidad de semilla comercial por hectárea

### Ejemplo:

Se desea sembrar maíz forrajero a una densidad de 25 kg (60 000 pl/h y el saco de semillas indica en la etiqueta un porcentaje de pureza del 75 %, además, las pruebas de germinación (que usted realizó) dio como resultado un 85 % de emergencia. Entonces, la semilla pura viable (SPV) será:

$$\text{SPV} = \frac{\% \text{ pureza} \times \% \text{ germinación}}{100} = \frac{75 \% \times 85 \%}{100} = 63.5 \%$$

Para calcular la cantidad de semilla comercial (SC) por hectárea se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Kg SC/ha} = \frac{\text{densidad de siembra (kg)} \times 100}{\% \text{ SPV}} = \frac{25 \times 100}{63.5 \%} = 39.4 \text{ kg ha}^{-1}$$

### Ejercicio

Se desea sembrar avena para forraje a una densidad de siembra de 120 kg. Un lote de semilla de avena que se adquirió tiene marcado en la etiqueta un porcentaje de pureza del 85 % y las pruebas de germinación (que usted realizó) dieron como resultado un 90 % de emergencia.

1. Calcular el porcentaje de semilla pura viable
2. Calcular la cantidad de semilla por hectárea

## Ejercicio 3. Metodología para realizar la prueba de germinación a la semilla

Utilizar el método de "entre papel" que consiste en extender en una superficie plana dos toallas "sanitas" previamente humedecidas con agua destilada y sobre ellas colocar 25 semillas distribuidas en cinco columnas y cinco hileras. Una vez acomodadas se cubren con otras dos toallas húmedas, se enrollan en forma de "taco", y se ponen a germinar, dentro de

bolsas de polietileno transparente en una cámara germinadora. Durante la prueba se deben mantener constantes la humedad y la temperatura a 25 °C. La evaluación de la germinación se realiza a los cuatro y siete días. Los datos a registrar son los siguientes:

Porcentaje de germinación al cuarto días (PG4D) y al séptimo día (PGT): porcentaje de semillas que produjeron plántulas con raíz y plúmula bien desarrolladas, sanas y sin malformación. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{\text{No. de plántulas germinadas} \times 100}{\text{No. de semillas establecidas}} \times 100$$

### Formato para el registro de datos de calidad de semillas

REPS	NO. PLANTAS GERMINADAS	PG4D (%)	NO. PLANTAS GERMINADAS TOTAL	PGT (%)
1	15	60	20	80
2				
3				
4				

ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. Tech. 21 (suppl): 288 p.

## MANEJO AGRONÓMICO

Del manejo agronómico de los cultivos forrajeros depende la obtención máxima producción de forraje. El manejo agronómico también permite conservar el equilibrio entre las especies, preservar las condiciones productivas, y mejorar el ambiente, los ingresos del productor y su nivel de vida.

Entre las prácticas que incluye el manejo agronómico están las siguientes: selección adecuada de los métodos de riego o de captación de agua de lluvia, la fertilización y el control de malezas, plagas y enfermedades.

### Captación de agua en áreas de temporal

#### Descripción de la actividad

Con la finalidad de incrementar la producción de forraje de los cultivos forrajeros en áreas de temporal es importante Conocer los métodos de captación de agua de lluvia como el contreo o pileteo y el sistema aqueel.

#### Principios básicos de la actividad

En áreas de temporal la humedad que requieren los cultivos para su desarrollo es aportada por el agua de lluvia, pero cuando ésta es escasa, o su distribución no coincide con los períodos de máxima demanda de las plantas, es necesario buscar alternativas para captar y almacenar humedad en el suelo, entre las que está el contreo o pileteo y el aqueel. Por el contrario, en áreas de riego el agua es aportada a los cultivos a través de métodos del riego principalmente, complementados con el agua de lluvia.



## Manejo del agua

**Contreo o pileteo.** Desde hace mucho tiempo los agricultores se han preocupado por conservar la humedad en el suelo. La experiencia les ha enseñado que la limitante más drástica en la producción de cualquier cultivo en áreas de mediana y baja productividad es la sequía. Una práctica agrícola para conservar la humedad del suelo de manera eficiente es el contreo o pileteo.

La práctica del contreo o pileteo fue introducida en las Grandes Planicies del Sur de los Estados Unidos en la década de 1930 con el objetivo de captar, conservar y distribuir el agua con potencial de escurrimiento más uniformemente sobre todo el terreno (Shedd *et al.*, 1935). En la década de 1980, en la Unidad de Ingeniería y Mecanización Agrícola (UIMcon sede en el Campo Experimental Pabellón, INIFAP, en Aguascalientes, Ags. se inicia la adaptación de prototipos de contreadoras a las condiciones de temporal en México capaces de realizar el contreo tanto en forma mecánica como con tracción animal (Castillo *et al.*, 2004). Los Estados en donde han adoptado esta práctica son: Zacatecas, Aguascalientes, Durango, Chihuahua (Galindo-González y Zandate-Hernández, 2007) y San Luis Potosí.

El contreo consiste en levantar pequeños bordos de tierra a intervalos de 0.8 m entre surco y surco (Figura 13), con los siguientes objetivos: a) captar el agua de lluvia, retenerla en el suelo por más tiempo para que esté disponible para el cultivo; b) con el agua captada incrementar la productividad de los cultivos o evitar su pérdida total; c) controlar parcialmente la degradación del suelo (Cruz y del Toro, 1990; Cruz, 1995); d) incrementar el rendimiento y la calidad de la cosecha; e) mayor producción de paja o forraje (Castillo *et al.*, 2004). El costo del contreo es mínimo ya que se realiza en forma simultánea con las labores de siembra y escardas.

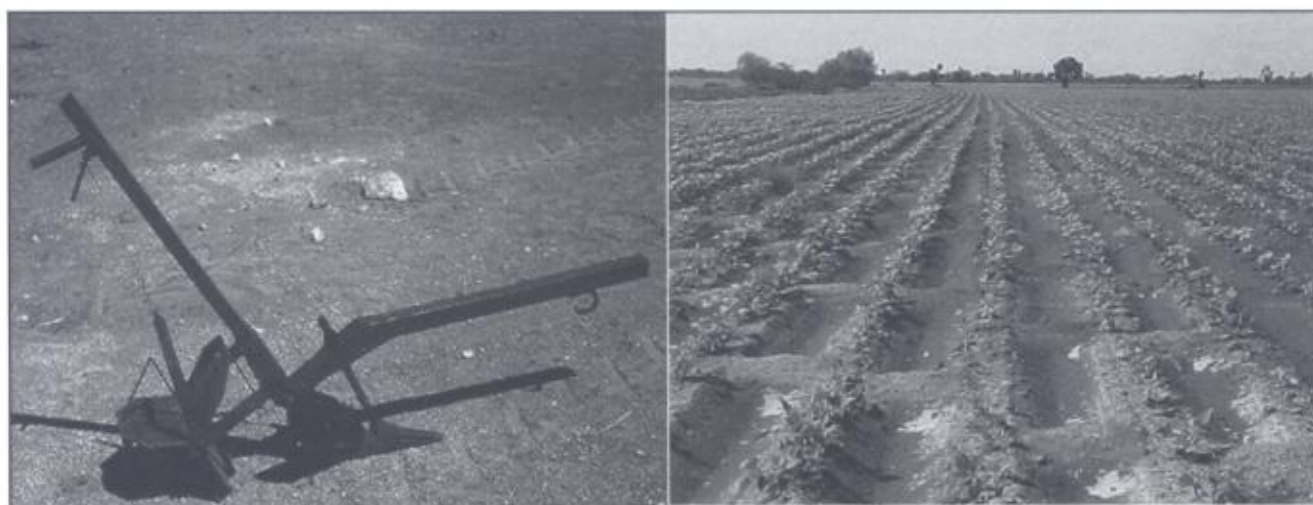


Figura 13. Contreadora de tracción animal y contreo en el cultivo de frijol.

**Aqueel.** Es un implemento que consta de un conjunto de ruedas dentadas con diseño geométrico que forman un rodillo que realiza indentaciones o microdepresiones en la superficie del suelo. Estas indentaciones forman pequeños reservorios donde se almacena hasta un litro de agua de lluvia, que permanece en el terreno por un largo periodo hasta que se infiltra. Al permanecer el agua en el terreno la distribución de la humedad en el suelo es más uniforme (Osuna *et al.*, 2007), reduciendo considerablemente la erosión. Se recomienda utilizar el aqueel al momento de la siembra.

Para la rehabilitación de pastizales en zonas áridas y semiáridas, es fundamental realizar alguna obra de captación de humedad, ya que el principal factor limitante para el establecimiento y producción de las especies forrajeras es la escasez de agua. En estas áreas las prácticas más recomendables son el bordeo en curvas a nivel, en donde el espaciamiento dependerá de la pendiente del terreno y del tipo de suelo; el surcado al contorno y el surcado Lister, principalmente (Beltrán *et al.*, 2007).

## **Riego**

### **Descripción de la actividad**

Conocer y elegir el método de riego a aplicar de acuerdo con la topografía del terreno y las condiciones climáticas locales durante el ciclo de producción del cultivo en cada localidad.

### **Principios básicos de la actividad**

Las plantas en desarrollo transpiran grandes cantidades de agua. A la relación entre las cantidades de agua requeridas por los cultivos se le llama relación de transpiración, la cantidad de litros de agua necesarios para producir cada kilogramo de materia seca sin incluir las raíces. Las necesidades de agua de las plantas varían en función de la intensidad de luz, la humedad aprovechable y la cantidad de materias nutritivas aprovechables. La pérdida total de agua de una extensión cosechada se conoce como índice de evapotranspiración. El desarrollo de la planta aumenta a la misma velocidad que el esfuerzo de la humedad se reduce hasta que la disminución de la aireación se hace crítica. Los métodos de riego para aplicar el agua a los cultivos son los siguientes (Hargreaves y Merkle, 2000):

- a) Superficial o gravedad. En este método el agua se distribuye en el área de cultivo por gravedad, a través de surcos, melgas, cuadros, terrazas, etc.
- b) Aspersión. El agua es distribuye en forma de lluvia artificial a través de equipo especial de rociado, entre el que está tubería portátil, laterales móviles, cañones y pivotes centrales.
- c) Goteo. En este método el agua sea suministrada en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta, y el equipo que se utiliza son goteros o microgoteros.
- d) Subterráneo. Con este método el suelo se humedece por medio de humidificadores que se colocan debajo de la planta, aproximadamente a 40-45 cm de profundidad. También puede regarse en forma subterránea a través del control de niveles freáticos donde se mantiene la humedad del terreno en niveles deseados. En el Cuadro 16 se presenta una guía para seleccionar el método de riego de acuerdo con el cultivo y la topografía.



**CUADRO 16. GUÍA PARA SELECCIONAR EL MÉTODO DE RIEGO DE ACUERDO CON EL CULTIVO Y LA TOPOGRAFÍA.**

MÉTODO DE RIEGO	TOPOGRAFÍA	CULTIVOS	OBSERVACIONES
Melgas o franjas anchas	Pendientes que pueden ser ajustadas a menos de 1% y preferiblemente al 0.2%	Alfalfa	Método apropiado para irrigar cultivos de crecimiento denso (topografía favorable). En terrenos planos se requiere una pendiente uniforme en la dirección del riego, siendo más conveniente una pendiente superior al 0.5%. Los cambios de pendiente deberán ser ligeros; evitar las contra pendientes y las pendientes transversales.
Melgas o franjas angostas	Pendientes que pueden ser ajustadas al 4% o menos; preferiblemente menos de 1%	Pastos	Especialmente adaptados para suelos superficiales sobre una capa endurecida de arcilla, o suelos de baja infiltración. Son deseables pendientes uniformes en dirección del riego, pero no esenciales. Los cambios severos en la pendiente y contrapendiente deberán ser suavizados. La pendiente transversal es permisible cuando se limita a una diferencia de elevación entre bordos de 6- 9 cm.
Tubería portátil	Pendientes irregulares hasta del 12%	Pastos y cereales	Especialmente adaptado a cultivos forrajeros. Requiere poco o ningún movimiento del suelo.
Riego subterráneo	Pendiente cercana a cero	Pastos	Requiere un nivel freático elevado, subsuelo muy permeable y una nivelación precisa. Muy pocas áreas están adaptadas para este método.
Riego subterráneo (con tuberías)	Pendientes del 0 al 1%	Cultivos en hileras	Requiere la instalación de tubería plástica perforada a espaciamientos estrechos en la zona de raíces. Existen dificultades cuando las raíces se insertan en las perforaciones. No se pueden corregir espaciamientos tan fácilmente. Se requieren pruebas de campo en los diferentes tipos de suelo.
Micro riego (goteo y micro aspersión)	Cualquier pendiente apta para cultivos en hilera	Cultivos en hileras	En la superficie del suelo se requiere tubería perforada la cual gotea en la base de cada planta o cada árbol. Ha sido utilizado con éxito en riegos con alta frecuencia y agua salina.

Fuente: adaptado de Hargreaves y Merkle (2000).

## Fertilización

Probablemente los fertilizantes son los insumos de mayor impacto en agricultura en el mundo, ya que los altos volúmenes de alimentos que se producen hoy en día dependen en gran medida de ellos (Castellanos *et al.*, 2005). Sin embargo, para su fabricación se requieren grandes cantidades de combustibles de alto costo, lo que disminuye la posibilidad de obtener buenas cosechas (Paredes, 1988). Una alternativa al uso de fertilizantes químicos para mantener la productividad de los cultivos es el empleo de biofertilizantes, como los hongos micorrícicos vesículo-arbusculares (MVA), las rizobacterias, las hormonas esteroidales y otros compuestos biológicos, los cuales además disminuyen la contaminación de la atmósfera, suelo y agua (Pérez, 2000).

### Descripción de la actividad

Conocer los tipos de fertilizantes químicos (sólidos y foliares) y biológicos, así como la selección, dosis, época y método de aplicación de los mismos, además de estimar las necesidades de fertilización química en los cultivos forrajeros.

### Principios básicos de la actividad

**Fertilización química.** Este tipo de fertilización juega un papel importante en la calidad, cantidad y costo por unidad de forraje producido. El abastecimiento adecuado de los nutrimentos requeridos por la planta es clave para asegurar rendimientos óptimos; por tal razón es importante realizar análisis de suelo y planta, para conocer las deficiencias nutrimentales y con base en ello tomar las decisiones adecuadas de qué fertilizante aplicar y en qué dosis.

La mayoría de los suelos de cualquier sistema de producción agrícola requieren de la fertilización para reponer los nutrimentos que extrajeron las plantas. Entre ellos están los primarios: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S); y en menor cantidad los elementos menores o micronutrimentos: fierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), molibdeno (Mo), boro (y Cloro (Cl) que se pierden por lixiviación. La forma más rápida de poner a disposición de la planta los nutrimentos que requiere es aplicando productos químicos comerciales, que tienen diferentes concentraciones dependiendo del componente principal. Algunas fórmulas contienen dos o tres elementos esenciales, tal es el caso del 18-46-00. En el Cuadro 17 se presentan las fuentes comerciales de los tres elementos esenciales.

CUADRO 17. FUENTES COMERCIALES DE N, P Y K.

ELEMENTO	FUENTE COMERCIAL
Nitrógeno (N)	Urea (46%)
	Nitrato de amonio (33%)
	Sulfato de amonio (20.5%)
	Amonio anhidro (82%)
Fosforo (K)	Superfosfato de calcio triple (46%)
	Superfosfato simple (18%)
	Fosfato diamónico (18-46-00)
	Fosfato monoamónico (10-50-00)
Potasio (P)	Cloruro de potasio (60%)



En el Cuadro 18 se presentan las dosis de fertilización recomendadas para los principales cultivos forrajeros. Las dosis se expresan en tres cifras separadas por guiones, cada una de ellas indica la cantidad de elemento que debe aplicarse por hectárea de acuerdo con la demanda del cultivo. La primera cifra se refiere al nitrógeno, la segunda al fósforo y la tercera al potasio.

**CUADRO 18. DOSIS DE FERTILIZACIÓN (N-P-K) RECOMENDADAS EN CULTIVOS FORRAJEROS EN TEMPORAL Y RIEGO.**

ESPECIE	DOSIS (N-P-K)	
	TEMPORAL	RIEGO
Alfalfa	40-100-00	60-120-00
Avena	40-30-20	40-30-20
Cebada	46-46-30	60-46-30
Maíz	140-30-30	180-90-30
Nopal*	46-23-00	90-40-00
Sorgo	60-60-00	80-60-00
Ebo	30-80-40	30-80-40
Pradera-Maíz	18-46-00	
Pradera-Avena o Cebada	18-46-00	
Avena-Ebo	80-40-00	

Fuente: adaptado de Gutiérrez *et al.*, 2000; Loza, 2001; Becerra, 2004; Ríos y Quintana, 2004; Báez *et al.*, 2006.

\* El fertilizante se aplica mateado o a chorrillo. Esa misma fórmula se puede aplicar en los meses de octubre o noviembre como una segunda fertilización. Se debe evitar que el fertilizante quede en contacto con el nopal.

Generalmente el fertilizante se aplica al voleo, manual o con equipo adaptado al tractor. En fertirrigación se aplica en el agua de riego. El momento óptimo de aplicación es cuando existan condiciones adecuadas de humedad en el suelo, ya que algunos fertilizantes, especialmente el nitrógeno, se pierden por volatilización. También se recomienda fraccionar la aplicación de la dosis total en dos o cuatro aplicaciones al año, después de cada pastoreo de las praderas, o en alfalfa después de cada corte. Es importante realizar estudios de fertilización para cada zona de producción, cuyos resultados sería de gran apoyo a la hora de dar recomendaciones. Sin embargo, existen zonas de producción donde no se pueden establecer estos estudios, por lo cual hay que recurrir al análisis de suelo y a la experiencia del productor para cada cultivo en particular.

**Fertilización foliar.** Este tipo de fertilización se utiliza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de existir deficiencias de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), la fertilización foliar sólo complementa la fertilización al suelo; en ningún momento la sustituye. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis que se aplican al suelo para obtener buenos rendimientos.

La fertilización foliar requiere del cálculo preciso de la cantidad de producto que será mezclado con el agua de acuerdo con la dosis sugerida del nutriente. La precisión es muy importante porque un cálculo equivocado podría causar una sobredosificación del fertilizante, y como éste es aplicado al follaje, el riesgo de provocar una fitotoxicidad es mayor. La calidad del agua que se utiliza para la disolución de los fertilizantes tiene una enorme influencia en la eficiencia de la aplicación y en la optimización del uso del equipo de aspersión. Para el cálculo de las



dosis de fertilizantes se utilizan unidades de volumen y peso del sistema métrico decimal. Los fertilizantes se formulan tanto en presentación sólida como líquida, y la medición de la cantidad de producto a agregar al agua puede realizarse usando unidades de peso o volumen. Por ejemplo, el conocimiento de la unidad de peso o volumen que es necesario para el cálculo de la dosis de nutrimentos cuando se utilizan fertilizantes líquidos.

**Biofertilización.** Se denomina biofertilizante a un producto que contiene uno o varios microorganismos del suelo y puede ser aplicado a la semilla o al suelo con el fin de incrementar su número, asociarse directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecer su interacción e incrementar el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta huésped (Aguirre *et al.*, 2009). La biofertilización está basada en los efectos benéficos que generan las bacterias del género *Azospirillum brasilense*, así como de las micorrizas en el suelo, y que al asociarse con las plantas aumentan la fijación del nitrógeno atmosférico y aumentan eficiencia de la absorción de minerales, como fósforo, también producen estimuladores de crecimiento (hormonas vegetales) y contribuyen al control de enfermedades y nemátodos (Puebla, 1999).

Es importante buscar un balance entre la utilización de fertilizantes químicos, fertilizantes biológicos y abonos orgánicos como el estiércol, la composta, lombricomposta y abonos verdes que son incorporados al suelo. En la medida en que se incorporen los fertilizantes biológicos, los requerimientos de fertilizantes químicos se van reduciendo. No se trata de reemplazar los productos químicos, sino de potencializar su efecto con la adición progresiva de los abonos orgánicos.

Pérez y Tovar, 2008 evaluó el efecto de la inoculación simple de *Azospirillum*, Micorriza y doble *Azospirillum*+Micorriza en genotipos de maíz para forraje y se lograron incrementos de 20% en la producción de forraje con la doble inoculación de *Azospirillum*+Micorriza sobre el testigo fertilizado.

### **Método de Inoculación**

El proceso de inoculación o aplicación del biofertilizante es el siguiente (INIFAP, 2009):

- Paso 1. Colocar bajo la sombra la cantidad de semilla necesaria para una hectárea en una lona.
- Paso 2. Vacíe el adherente en el recipiente.
- Paso 3. Agregue agua en el recipiente, aproximadamente el contenido de una botella o lata de refresco 300 a 400 ml.
- Paso 4. Vacíe el contenido del biofertilizante en el recipiente
- Paso 5. Mezcle hasta formar una pasta
- Paso 6. Agregue la pasa a las semillas
- Paso 7. Mezcle la pasa hasta recubrir todas las semillas y siémbrelas el mismo día.

**Estiércol.** La composición del estiércol varía según el tipo de animal del que provenga la naturaleza de las camas, la alimentación de los animales, los cuidados que se le tengan para conservarlo y al grado de descomposición. En comparación con los fertilizantes comerciales, en igualdad de peso, el estiércol es pobre en nutrimentos para las plantas, especialmente en fósforo. En el Cuadro 19 se muestra el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de diferentes tipos de estiércol.



CUADRO 19. COMPOSICIÓN MEDIA EN N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Y K<sub>2</sub>O DE DISTINTOS TIPOS DE ESTIÉRCOL.

TIPO DE ESTIÉRCOL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg/ha		
De equinos	6.7	2.3	7.2
De bovinos	3.4	1.3	3.5
De porcinos	4.5	2	6
De ovinos	8.2	2.1	8.4
De aves	15	10	4

En nopal forrajero es recomendable la aplicación de abonos orgánicos debido a la respuesta positiva de las plantas. En suelos tepetatosos y poco profundos se sugiere utilizar 5 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovinos, que equivale aplicar 8 kg por penca (Ríos y Quintana, 2004), e incorporar cantidades semejantes de estiércol cada tercer año. En Zacatecas de una carretilla de estiércol vacuno por planta ha dado buenos resultados (Medina *et al.*, 2001), aunque esta aplicación estará en función de la disponibilidad del producto y de los recursos de los productores. En Jalisco aplican gallinaza a razón de 6 kg por planta.

**Residuos de cosecha.** Los residuos de la cosecha del cultivo anterior (hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos) que quedan en el suelo representan de 400 a 700 kg de humus al año. Un concepto práctico que debe tenerse en cuenta es la relación carbono-nitrógeno (C/N) de este tipo de materiales. Como regla general un suelo contiene de 10 a 11 kg de carbono por cada kilogramo de nitrógeno; los materiales vegetales de origen no leguminoso tienen una relación carbono-nitrógeno de 60-80:1. La descomposición de los desechos orgánicos ocurre a expensas del nitrógeno presente en el suelo. Los rastrojos enterrados se descomponen fácilmente debido a que los microorganismos se multiplican tomando el nitrógeno que necesitan, por lo cual se recomienda aplicar de 6 a 12 kg N t<sup>-1</sup> de rastrojo para evitar una descompensación de nutrientes en el cultivo siguiente.

#### Ejercicio 4. Cálculo de dosis de fertilización

Para la fertilización del cultivo de maíz en ambientes de muy buena productividad se recomienda la aplicación de la fórmula 120-60-30 de N-P-K. Si se dispone de urea, superfosfato de calcio triple (SFCT) y cloruro de potasio (KCl) como fuentes comerciales de fertilizantes, ¿cuántos kilogramos se aplicarán de cada elemento?

$$\text{Nitrógeno} = \frac{(\text{kilogramos de urea} \times (\text{kilogramos de nitrógeno}))}{\% \text{ Concentración de urea}} = \text{kg ha}^{-1}$$

Sustituyendo

$$\text{Nitrógeno} = \frac{(100 \text{ kg}) \times (120 \text{ kg})}{46 \%} = 260.9 \text{ kg ha}^{-1}$$

Aplicar el 50 % al momento de la siembra (130.4 kg ha<sup>-1</sup>) y el resto en la segunda escarda (130.4 kg ha<sup>-1</sup>)

$$\text{Fósforo} = \frac{(\text{kilogramos de SFCT}) \times (\text{kilogramos de fósforo})}{\% \text{ Concentración de SFCT}} = \text{kg ha}^{-1}$$

Sustituyendo

$$\text{Fósforo} = \frac{(100 \text{ kg}) \times (60 \text{ kg})}{46 \%} = 130.4 \text{ kg ha}^{-1}$$

Aplicar todo el fósforo al momento de la siembra

$$\text{Potasio} = \frac{(\text{kilogramos de KCL}) \times (\text{kilogramos de Potasio})}{\% \text{ Concentración de KCL}} = \text{kg ha}^{-1}$$

Sustituyendo

$$\text{Potasio} = \frac{(100 \text{ kg}) \times (30 \text{ kg})}{60 \%} = 50 \text{ kg ha}^{-1}$$

Aplicar todo el potasio al momento de la siembra

### Ejercicio

Aplicar la metodología del cálculo de dosis de fertilización para el cultivo de avena forrajera sembrada en ambientes críticos (de muy baja productividad). Se recomienda la aplicación de la fórmula de 20-20-00 N-P-K. Si se cuenta con urea, superfosfato de calcio triple (SFCT) y cloruro de potasio (KCl) como fuentes comerciales de fertilizantes. ¿Cuántos kilogramos se aplicarán de cada elemento?

### Ejercicio 5. Cálculo de dosificación con fertilizante líquido

Para corregir las deficiencias de nitrógeno en la etapa de floración del cultivo de maíz se recomienda aplicar 20 kg N ha<sup>-1</sup>. Si se cuenta con urea como fuente de fertilización foliar, ¿Cuál sería la dosis de fertilizante líquido que se aplicará?

Dosis: 20 kg ha<sup>-1</sup>

Fuente: 46-00-00 L.

Densidad: 1.34 g mL<sup>-1</sup>

$$\text{L/ha de N} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{ de elemento}}{\text{densidad por concentración}/100}$$

### Control de maleza

El término maleza se ha utilizado para definir aquellas plantas que crecen en lugares no deseados por el hombre, como campos de cultivo, plantaciones forestales, cuerpos de agua, campos deportivos, pastizales, etc. De un número de aproximado de 250,000 especies de plantas superiores que existen, al menos 250 son consideradas malezas de importancia



mundial. La maleza afecta a todos los cultivos cuando éstas no se eliminan a tiempo, debido a que las plantas compiten con el cultivo por nutrientes y humedad en el suelo, y por bióxido de carbono y luz en la parte aérea; cuando esto sucede la producción puede disminuir hasta en un 50%. Lo anterior dependerá de la cantidad, tipo de plantas y etapa de desarrollo del cultivo en el que ocurre la competencia; además, cuando existe maleza en abundancia, dificultan algunas labores como la cosecha y son hospederas de plagas y enfermedades.

### **Descripción de la actividad**

Diagnosticar qué tipo de maleza está presente en los cultivos forrajeros y determinar métodos de prevención de daños y control.

### **Principios básicos de la actividad**

Un control de maleza eficiente durante los primeros 35 días de desarrollo de los cultivos forrajeros es de suma importancia ya que es la época crítica en que la competencia por nutrientes, agua, luz y espacio es mayor (Albarrán *et al.*, 1990); en las siguientes etapas se debe mantener limpio el cultivo para facilitar las labores de corte y cosecha. Una buena referencia es cuando las plantas indeseables alcanzan 15 cm de altura.

El primer paso para definir que métodos utilizar para control de la maleza es identificar las plantas problema, que en general son de tres tipos: 1) de hoja angosta, que incluye a gramíneas, ciperáceas y juncácea, las cuales tienen una alta capacidad competitiva y presentan resistencia a las condiciones adversas como sequía o inundación; 2) de hoja ancha, que se caracterizan por ser de crecimiento anual o bianual y son por lo general de fácil control; 3) arbustivas perennes y bianuales, que presentan un mayor grado de dificultad para su control en comparación con los otros tipos debido a que poseen un sistema radical profundo y ramificado.

Los métodos de control de maleza son tres: 1) manual, que se emplea en superficies pequeñas y en áreas donde es difícil el acceso de los implementos agrícolas; ésta se lleva a cabo utilizando instrumentos como machete, azadón, etc.; 2) mecánico, que consiste en emplear el arado o la chapeadora o desvaradora cuando existe un alto grado de invasión de plantas indeseables; 3) control químico, que consiste en la aplicación de herbicidas selectivos, es decir que actúan sobre ciertas plantas, o no selectivos, que actúan sobre cualquier planta.

Un señalamiento importante es que los procesos productivos deberán tender hacia la utilización masiva de agroinsumos bioracionales, ya que es tiempo de revertir el impacto del uso de los agroquímicos convencionales en el sector agrícola de México, que ha causado más de 9000 muertes al año (Lira y Medina, 2007).

### **Prevención y control de enfermedades y plagas en los cultivos forrajeros**

En los cultivos forrajeros las enfermedades constituyen uno de los factores de mayor importancia económica en el mundo. Éstas son causadas por agentes patógenos de diversa naturaleza, entre los que destacan hongos, virus y bacterias que ocasionan una reducción significativa de los rendimientos y la calidad de los productos. Existen diversos factores que año con año influyen en la presencia, desarrollo y prevalencia de las enfermedades; entre ellos están genotipos susceptibles, manejo deficiente de los cultivos, monocultivo y uso de semillas infectadas (Alvarado, 1998).



Por otra parte, los cultivos también son afectados por diversas plagas desde el inicio de su desarrollo, que llegan a reducir su rendimiento si no son controladas oportunamente. El objetivo del control de plagas es asegurar la producción y la calidad del forraje, de preferencia que esté libre de contaminantes. Para lograr este objetivo se debe recurrir al manejo integrado de plagas (MIP), que consiste en integrar los diferentes métodos disponibles, (control cultural, control biológico inducido y control químico incluso la no acción), dependiendo del estado que guarda la población de insectos.

### **Descripción de la actividad**

Conocer cómo monitorear e identificar los microorganismos causales de las enfermedades, así como las plagas que afectan al cultivo, el umbral del daño y definir qué tipo de control se debe utilizar.

### **Enfermedades**

#### **Descripción de la actividad**

Identificar las enfermedades más comunes de los cultivos forrajeros y definir métodos de prevención y control.

#### **Principios básicos de la actividad**

Las enfermedades de las plantas son desórdenes fisiológicos ocasionados por problemas internos o por la presencia de algún microorganismo, como hongos, bacterias y virus. Estos microorganismos se caracterizan por depender de otros para su alimentación y reproducción; es decir, al ser incapaces de producir su propio alimento atacan a la planta afectando su desarrollo y disminuyendo su productividad.

A diferencia del daño por insectos, la capacidad de daño de las enfermedades es mayor porque los agentes patógenos son invisibles al ojo humano, y son identificados hasta que ya han atacado a la planta y es posible ver los síntomas. Los hongos son los causantes de la mayoría de las enfermedades en las plantas, pues existe una amplia diversidad de especies con gran capacidad para resistir en el tiempo. Algunos de ellos forman cápsulas que les sirven de protección para sobrevivir en condiciones adversas esperando condiciones más favorables. Las bacterias por su parte son organismos mucho más pequeños que los hongos; y los virus son organismos más pequeños que las bacterias, y cuando atacan a una planta el daño es irreversible.

Para detectar las enfermedades en el cultivo se deben realizar recorridos frecuentes por el lote de producción. Las enfermedades radiculares por lo general se observan en manchones, por lo que se recomienda tomar muestras directamente en las áreas afectadas para detectar al organismo causal. En el caso de enfermedades foliares el muestreo puede realizarse en zigzag o en "cinco de oros", en varios puntos, que puede ser de la planta completa o partes de ella. La muestra se compara en una guía para su identificación en campo.

En los Valles Altos de la Mesa Central, las enfermedades que afectan al cultivo de maíz forrajero se presentan en menor proporción, por lo que no se requiere de la aplicación de productos químicos. En los últimos años se han presentado problemas con enfermedades virosas, principalmente el "rayado fino de la hoja", sin embargo, esta enfermedad no se



controla con productos químicos. Los daños por la enfermedad rayado fino de la hoja, así como la roya común, se previenen con la siembra de variedades mejoradas resistentes y con buena adaptación a la región. A diferencia del maíz, el cultivo de avena se ve muy afectado principalmente por la enfermedad roya del tallo, la cual limita su producción. En ambientes o años en que las condiciones climatológicas son favorables para la presencia de la roya del tallo, en etapas tempranas de crecimiento del cultivo (antes del embuche), ésta puede causar pérdidas hasta del 70% en el rendimiento de grano y hasta 50% en la producción del forraje. La forma más viable para prevenir pérdidas económicas importantes a causa de la roya del tallo es la siembra de variedades resistentes (Villaseñor, 2008).

## Plagas

### Descripción de la actividad

Monitorear e identificar las diversas plagas que atacan a las especies forrajeras desde la emergencia hasta el momento de la cosecha, así como sus medidas de control.

### Principios básicos de la actividad

El umbral de daño es una herramienta importante del manejo integrado de plagas, ya que indica el tiempo oportuno para decidir una acción de prevención. Así, el umbral de daño se define como "la densidad de población a la cual deben iniciarse las medidas de control con el fin de evitar el incremento de la población de la plaga para que alcance el nivel de daño económico". En los Cuadros 20 y 21, se presentan los umbrales económicos de acción para plagas de los cultivos de maíz y alfalfa.

#### CUADRO 20. UMBRALES ECONÓMICOS DE ACCIÓN PARA PLAGAS DEL MAÍZ.

ESPECIE PLAGA	UMBRAL ECONÓMICO
Gusano cogollero <i>S. frugiperda</i>	25% de plantas dañadas
Arana roja <i>Oligonychus</i> spp.	10% de infestación
Chicharrita <i>D. maidis</i>	No disponible
Pulgones	No disponible

Lagunes *et al.*, 1994.

#### CUADRO 21. UMBRALES ECONÓMICOS DE ACCIÓN PARA PLAGAS DE ALFALFA.

ESPECIE PLAGA	UMBRAL ECONÓMICO
Gusano soldado <i>S. exigua</i>	15 o más larvas no parasitadas/"redazo"
Pulgón verde <i>A. pisum</i>	Plantas de hasta 25 cm de altura: 40-50 pulgones/tallo Plantas de 25 a 50 cm de altura: 70-80 pulgones/tallo Plantas de más de 50 cm: 100 pulgones o más/tallo
Pulgón manchado <i>T. maculata</i>	En primavera: 40 pulgones/tallo En verano: 20 pulgones/tallo Después del último corte: 50-70 pulgones/tallo
Chicharrita verde <i>Empoasca</i> spp.	5-10 chicharritas (adultos+ninfas)/ "redazo"
Mariposita de la col <i>C. eurytheme</i>	15 o más larvas no parasitadas/"redazo"

Lagunes *et al.*, 1994.



Para disminuir las poblaciones de insectos plaga es necesario utilizar diferentes métodos: biológicos, químicos y culturales ya sea preventivos o curativos dependiendo del grado de incidencia de la plaga. Entre los métodos culturales está la colecta manual de los insectos. Hay casos en los que estos pueden ser aprovechados en parte o en su totalidad, por ejemplo, los chapulines en Oaxaca.

Entre los métodos biológicos están el empleo de cultivos trampa, depredadores naturales, o soluciones preparadas a base de plantas. El empleo de métodos biológicos aún no se ha extendido; su utilización es en pequeña escala, por ejemplo, aplicación de ceniza para controlar gusano cogollero en la región del Istmo, o la liberación de avispidas del género *Trichogramma* spp., las cuales parasitan eficientemente huevecillos de lepidópteros, como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) gusano elotero (*Heliothis zea*).

El control químico consiste en utilizar productos comerciales, ya sea para tratar las semillas o bien para proteger al cultivo en campo. Por ejemplo, para el control del chapulin en la región de los Valles Altos de la Mesa Central de México se emplea Foley. La mayoría de los insecticidas se disuelven en agua y son aplicados directamente al cogollo en maíz o en el suelo dependiendo de la plaga. Cuando son asperjados al follaje, lo primero que se debe hacer es la calibración del equipo, con una cantidad de agua suficiente para cubrir el follaje (20 gotas/cm<sup>2</sup> en hojas basales para maíz), lo cual se logra con 400 litros de agua/ha a una presión de 80 libras y utilizando boquillas de cono hueco. Se recomienda realizar la aplicación preferentemente por la mañana o por la tarde, y en caso de presencia de vientos, que la velocidad del viento sea menor de 10 km/hora.

## **COSECHA**

Tradicionalmente la cosecha de los cultivos forrajeros es de dos formas: corte manual o mecánico y consumo directo por los animales en pastoreo. Para ambos casos es importante conocer el momento óptimo de cosecha en función del rendimiento y de la calidad ya sea para conservarlo henificado o ensilado o para utilizarlo directamente en pastoreo.

### **Descripción de la actividad**

Conocer los factores que se deben tomar en cuenta para decidir el momento óptimo para cosechar los cultivos forrajeros anuales o perennes y realizar la planeación adecuada del pastoreo.

### **Principios básicos de la actividad**

#### **Corte (momento óptimo, intensidad, duración y frecuencia)**

Para determinar el momento óptimo del corte de un cultivo, considerando la calidad del forraje es indispensable considerar la edad y la madurez de la planta. El valor nutricional de los forrajes está influenciado por el ambiente (temperatura, intensidad de la luz, fotoperíodo, humedad) y por prácticas agronómicas (densidad de plantas, fertilización, irrigación). En los cultivos forrajeros, a medida que avanza la edad de la planta, y con ésta la madurez del cultivo, se incrementa la acumulación de materia seca pero disminuye la calidad del forraje en términos de nutrientes, como contenido de proteína y de carbohidratos solubles y aumenta el contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa). En una planta joven los rendimientos son bajos por su mayor contenido acuoso.



## Cereales de grano pequeño

En los cereales de grano pequeño (avena) la producción de materia seca por hectárea es menor en la etapa vegetativa (embuche) y mayor en estado de grano masoso. Esto se observa en las variedades de avena que se cultivan en condiciones de temporal, en las que se obtiene un rendimiento medio en estado vegetativo de 3.6 y en el estado masoso hasta 14 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 22). En relación con la calidad nutrimental, en las variedades de avena el contenido de proteína cruda disminuye al avanzar el estado de madurez: en la etapa vegetativa éste es de 22%, y en el estado masoso del grano, de 7% (Cuadro 23). El contenido de carbohidratos no estructurales tiende a aumentar de 15 - 20 % a 23 - 40% con el estado de madurez.

**CUADRO 22. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA TOTAL DE CULTIVARES DE AVENA PARA FORRAJE EN CONDICIONES DE TEMPORAL COSECHADO EN SEIS ETAPAS FENOLÓGICAS. PROMEDIO DE LAS LOCALIDADES JUCHITEPEC Y TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO, Y NANACAMILPA, TLAXCALA. PV-1999.**

GENOTIPO	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA TOTAL (t ha <sup>-1</sup> )					
	M1 ETAPA VEGETATIVA (4-7 HOJAS)	M2 ETAPA VEGETATIVA (5-8 HOJAS)	M3 ESTADO LECHOSO GRANO	M4 ESTADO L-MASOSO GRANO	M5 ESTADO MASOSO (INICIO)	M6 ESTADO MASOSO GRANO
Saia	2.8	4.6	6.3	11.2	10.4	14.0
Papigochi	4.1	5.8	8.1	12.5	11.9	15.8
Cevamex	4.0	5.2	8.0	11.8	12.9	14.8
Chihuahua	3.9	5.9	7.4	9.8	12.9	13.2
Opalo	3.5	4.8	6.9	10.6	12.0	14.5
Karma	3.4	5.6	7.8	10.4	11.1	14.2

Fuente: Tovar *et al.*, 2000.

**CUADRO 23. CONTENIDO DE PROTEÍNA TOTAL DE CULTIVARES DE AVENA PARA FORRAJE EN CONDICIONES DE TEMPORAL COSECHADO EN SEIS ETAPAS FENOLÓGICAS EN JUCHITEPEC, ESTADO DE MÉXICO. PV-1999.**

CULTIVAR	PROTEÍNA TOTAL (%)					
	M1 ETAPA VEGETATIVA (4-7 HOJAS)	M2 ETAPA VEGETATIVA (5-8 HOJAS)	M3 ESTADO LECHOSO GRANO	M4 ESTADO L-MASOSO GRANO	M5 ESTADO MASOSO (INICIO)	M6 ESTADO MASOSO GRANO
Saia	27.6	13.8	12.5	11.0	10.0	8.0
Papigochi	20.7	12.0	9.4	8.7	9.1	6.2
Cevamex	20.5	12.1	10.9	9.8	10.5	6.4
Chihuahua	19.5	12.3	11.9	8.9	9.5	6.9
Ópalo	22.4	13.6	11.3	9.9	10.6	8.3
Karma	21.9	13.9	13.4	9.3	9.1	6.2

Fuente: Tovar *et al.*, 2000.

En los estados iniciales de desarrollo del cultivo los azúcares son para las plantas una fuente de energía para su crecimiento, y en el estado reproductivo son transformados en almidón para su almacenamiento en el grano. El aumento en la concentración y en la lignificación de la fibra detergente neutro se refleja en una disminución de la digestibilidad de la fibra (< 40 % después del estado masoso). En el caso de la digestibilidad de la materia seca se observa una reducción en la etapa de espigamiento, y posteriormente se nivela, e incluso aumenta debido al contenido de almidón en el grano (>70%). El corte en las etapas de embuche o floración se realiza cuando se quiere obtener forraje con alto contenido de proteína y energía. El corte en la etapa de grano lechoso-masoso a masoso permite obtener más cantidad de forraje pero con un menor contenido de proteína y valores de regulares a buenos en energía. Con la cosecha en la etapa de floración la cantidad de forraje y la calidad nutrimental de éste son intermedios.

## **Maíz Forrajero**

### **Corte para Ensilado**

El momento óptimo para realizar la cosecha del maíz para ensilado es cuando la planta alcanza un porcentaje de materia seca entre 30-35% (Andrieu y Demarquilly, 1974). Un indicador práctico para determinar cuándo la planta de maíz ha alcanzado este contenido de materia seca es observar la línea de leche en el grano, la cual marca el avance de endurecimiento por la maduración dividiendo la zona de almidón líquido del sólido. Si se quiere obtener un máximo rendimiento de forraje con un valor nutrimental óptimo para ser ensilado el maíz debe ser cosechado cuando el grano presente entre un medio y tres cuartos de la línea de leche.

Al avanzar el estado de madurez disminuye notablemente la producción de forraje en verde, pero la producción de materia seca por unidad de superficie aumenta o se mantiene. Al avanzar el estado de madurez los principales cambios morfológicos son una disminución de hojas de 17 a 9 %, aumento en tallos de 44.5 a 53 % y en contenido de grano hasta 50 %. La composición química de la planta de maíz evoluciona al curso de su desarrollo. Estos cambios son acompañados por la movilización de compuestos a las paredes celulares, lo que se traduce en un incremento en la concentración de la pared celular y una disminución en la digestibilidad de la FDN. En la etapa de llenado del grano ocurre una fuerte redistribución de los azúcares solubles del tallo hacia la mazorca en donde son transformados en almidón. El almidón es el responsable de suministra más de la mitad de la energía del ensilado de maíz, y aumenta al avanzar el estado de madurez. El grano contiene alrededor de 74% de almidón, con una digestibilidad ruminal media de 55%.

En la Figura 14 se presenta la composición del forraje de maíz antes y después de ser ensilado. La digestibilidad del ensilaje con más del 25% de la materia seca es muy similar a la de la planta en verde. El cambio principal que ocurre durante el ensilado es la fermentación de los carbohidratos solubles a ácidos orgánicos de cadena corta y alcoholes.



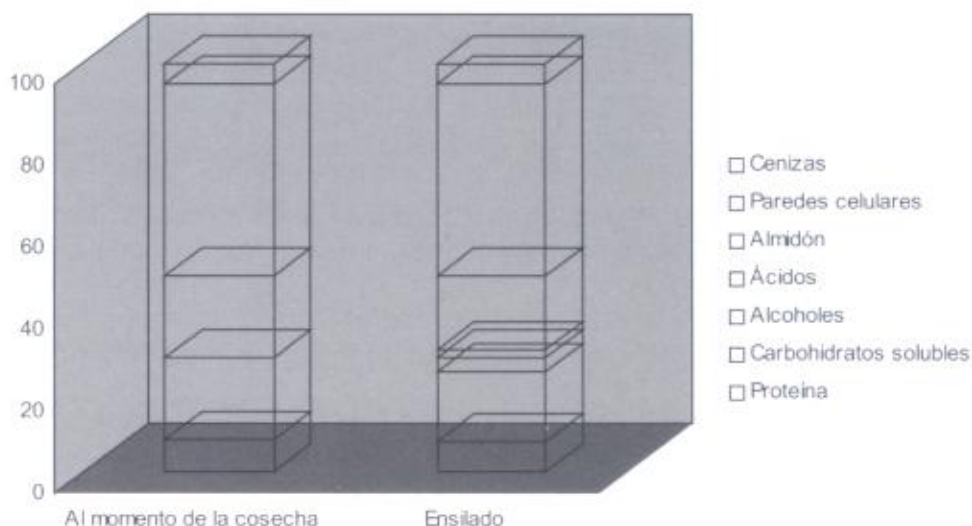


Figura 14. Composición del forraje de maíz antes y después del ensilado (Wilkinson, 1985).

En el Cuadro 24 se presentan las características agronómicas y la producción de forraje de seis variedades de maíz cosechadas en los Valles Altos de la Mesa Central. El forraje fue ensilado y su composición química así como la digestibilidad de los nutrientes se presenta en el subproceso de conservación de forrajes.

CUADRO 24. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO (Tovar *et al.*, 2003).

GENOTIPO	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS				RENDIMIENTO (t ha <sup>-1</sup> )		
	FM (Días)	FF (Días)	AP (cm)	IAF	RMV	RMS	RMSD
H135	93	103	283	7.1	104	33.8	23.5
V107	94	105	305	7.5	101	31.5	20.9
VS2000	88	101	330	6.4	93	29.7	20.8
HS2	84	94	289	5.9	90	29.3	18.9
H28	84	91	265	5.0	80	24.9	17.1
VS22	82	88	267	6.4	74	24.3	16.8
Media	88	97	290	6.4	90	28.9	19.7

FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, IAF= Índice de área foliar.

RMV= Rendimiento de materia verde RMS= Rendimiento de materia seca, RMSD= Rendimiento de materia seca digestible.

### Corte para rastrojo y grano

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el empleo de maíz forrajero en la alimentación animal tiene gran versatilidad, ya que además de ser consumido en verde y en ensilado, también se utiliza en seco (heno o rastrojo), o el grano. El rastrojo cosechado en la etapa de madurez fisiológica es utilizado en la ganadería extensiva por ejidatarios y pequeños propietarios de áreas rurales, y el grano de maíz también es molido con el rastrojo para la alimentación animal. En el Cuadro 25 se presenta el rendimiento y valor nutrimental del rastrojo de diferentes variedades de maíz.

**CUADRO 25. RENDIMIENTOS DE RASTROJO (RR), RASTROJO DIGESTIBLE (RRD) Y GRANO, ASÍ COMO EL VALOR NUTRITIVO DE VARIETADES DE MAÍZ CULTIVADAS EN CONDICIONES DE RIEGO EN EL VALLE DE MÉXICO.**

VARIEDAD	MADUREZ	RR (t ha <sup>-1</sup> )	RRD (t ha <sup>-1</sup> )	DIGESTIBILIDAD RASTROJO (%)	PROTEÍNA RASTROJO (%)	FIBRA RASTROJO (%)	LIGNINA RASTROJO (%)	REND. DE GRANO (t ha <sup>-1</sup> )	PROTEÍNA GRANO (%)
H-135	Tardío	23	14	57	7.5	73	6.2	6	8.3
V-107	Tardío	27	13	49	7.2	72	6.7	7	7.2
VS2000	Tardío	29	16	54	7.9	67	6.3	5	10.2
HS2	Tardío	22	12	53	7.0	72	5.3	10	9.5
H-28	Intermedio	19	11	59	7.1	68	6.4	6	9.5
VS-22	Intermedio	18	12	63	8.2	70	5.6	5	9.3
Media									

Fuente: Tovar *et al.*, 2002.

### Alfalfa

Al avanzar el estado de madurez en el cultivo de alfalfa aumenta la producción de materia seca por unidad de superficie, pero la calidad nutrimental disminuye debido a que después de dos a tres semanas se reduce la proporción hoja-tallos. Las hojas tienen de dos a tres veces mayor calidad que los tallos. Su contenido de proteína cruda varía de 22 a 30%, y el contenido de fibra detergente ácido es de 12 a 18%, mientras que en los tallos la proteína cruda varía de 12 a 18% y el contenido de FDA de 28 a 45%. Al avanzar el estado de madurez la calidad nutrimental de las hojas no cambia notablemente, en cambio, en los tallos ésta disminuye drásticamente. El total de nutrimentos digestibles (TDN) en tallos disminuye de 54 a 44%, lo cual se refleja en un cambio de 57 a 51% en el TDN del forraje. En el caso de la digestibilidad del forraje, ésta disminuye alrededor de media unidad por día. Cuando se quiere forraje con alta calidad nutrimental se puede cosechar a 50% de botón, y cuando se busca mayor rendimiento con buena calidad nutrimental se cosecha al inicio de floración.

### Sorgo forrajero

En el cultivo de sorgo forrajero se ha observado una relación cuadrática entre estado de madurez y producción de materia seca por hectárea, con una diferencia menor a menos de una tonelada. El porcentaje de materia seca aumenta de 23 a 31% de inicio de floración a estado duro del grano. En calidad nutrimental existen cambios importantes; al avanzar el estado de madurez puede aumentar el porcentaje de panoja de 5 a 36%, el contenido de hojas disminuir de 31 a 18% y de tallos de 64 a 45%. El contenido de proteína cruda disminuye de 8.4 a 5.9% y el de fibra detergente neutro de 68.4 a 63.9%. Sin embargo, el cambio más importante se observa en la digestibilidad de la fibra, de 65.9 a 43.2%, lo cual se atribuye a aumentos en la concentración de lignina. Lo anterior se refleja en una disminución en el valor energético del forraje, ya que el total de nutrimentos digestibles disminuye de 65 a 50%.

### Ballico anual

En gramíneas de clima templado, como el ballico anual, la producción aumenta con la madurez, observándose los mayores aumentos hasta las tres semanas. De tres a cinco semanas después los aumentos son menores. Al avanzar el estado de madurez disminuye



la calidad nutrimental del forraje. Las concentraciones de proteína cruda disminuyen de 18-19% a menos de 12%, y las concentraciones de fibra detergente neutro aumentan de 48 a 65% del estado de crecimiento vegetativo a plantas espigadas. Generalmente la digestibilidad de la fibra detergente neutro es superior a 70% en gramíneas en estado vegetativo, y ésta disminuye a menos de 40% después de la floración. Por lo anterior, el corte se debe efectuar en estado vegetativo antes de la floración.

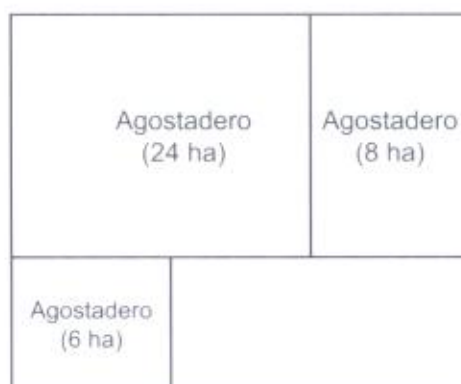
### **Pastoreo (frecuencia, intensidad, duración, punto óptimo)**

En la mayoría de los sistemas de lechería familiar el pastoreo es una alternativa de alimentación del ganado. Sin embargo, en la mayoría de los casos las áreas de pastoreo son limitadas, y por lo general pueden ser áreas de agostadero o pequeñas praderas; en ocasiones también se pastorea el ganado en áreas agrícolas después de levantar la cosecha para que el ganado consuma los residuos de la cosecha. En cualquiera de los casos es importante conocer los principios generales del pastoreo, objetivo de este apartado.

El pastoreo es el proceso mediante el cual los animales consumen las plantas para adquirir energía y nutrientes. El pastoreo varía en función de factores asociados a los animales y a las plantas. Esta actividad consiste en planear el manejo de la cosecha del agostadero mediante el pastoreo del ganado, de tal manera que se pueda obtener una óptima producción animal por unidad de área sin deteriorar los recursos planta-agua-suelo.

La planeación adecuada del pastoreo demanda la definición de los objetivos del sistema de producción (e.g. incrementar la producción de leche, mantener la productividad y condición del agostadero, reducir costos de operación, etc.) y considera los siguientes aspectos: 1) superficie disponible para el pastoreo, 2) plantas forrajeras, 3) requerimiento de forraje de los bovinos y número de hatos que se van a pastorear, 4) carga animal y capacidad de carga, 5) métodos de pastoreo y, 6) desarrollo del plan de pastoreo. A continuación se describe cada uno de estos aspectos:

**Superficie disponible para el pastoreo.** Lleve a cabo un inventario de los principales recursos del rancho; empiece por ubicar y dibujar un mapa de los potreros disponibles para pastoreo, identifique también las áreas del rancho que deberán ser destinadas para forrajes de corte (Figura 15), de ser posible identifique también los tipos de suelo ya que de estos dependerá la productividad del forraje.



**Figura 15. Diagrama de mapeo de áreas de agostadero.**



**Plantas forrajeras.** Las plantas que crecen en los agostaderos son de varios tipos: gramíneas, herbáceas, arbustivas y arbóreas, y cada una de ellas tiene sus propias características de crecimiento, persistencia, palatabilidad y calidad. Además, responden en forma diferente a las condiciones de suelo, al clima y al manejo del pastoreo (Blanchet *et al.*, 2003). Debido a ello, es importante conocer las especies presentes en los potreros y clasificarlas de acuerdo a la preferencia de los bovinos en palatables, menos palatables y no palatables. Las especies palatables son las plantas más importantes para diseñar el grado de utilización de los potreros. En el caso de las praderas, el conocimiento de las especies es más simple debido a que fueron establecidas por el productor. Con base en la clasificación del tipo de plantas es posible estimar la producción total de forraje del potrero y la producción de las especies clave en forma mensual, estacional o anual.

Los pastizales más grandes de México se ubican en las zonas semiáridas y áridas del norte y centro del país, en los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila, principalmente; otros estados de importancia son Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y el norte de Jalisco. En algunas áreas del Valle de México tienen como la principal especie forrajera el pasto navajita azul (*Bouteloua gracilis*). En condiciones de baja fertilidad y escasez de lluvia los pastizales están dominados por *Bouteloua hirsuta* o *B. curtipendula*, y en condiciones de pH alto o salinidad, por *Distichlis spicata*, *Sporobolus airoides* e *Hilaria mutica*. La capacidad de carga de estas praderas oscila entre 7 ha/por unidad animal, cuando están en condición excelente sobre planicies, tierras bajas y valles, y 30 ha/por unidad animal en condición pobre sobre las pendientes de las sierras (Améndola *et al.*, 2005).

**Requerimiento de forraje de los bovinos.** Dependiendo de la edad y estado fisiológico, los requerimientos de forraje en base seca de los bovinos son diferentes (Cuadro 19). La demanda de forraje se expresa en Unidad Animal (UA), que se define como la cantidad de materia seca (MS) de forraje que requiere una vaca en producción de 450 kg de peso con o sin becerro hasta de seis meses de edad.

La cantidad de forraje que requiere una UA se estima de la siguiente manera: se considera que una vaca consume aproximadamente el 2.5 % de su peso vivo de forraje en base seca + 0.5 % de pérdida por pisoteo y desperdicio que debe ser considerado = 3% de utilización. Entonces, una UA necesita:  $450 \text{ kg} \times 3\% = 13.5 \text{ kg}$  de MS por día. Para un mes sería  $(13.5 \times 30) = 405 \text{ kg}$  de MS y para un año  $(13.5 \times 365) = 4928 \text{ kg}$  de MS. Las equivalencias de UA para diferentes categorías de bovinos y sus requerimientos de materia seca se presentan en el Cuadro 26.

**CUADRO 26. EQUIVALENTES DE UNIDADES ANIMAL BASADAS EN EL PESO METABÓLICO (PESO VIVO DEL ANIMAL <sup>0.75</sup>) Y REQUERIMIENTOS DE MATERIA SECA.**

CATEGORÍA	UA EQUIVALENTES	kg DE MS REQUERIDOS POR DÍA	kg DE MS REQUERIDOS POR MES	kg DE MS REQUERIDOS POR AÑO
Becerro destetado con menos de 360 kg	0.75	< 10.8	< 328	< 3.942
Torete o vaquilla entre 360 - 400 kg	0.85	10.8 - 12	328 - 344	3.942 - 4.380
Vaca de 450 kg con becerro <sup>1</sup>	1.00	13.5	405	4.928
Vaca entre 500 - 590 kg con becerro <sup>1</sup>	1.15	15 - 17.7	456 - 538	5.475 - 6460
Vacas > 600 kg con becerro <sup>1</sup>	1.25	18	547	6.570
Toros de 900 kg	1.50	27	821	9.855

<sup>1</sup> hasta 6 meses de edad; <sup>2</sup> Considerando un 3% utilización (2.5% de consumo + 0.5% pérdida).



Los requerimientos de forraje de un hato determinado se calculan utilizando la siguiente fórmula:

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

**Ejemplo:** Un rancho ganadero tiene dos hatos: uno de 50 vacas con peso promedio de 450 kg y becerros de cinco meses, y el otro de 38 animales entre vaquillas y toretes con peso promedio de 300 kg. La necesidad de forraje diario para el primer hato sería (50 vacas) (450 kg promedio de PV) (3% utilización) = 675 kg MS por día; para el segundo hato = (38 bovinos jóvenes) (300 kg promedio de PV) (3% utilización) = 342 kg MS por día.

**Carga animal y capacidad de carga.** La carga animal tiene el mayor impacto en el pastoreo de los animales y se define como el número de animales que pastorean una determinada superficie. En la recuperación de las plantas influye la producción futura de forraje, la calidad de forraje disponible, la producción animal y la composición de las especies en el agostadero (Holechek *et al.*, 2003). Para determinar la carga animal de un rancho se divide el número de hectáreas de pastoreo del predio entre el número de UA. Supongamos un rancho de 550 ha en donde pastorean 50 vacas (equivalentes a 1 UA cada una), entonces la carga animal es de  $550/50 = 11$  ha/UA. Sin embargo, esta carga animal no necesariamente es la adecuada para las condiciones del rancho, es decir, si no hay suficiente forraje para las 50 vacas se presenta un problema de sobrepastoreo; por el contrario, si se tiene más forraje disponible de lo que las vacas van a cosechar, se presenta un uso ineficiente del agostadero.

La cosecha óptima de forraje se obtiene cuando se conoce la capacidad de carga del agostadero, término que se refiere al número de animales que pueden pastorear una superficie determinada bajo un uso adecuado y por tiempo definido sin deteriorar el recurso forrajero. La capacidad de carga se expresa en hectáreas por unidad animal por año (ha/UA/año). Para su estimación es necesario conocer: 1) la producción de forraje disponible para el pastoreo (kg MS/ha/año), se refiere únicamente a las especies palatables y la cantidad que se debe remover, como regla general es entre el 50 - 65% de utilización del forraje disponible; 2) la cantidad de forraje necesaria para alimentar una UA, y 3) la variación de la producción del forraje en el año.

La capacidad de carga se estima mediante la siguiente fórmula:

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

**Ejemplo.** Un agostadero de Los Altos de Jalisco produce 1100 kg de MS/ha/año, de los cuales el 80% proviene de las especies palatables y menos palatables. Además, el 70% de la producción ocurre de junio a noviembre y el 30% de diciembre a mayo. Se pretende aplicar un 55% de utilización para la época de mayor producción y un 50% para la de menor producción ¿Cuál sería la capacidad de carga del agostadero para los dos periodos?

$$C.C. \text{ jun- nov} = \frac{4928 \text{ kg}}{(1100 \text{ kg MS/ha} \times 80\%) (70\%) (55\%)} = 14.5 \text{ ha/UA}$$

$$C.C. \text{ dic- may} = \frac{4928 \text{ kg}}{(1100 \text{ kg MS/ha} \times 80\%) (30\%) (50\%)} = 37.3 \text{ ha/UA}$$



Los resultados indican que se requieren 14.5 ha/UA para la época de mayor producción de forraje (junio a noviembre) y 37.3 ha/UA para la época de menor producción de forraje (diciembre a mayo).

Para estimar cuántas UA soporta el rancho se divide el número de hectáreas entre la capacidad de carga. Siguiendo con el ejemplo del rancho de 550 ha con 50 vacas, en la época de mayor producción del agostadero se tiene forraje para  $550/14.5 = 37.9$  UA, y en la época de menor producción  $550/37.3 = 14.7$  UA. De acuerdo con las estimaciones realizadas, en este rancho el agostadero no es suficiente para proveer al hato la cantidad de forraje que requiere el ganado. Para evitar el deterioro del agostadero (sobrepastoreo) y por consiguiente afectar la productividad del ganado, será necesario ajustar la carga animal o tener alimento alternativo, como heno o silo, para completar la cantidad de MS necesaria de acuerdo con el tamaño del hato.

Si la producción de forraje de las especies en sus potreros es desconocida, ésta se puede estimar con el siguiente procedimiento:

1. Caminar diagonalmente a lo largo y ancho del potrero (forma radial) y aventar cualquier objeto en dirección a donde está caminado. Colocar en el sitio donde cayó el objeto un marco cuadrado de 1 metro por lado hecho de varilla, madera o PVC al ras del suelo y cortar todo el forraje contenido en el mismo. Repetir este paso de 15 a 20 veces por potrero, tratando de abarcar todas las áreas del mismo.
2. Pesar y embolsar el forraje en cada corte registrar en una libreta los pesos en kilogramos 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 metros cuadrados del potrero.
4. Estimar el rendimiento de forraje en base seca: poner a secar las muestras de al menos cinco bolsas en una estufa a  $65^{\circ}$  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 (MS) 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 MS obtenido por el rendimiento de forraje fresco del potrero (paso 3). El resultado será la producción de forraje en base seca.

**Métodos de pastoreo.** Los métodos de pastoreo se consideran una herramienta importante para lograr una eficiente cosecha de forraje por animales en pastoreo y son básicamente de dos tipos: continuo y rotacional con diversas variantes (Vallentine, 2000). En el continuo los animales pastorean sin restricción una área determinada durante el año o estación de crecimiento, mientras que el rotacional considera periodos de pastoreo y descanso para dos o más potreros o unidades de pastoreo. Las ventajas y desventajas de estos dos métodos se presentan en el Cuadro 27.



**CUADRO 27. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE PASTOREO CONTINUO Y ROTACIONAL.**

PASTOREO CONTINUO	PASTOREO ROTACIONAL SIMPLE
<p><b>Ventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de muy poco manejo</li> <li>• El costo de inversión es mínimo</li> </ul>	<p><b>Ventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede mejorar la producción y condición del agostadero</li> <li>• Permite el descanso y rebrote del forraje</li> <li>• Puede proveer de un lapso de pastoreo más prolongado.</li> <li>• Permite una mejor distribución de las heces.</li> </ul>
<p><b>Desventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor producción y calidad de forraje</li> <li>• Carga animal baja</li> <li>• La utilización del forraje no es uniforme</li> <li>• Mayor pérdida de forraje por pisoteo</li> <li>• Las plantas indeseables se pueden volver un problema</li> </ul>	<p><b>Desventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de cercado y sistemas para abastecer agua son más costosos que los del pastoreo continuo.</li> <li>• La producción de forraje y la utilización del agostadero no es tan alta como la del pastoreo rotacional intensivo.</li> </ul>

Fuente: Blanchet *et al.*, 2003.

**Desarrollo del plan de pastoreo.** Involucra el cálculo del número de potreros, tiempo de ocupación y descanso, y es importante para lograr un manejo apropiado de las especies del agostadero.

Para un método de pastoreo rotacional el número mínimo de potreros depende del tiempo de reposo que requieren los pastos; este periodo permite a las plantas rebrotar y producir forraje para la siguiente estación de crecimiento. La duración del periodo de descanso varía en función del periodo de crecimiento de los pastos. Otro componente importante para determinar el número de potreros es el periodo de pastoreo u ocupación. El tiempo de ocupación en cada potrero se basa en la intensidad de manejo deseada, disponibilidad de mano de obra, objetivo de producción del ganado y de las características de los forrajes.

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

$$\text{Núm. de potreros} = \frac{\text{Tiempo de reposo o descanso (días)}}{\text{Tiempo de ocupación (días)}} + 1$$

Supongamos que tenemos un agostadero en donde el hato pastorea cada potrero por un periodo 40 días, con un periodo de descanso de 120 días. De acuerdo con la fórmula tenemos que el número de potreros necesarios es =  $120/40+1 = 4$ .

El tamaño de potrero base se calcula considerando las necesidades de forraje del ganado, el tiempo de ocupación y el forraje disponible. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que independientemente del tamaño definido, la producción de forraje es variable de acuerdo con la estación, por lo que será necesario ajustar la duración del periodo de pastoreo o carga animal.

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

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

Supongamos que tenemos un hato de 35 vacas con peso promedio de 450 kg que debe pastorear un agostadero que produce durante la estación de crecimiento (junio a noviembre) 880 kg de MS/ha de las especies palatables y menos palatables, se pretende dar un 55% de utilización y tiempo de ocupación de 40 días. De acuerdo con la fórmula tenemos:

$$\text{Tamaño de potrero} = \frac{(35 \times 450 \times 3\%) \times (40)}{880 \times 55\%} = \frac{18,900}{484} = 39 \text{ ha}$$

Preferentemente los potreros deben tener suelo, topografía y especies forrajeras similares, y de ser posible ser de forma cuadrada ya que esto permite un pastoreo más uniforme. Los potreros de forma rectangular tienden a ser sobrepastoreados en un extremo y subutilizados en el otro. El ganado no debe de caminar más de 240 metros hacia el agua.

Aún sabiendo el tamaño óptimo del potrero es importante monitorear el pastoreo, de tal manera que el movimiento del ganado dé un potrero a otro se de cuando el forraje haya sido pastoreado hasta el nivel de utilización deseado. Por lo general cuando se remueve más del 60 % del forraje el crecimiento de la raíz y la reposición de reservas se ven afectadas. De la misma manera, si un potrero no tiene los días de descanso recomendados de acuerdo con la época del año, no está listo para pastorear.

El número de animales que puede mantener un potrero va a variar en función de las condiciones de suelo, de la topografía, manejo, etc. Para su determinación se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Número de animales} = \frac{(\text{kg de MS de forraje disponible para pastoreo/hx (Núm. de hectáreas)})}{(\text{peso individual de los animales}) \times (\% \text{ req de MS}) \times (\text{días})}$$

$$\text{Número de animales} = \frac{(880 \text{ kg MS/ha} \times 55\% \text{ utilización}) \times (39 \text{ ha})}{(450) \times (3\%) \times (40)} = 35 \text{ vacas}$$

Para determinar el número de días que puede pastorear en un potrero cierto número de animales se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Número de días} = \frac{(\text{kg de MS de forraje disponible para pastoreo/hx (Núm. de hectáreas)})}{(\text{Requerimiento de MS diario del hato})}$$

$$\text{Número de días} = \frac{(880 \text{ kg de MS/ha} \times 55\% \text{ utilización}) \times (39 \text{ ha})}{(450) \times (3\%) \times (35 \text{ vacas})}$$

Finalmente en el Cuadro 28 se presenta el contenido nutrimental y la degradabilidad *in situ* de la pared celular de algunos pastos nativos de acuerdo con la estación del año, lo que es esencial para conocer el aporte de estos pastizales a la dieta del ganado.



**CUADRO 28. CONTENIDO NUTRIMENTAL Y DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE LA PARED CELULAR (DEFDN) DE PASTOS NATIVOS COLECTADOS EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

PASTO	COMPONENTE	ESTACIONES				MEDIA ANUAL
		INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	
<i>Bouteloua gracilis</i> (Navajita)	Proteína (%)	8.6	6.7	10.5	9.1	8.7
	Fibra (FDN, %)	90	81	82	77	82
	Celulosa (%)	33	38	32	33	34
	Hemicelulosa (%)	43	30	32	29	34
	Lignina (%)	7	7	9	8	8
	DEFDN (%)	54	57	54	60	56
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Banderilla)	Proteína (%)	9.1	8.2	11.9	13.7	10.7
	Fibra (FDN, %)	72	72	73	79	74
	Celulosa (%)	28	28	29	31	29
	Hemicelulosa (%)	27	27	29	29	28
	Lignina (%)	8	8	7	8	8
	DEFDN (%)	35	38	36	38	37

DEFDN= calculada a una tasa de intercambio ruminal del 2% h<sup>-1</sup>.

Adaptado de Ramírez, 2007.

### Ejercicio. problema

Considere el asesoramiento de un rancho que tiene un hato de ganado de doble propósito dividido en dos grupos: primer grupo: 50 vacas en producción, con un peso promedio de 450 kg y becerros entre uno y cuatro meses de edad; segundo grupo: 38 vacas secas con un peso promedio de 450 kg. El rancho cuenta con 650 ha de agostadero que produce 1000 kg de MS/ha/año en la época de crecimiento de las especies (mayo a noviembre). Del total de MS, el 75% lo producen las especies palatables y menos palatables.

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 durante la estación de crecimiento de las especies forrajeras?
5. ¿Es necesario hacer ajustes de carga y qué recomendaría?

Considere que el agostadero va ser manejado mediante un pastoreo rotacional con periodo de ocupación por potrero de 35 días y periodos de descanso de 90 días; cada grupo de animales se pastorea por separado.

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

## **CONSERVACIÓN DEL CULTIVO FORRAJERO**

La conservación de los forrajes después de la cosecha constituye una premisa fundamental para el éxito de toda empresa pecuaria. En México los forrajes constituyen la base de la nutrición del ganado productor de leche por constituir la fuente de menor costo. Sin embargo, la calidad nutricional de los cultivos forrajeros varía según la época del año; y su producción depende de las características del clima, suelo y del potencial genético de las variedades utilizadas, entre otros factores.

En México la producción de forrajes ocurre en dos estaciones o períodos del año: la época de lluvias, que comprende los meses de mayo a octubre. En esta época la producción de forrajes anuales y perennes es abundante y su crecimiento es óptimo, con un valor nutritivo más elevado. Y la época de estiaje o secas, de noviembre a abril, en la que la producción de forraje disminuye notablemente tanto cualitativa como cuantitativamente, lo que provoca graves crisis en la alimentación del ganado, lo que hace difícil, y en ciertos casos imposible, lograr buenos rendimientos. Esto conlleva a la aplicación de técnicas de conservación de los forrajes con el objetivo de alimentar los animales en la época donde disminuye la producción, lo que garantiza el alimento para el ganado.

Los métodos de preservación y conservación de forrajes constituyen soluciones parciales y de alto costo. Debido a ello se requiere buscar alternativas que permitan disminuir la variación de los rendimientos; entre ellos está la obtención de variedades más productivas, resistentes y de establecimiento agresivo durante todo el año, que sea aceptado por los animales.

### **Descripción de la actividad**

Conocer los métodos de conservación de los cultivos forrajeros y los tipos de almacenamiento que existen.

### **Principios básicos de la actividad**

#### **Métodos de conservación**

En México los principales sistemas de conservación de los cultivos forrajeros son la henificación (natural o artificial), el ensilaje y la deshidratación. La utilización de estos métodos tiene como finalidad disponer de alimento en las épocas críticas. Por otro lado, algunos forrajes al ser consumidos en verde pueden afectar la salud del animal y provocar el meteorismo; asimismo, se puede evitar que el forraje se degrade.

Los forrajes apropiados para ser conservados provienen de cultivos anuales, como la avena y el sorgo; perennes, como la alfalfa y los pastos, entre otros, así como los subproductos agrícolas (pajas y rastrojo). Entre los criterios de selección de los métodos de conservación se deben considerar el costo, la calidad, la mano de obra y la maquinaria a utilizar. El método de conservación ideal, y desde luego el más simple, consiste en eliminar el exceso de humedad al forraje verde mediante calor artificial y almacenar el producto (forraje deshidratado), hasta el momento de ofrecerlo a los animales. Sin embargo, este método es costoso debido a que requiere de instalaciones, equipos y energía durante su procesamiento. El método más económico consiste en la deshidratación parcial natural del forraje verde (evaporación por los rayos del sol y el viento) para preparar el heno.



## Henificación

La henificación permite conservar los forrajes verdes, principalmente gramíneas y leguminosas, sobrantes en la época de abundancia, con el fin de utilizarlos en los meses de escasez de alimento. La henificación consiste en cortar el forraje manual o mecánicamente y dejarlo secar de dos a tres días al sol hasta que su contenido de humedad sea menor del 20%, lo que asegura su conservación y evita el enmohecimiento. Cuando se corta el forraje y se seca de manera artificial se puede obtener un heno con un contenido de humedad de 10-15 %.

El fundamento de la henificación se basa en que la humedad constituye uno de los factores más importantes que influyen favorablemente en el crecimiento microbiano (bacterias y mohos), que por otra parte pueden formar parte de la microflora epifítica, manteniéndose sobre las diferentes partes de las plantas y desarrollando ciertas relaciones con éstas. Estos microorganismos son los responsables de la fermentación y enmohecimiento de los forrajes, y por lo tanto de su deterioro. Al reducir el contenido de humedad de los forrajes verdes mediante la henificación (y otros métodos) disminuyen las condiciones favorables para el desarrollo microbiano, lo que permite que puedan ser almacenados sin que ocurra una fermentación pronunciada o se enmohezcan; un heno con un 85-90% de materia seca puede conservarse sin peligro de que se fermente. La sencillez del método de henificación y su larga tradición lo convierten en uno de los principales para la conservación de los forrajes.

Es importante hacer una correcta henificación para evitar pérdidas en cantidad y calidad nutricional. A mayor contenido de humedad del forraje se requerirá de mayor tiempo para deshidratarse, 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 la radiación solar y el movimiento de aire. Para evitar pérdidas ocasionadas por la presencia lluvia se recomienda consultar el pronóstico del tiempo de la semana próxima al corte.

Para aumentar la tasa de deshidratación del forraje se debe cortar en hileras anchas y esparcir el forraje sólo una vez, preferentemente el primer día. El corte en las primeras horas de la mañana y hasta el mediodía permite aprovechar toda la radiación solar del primer día y con ello lograr 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 es benéfica, aunque el beneficio es menor que el corte en hileras anchas o esparcir el forraje. Para minimizar las pérdidas se debe procurar que la humedad sea del 40-50% al voltear el forraje, de preferencia cada 4-6 horas después de la cosecha. Si el forraje permanece húmedo es pertinente voltearlo otra vez.

Las pérdidas en el "alomillado" son de 3 a 6%, y éstas disminuyen cuando se realiza una vez que el forraje alcanza un 45% de humedad. En caso necesario se puede "re-alomillar" antes de ser empacado.

El empaque se realiza cuando el forraje alcanza de 18 a 20% de humedad con objeto de inhibir la presencia de hongos y prevenir calentamiento, así como propiciar una buena preservación durante el almacenamiento como se mencionó anteriormente.



El almacenamiento se realiza protegiendo el forraje contra el sol y la lluvia, para inhibir hongos, calentamiento y disminuye 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.

Los tipos de almacenamiento más comunes para conservar el heno son los siguientes: almiarés (tradicionales y prismáticos), heniles ( $\sim 125 \text{ kg/m}^3$ ) y rotopacas a la intemperie. El heno también puede almacenarse en "greña" (suelto a granel) siempre y cuando esté protegido contra la humedad y los animales.

Algunas características deseables en cualquier tipo de heno son: 1) buena proporción de hojas, 2) color verdoso, 3) limpio, seco y libre de hongos y, 4) con olor típico del cultivo con que se elaboró.

## Ensilaje

Para combinar la economía y la facilidad de realizarlo, asegurando al mismo tiempo un producto de alto valor nutritivo y cierta independencia de las condiciones meteorológicas, debe emplearse la fermentación y adoptarse el proceso del ensilaje. Es un método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad (60-70%) mediante la compactación, expulsión del aire y producción de un medio anaeróbico el cual promueve el desarrollo de bacterias que acidifican el forraje. El producto ensilado tiene un valor nutritivo similar al del forraje antes de ensilar. El cambio principal durante el ensilado es la fermentación por la actividad bacteriana de los carbohidratos solubles a ácidos orgánicos de cadena corta, principalmente ácido láctico y alcoholes. (Wilkinson, 1985).

El ensilaje es una forma de conservar el forraje succulento, con su máximo valor alimenticio, y la salud de los animales. Afortunadamente en este método de conservación es mínima la pérdida de valor alimenticio, y aunque el ensilaje no es un proceso tan eficaz como la deshidratación artificial, es mucho mayor que la henificación natural en la que la planta pierde más nutrimentos que cuando es ensilada.

El corte en estado de madurez adecuado asegura un contenido de carbohidratos que favorecen una adecuada fermentación por las bacterias lácticas. Normalmente se requiere un mínimo de 6 a 12% de carbohidratos solubles. Un retraso en el estado de madurez disminuye el contenido de estos carbohidratos. La humedad es necesaria para lograr un apisonamiento y fermentación adecuados. Cuando el porcentaje de humedad es más bajo, la estabilidad anaeróbica se logra con un pH más alto debido a una menor capacidad amortiguadora por la pérdida de ácidos orgánicos. Un alto contenido de humedad ( $> 70\%$ ) es indeseable debido a que estimula el crecimiento de las bacterias del género *clostridia* aun cuando el pH sea menor de 4. Para ensilar forraje de gramíneas y leguminosas es necesario que su contenido de humedad sea adecuado. En el Cuadro 29 se puede observar el contenido de materia seca y carbohidratos solubles en varios cultivos forrajeros.



**CUADRO 29. CONTENIDO DE MATERIA SECA Y CARBOHIDRATOS SOLUBLES PARA DIFERENTES CULTIVOS FORRAJEROS.**

CULTIVO	MATERIA SECA %	CARBOHIDRATOS SOLUBLES %
Alfalfa	35-40	7-9
Maíz	28-35	8-14
Gramineas	28-38	7-15
Cereales de invierno	28-38	5-25

Actividades a realizar para obtener un silo de buena calidad:

1. Cortar y picar el forraje en trozos pequeños ( $\leq 2.5$  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.
2. Transportar el material picado al silo lo más pronto posible para no afectar el proceso de fermentación (tiempo máximo cinco días).
3. Apisonar el material picado para eliminar la mayor cantidad de aire posible. En los silos subterráneos y de pastel se recomienda dar cuatro o cinco pasos de tractor para apisonar cada capa de 50 cm de material picado. El silo de torre posee un implemento que apisona el material conforme se va llenando.
4. Sellar el silo con un plástico y cubrirlo con una capa delgada de tierra o arena (2-3 cm) para evitar la entrada de aire.

En el Cuadro 30 se presentan algunos de los parámetros a considerar en la evaluación de la calidad del ensilado.

**CUADRO 30. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ENSILADO EN FUNCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE FERMENTACIÓN.**

PARÁMETRO	CALIDAD DEL ENSILADO		
	BUENA	INTERMEDIA	MALA
pH (MS>35%)	< 4.8	<5.2	> 5.2
pH (M<35%)	< 4.2	<4.5	> 4.8
Ácido láctico, %	3-14	Variable	Variable
Ácido butírico, %	< 0.2	$0.2 \leq x \leq 0.5$	> 0.5
Proporción sobre ácidos totales, %			
Láctico	> 60	40 – 60	< 40
Acético	< 25	25 – 40	> 40
Butírico	< 5	5 – 10	> 10
Nitrógeno amoniacal (% nitrógeno total)	< 10	10 – 16	> 16
Nitrógeno ligado a fibra detergente ácido	< 15	15 – 30	> 30

Fuente: B Jorge, 1996.

La composición química del ensilado varía de acuerdo a diferentes factores, entre ellos la variedad utilizada. Por ejemplo, en el maíz ensilado, la variedad empleada no sólo afecta el rendimiento de forraje, sino también su composición química (Cuadro 31).

**CUADRO 31. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO (Tovar *et al.*, 2003).**

VARIEDAD	MO	PC	EE	FC	FDN	FDA	HEM	CC	ELN	NDT	ENL
	kg MS <sup>-1</sup>										(Mcal kg <sup>-1</sup> )
H135	920	82	21	238	616	355	261	304	579	621	1.40
V107	924	80	14	252	629	412	217	296	578	609	1.37
VS2000	928	78	17	264	584			344	569d	607	1.37
HS2	935	77	17	239	599	391	208	335	602	628	1.42
H28	955	81	16	217	589	383	207	366	641	655	1.49
VS22	948	83	16	236	613	390	223	336	614	637	1.44
Media	935	80	17	241	608	383	222	330	597	626	1.41

MO= Materia orgánica, PC= Proteína total, EE= Extracto etéreo, FC= Fibra cruda, FDN= Fibra detergente neutra (paredes celulares), FDA= Fibra detergente ácido (lignocelulosa), HEM= Hemicelulosa, CC= Contenido celular (% MO-FDN), ELN= Extracto libre de nitrógeno, NDT= Nutrientes digestibles totales estimados, ENL= Energía neta de lactancia.

Por otra parte, además de las diferencias entre los compuestos químicos, es muy importante la digestibilidad de los nutrientes. Se ha reportado que un incremento en la digestibilidad de la fibra contenida en el alimento trae como consecuencia un incremento en la energía disponible; en vacas en lactancia la digestibilidad de la fibra es el parámetro más importante para determinar la calidad del ensilado de maíz (Knowlton, 1999). Por cada punto porcentual de incremento en la digestibilidad de FDN aumenta el consumo en 0.5 lb día<sup>-1</sup>, la producción de leche en 0.53 lb día<sup>-1</sup> y el peso corporal en 0.11 lb día<sup>-1</sup>. Si la digestibilidad entre dos híbridos varía en seis unidades se predice un incremento de 3 lb día<sup>-1</sup> en consumo, un incremento de 3 lb día<sup>-1</sup> en producción de leche y un aumento de 0.66 lb día<sup>-1</sup> en peso corporal al inicio de la lactancia. En el maíz ensilado las diferencias en la digestibilidad de la pared celular (FDN) entre las variedades (Cuadro 32) es de 14 unidades porcentuales, entonces se podrían obtener aumentos de 2 y 3 kg día<sup>-1</sup> en la producciones de leche. Esta información demuestra los beneficios económicos potenciales que puede lograr el productor haciendo la selección adecuada de variedades de maíz para ensilado.

**CUADRO 32. DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE LOS NUTRIMENTOS DEL ENSILADO DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ EN BORREGOS. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO (Tovar *et al.*, 2003).**

VARIEDAD	DIGMS	DIGMO	DIGPC	DIGFDN	DIGFDA	DIGHEM	DIGCC	DIGELN
	%							
H135	69.3	72.4	45.2	64.0	43.9	63.9	85.8	55.7
V107	66.1	60.7	44.6	49.4	40.7	57.7	81.1	51.5
VS2000	64.7	61.7	49.4	58.1	40.2	58.7	80.4	50.5
HS2	70.4	69.9	49.4	54.4	52.7	63.1	83.5	57.7
H28	67.4	66.7	44.4	59.0	43.2	59.1	80.7	54.7
VS22	70.7	69.3	58.4	63.7	51.9	61.1	84.8	58.0
Media	68.1	66.8	48.6	58.1	45.4	60.6	82.7	54.4

DIG= Digestibilidad *in vivo* de los componentes químicos del ensilado de maíz.



- Tovar G, MR, C Sánchez Del R, JL Arellano V, JE Guzmán, I Morales P. 2003. Maize varieties in the Highlands Valleys of Central Mexico: forage yield and nutritive value of whole maize plants fed as silage to sheep. *In: The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Proceedings Tropical and Subtropical Agroecosystems.* J Herrera-Camacho and CA Sandoval-Castro (Ed.). 3(1-3) (Special Vol.):9 1-94.
- Vallentine J, F. 2000. Grazing management. 2nd. Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 659 p.
- Van Soest PJ, DR Martens and B Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47:712-720.
- Van Soest, PJ. 1998. Calidad del forraje y valor relativo de la alfalfa y pastos. *In: IV Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo '98.* Torreón. Coah., México. p. 20-31.
- Villaseñor M, HE. 2008. Tecnología de producción de avena de temporal en Tlaxcala. Programa Nacional de Trigo y Avena. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. Chapinto, Edo. de México. 12 p. (Documento de Trabajo).
- Watson, DJ. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. In Agron.* 4:101:145.
- Wilkinson J, M. 1985. The ensiling of forage maize: Effects on composition and nutritive value. *In: ES Bunting, BF Pain, RH Phipps, JM Wilkinson and RE Gunn. (Eds.). Forage Maize.* Agricultural Research Council Press. London. p. 201-237.
- Zamora D, M. y S. Solano H. 2004. Variedad de cebada maltera para los Valles Altos de la Mesa Central. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. (Desplegable para Productores Núm. 2).

## PROCESO DE ALIMENTACIÓN

### INTRODUCCIÓN

Los principales factores que afectan la producción de leche y el desarrollo de animales de reemplazo son la genética, el ambiente, el manejo y la alimentación. La alimentación es importante no sólo en la producción de leche y el desarrollo de animales de reemplazo, sino también para mantener la salud y reproducción del ganado lechero. La aplicación práctica de los conocimientos de anatomía y fisiología digestiva, mecanismos de control del consumo de alimentos, microbiología ruminal, dinámica de la digestión en el rumen, digestión pos-ruminal, metabolismo, así como el conocimiento de los requerimientos nutrimentales, la evaluación nutrimental de los alimentos en laboratorio y pruebas de digestibilidad *in vitro* o *in situ* permiten el balanceo apropiado de raciones (Ver Figura 4 Capítulo 1).

Los sistemas de alimentación permiten un mejor suministro de las raciones, mayor consumo de materia seca, optimización de la fermentación ruminal y metabolismo de los animales, disponibilidad de nutrimentos en la glándula mamaria para aumentar la producción y calidad de la leche, así como para mantener la salud del ganado. La alimentación es uno de los conceptos más importantes a considerar en los costos de producción en las explotaciones lecheras. El diseño de raciones balanceadas de mínimo costo con forrajes de alta calidad, subproductos, y uso óptimo de granos garantizan una rentabilidad adecuada. Por otra parte, en la preparación de las raciones balanceadas se debe considerar la disminución del riesgo de contaminación por las excreciones al ambiente.

### Objetivo

Proporcionar a las vacas los nutrimentos requeridos para obtener la mayor producción y calidad de leche posible, y lograr el desarrollo adecuado de animales de reemplazo de manera más eficiente, al menor costo y sin contaminar el ambiente.

### DISEÑO DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN

#### Estructura del hato y necesidades de forraje

#### Principios básicos

Dentro de una explotación lechera la estructura del hato es el número de cabezas en las diferentes etapas productivas (vacas en lactación, vacas secas, vaquillas y becerras). En cada etapa las necesidades de nutrimentos son diferentes. En vacas en producción el consumo de alimento y los requerimientos nutrimentales están determinados principalmente por el nivel de producción y el peso de los animales. En la Figura 16 se muestran las necesidades de materia seca, proteína metabolizable y energía neta para lactancia en vacas de 600 kg de peso vivo con diferentes niveles de producción de leche por lactancia. Considerando tanto el periodo de producción como el seco, el consumo de materia seca al año es de alrededor de 5500 a 7500 kg, de los cuales 3,500 a 4,500 kg son requeridos como forraje para alimentar vacas que producen de 4,000 a 12,000 litros de leche por lactancia.



En el Cuadro 35 se presentan ejemplos de las necesidades de forraje seco para las diferentes etapas productivas del ganado en las explotaciones lecheras en el sistema especializado. En el Cuadro 36 se presenta la calidad nutrimental que deben tener estos forrajes.

**CUADRO 35. NECESIDADES DE FORRAJE DEL GANADO EN DIFERENTES ETAPAS PRODUCTIVAS EN EXPLOTACIONES LECHERAS.**

ETAPA PRODUCTIVA	FORRAJE SECO, kg/AÑO
Vacas en producción	3000
Vacas secas	600
Becerras menores de un año	1150
Becerras de 1 a 2 años	4150

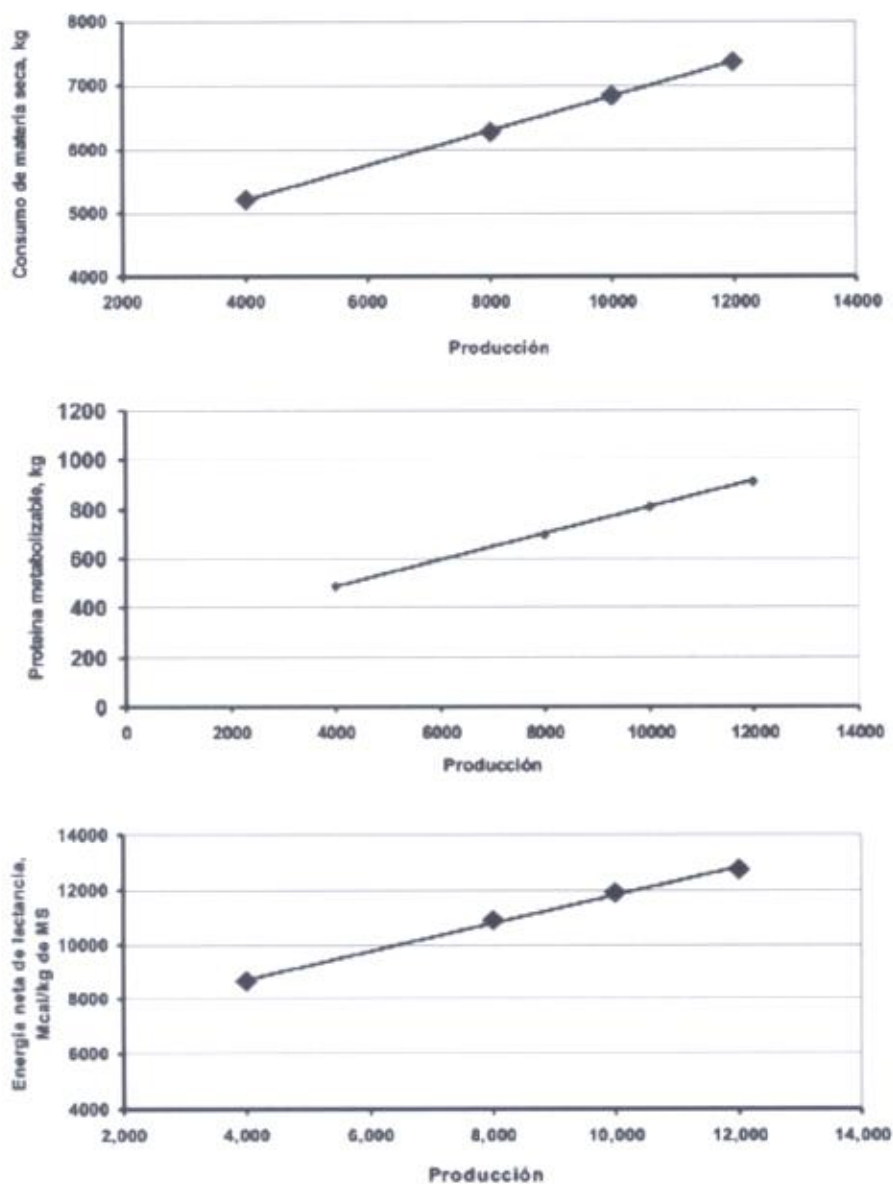


Figura 16. Requerimientos de materia seca, proteína metabolizable y energía neta para lactancia para vacas de 600 kg de peso vivo con diferentes niveles de producción de leche por lactancia (kg).

**CUADRO 36. CALIDAD NUTRIMENTAL DEL FORRAJE REQUERIDA POR EL GANADO DE ACUERDO CON LA ETAPA PRODUCTIVA EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA.**

CALIDAD DEL FORRAJE	ETAPA DE PRODUCCIÓN
Alta	Vacas al inicio de la lactancia Becerras hasta 3 meses de edad
Buena	Vacas a mitad de la lactancia Becerras de 3 a 12 meses de edad
Regular	Vaquillas de 12 a 24 meses de edad Vacas secas

Con esta información se calcula la cantidad de forrajes requeridos para la alimentación del hato durante el año.

### **Inventario de recursos disponibles para la producción de forraje**

#### **Principios básicos**

Entre los factores que afectan la producción de forrajes está el clima, las características de los suelos y el agua para riego. El clima determina la adaptación y potencial productivo de las especies forrajeras en cada localidad. En las explotaciones lecheras del norte y centro del país se tienen climas subtropicales áridos y semiáridos, con temperaturas cálidas, semi-cálidas y templadas. Estos climas presentan notables variaciones en radiación solar y temperatura a través del año, de manera que permiten utilizar especies de clima frío ( $C_3$ ) en otoño-invierno, y especies de clima cálido ( $C_4$ ) en primavera y verano. Las características de los suelos pueden limitar la producción de las especies forrajeras debido a efectos de la textura, pH, salinidad y contenido de sodio. La disponibilidad de agua de riego determina la superficie que se puede sembrar para la producción de forrajes sin problemas para cubrir adecuadamente las necesidades hídricas de los cultivos.

Con el inventario de recursos disponibles y las necesidades del ganado se elabora el plan de producción de forrajes, que incluye especies forrajeras, superficies, metas de rendimiento y calidad nutricional del forraje. Una vez elaborado el plan se estima la producción de cada especie forrajera y se calcula el déficit o exceso del mismo durante el año. Esto permite considerar un plan de compra extra de forraje o la posible venta o almacenamiento de excedentes.

### **BALANCEO DE DIETAS**

#### **Muestreo de alimentos**

#### **Principios básicos**

La calidad nutricional de los alimentos que se utilizan para el ganado bovino lechero puede variar notablemente, sobre todo en los forrajes. Los principales factores que afectan la calidad son: la especie, la variedad, el estado de madurez, los factores climáticos y las prácticas de manejo y conservación. Estas variaciones en calidad nutricional pueden afectar las



concentraciones de proteína y energía, el consumo de materia seca, la producción de leche, la salud del ganado, el uso de granos, suplementos, aditivos y los costos de alimentación. Por estas razones es importante analizar periódicamente los alimentos. El muestreo de alimentos es fundamental, ya que la utilización de métodos inadecuados es la principal fuente de variación en el análisis de los alimentos, y puede ocasionar un balanceo inadecuado de dietas.

En el muestreo de alimentos balanceados, suplementos e ingredientes sólidos es necesario utilizar instrumentos diseñados para tal propósito, como son: muestreadores de lanza, cucharones de cilindro, cuarteadores, etc. El número de sacos o unidades a muestrear dependerá del tamaño del lote. En lotes menores de 10 sacos se deberán muestrear todos los sacos. Si los lotes son mayores se deberán muestrear 10 o más sacos (10%) dependiendo del número de sacos. En productos a granel se puede utilizar un muestreador cilíndrico. Las muestras deberán ser tomadas a tres niveles de profundidad, dependiendo del volumen del alimento, como se indica a continuación:

- Bodegas y camiones de hasta 15 toneladas. Tomar cinco puntos de muestreo: uno al centro y cuatro aproximadamente a 50 cm de las paredes laterales.
- Bodegas y camiones de 15 a 30 toneladas. Tomar ocho puntos de muestreo: con dos al centro y seis aproximadamente a 50 cm de las paredes laterales.
- Bodegas y camiones de 30 a 50 toneladas. Tomar 11 puntos de muestreo: tres al centro y ocho aproximadamente a 50 cm de las paredes laterales.

Otra forma de muestrear los ingredientes a granel es al momento de la descarga. Para esto sólo basta introducir un recipiente bajo el flujo de descarga a varios intervalos de tiempo. Las muestras tomadas se mezclan, y de la mezcla se toma una muestra para su análisis.

En pacas de heno el muestreo se puede realizar por lotes. En este caso se utilizan muestreadores de 1 a 2 cm de diámetro y de 30 a 40 cm de longitud. Se pueden tomar de 15 a 20 muestras representativas de 200-300 g insertando completamente el muestreador con un ángulo de 90° en medio de las pacas y hacer una muestra compuesta de 200 g para su análisis en el laboratorio. Las muestras se colocan en bolsas dobles de plástico con cierre hermético y se mantienen en condiciones adecuadas hasta su envío al laboratorio. La muestra compuesta debe contener los siguientes datos: propietario y predio, fecha, tipo de forraje, lote, variedad y corte. Al enviar la muestra al laboratorio se debe especificar que análisis se necesitan para el balanceo de raciones.

En forrajes ensilados se toman de 10 a 15 muestras de 500 g cada una a una profundidad de 20 a 25 cm de la superficie utilizando como guía una cuadrícula en la cara del silo para obtener muestras representativas. Las muestras se colocan en bolsas dobles de plástico con cierre hermético, las cuales se deben mantener congeladas hasta ser analizadas en el laboratorio. La muestra compuesta de 500 g que se envía al laboratorio debe identificarse como se describió en el párrafo anterior.

## **Análisis de alimentos**

### **Principios básicos**

La evaluación de la calidad nutrimental de los alimentos requiere análisis de laboratorio para conocer su composición química y digestibilidad, con el objeto de relacionarla con el consumo,



disponibilidad y utilización de nutrientes y producción del ganado. Anteriormente el análisis de los alimentos se llevaba a cabo mediante el análisis proximal, el cual consideraba las determinaciones de cenizas, proteína cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y extracto etéreo. Actualmente algunas de estas determinaciones ya no se utilizan, debido a que la información tiene serias limitaciones para su aplicación en la nutrición del ganado.

En la actualidad se utiliza el análisis de la fibra de los alimentos (Georing y Van Soest, 1970) el cual considera determinaciones de fibra insoluble en detergente neutro (FDN). La fibra detergente neutro está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina, la cual se puede relacionar con el llenado del rumen, el consumo, rumia de los animales y la capacidad amortiguadora de los alimentos. La determinación de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) incluye celulosa y lignina, que son los componentes menos digestibles de las paredes celulares. Esta fracción se relaciona de manera empírica con la digestibilidad y energía de los forrajes. La determinación de lignina se puede realizar por diferentes métodos. Esta fracción es virtualmente indigestible y se relaciona con la digestibilidad de los forrajes dentro de especies, pero no entre especies de forrajes.

Generalmente las leguminosas tienen mayor concentración de fibra que las gramíneas. Estos análisis de fibra se complementan con determinaciones de azúcares (A), almidón y pectinas ( $B_1$ ), fibra disponible ( $B_2$ ) y fibra no disponible (C).

En relación con los análisis de proteína, la proteína cruda se basa en el contenido total de nitrógeno de los alimentos, pero no distingue entre aminoácidos y nitrógeno no protéico. Actualmente se realizan determinaciones de proteína degradable en el rumen (nitrógeno para la síntesis microbiana) y proteína no degradable (fuente de aminoácidos para absorción intestinal). También se realizan determinaciones de las fracciones de nitrógeno rápidamente degradadas en el rumen (A), proteína verdadera rápidamente degradada en el rumen ( $B_1$ ), proteína verdadera que parcialmente se degrada en el rumen dependiendo de las tasas de digestión y paso ( $B_2$ ), proteína verdadera que se degrada lentamente debido a su asociación en las paredes celulares ( $B_3$ ), y proteína indigestible que no se degrada en el rumen y no aporta aminoácidos en el intestino delgado (C).

Las determinaciones de digestibilidad pueden realizarse *In vitro* mediante incubaciones con líquido ruminal y posteriormente con pepsina (Tilley y Terry, 1963). El método de Van Soest consiste en incubaciones en líquido ruminal, y posteriormente la determinación de fibra detergente neutro (Van Soest *et al.*, 1966). Existen métodos enzimáticos, pero éstos se emplean con menos frecuencia. La determinación de la digestibilidad *In situ* consiste en la incubación de la muestra en bolsa nylon en el rumen del animal provisto de una cánula ruminal.

El contenido de energía de los alimentos no se puede medir, por lo que sólo se realizan estimaciones a través del total de nutrientes digestibles, ecuaciones aditivas y ecuaciones que utilizan variables de composición química y/o digestibilidad de los alimentos. Estas estimaciones de energía neta para lactancia ( $EN_l$ ) se corrigen dependiendo del consumo para su utilización en el balanceo de dietas Cuadro 37.

Los minerales forman parte importante de proteínas estructurales y de enzimas. Una deficiencia de minerales puede limitar el comportamiento productivo y la salud animal. En los forrajes el contenido de minerales varía por especie forrajera, efecto de la estación del año y tipo de suelo. La determinación de por lo menos calcio, fósforo y magnesio se debe realizar,



ya que son macrominerales que se encuentran en cantidades considerables en la leche, y su deficiencia o desbalance puede llevar a la pérdida de estos elementos en los huesos, generando desórdenes metabólicos. Si se sospecha de alguna deficiencia en particular se debe realizar su determinación por la importancia de estos elementos en el metabolismo y la salud de los animales.

Los análisis de mico-toxinas en los alimentos incluyen: aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenon (DON) y zearalenona. Estas sustancias impactan el comportamiento reproductivo, productivo, se eliminan en leche y pueden causar cáncer (Whitlow y Hagler, 2005 y 2006).

Algunos análisis que se pueden solicitar en el laboratorio son:

- a) Proteína cruda por el método Kjeldahl (AOAC, 1984).
- b) Nitrógeno soluble (Krishnamoorthy *et al.*, 1983).
- c) Proteína insoluble en detergente ácido (Van Soest *et al.*, 1991).
- d) Proteína insoluble en detergente neutro (Van Soest *et al.*, 1991).
- e) Nitrógeno no protéico (Krishnamoorthy *et al.*, 1983).
- f) Fibra detergente neutro (Goering y Van Soest, 1970).
- g) Fibra detergente ácido (Goering y Van Soest, 1970).
- h) Lignina (Goering y Van Soest, 1970).
- i) Extracto etéreo (AOAC, 1984)
- j) Cenizas (AOAC, 1984)
- k) Carbohidratos no estructurales (CNE) =  $100 - (\% \text{ FDN corregida por proteína} + \% \text{ PC} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Cenizas})$  (Weiss, 1994).
- l) Digestibilidad aparente (Tilley y Terry, 1963).
- m) Digestibilidad verdadera (Van Soest *et al.*, 1966).
- n) Digestibilidad *In situ* (Jung *et al.*, 2004).
- o) Estimación de la energía neta de lactancia (Weiss, 1994; NRC, 2001).

**CUADRO 37. CALIDAD NUTRITIVA DE FORRAJES CON BASE EN ANÁLISIS DE LABORATORIO.**

NUTRIMENTO	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Proteína cruda (%)	> 18	15-18	12-15	8-12
FDN (%)	< 40	40-50	50-60	> 60
Digestibilidad de la FDN (%)	> 60	50-60	40-50	< 40
Digestibilidad (%)	> 80	70-80	65-70	<65
EN <sub>d</sub> (Mcal/kg de MS)	> 1.5	1.3-1.5	1.1-1.3	<1.1

Para la determinación de la mayoría de minerales los métodos más confiables son por espectrofotometría de flama, y para el caso específico de fósforo, por colorimetría. Para la determinación de aflatoxinas, flumonisinas, deoxinivalenol y zearalenona se puede emplear la espectrometría líquida o la cromatografía de masas.



## Balanceo de dietas por lote

### Principios básicos

El aparato digestivo que poseen los rumiantes les permite el consumo, fermentación y digestión de alimentos fibrosos, así como de otro tipo de ingredientes convencionales. Con la rumia se reduce el tamaño de partícula, se expone la fibra a la fermentación microbiana y se estimula la producción de saliva. Esta última neutraliza la acidez asociada a la producción de ácidos grasos volátiles durante la fermentación. Los microorganismos del rumen fermentan las fracciones degradables de los carbohidratos y desdoblan las proteínas de los alimentos, lo cual proporciona energía al animal y estimula el crecimiento microbiano. Posteriormente la masa microbiana y las fracciones de alimentos no degradados en el rumen son digeridos enzimáticamente en el abomaso e intestino delgado.

En los rumiantes el consumo de materia seca está regulado por dos mecanismos: el control metabólico y el llenado físico. El primero involucra el efecto de los productos de la digestión y el metabolismo en los receptores del cerebro. Este mecanismo controla el consumo de dietas altas en energía. El consumo de dietas bajas en energía y altas en fibra depende de factores físicos. Los principales factores que afectan el consumo de materia seca son: peso y etapa productiva de las vacas (en producción, secas, primer parto, vacas adultas, etc.), composición química de la dieta (concentración de energía, contenido de fibra), forma física (humedad, tamaño de partícula y densidad), efectos ambientales (estrés calórico), deterioro de los alimentos, sistema de alimentación, disponibilidad de espacio en los comederos, agua para beber, entre otros.

En los forrajes uno de los principales factores que limita el consumo por los animales es el contenido de fibra; el rango de consumo de fibra es de 0.9 a 1.1% del peso vivo del animal. Por otra parte, la humedad óptima de las raciones debe ser de 40 a 55%. El consumo de alimentos fermentados con valores de humedad superiores se puede reducir.

Para estimular el consumo de alimentos, éstos deben ser suministrados al menos dos o tres veces por día. Las vacas con problemas en las patas consumen menores cantidades de alimento. Una temperatura ambiental superior a los 25 °C ocasiona disminución en el consumo de materia seca de entre 10 y 35%; la disminución puede aumentar si la temperatura es mayor a 35 °C y las noches no son frescas.

Las **proteínas** de los alimentos al ser degradadas por los microorganismos del rumen forman amoníaco y ceto-ácidos, los cuales son utilizados por los microorganismos para sintetizar su propia proteína. Cuando el contenido de amoníaco en rumen es bajo se limita el crecimiento bacteriano y se reduce la digestibilidad de la ración; en cambio, amoníaco en exceso es excretado en la orina y, en casos graves, llega a producir intoxicaciones y la muerte. Pero la síntesis de proteína microbiana depende además de la disponibilidad de amoníaco, aminoácidos y péptidos, y de la disponibilidad de energía proveniente de la fermentación de los carbohidratos. La proteína microbiana tiene alrededor de 80% de aminoácidos con un excelente perfil (similar a la caseína) que puede llegar a constituir más del 50% de la proteína metabolizable. La calidad de la proteína microbiana no es afectada por la dieta que consume el ganado. Los factores que afectan la síntesis de proteína microbiana son: el consumo de materia seca, la calidad del forraje en la ración, el pH en el rumen, la fuente y cantidad de proteína, la facilidad de fermentación de los alimentos y la fuente y cantidad de carbohidratos. La proteína es importante porque estimula el consumo, la digestibilidad y uso de energía, suministra



aminoácidos para la síntesis de tejidos, hormonas, enzimas y leche, así como carbono para la síntesis de glucosa.

Los **carbohidratos** constituyen del 60 al 70% de la dieta, y son la principal fuente de energía. En los alimentos los carbohidratos se dividen en dos fracciones: la primera es una fracción soluble, proveniente del contenido celular de las plantas que incluye azúcares, almidones, pectinas y ácidos orgánicos. Esta fracción es conocida como carbohidratos no estructurales (CNE), los cuales se degradan rápidamente en el rumen proporcionando a los microorganismos la energía necesaria para su crecimiento. La segunda fracción, que está compuesta por los carbohidratos estructurales de la pared celular, incluye celulosa, hemicelulosa y lignina (FDN). Ésta se relaciona con el consumo, el tiempo de rumia, la capacidad amortiguadora para mantener el pH en el rumen, y previene algunas enfermedades metabólicas como la acidosis. Además, mantiene un ambiente adecuado en el rumen para el crecimiento microbiano y la fermentación. Así mismo, es requerida para mantener el contenido de grasa en leche.

La digestibilidad de la FDN también se relaciona con el consumo y la energía de los forrajes. Se reporta que cada unidad de incremento de la digestibilidad de ensilaje de maíz *In vitro* o *In situ* está asociado con 0.17 kg de aumento en el consumo de materia seca y 0.25 kg de aumento en la producción de leche, corregida al 4% (Oba y Allen, 1999).

Los carbohidratos proporcionan precursores de la lactosa y son la principal fuente de energía para el mantenimiento, síntesis de proteína, crecimiento de tejidos, reproducción y producción de leche.

Los **minerales** son de gran importancia para maximizar la producción y mantener la salud de las vacas. Las deficiencias de minerales en los animales pueden resultar en pérdidas económicas cuantiosas. Los minerales son necesarios para un funcionamiento normal de todos los procesos bioquímicos del animal.

El calcio (Ca) actúa como cofactor en muchas reacciones enzimáticas, interviene en el metabolismo del glucógeno y junto con el fósforo y sodio participa en la contracción muscular. Cuando la pérdida de Ca excede la ingesta puede ocurrir hipocalcemia, o fiebre de leche, la cual generalmente ocurre en los primeros días de la lactancia y se asocia a un desequilibrio en el Ca ocasionado por sus interacciones con el estado ácido-base. En el pasado se atribuía a la proporción Ca y fósforo (P), pero actualmente este factor no es tan crítico, a menos que la proporción sea mayor de 7:1.

El P se absorbe en el intestino delgado y está influenciado por la acción de la vitamina D. El fósforo es esencial para mantener una buena fertilidad del hato. En animales con gestación avanzada se puede presentar hipofosfatemia, que se puede complicar con hipocalcemia, hipomagnesemia y en algunos casos hipoglicemia (Goff, 2000). Al inicio de la lactancia también se pueden presentar casos de hipofosfatemia debido a su secreción en el calostro y la leche.

En el caso del magnesio (Mg) no existe un mecanismo hormonal para mantener su homeostasis. En contraste con el Ca y P, la homeostasis del Mg es dependiente del suministro en la dieta. Las deficiencias de Mg se pueden presentar al alimentar al ganado con forrajes con bajo contenido de Mg. Un alto contenido de potasio (K) en la ración puede interferir con la absorción de Mg. La hipomagnesemia se puede presentar en vacas al final de la gestación.



La concentración de sodio (Na) en forrajes es baja, por lo que la suplementación con sal es importante. La deficiencia de Na puede reducir la producción de leche, y el exceso puede disminuir el consumo de las raciones.

El Cloro (Cl) es necesario en las secreciones digestivas y para mantener el balance ácido-base en el animal. La deficiencia de Cl puede ocasionar alcalosis metabólica e hipovolemia, que afectan la producción, y el exceso puede causar acidosis metabólica que pone en riesgo la vida de los animales.

El K es importante en los sistemas enzimáticos, actividad muscular, balance ácido-base y presión osmótica, y se ha relacionado con la incidencia de fiebre de leche, por lo cual se recomienda mantener un contenido adecuado en la dieta.

El azufre (S) está relacionado con la utilización de proteína y nitrógeno. Particularmente es importante en la síntesis de proteína con los aminoácidos metionina y cisteína. Así mismo, es un importante anión en la prevención de fiebre de leche. Su deficiencia ocasiona reducciones en el consumo y digestibilidad de los alimentos, crecimiento lento y menor producción.

El ganado lechero requiere pequeñas cantidades de minerales menores. En algunos casos la adición de ciertos minerales menores puede interferir con otros.

El hierro (Fe) participa en los procesos de respiración celular como componente de la hemoglobina, mioglobina, citocromo y otras enzimas. Normalmente no se presentan deficiencias en ganado lechero adulto, pero en animales en desarrollo puede ocasionar crecimiento lento, falta de apetito y anemia.

El manganeso (Mn) es requerido para la estructura de los huesos, en la reproducción y el funcionamiento del sistema nervioso. La deficiencia de Mn afecta el crecimiento, desarrollo del esqueleto, la reproducción, el funcionamiento nervioso y el metabolismo de lípidos y carbohidratos. Su exceso puede causar aumento en lípidos y colesterol en la sangre y efectos negativos en el funcionamiento de hígado y corazón.

El cobre (Cu) es esencial para la actividad de ciertas enzimas y la síntesis de hemoglobina en el sistema inmunológico. Su deficiencia puede ocasionar susceptibilidad a infecciones, como mastitis. Otros de sus efectos son: crecimiento retardado, diarrea, anemia y despigmentación del pelo.

El zinc (Zn) está relacionado con varias enzimas y la insulina. Su deficiencia ocasiona anormalidades en huesos y piel, para-queratosis y mala visión.

El cobalto (Co) es un componente de la vitamina B<sub>12</sub> que afecta la formación de sangre. En el rumen los microorganismos lo utilizan en la formación de esta vitamina. Su suplementación mejora la actividad microbiana en el rumen y la digestión de la fibra.

El yodo (I) es requerido en la síntesis de hormonas de la glándula tiroides que regula el metabolismo energético. Su deficiencia afecta la glándula tiroides y al parecer también la reproducción del ganado. Su exceso puede ocasionar toxicidad que afecta ojos y pelo, provocando flujo nasal, nerviosismo y reducción en la producción de leche.



El selenio (Se) juega un papel importante en el sistema inmunológico de los animales. Su deficiencia se puede relacionar con retención de placenta, problemas al parto, mastitis y deficiencias hormonales.

Las **vitaminas** se clasifican en solubles en grasas (A, D, E y K) y solubles en agua, (tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, vitamina B<sub>12</sub>, vitamina C y colina). Las funciones de las vitaminas se presentan en el Cuadro 38 (Weiss y Ferreira, 2006). Las vitaminas solubles en agua y vitamina K son sintetizadas en el rumen o en los tejidos de los rumiantes. Por lo anterior sólo las vitaminas A y E se deben suministrar en la dieta. Se considera que la vitamina D puede ser sintetizada en la piel de los animales cuando son expuestos a la luz solar. Probablemente la importancia de las vitaminas aumenta a medida que aumenta la productividad y el confinamiento del ganado.

El suministro adecuado de vitaminas se puede ver afectado por factores como manejo agronómico y cosecha de forraje, efectos ambientales, procesamiento y almacenamiento de forrajes, consumo de raciones insuficientes, biodisponibilidad, producción, confinamiento y falta de exposición a la luz solar, estrés e incidencia de enfermedades. Otros factores son la rancidez de grasas y presencia de antagonistas. El suministro de  $\beta$ -caroteno o vitamina A de acuerdo a los requerimientos puede mejorar la función inmune de la glándula mamaria y reducir los problemas de mastitis. En el caso del suministro de vitamina E se ha observado menor incidencia de infecciones en la ubre y mastitis, así como menor prevalencia de retención de placenta.

**CUADRO 38. FUNCIONES DE LAS VITAMINAS EN GANADO BOVINO LECHERO.**

VITAMINA	FUNCIÓN
<b>Vitaminas solubles en grasa</b>	
Vitamina A	Regulación de genes, inmunidad, visión
Vitamina D	Metabolismo de Ca y P, regulación de genes
Vitamina E	Antioxidante
Vitamina K	Coagulación de la sangre
<b>Vitaminas solubles en agua</b>	
Biotina	Metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas
Acido fólico	Metabolismo de aminoácidos y ácidos nucleicos
Niacina	Metabolismo de energía
Acido pantoténico	Metabolismo de carbohidratos y grasas
Riboflavina	Metabolismo de energía
Tiamina	Metabolismo de carbohidratos y proteínas
Vitamina B <sub>6</sub> (piridoxina)	Metabolismo de aminoácidos
Colina	Metabolismo de grasas y transporte
Vitamina C	Metabolismo de aminoácidos y transporte

Weiss y Ferreira (2006) plantean la posibilidad de obtener respuesta positiva al suministro de vitaminas del complejo B. Se reportan efectos benéficos en problemas de pezuñas y aumentos en producción de leche con la adición de biotina. Los aumentos en producción de leche con dosis de 20 mg/día han sido de 1 a 3 litros diarios en vacas con producciones superiores a 34 litros. En vacas altamente productoras con el suministro de niacina se han observado

menores respuestas al inicio de la lactancia. Aunque no está comprobado científicamente se cree que el suministro de niacina protegida para su degradación ruminal es más eficaz. Los resultados con el suministro de ácido fólico, vitamina B<sub>12</sub> y otras vitaminas del complejo B han sido inconsistentes.

Los requerimientos nutrimentales del ganado lechero se relacionan con el peso, la producción, la edad, días en leche, cambios de peso, condición corporal, y con factores ambientales, entre otros. (Muller, 1990; Sniffen, 1991; Dado y Allen, 1994). En vacas lecheras es importante considerar los cambios en producción de leche, consumo de materia seca, peso corporal y desarrollo del feto a través de la lactancia (Muller, 1992) (Figura 17).

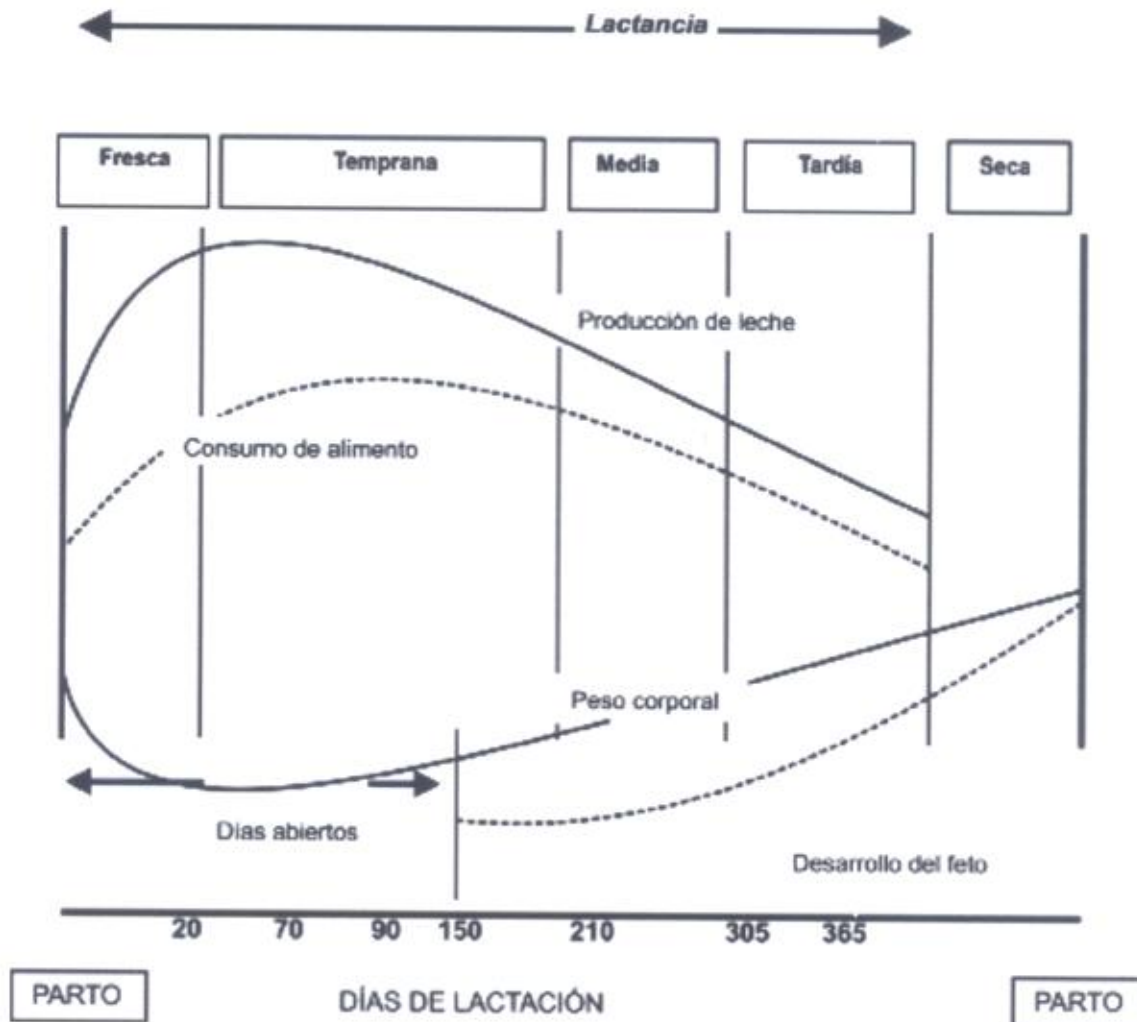


Figura 17. Ciclo típico de lactación y reproductivo de la vaca lechera.

En la etapa de lactación temprana, la producción de leche aumenta rápidamente alcanzando su pico de producción entre las seis a ocho semanas después del parto. En esta etapa el consumo de alimento no permite satisfacer los requerimientos nutrimentales, por lo que la vaca moviliza reservas corporales para tratar de cubrir su demanda de energía y puede llegar a perder hasta 0.7 kg /día. En esta etapa es importante vigilar problemas al parto, retención de membranas, cetosis, fiebre de leche, acidosis y contenido de grasa en la leche. Por otra parte, en esta fase es importante explotar al máximo el potencial genético de la vaca, pues por cada kilogramo de leche que se incrementa en el pico de lactancia se obtiene un total de 200 a 225 kg de leche en la lactancia completa.



En la etapa media de la lactancia se alcanza el máximo consumo de alimento, pero la producción de leche empieza a disminuir, debiéndose mantener la persistencia lo más posible. El balance de energía es importante para un proceso reproductivo eficiente, para recuperar la condición corporal y evitar el sobre acondicionamiento. Es importante vigilar problemas de presentación de calores, periodos largos de días abiertos, cetosis, bajo contenido de grasa y caída brusca de la producción de leche.

En la etapa de lactación avanzada la producción de leche y el consumo de alimento disminuyen, por lo que se pueden cubrir adecuadamente los requerimientos nutrimentales. En esta etapa es importante vigilar la condición corporal para que la vaca no llegue al secado demasiado delgada ni demasiado gorda.

Durante el periodo seco es importante proporcionar a la vaca, y particularmente a la glándula mamaria y otros tejidos (hígado, rumen, músculos, etc.) un descanso para prepararse para la siguiente lactancia (Butcher, 1974). La etapa seca se caracteriza por cambios dramáticos en el consumo de materia seca, demandas nutrimentales, y supresión del sistema inmunológico (Bertics *et al.*, 1992; Grummer, 1995). Por el manejo inadecuado de la nutrición después del parto muchas vacas presentan distocia, fiebre de leche, retención de placenta, metritis, cetosis, desplazamiento de abomaso, hígado graso, y mastitis.

En el periodo seco e inicio de la lactancia el bajo consumo de materia seca se relaciona con la incidencia de cetosis, fiebre de leche y desplazamiento de abomaso. Un balance energético negativo y la movilización de grasa se asocia con cetosis e hígado graso, mientras que un mal funcionamiento del rumen causa desplazamiento de abomaso. Limitación en el suministro de precursores glucogénicos ocasiona cetosis y factores nutricionales que afectan el sistema inmunológico, ocasionando metritis, mastitis y retención de placenta. Otros factores que se deben considerar son el estrés debido al inicio de la lactación, y el manejo inadecuado del ganado (instalaciones, confort, factores climáticos, factores infecciosos, etc.).

En vacas secas el manejo nutricional adecuado depende del consumo de materia seca y energía. El consumo limitado al inicio del periodo seco mejora el consumo de las mismas después del parto, disminuye la ocurrencia de hígado graso y la incidencia de cetosis (Fronk *et al.*, 1980). Sin embargo, el consumo limitado en el periodo cercano al parto no tiene el mismo efecto; en este periodo tiende a incrementar los desórdenes metabólicos y la producción de leche después del parto.

Los objetivos del balanceo de raciones son cubrir los requerimientos nutrimentales de los animales buscando un mayor consumo de materia seca, optimizar la fermentación ruminal y el metabolismo, suministrar constantemente nutrientes a la glándula mamaria, mantener la salud del animal y evitar o mitigar la contaminación del ambiente.

Las vacas lecheras con alto potencial genético tienen altos requerimientos de energía y proteína. Los requerimientos de proteína en ganado lechero son cubiertos a partir de los aminoácidos provenientes de la digestión de la proteína de origen microbiano y de la proteína de los alimentos que escapa a la degradación ruminal. En vacas con bajas producciones, la cantidad de proteína de origen microbiano puede llenar los requerimientos; sin embargo, en vacas altamente productoras la cantidad de proteína microbiana es insuficiente para satisfacer sus requerimientos, por lo que es necesario incluir en la ración fuentes de proteína no degradable en el rumen para suministrar los aminoácidos requeridos, especialmente metionina y lisina (Varga, 2007).



Las vacas lecheras utilizan la energía con fines de mantenimiento, y en las etapas de gestación y lactancia, con una eficiencia de 60-70%; por esta razón, los requerimientos para estas funciones se expresan como energía neta de lactancia. Los requerimientos de energía para mantenimiento están influenciados por el peso metabólico y las actividades de caminar y comer (usualmente 10% extra). La energía neta para gestación aumenta notablemente a partir del día 190. Los requerimientos de energía neta de lactancia están en función de la producción y del contenido de grasa, proteína y lactosa. Generalmente durante el pico de lactancia (seis a ocho semanas) es difícil llenar los requerimientos de energía de las vacas altamente productoras. Por otro lado, muchos problemas metabólicos de las vacas en transición están relacionados con un excesivo balance negativo y movilización de grasa al parto. El suministro de dietas altas en energía a vacas secas no es benéfico, e incluso pueden ocasionar problemas metabólicos después del parto, como cetosis.

Los minerales en las raciones son requeridos para funciones de mantenimiento, crecimiento, gestación, lactación, reproducción y sus requerimientos aumentan con el estrés calórico (Spears, 2002). Algunos minerales son requeridos principalmente por las bacterias del rumen, como el azufre y el cobalto. Los macro minerales son requeridos en gramos por día y los micro minerales en miligramos por día. Los requerimientos de la mayoría de los minerales no son constantes, sino que son afectados por factores fisiológicos, como la genética, la edad, el sexo, la producción, etc. Además, para cubrir los requerimientos de minerales es importante considerar factores de disponibilidad y eficiencia.

En el caso del Ca la absorción depende de las fuentes. Los factores que afectan los requerimientos de Ca son: suministro inadecuado de vitamina D, consumo alto de P y grasa. En el caso del P, los requerimientos se incrementan con altos consumos de Ca y disponibilidad baja de vitamina D. En el caso del Mg, los requerimientos aumentan con dietas altas en forraje, altos contenidos de K y nitrógeno soluble, así como deficiencias de Na.

En el caso del K, Na y Cl los requerimientos aumentan con el estrés calórico. Altos consumos de Na aumentan las necesidades de K, mientras que las necesidades de Na aumentan con el K. Los requerimientos de Cu aumentan con consumos altos de Mo, S y Zn.

Deficiencias de K, Na, Cl, S y P provocan reducciones rápidas en el consumo de alimento, y deficiencias de P, Ca, Mg, Co y Zn también causan reducción en el consumo en el largo plazo. Los animales con deficiencias de K, Na y P consumen tierra, madera, etc., deficiencias de Se, Cu, Zn y Fe provocan aumentos en la incidencia de enfermedades infecciosas. En el caso de deficiencias de Se se presentan desórdenes reproductivos. Deficiencias de Zn, Cu y Mn ocasionan problemas de pezuñas y piel; deficiencias y desbalances de Ca, P y Mg se relacionan con la presencia de fiebre de leche (Goff, 2000).

El exceso de algunos minerales (columna de la izquierda) interfiere con la absorción de otros minerales (columna de la derecha):

Ca → P, Se, Zn, Mn, Mg  
P → Ca, Mn y Mg  
K → Mg y Na  
S → Se y Cu  
Na → K  
Cu → Zn  
Fe → Se, Cu y Zn



Para el balanceo de raciones se puede considerar la formación de grupos de animales con base en su producción durante la lactancia, estado fisiológico, número total de animales y número de corrales. Por ejemplo, se pueden considerar los siguientes grupos:

- Frescas (21 días)
- Altas (arriba del promedio de las vacas en producción)
- Medias (en el promedio)
- Bajas (por debajo del promedio)
- Secas tempranas (del secado a 21 días antes del parto)
- Secas impulso (próximas al parto)

En el Cuadro 39 se presentan las recomendaciones de nutrimentos en dietas para ganado lechero para diferentes niveles de producción. Para el balanceo de las dietas considere la producción promedio de cada grupo y aumentelo de 10 a 20%.

La cantidad de materia seca que una vaca puede consumir es afectada por los siguientes factores: peso corporal, cantidad de leche producida, etapa de la lactancia, frecuencia de alimentación, condición corporal, condiciones ambientales, tipo y calidad de los ingredientes en la ración, principalmente forrajes (NRC, 1989). En general los consumos de materia seca por animal son alrededor de 24-26, 21-23 y 11-12 kg/día para vacas altas, medias y bajas productoras. Como se indicó anteriormente, para mantener altos consumos de materia seca, el contenido de humedad de la ración debe ser de 45 a 55%. El consumo puede disminuir cuando se utiliza una alta proporción de ensilados con alto contenido de humedad.

Si los animales tienen acceso limitado a agua, el consumo de alimento también puede disminuir drásticamente. Por otra parte, debido a que el consumo de materia seca disminuye cuando la temperatura ambiental es mayor de 25 °C, en el verano en regiones cálidas el consumo puede disminuir hasta 20%, y se debe ofrecer al menos el 60% de la ración en la noche. El consumo también depende de la calidad nutrimental del forraje. En vacas en producción se proporcionan forrajes con menos de 55% de fibra detergente neutro, ya que se recomienda que se suministre de 0.9 a 1.1% de su peso vivo de FDN.

**CUADRO 39. RECOMENDACIONES NUTRIMENTALES PARA VACAS DE ACUERDO CON EL NIVEL DE PRODUCCIÓN.**

NUTRIMENTO	PRODUCCIÓN		
	ALTAS	MEDIAS	BAJAS
Proteína cruda (%)	17 - 18	15 - 16	13 - 15
PNDR (% de PC)	35 - 40	30 - 35	25
Proteína soluble (% de PC)	25 - 33	25 - 36	25 - 40
EN <sub>i</sub> (Mcal/kg)	1.64 - 1.75	1.57 - 1.64	1.50 - 1.57
FDN (%)	28 - 34	30 - 38	33 - 43
Fibra efectiva (% de FDN)	25	25	25
CNE (%)	37 - 42	35 - 40	30 - 40
Grasa (máximo %)	7	7	5



Los requerimientos de energía del ganado en diferentes etapas de lactancia se cubren con raciones balanceadas en base a energía neta de lactancia. Al inicio las raciones deben tener mayores concentraciones de energía neta de lactancia debido al consumo limitado, y se pueden ir reduciendo conforme disminuye la producción.

Los valores de energía neta de lactancia de los ingredientes se pueden consultar en tablas, o bien estimar a partir de análisis de laboratorio. Para vacas lecheras la proteína cruda total de la ración debe ser de 13-18%, de la cual la fracción degradable de la proteína debe ser de 60-75% y la proteína no degradable de 25 a 40%, dependiendo el estado de lactancia (Wohlt *et al.*, citados por Davis, 1993). Se debe considerar el suministro de 70 g de proteína no degradable por cada Mcal de EN<sub>l</sub> proveniente de la grasa, y que del 25 al 40% de la proteína sea soluble.

La base de las raciones alimenticias del ganado lechero son los forrajes, los cuales son fuente de fibra, de nitrógeno, energía y minerales. En vacas lecheras altamente productoras los forrajes llegan a constituir entre 40 y 60% de las raciones, y en mayor proporción en vacas con menor producción, secas y animales en desarrollo. En raciones para vacas lecheras el límite del contenido de forrajes lo establece el consumo de fibra detergente neutro (0.9 a 1.1% del peso vivo) y la cantidad de fibra efectiva. Del porcentaje de fibra detergente neutro en la ración (28 a 43%), el 75% debe provenir del forraje. El contenido de proteína en henos de leguminosas es alto y de energía es regular, con alto contenido de Ca y K. En ensilado de maíz el contenido de proteína es bajo, los valores energéticos son de regulares a altos y tiene concentraciones bajas de Ca y K.

El contenido de proteína del ensilaje de sorgo es bajo, y las concentraciones de energía, Ca y K son de regulares a bajas. Los ensilados de cereales de invierno en estado lechoso-masoso tienen porcentajes moderados de proteína y contenidos moderados de energía, con contenidos bajos de Ca y moderados a altos de K según la especie. El pasto ballico es un forraje con alto contenido de proteína, valores moderados de energía y valores bajos de Ca y K.

Los ingredientes energéticos están contenidos en los granos de cereales (maíz, sorgo, avena, trigo, cebada, etc.), subproductos de molienda (salvado de maíz y de trigo, etc.), melaza y subproductos de la industria como pulpa de cítricos, desperdicios de panadería, y grasas y aceites. En el Cuadro 40 se presenta la composición química de ingredientes altos en energía (NRC, 1989) y la cantidad máxima de inclusión en la ración (Linn *et al.*, 2002; Stallings, 2000).

En el balanceo de raciones se debe considerar la sincronización de proteína y energía, ya que los alimentos tienen diferentes tasas de digestión (Sniffen *et al.*, 2004). Por ejemplo, en el rumen en una hora se digiere el 20% del almidón, 43% de las pectinas y 100% del azúcar, aun cuando los tres son carbohidratos solubles y tienen el mismo valor energético. Para maximizar la producción de leche, el contenido de carbohidratos solubles en las raciones debe ser de 35 - 40% de la materia seca de la ración (Patton, 1996; Nocek y Russel, 1988).

Los ingredientes proteicos que se utilizan comúnmente son de origen vegetal (pasta de canola, gluten de maíz, pasta de soya, bagazo de cervecera, harinolina, etc.) y de origen animal (harina de sangre, harina de pescado, harina de pollo, etc.). En el Cuadro 41 se presenta la composición química y la cantidad máxima en que se deben utilizar de algunos de los principales ingredientes proteicos en la alimentación de ganado lechero.



**CUADRO 40. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO LECHERO.**

INGREDIENTE	EN <sub>i</sub> Mcal/kg MS	PC %	PNDR %	FDN %	FDA %	GRASA %	% MÁXIMO EN LA RACIÓN
Cebada	1.94	13.5	21	19	7	2.1	55
Mazorca de maíz	1.91	9.0	50	28	11	3.7	60
Maíz molido	1.96	10.0	52	9	3	4.3	55
Sebo	5.84	-	-	-	-	99.5	3
Melaza	1.64	5.8	-	-	-	0.1	10
Avena	1.77	13.3	17	32	16	5.4	25
Sorgo molido	1.84	9.7	54	18	9	3.4	55
Trigo	2.04	16.0	22	-	8	2.0	25
Salvado de trigo	1.60	17.1	29	51	15	4.4	15
Pulpa de cítricos	1.77	6.7	-	23	22	3.7	20
Semilla de algodón	2.23	23.0	45	44	34	20.0	15
Maíz roado	2.04	10.0	58	9	3	4.3	55

**CUADRO 41. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE INGREDIENTES PROTEICOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO LECHERO.**

INGREDIENTE	EN <sub>i</sub> Mcal/kg MS	PC %	PNDR % DE LA PC	FDN %	FDA %	GRASA %	% MÁXIMO EN LA RACIÓN
Harina de sangre	1.52	87	70	0	0	1.4	2
Bagazo húmedo de cervecía	1.78	26	53	46	24	6.5	25
Pasta de canola	1.60	41	23	27	16	1.8	15
Gluten de maíz	2.20	67	55	14	5	2.4	5
Harinolina	1.83	46	22	44	18	1.3	15
Harina de pescado	1.74	67	80	0	0	3.2	2
Pasta de soya	1.85	46	48	12	10	1.5	SL
Urea	0.0	287	0	0	0	0	0.8

La respuesta a la adición de fuentes de proteína no degradable con altos contenidos de lisina y metionina es mayor cuando se han cubierto adecuadamente las necesidades de proteína degradable, y al inicio de la lactancia. La falta de respuesta a la inclusión de proteína no degradable se debe a que se suministran cantidades de proteína mayores de las requeridas, por síntesis limitada de proteína microbiana, porque no se suministran los aminoácidos limitantes o existe un desbalance en éstos y cuando la digestibilidad de la proteína es baja en el intestino delgado o existen limitantes de energía. La inclusión de dosis excesivas de proteína causa un aumento en la excreción de nitrógeno en orina y heces fecales que ocasiona contaminación ambiental, reduce la fertilidad del ganado, e inclusive disminuye la producción de leche y su contenido de proteína.



La inclusión de grasas permite aumentar la densidad energética de las raciones, ya que aportan 2.25 veces más energía que los carbohidratos y proteínas; sin embargo, altas cantidades de grasas o aceites convencionales (sebo, aceites de origen animal y aceites vegetales) en las raciones interfieren con la fermentación ruminal y reducen la digestibilidad. Con el fin de prevenir este tipo de problemas, en el mercado existen grasas granuladas de sobrepaso por el rumen, aunque su costo es superior al de las grasas convencionales. En el Cuadro 42 se presenta una guía para la utilización de grasas en la alimentación de vacas lecheras. En general se debe cuidar que el total de las grasas en la ración no sobrepase el 7%.

**CUADRO 42. PROGRAMA DE INCORPORACIÓN DE GRASA A RACIONES ALIMENTICIAS DE VACAS LECHERAS CON EL OBJETO DE EVITAR TRASTORNOS DIGESTIVOS.**

SECUENCIA DE ADICIÓN	ORIGEN DE LA GRASA	GRASA TOTAL (% MATERIA SECA)	GRASA (kg/día)
1	Ingredientes basales: cereales, henos, ensilajes, sub-productos.	2 - 3	0.400 - 0.500
2	Grasas "convencionales": sebo, mezcla animal-vegetal, semilla de algodón, semilla de soya.	2 - 3	0.400 - 0.500
3	Grasas "inertes o de sobrepaso"	2 - 3	0.400 - 0.500

**Aditivos.** El objetivo de la utilización de aditivos en las raciones para vacas lecheras es incrementar la producción o mejorar la composición de la leche, el consumo de alimento, la digestión ruminal, reducir el impacto del estrés calórico y/o mantener la salud del ganado. En dietas altas en concentrados, cuando el grano y el forraje se ofrecen por separado o se utilizan dietas altas en ensilados de maíz, una recomendación práctica para reducir la posibilidad de tener un pH bajo es el uso de amortiguadores o alcalinizantes en la ración. Entre los productos más utilizados está el bicarbonato de sodio, el óxido de magnesio, el carbonato de calcio y la bentonita. De éstos el bicarbonato de sodio y el óxido de magnesio son los que han mostrado mejores resultados. La dosis recomendada de bicarbonato de sodio es de 130 a 230 g/día/animal, y de óxido de magnesio es de 50 a 100 g/día. Se ha observado que cuando se utilizan ambos en una proporción de dos o tres partes de bicarbonato y una de óxido de magnesio se potencializan y se tienen mejores resultados (Cummings, 1994). Estos aditivos se utilizan cuando la concentración de fibra detergente neutro es menor a 28%, se ofrecen más de 3 kg de concentrado por comida, o más del 2% del peso vivo de concentrado.

Otros aditivos que han sido utilizados con éxito en raciones para vacas lecheras son los ionóforos, como monensina sódica y lasolacida. Estos aditivos modifican la fermentación ruminal aumentando la producción de propionato, disminuyendo la producción de metano e incrementando el pH del rumen. Lo anterior mejora el aporte de energía por unidad de materia seca, reduce la degradación de proteína a aminoácidos y la producción de amonio, y reduce los niveles de ácido láctico. En ganado en pastoreo se reduce la incidencia de timpanismo y en becerros y vaquillas actúa como un coccidiostato. En vacas en producción se recomienda una dosis de 180 a 330 mg/día de monensina y de 200 a 350 mg/día de lasolacida. Su adición puede aumentar la producción de leche hasta en 1 litro por día, pero puede afectar el contenido de grasa.

Los cultivos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus*) son aditivos que pueden promover el crecimiento y actividad de bacterias fibrolíticas y bacterias utilizadoras de ácido láctico, lo cual aumenta la producción de propionato, reduce la producción



de ácido láctico, estabiliza el medio ambiente ruminal, mejora el consumo antes y después del parto y la digestibilidad de la fibra. Estos aditivos se utilizan en vacas próximas al parto, recién paridas, vacas con consumos bajos y con raciones que contienen forrajes de baja calidad nutricional. La dosis recomendada es de 25 a 150 g/día por vaca, según el producto.

En el caso de los microminerales, debido a que son requeridos en cantidades muy pequeñas, no es conveniente comprarlos por separado. Se recomienda incluir una premezcla comercial en el concentrado comercial o en el que se elabora en la propia explotación. Cuando se incluyen grasas en las dietas, el contenido de calcio debe ser de 0.90 a 1.0% y de magnesio de 0.3%.

Las recomendaciones que indica el servicio de extensión de la Universidad de Minnesota ([www.ansci.umn.edu/dairy/toolbox/FS04-guide.pdf](http://www.ansci.umn.edu/dairy/toolbox/FS04-guide.pdf)) son las siguientes:

#### Minerales mayores:

Calcio: 0.65-0.80%

Fósforo: 0.35-0.40%

Magnesio: 0.25% (> 0.25% cuando el contenido de potasio es alto)

NaCl: 0.75%

Potasio: 1.1% (1.25% con estrés calórico)

Azufre: 0.2%

#### Minerales menores:

MINERALES	VACAS EN PRODUCCIÓN	VACAS SECAS
Cobalto	0.15 mg/kg de MS de suplemento	0.1/kg de MS de suplemento
Yodo	0.5 mg/kg de MS de suplemento	0.4 /kg de MS de suplemento
Fierro	50 mg/kg de MS de la dieta	0.1 mg/kg de MS de la dieta
Cobre	15-20 mg/kg de MS de la dieta	15-20 mg/kg de MS de la dieta
Manganeso	50-60 mg/kg de MS de la dieta	50 mg/kg de MS de la dieta
Zinc	70-100 mg/kg de MS de la dieta	70-100 mg/kg de MS de la dieta
Selenio	0.3 mg/kg de MS de suplemento	0.3 mg/kg de MS de suplemento

#### Vacas secas

Las vacas en periodo seco se pueden dividir en secas tempranas y secas próximas al parto, considerándose las primeras desde el secado hasta tres semanas antes del parto y las segundas desde tres semanas antes del parto hasta el parto. Esta división se realiza debido a que el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales no son iguales en el primer mes del secado y en las últimas tres semanas, pues alrededor del 60% del desarrollo fetal ocurre durante el periodo seco, además de la necesidad de preparar a la vaca para la siguiente lactancia. En vacas secas tempranas considere que es un período menos crítico en cuanto al manejo y alimentación, en comparación a próximas al parto, por lo que se pueden utilizar raciones con densidades energéticas y contenidos de proteína más bajos.

Los forrajes constituyen los principales ingredientes en estas raciones, e inclusive se pueden utilizar forrajes de baja calidad como rastrojos (Drackley y Janovick-Guretzky, 2007). El consumo de materia seca es de 1.8 a 2.5% del peso vivo. En esta etapa se debe tratar de

mantener la condición corporal (CC) entre 3 y 4. En caso de que la CC al secado sea inferior a 3 es necesario hacer ajustes en la alimentación, de preferencia antes del secado, pues se ha demostrado que es más eficiente la ganancia de peso en vacas lactantes en comparación con las no lactantes (Moe *et al.*, 1971). Al contrario, cuando la CC al secado es superior a 4 no se debe promover la pérdida de peso, ya que esto puede desencadenar desórdenes metabólicos.

En el Cuadro 43 se presentan los requerimientos nutrimentales para vacas secas tempranas y próximas al parto.

**CUADRO 43. REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES DE VACAS SECAS.**

REQUERIMIENTOS	SECAS TEMPRANAS	PRÓXIMAS AL PARTO
Materia seca (% PV)	1.8 - 2.0	1.6 - 1.8
Energía Neta de Lactancia (Mcal/kg)	1.3 - 1.4	1.54 - 1.63
Proteína cruda (%)	12.0-13.0	14.0-15.0
Proteína no degradable (% de la PC)	25.0	32.0
FDN (% mínimo)	40.0	32.0
Carbohidratos no estructurales (% máximo)*	26.0-30.0	30.0-34.0
Calcio (%)	0.50-0.70	0.90-1.10
Fósforo (%)	0.30-0.35	0.30-0.35
Magnesio (%)	0.20-0.25	0.40-0.45
Potasio (%)	<2.0	<1.3
Azufre (%)	0.30	0.30
Cloro (%)	0.40-0.80	0.40-0.80
Cobalto (ppm)	0.3	0.4
Cobre (ppm)	15.00-20.00	15.00-20.00
Yodo (ppm)	0.80	0.80
Hierro (ppm)	60.00	60.00
Manganeso (ppm)	60.00-80.00	60.00-80.00
Selenio (ppm)	0.30	0.30
Zinc (ppm)	60.00-80.00	60.00-80.00
Vitamina A (UI/día)	100,000	125,000
Vitamina D (UI/día)	25,000	30,000
Vitamina E (UI/día)	1,000	1,800

Fuente: Guardiola, 1997. Carbohidratos no estructurales = 100 - (Grasa cruda + Proteína Cruda + FDN + Cenizas).

En vacas secas en la etapa temprana se debe proporcionar una cantidad mínima o nula de concentrado, pues los requerimientos pueden ser cubiertos con los forrajes. El contenido máximo de ensilaje de maíz en la dieta no debe exceder del 50% ya que por su densidad energética puede promover el sobre acondicionamiento de las vacas, generando alteraciones metabólicas y problemas reproductivos después del parto (Heinrichs *et al.*, 1996).



En vacas próximas al parto se debe asegurar un consumo adecuado de materia seca, energía y proteína, sobre todo durante las últimas tres semanas de gestación (Emery, 1993 y VandeHaar *et al.*, 1995) que permitan lograr una reducción en la concentración de ácidos grasos en plasma y triglicéridos en hígado (Dyk *et al.*, 1995). La cantidad de concentrado a suministrar debe ser del 0.50 al 0.75% del peso vivo. El suministro de concentrado permite maximizar el consumo de materia seca antes del parto, adaptar la microflora a raciones para vacas en producción, la elongación de papilas del rumen y la producción de ácido propiónico. El consumo de materia seca antes del parto es mayor con dietas altas en carbohidratos no fibrosos.

### **Becerras y vaquillas**

La meta de la alimentación de becerras y vaquillas Holstein es alcanzar un peso de 340 a 360 kg y un altura de 120 a 130 cm a la cruz entre los 13 a 15 meses para su empadre, y de 520 a 590 kg con una altura de 132 a 140 cm de altura al parto a una edad de 24 meses. Dado que la madurez sexual depende más del peso que de la edad, la tasa de crecimiento afecta la edad a la pubertad y al primer parto. La ganancia de peso apropiada para becerras y vaquillas Holstein debe ser de 750 a 900 g/día. Las vaquillas que crecen con ganancias menores pueden alcanzar la pubertad hasta los 18 a 20 meses.

Durante la gestación las vaquillas deben mantener ganancias de peso normales para que alcancen 80-85% de su peso a la madurez al primer parto. Una tasa de crecimiento moderado antes de la pubertad puede compensarse con una tasa de crecimiento acelerada después de ésta, de tal manera que permita alcanzar el peso recomendado al parto sin afectar la producción de leche. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una sobrealimentación antes de la pubertad puede ocasionar problemas debido a la deposición de tejido graso en la glándula mamaria y afectar la producción de leche. La sobrealimentación después de la pubertad puede ocasionar problemas al parto y enfermedades metabólicas.

Después del destete la alimentación debe ser con concentrados y forrajes de alta calidad nutrimental (heno de alfalfa) a libre acceso (Schingoethe y García, 2001). Después de los 2 meses de edad se pueden ofrecer raciones integrales. Los concentrados para becerras destetadas no deben contener urea u otras fuentes de nitrógeno no proteico. Se pueden utilizar productos que promuevan la eficiencia alimenticia y que mejoren la salud, como son probióticos, ionóforos y coccidiostatos.

En el Cuadro 44 se presentan recomendaciones de dietas para becerras y vaquillas de diferentes edades (Hoffman, 2008). En becerras de tres a seis meses de edad las cantidades máximas de concentrado que se deben ofrecer son de 2 a 3 kg por animal/día, y de 1.4 a 2.2 kg/animal/día de forraje en base seca, según su calidad nutrimental. De siete meses a un año de edad las dietas pueden ser de 50 a 90% de forraje; después de un año es posible alimentar las vaquillas solamente con forrajes y minerales. En esta última etapa el consumo es de 2.5 a 3.0% del peso vivo; sin embargo, cuando la calidad nutrimental de los forrajes no es adecuada es necesario suplementar con proteína y/o energía.

Es importante no suministrar forrajes con menos de 7% de proteína cruda y 50% de total de nutrimentos digestibles (TND). La alimentación con henos con un porcentaje mayor de 12% de proteína cruda puede requerir de un suplemento energético.



La proteína de origen microbiano puede cubrir las necesidades de proteína de las vaquillas, por lo que la suplementación de proteína no degradable en el rumen puede no beneficiar su crecimiento o la eficiencia de alimentación. El ensilado de maíz proporciona energía suficiente para vaquillas mayores de un año, pero es necesario suplementar con fuentes de proteína. Dietas con ensilado de maíz exclusivamente pueden engordar las vaquillas. Si esto sucede se puede reducir la cantidad de ensilado y en su lugar incluir heno de alfalfa o de gramíneas.

El ensilado de sorgo o sorgo x sudán permite obtener ganancias de peso de 0.750 kg/día. Si se requiere aumentar las ganancias de peso es necesario suplementar energía y proteína. Las praderas de ballico anual pueden cubrir los requerimientos nutrimentales de las vaquillas con solo suplementar minerales; sin embargo, debido a su alto contenido de proteína degradable en rumen, se puede ocasionar un exceso de nitrógeno uréico en sangre que puede afectar la eficiencia reproductiva.

**CUADRO 44. RECOMENDACIONES NUTRIMENTALES PARA LA ALIMENTACIÓN DE BECERRAS Y VAQUILLAS HOLSTEIN EN DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO\*.**

NUTRIMENTO	UNIDAD	CONCENTRADO INICIADOR	EDAD (MESES) Y PESO (kg)			
			3 a 6 150	7-12 300	13-18 450	19-22 545
Materia seca	% PV	-	2.8	2.1	2.0	2.2
Proteína cruda	% MS	18	16.9	15.0	14.2	13.3
Proteína no degradable	% PC	-	39.4	33.8	30.3	26.3
Fibra detergente neutro	% MS	18	34	42	48	48
Total de nutrimentos digestibles	% MS	80	67.4	65.3	63.3	62.3
Calcio	% MS	0.70	0.52	0.41	0.29	0.29
Fósforo	% MS	0.45	0.31	0.30	0.23	0.23

\*Con una ganancia de 800 g/día.

En praderas de gramíneas de menor calidad nutrimental los animales pueden no cubrir sus necesidades de energía y/o proteína, principalmente cuando el pasto está en estado de madurez avanzado, por lo que podría ser necesaria la suplementación proteica y energética. En animales de reemplazo los suplementos más utilizados son granos, cascarilla de soya, granos de destilería o semilla de algodón. En todas las etapas productivas se debe considerar la suplementación mineral (Rossi y Wilson, 2008).

## SUMINISTRO DE DIETAS

### Procesamiento de ingredientes

#### Principios básicos

El procesamiento de los granos y forrajes mejora su digestibilidad y palatabilidad, ya que la cubierta de los granos es una barrera para la acción de microorganismos y enzimas digestivas. Algunos de los factores asociados al procesamiento de los ingredientes que pueden afectar



el consumo, digestibilidad, desperdicio y salud ruminal de los animales, son el tamaño de las partículas, pérdidas por polvo, segregación de ingredientes y un mal mezclado.

Al ofrecer al ganado granos procesados se promueve un mayor consumo y por lo tanto un mejor aprovechamiento de nutrimentos y producción de leche en comparación con la utilización de granos enteros o quebrados. Con maíz molido se han observado aumentos en consumo de materia seca y en producción hasta de 3 kg de leche/día en comparación con el uso de grano entero. En cambio, en raciones con maíz molido finamente se han observado reducciones en el consumo de materia seca en comparación con el maíz molido o con hojuelas al vapor. Con este último se han obtenido aumentos hasta de 2 kg de leche/día. El rolado a vapor es un método de procesamiento para granos de maíz, sorgo, cebada y trigo. La energía neta de lactancia aumenta un 20% al suministrar maíz y sorgo rolado en seco en comparación con granos molidos debido a una menor digestión en el rumen y al total del almidón de los granos (Oliveira *et al.*, 1993). La utilización de maíz y sorgo rolado al vapor permite aumentos de 1 kg de leche/día en la producción sin afectar el contenido de grasa.

Los métodos de procesamiento de los forrajes más comunes son el molido y el picado. Los rumiantes requieren fibra de los forrajes en forma tosca, pero dietas con cantidades excesivas y partículas largas pueden limitar el consumo, la digestibilidad y el valor energético. El tamaño de partícula de forraje molido es importante porque afecta la fermentación en el rumen, la tasa de digestión y paso, la producción de proteína microbiana y la grasa de la leche.

Un aumento en el tamaño de la partícula del forraje demanda mayor tiempo de rumia, masticación, flujo de saliva, afectando el pH y la producción de acetato y propionato en el rumen, y la grasa en la leche. Con alfalfa se han observado aumentos de pH en el rumen y tiempo de rumia. En ensilados de maíz no se han observado diferencias en tiempos de consumo, rumia y masticación. Sin embargo, al aumentar el tamaño de partícula en ensilados de maíz aumenta la selección por los animales, ocasionando variaciones en el consumo de la dieta. En forrajes de alta calidad nutricional la reducción del tamaño de partícula en algunos casos aumenta el consumo, pero estos efectos son más consistentes en dietas con forrajes de baja calidad. En dietas con alfalfa, principalmente en forma de heno, se han observado diferencias en producción y composición de la leche. Con ensilados de maíz, por el contrario, no se han observado estos efectos.

En el caso de granos, el objetivo de la molienda es reducir el tamaño de partícula, para lo cual se utilizan molinos con cribas de diferente diámetro. El rolado es un método muy recomendado, ya que además de incrementar el contenido energético, no produce muchas partículas finas que afecten la aceptabilidad y promuevan la selección y rechazo de dietas. El rolado puede ser en seco o en húmedo, mediante la aplicación de agua o vapor. Otro método es el peletizado, el cual permite integrar granos, suplementos y aditivos.

Para ensilados de maíz forrajero el tamaño de corte es de 1 cm sin procesador y de 2 cm cuando se utiliza procesador. Para asegurar un porcentaje adecuado de fibra efectiva en la dieta se debe incluir de 10 a 15% de partículas provenientes de forraje, con un tamaño hasta de 3.8 cm. En dietas de ensilados de maíz con tamaños de partículas finas se recomienda incluir de 1 a 1.5 kg de heno largo.

Para evaluar el tamaño de partícula se puede utilizar la guía recomendada por la Universidad Estatal de Pensilvania (Cuadro 45).



**CUADRO 45. GUÍA PARA UN TAMAÑO APROPIADO DE PARTÍCULA USANDO EL SEPARADOR DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE PENNSILVANIA.**

FORRAJE	CRIBA SUPERIOR	CRIBA MEDIA	CRIBA INFERIOR
Raciones totalmente mezcladas	> 7	30-50	< 50
Heno	15-25	40-60	< 30
Ensilaje de maíz	< 5	30-65	< 50

La fibra efectiva se calcula con la fórmula:  $FNDe = 100 - (\% \text{ en la criba inferior})$ .

Por ejemplo, si con un heno de alfalfa se tiene que un 53% se quedó en la criba inferior, entonces:  $FNDe = 100 - 53 = 47\%$ . Este valor se interpreta de acuerdo con la información contenida en el Cuadro 11.

### **Pesaje y mezclado de alimentos**

El pesaje y mezclado de alimentos tienen el objetivo de asegurar el suministro y consumo uniforme de las dietas formuladas en cantidad y calidad nutrimental.

#### **Principios básicos**

Las básculas o balanzas utilizadas para el pesaje de ingredientes mayores y de micro ingredientes deben tener la sensibilidad necesaria para pesar con precisión las cantidades especificadas en la fórmula. En el caso de los ingredientes mayores, especialmente en instalaciones donde no se cuenta con básculas electrónicas, es aconsejable que la fórmula especifique cantidades en números redondos. Por otra parte, debido a que el contenido de humedad en los alimentos es variable, el peso de éstos se efectúa tal cual es ofrecido, pero debe considerarse el porcentaje de materia seca, determinado en estufa o en hornos de microondas, hasta tener peso constante. Otro aspecto importante es considerar un 2-5% extra con respecto a los consumos estimados, con el objeto de lograr el consumo máximo de la ración.

Un mezclado de ingredientes inadecuado puede ocasionar problemas de desbalances, toxicidades, timpanismo, acidosis y laminitis. Entre las características de los ingredientes que afectan la calidad del mezclado están el tamaño y la forma de la partícula, densidad, higroscopia y presencia de carga estática. De éstas las más importantes son el tamaño, la forma de las partículas y su densidad. Las partículas grandes o muy pequeñas no se incorporan bien en los mezcladores de tipo mecánico. Por su mayor densidad, los minerales no se mezclan bien con granos e ingredientes proteicos. Algunos ingredientes como vitaminas tienen cargas estáticas y se adhieren a materiales metálicos. En la respuesta de los animales es importante considerar que existe una relación entre la cantidad de la dieta suministrada y el efecto de una dieta no uniforme. Un coeficiente de variación menor de 10% indica un buen mezclado. En dietas mezcladas adecuadamente los factores que afectan el mezclado son: precisión de la carga y el suministro, selección de la mezcladora, secuencia de carga de los ingredientes, tiempo de mezclado, mantenimiento del equipo mezclador y precisión de la báscula. Se debe revisar el equipo y la lista de las cantidades de cada ingrediente por comida por día según las raciones para cada grupo de animales o corral. Las raciones se ofrecen según el horario determinado. Los ingredientes se agregan en el orden señalado en la lista y se mezclan durante el tiempo indicado. El alimento se distribuye a lo largo del pesebre y se elabora el reporte. Los sobrantes se retiran antes de servir de nuevo.



Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta en relación con los carros mezcladores son: la precisión de la báscula, que cambia con el tiempo, y el pesaje de ingredientes de baja inclusión, que es impreciso. Se recomienda verificar periódicamente la precisión de la báscula, con una referencia de peso conocido, y cuidando la nivelación del carro mezclador.

Respecto al orden de mezclado primero se deben incorporar los granos y pastas, enseguida las premezclas de minerales y vitaminas, y al final henos y ensilados. Los ingredientes líquidos se deben agregar después de que los ingredientes sólidos se han mezclado uniformemente.

Para los tiempos de mezclado se deben atender las recomendaciones del fabricante del carro mezclador, y realizar ajustes a prueba y error con el análisis de la variación entre muestras al inicio, en medio y al final de la rutina de suministro. Cuando el coeficiente de variación es menor de 10% se considera un mezclado adecuado, de a 10 a 25% se debe mejorar y más de 25% se considera como problema.

## **Forma, suministro y horarios de alimentación**

### **Principios básicos**

La forma, cantidad y frecuencia de alimentación afectan los patrones de fermentación, y por lo tanto la salud ruminal, la producción y calidad de la leche. La forma de alimentación (concentrado y forraje separados o raciones totalmente mezcladas), así como el número de veces al día que se proporciona el concentrado impactan de manera directa el pH del rumen. Se recomienda una cantidad adecuada de concentrado, en la forma correcta, con el número de servidas programado por día para promover una fermentación uniforme y sincronizada en el rumen, y con ello evitar los "picos" de acidez que se producen cuando se ofrece gran cantidad de concentrado en una sola servida.

El consumo de concentrado en la sala de ordeña, sin considerar las necesidades de las vacas reduce la eficiencia de la fermentación en el rumen, puede provocar acidosis, úlceras gástricas y leche con bajo contenido de grasa, así como consumo irregular de materia seca. La alimentación en comederos con ingredientes separados, en la secuencia y horarios apropiados, puede arrojar buenos resultados.

Las raciones mezcladas perfectamente, al tener una mejor distribución de nutrientes favorecen una mayor producción y mejor calidad de leche. Lo anterior se debe a la estabilidad en el pH ruminal, mejor utilización de nutrimentos y menor incidencia de problemas digestivos. Las raciones mezcladas correctamente impiden que el animal seleccione ingredientes; además se promueve un ambiente más estable en el rumen, y la adaptación a cambios en las dietas es más rápida.

Alimentación con ingredientes separados. Por la mañana se puede ofrecer a los animales heno, después ensilados, enseguida forraje verde y finalmente concentrado. Estos ingredientes se pueden dar cuatro o más veces al día; a mayor frecuencia de alimentación el ambiente ruminal es más estable. En caso de no poder proporcionar una ración totalmente mezclada (RTM), se sugiere atender las siguientes recomendaciones:

- Proporcione 4 kg de concentrado por vaca por servida
- Suministre el forraje una hora y media antes de proporcionar grano
- Combine heno y ensilados



- Suministre alimento fresco después del ordeño
- Que cada animal tenga al menos 60 cm de comedero

Raciones totalmente mezcladas. En esta forma de alimentación los ingredientes se ofrecen totalmente mezclados, con un porcentaje de materia seca adecuado, el ganado se lotifica de tal forma que se logra menos desperdicio, mejor salud animal, eficiencia y producción de proteína bacteriana y un aumento de 5 a 10% en la producción de leche. Debido a que el ganado consume más alimento cuando éste está fresco, se deben tomar en cuenta los factores climáticos para determinar el número de veces durante el día que se sirve el alimento. Los mayores consumos se observan durante el día, temprano en la tarde, y en menor grado en la noche o muy temprano en la mañana.

Las vacas lecheras generalmente comen de 9 a 14 veces al día, con una duración de 20 minutos por vez. Los mayores consumos se observan cuando se ofrece forraje fresco y después del ordeño. Generalmente las dietas totalmente mezcladas se ofrecen más de 4-6 veces al día. La dieta debe estar disponible por lo menos 20 horas. En lugares o épocas muy calurosas, el 60% del alimento se debe ofrecer en las horas con menos calor y mantener el alimento fresco en los pesebres.

## **Prevención de enfermedades metabólicas**

### **Principios básicos**

Entre las enfermedades metabólicas la hipocalcemia, también conocida como fiebre de leche o parálisis de la vaca parturienta, se presenta generalmente durante los primeros días después del parto. No obstante el nombre, la vaca no presenta "fiebre", solamente parálisis de los miembros (imposibilidad de pararse). Esta enfermedad es más frecuente en vacas adultas altamente productoras. Como consecuencia de la hipocalcemia, la vaca sufre una caída en el tono muscular, la cual favorece la retención de placenta, el desplazamiento de abomaso y la presencia de mastitis, además de la caída de la vaca (Curtis *et al.*, 1985).

Las causas más probables de la fiebre de leche son desbalances de calcio, fósforo y magnesio. Un detonante importante en la presencia de fiebre de leche es el estado ácido-base de la vaca al momento del parto. Vacas alimentadas con dietas con alto contenido de cationes desarrollan un estado de alcalosis metabólica que limita la absorción y movilización de calcio, lo que conduce al desarrollo de la enfermedad. Los minerales con carga positiva (cationes) como el potasio, sodio, calcio y magnesio desarrollan alcalosis metabólica al ser absorbidos al torrente sanguíneo. El sodio y el potasio son absorbidos casi en su totalidad, por lo que son los principales cationes alcalinizantes. En general dietas con alto contenido de sodio y potasio incrementan la posibilidad de que se presente la fiebre de leche (NRC, 2001).

Para la prevención de esta enfermedad es recomendable no incluir más del 1.3% de potasio en las dietas, lo cual puede ser difícil de lograr cuando se utilizan forrajes como leguminosas y algunas gramíneas. Por el contrario, el ensilaje de maíz presenta contenido de potasio relativamente bajo.



Con la concentración de aniones y cationes en los ingredientes es posible estimar la diferencia entre éstos en la ración mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DAC (meq/100g MS)} = [ (\% \text{ Na} / 0.023) + (\% \text{ K} / 0.039) ] - [ (\% \text{ Cl} / 0.0355) + (\% \text{ S} / 0.016) ]$$

La diferencia en cationes y aniones con la cual se ha observado la menor incidencia de fiebre de leche es de -10 a -15 meq/100 g de MS ó -100 a -150 meq/kg. Una vez estimada la diferencia entre aniones y cationes, y en caso de que sea superior al rango anterior recomendado, se sugiere el uso de sales aniónicas durante las dos a tres semanas antes del parto para reducir la alcalosis metabólica. Las sales aniónicas utilizadas para este fin son sulfato de magnesio, sulfato de calcio, cloruro de amonio, cloruro de calcio, sulfato de amonio y cloruro de magnesio, o bien productos comerciales. En general las sales aniónicas no son apetecibles, lo cual llega a ocasionar una reducción en el consumo de alimento. Por lo anterior es recomendable introducir las paulatinamente y mezclarlas lo más uniforme posible con el resto de los ingredientes, ya que esta reducción en el consumo puede ocasionar otro tipo de problemas, como el desplazamiento de abomaso y la cetosis.

El hígado graso y la cetosis son trastornos metabólicos íntimamente relacionados. La causa de estos problemas es un exceso en la movilización de grasa del tejido adiposo. La cetosis es un trastorno que se presenta cuando el consumo de nutrimentos es insuficiente para satisfacer las necesidades energéticas de producción en vacas altamente productoras. Este desorden metabólico ocurre desde unos cuantos días antes hasta seis semanas después del parto, con la mayor incidencia a las tres semanas postparto. En vacas recién paridas la demanda de nutrientes para producir leche se incrementa notablemente después del parto, pero el consumo de alimento no es suficiente para satisfacer esta demanda. Por lo anterior, las reservas corporales de grasa y proteína se movilizan dando origen a un incremento en la concentración de cuerpos cetónicos en sangre y leche. El hígado graso y la cetosis se deben prevenir proporcionando a las vacas secas una dieta balanceada, con energía para lactación de entre 1.3 a 1.6 Mcal/kg y proteína de 12.2 a 15.9% (VandeHaar *et al.*, 1999).

Entre los aditivos utilizados para la prevención de hígado graso y cetosis tal vez el más utilizado sea el propileno-glicol. Este aditivo es convertido a glucosa, lo que propicia un incremento en la concentración de insulina en la sangre, con lo cual se reduce la movilización del tejido adiposo. El suministro de propileno-glicol es recomendable sólo en vacas con condición corporal de 4 o más, vacas con consumos bajos, o en hatos que presenten problemas de hígado graso o cetosis. La dosis recomendada es de 300 a 500 mL en una toma una vez al día, o bien mezclada en el concentrado. Se debe proporcionar los últimos 7 a 10 días previos al parto y los tres días posteriores a éste. Otro aditivo efectivo en la prevención de cetosis es la monensina, la cual reduce la movilización de grasa del tejido adiposo y la producción de cetonas (Duffield *et al.*, 1998).

El desplazamiento de abomaso es un desorden en el cual este órgano se desplaza hacia la derecha o izquierda de su posición normal, aunque del 80 al 90% de los desplazamientos se dan hacia el lado izquierdo. El 80% o más de los casos ocurren en el primer mes de lactación, y sólo un pequeño porcentaje se presenta antes del parto (Shearer y Van Horn, 1992; Jordan y Fourdraine, 1992). Este desorden ocurre debido al reducido volumen del rumen, por la disminución del consumo de alimento al final de la gestación y al inicio de la lactancia. Dietas con una relación baja en forraje-concentrado, así como la incidencia de otros desórdenes metabólicos relacionados con el peri-parto son factores que favorecen el desplazamiento de abomaso. Algunos de los problemas con los que se relaciona este desorden metabólico son: retención de placenta, fiebre de leche, metritis y cetosis.



Las micotoxinas son metabolitos tóxicos secundarios producidos por hongos. Las micotoxinas más comunes son: aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenol (DON) y zearalenona. Los factores que favorecen la presencia de micotoxinas son: estrés de plantas en el campo, recolección tardía, exceso de humedad, llenado lento de silos, comederos sucios, etc. Los principales efectos de las micotoxinas en el ganado lechero son: alteración del contenido nutricional, absorción y metabolismo de nutrientes, alteración de los sistemas endocrino y neuroendocrino, inmunosupresión y fallas reproductivas. Las becerras son más sensibles que el ganado adulto. Una dosis de 0.2 mg/kg del peso vivo puede reducir la tasa de ganancia e impedir la coagulación de la sangre.

En animales en desarrollo dosis de 7 a 10 ppm de aflatoxinas pueden afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia. En ganado lechero un nivel de 20 ppb limita el uso del alimento. En el caso de contaminación por DON, los niveles no deben ser mayores de 300 ppb. Se debe evitar el uso de alimentos cuando el nivel de la toxina T-2 producida por *Fusarium* sea mayor de 100 ppb. Para zearalenona el nivel en los alimentos debe ser menor de 250 ppb, y en el caso de fumonisinas menor de 30 ppm y limitarse el uso de alimentos contaminados en la dieta.

## **MONITOREO DE LA RESPUESTA ANIMAL**

### **Monitoreo de la producción de leche**

#### **Principios básicos**

En la producción de leche influyen los siguientes factores: número de lactancia, días en lactancia, estado de preñez y salud del animal. Por ejemplo, las vacas de segundo parto o más producen alrededor de 7 - 8 kg de leche más que las vaquillas de primer parto. El pico de lactancia ocurre de seis a ocho semanas después del parto, y entre los factores ambientales que afectan la producción están el clima y el confort. Cuando se obtienen variaciones en la producción de leche de 3 a 5% se debe revisar la dieta, en especial la calidad de los forrajes. Se recomienda revisar cada mes la producción de leche por vaca, picos de lactancia y persistencia. La estandarización de la producción a 150 días en lactancia permite comparar producciones mensuales corregidas por etapa de lactación. La producción de leche en el pico de lactancia puede permitir detectar problemas de espacio en los comederos en vacas de primera y segunda lactancia. En vacas adultas puede indicar deficiencias de energía y proteína.

### **Monitoreo del consumo de alimento**

#### **Principios básicos**

La cantidad de materia seca que consumen las vacas tiene una relación directa con la producción de leche. Algunos de los principales factores que afectan el consumo de materia seca son: 1) alimentos de baja calidad con alto contenido de fibra, 2) menos de 50% de materia seca o forrajes con alto contenido de humedad, 3) desórdenes digestivos o metabólicos, 3) factores ambientales (estrés calórico y confort del ganado), 4) disponibilidad de agua, 5) consumo de sales minerales, 6) ingredientes con hongos, 7) ingredientes no apetecibles, 8) espacio de comedero inadecuado, 9) falta de limpieza de comederos, 9) exceso de proteína no degradable en la dieta, 10) exceso de grasa en la dieta.



Para cada grupo de ganado se debe determinar la cantidad de alimento rechazado al menos una vez a la semana. En vacas altas y medianas productoras la cantidad máxima rechazada debe ser de 3-5%, y en vacas bajas productoras de 2 a 3%. Se deben efectuar ajustes en la alimentación cuando el porcentaje de rechazo en vacas de primera lactancia o vacas frescas sea de 15 a 20%. Cuando la diferencia entre el consumo real y el consumo ideal de materia seca sea mayor de 1 kg es necesario reformular la dietas, o aumentar la frecuencia de alimentación, ofreciendo la misma cantidad o aumentándola en 1 kg.

Otras medidas para corregir el problema de la reducción en el consumo de alimento son: no hacer cambios bruscos de dieta, ofrecer dietas que promuevan un mayor consumo, evitar estrés por factores ambientales y sociales, prevenir al máximo enfermedades en el periparto y evitar el sobre acondicionamiento de las vacas (Emery, 1993).

## **Monitoreo de la condición corporal (CC)**

### **Principios básicos**

El objetivo de monitorear la CC es identificar prácticas de sub o sobrealimentación y su efecto en el desempeño productivo y reproductivo del hato. Una CC excesiva (vacas gordas al momento del parto) provoca trastornos como partos distócicos, retención de placenta, metritis, quistes ováricos y cetosis; además, ésta disminuye la producción de leche y la fertilidad. Por el contrario, vacas con una pobre CC (vacas flacas) presentan un comportamiento reproductivo inadecuado en términos de servicios por concepción, intervalo entre partos y duración del periodo abierto, además, en estas vacas se presenta menor vigor del recién nacido y menor producción de leche, especialmente en los primeros 60 días posparto.

La condición corporal se puede evaluar visualmente y por palpación corporal. La calificación cualitativa para la condición corporal es la siguiente:

- CC 1 = Vaca esquelética o emaciada (la vaca más flaca)
- CC 2 = Vaca flaca o delgada
- CC 3 = Vaca normal o promedio
- CC 4 = Vaca gorda
- CC 5 = Vaca obesa (la vaca más gorda)

En el Cuadro 46 se presenta la condición corporal ideal en las diferentes etapas de producción.

Si no es posible calificar a todos los animales, se recomienda calificar al menos un 20% de las vacas de cada grupo. Calcule un valor promedio de CC y compare éste con el valor ideal (cuadro 46). Si el intervalo en el grupo es muy amplio, mueva las vacas con puntuación extrema a los grupos con puntuación alta o baja. Idealmente el 80% del hato no deberá perder más de 0.5 puntos entre el parto y los 30 días posparto. Si la condición corporal es menor a la recomendada es necesario evaluar la dieta y el espacio de comedero por vaca.

**CUADRO 46. PUNTUACIÓN RECOMENDABLE DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN GANADO LECHERO POR ETAPA PRODUCTIVA.**

ETAPA PRODUCTIVA	PUNTUACIÓN ESPERADA	INTERVALO DESEADO
<b>Vacas</b>		
Parto	3.5	3.0 - 4.0
Pico de lactación	2.5	2.0 - 2.5
Lactación media	3.0	3.0 - 3.5
Secado	3.5	3.0 - 3.5
<b>Vaquillas</b>		
6 meses	3.0	2.5 - 3.0
Cubrición	3.0	2.0 - 3.0
Parto	3.5	3.0 - 4.0

### Monitoreo del estiércol para evaluar la nutrición del ganado

#### Principios básicos

La evaluación del estiércol aporta información sobre la fermentación y digestión de los alimentos (aparición de las heces). Normalmente la mayor parte de los alimentos es digerido por el ganado en el rumen y absorbido en el mismo o en el intestino delgado.

Cuando los alimentos no se digieren ni se absorben bien debido a contenidos altos de fibra o bajos de carbohidratos no estructurales, sus efectos se reflejan en la consistencia de las heces o en diarreas que pueden afectar la salud y la producción. La evaluación del estiércol se efectúa con base en su color, consistencia y contenido. El color está influenciado por el tipo de alimento, concentración de bilis, tasa de paso de los alimentos y la digesta. La consistencia depende principalmente del contenido de agua de los alimentos y del tiempo en el aparato digestivo. La diarrea es causada por intoxicación, infecciones o parásitos, así como excesiva fermentación en los intestinos, producción excesiva de ácidos, y alto contenido de proteína degradable. La presencia de grano o partículas de forraje (mayores de 1 cm) en el estiércol es un indicador de una mala fermentación de la fibra en el rumen o por el procesamiento inadecuado de granos. Un color blanco en la superficie de estiércol seco indica almidón no digerido. La presencia de moco indica inflamación crónica o daño del tejido digestivo debido a excesiva fermentación o bajo pH en el rumen.

Para evaluar el estiércol se recomienda realizar caminatas por los corrales y observar el estiércol defecado recientemente por grupos de animales. Se sugiere analizar al menos cinco muestras por grupo de 100 vacas. Con una criba de 17.8 cm (7 pulgadas) de diámetro y 10.2 cm (4 pulgadas) de profundidad, lave con una manguera hasta que el fondo de la criba esté clara. Agregue lentamente agua para hacer flotar las partículas remanentes a una esquina, coléctelas y analícelas. Partículas mayores de 1 cm indican problemas de digestión debido al balanceo inadecuado de la dieta. La presencia de granos enteros indica procesamiento inadecuado de grano y ensilados molidos a un tamaño de partícula grande, o falta de fibra efectiva.



## Monitoreo de enfermedades metabólicas

### Principios básicos

El monitoreo de enfermedades metabólicas y su comparación con estándares recomendados también permite detectar problemas de alimentación. Para fiebre de leche la incidencia debe ser menor a 3%; 5% para desplazamiento de abomaso, para laminitis 6% y para cetosis 5%. Si la incidencia de fiebre de leche es mayor del 3% se debe evaluar el contenido de potasio, sodio, azufre y cloro en la dieta 21 días antes del parto. Incidencia mayor del 5% de desplazamiento de abomaso indica que se debe evaluar la dieta 21 días antes del parto y se sugiere un cambio de dieta en vacas productoras. La incidencia de más de 6% de laminitis sugiere una evaluación urgente del contenido de carbohidratos no estructurales en la dieta. La incidencia de cetosis en vacas al parto mayor del 6% sugiere una evaluación del consumo de la ración.

El monitoreo del pH urinario en vacas secas próximas al parto permite determinar si es necesario el uso de sales aniónicas para prevenir problemas de fiebre de leche u otras enfermedades relacionadas con ella. En el Cuadro 47 se presenta la interpretación del pH urinario en vacas antes del parto (Jardon, 1995).

**CUADRO 47. INTERPRETACIÓN DEL VALOR DEL PH DE LA ORINA DE VACAS EN PREPARTO.**

pH EN ORINA	INTERPRETACIÓN
> 8	Orina normal (no hay acidez metabólica) Riesgo de fiebre de leche
6 – 7	Nivel óptimo de acidez metabólica para prevenir fiebre de leche
< 6	Acidez excesiva. Reducir el uso de sales aniónicas

## Monitoreo del contenido de grasa y proteína en la leche

### Principios básicos

El monitoreo del contenido de grasa y proteína en la leche se debe realizar al menos una vez al mes. Contenidos de grasa menores de 3.2% indican la necesidad de evaluar el contenido de grano en la ración, el mezclado, el contenido de fibra efectiva, el tamaño de partícula y la selección de ingredientes de la dieta. En el caso de contenidos bajos de proteína en la leche es necesario vigilar el contenido de ingredientes energéticos en la ración.

### Resultados esperados

Producción: > 6000 kg de leche por lactancia.

Consumo de materia seca: 18-20 kg en vacas altamente productoras

Porcentaje de grasa en la leche: > 3. 5%

Proteína en la leche: > 3.2%

Fiebre de leche: < 3%

Cetosis: < 5%

Desplazamiento de abomaso: < 5%

Laminitis: < 6%

## LITERATURA CITADA

- Association of Analytical Communities (AOAC). 1984. Official Methods Analyses. 14<sup>th</sup> ed. Assoc. Official Analyst. Chem. Washington, D. C.
- Bertics SJ, Grummer RR, Cadorniga-Valino C, Stoddard EE. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J Dairy Sci.* 75:1914-1922.
- Butcher KR. 1974. Effect of days dry on the subsequent lactation. North Carolina State University. Dairy Briefs. p. 8.
- Cummings KR. 1994. Balance ácido-base en los rumiantes. *In: Memorias del 4º Congreso Internacional de la Leche.* GILSA. p. 37-44.
- Curtis CR, Erb HN, Sniffen CJ, Smith RD, Kronfeld DS. 1985. Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *J Dairy Sci.* 68:2347-2360.
- Davis CL. 1993. Feeding the high producing dairy cow. Milk Specialities Company. Dundee. IL.
- Dado RG, Allen MS. 1994. Variation and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 77:132.
- Dyk PB, Emery RS, Liesman JL, Bucholtz HF, VandeHaar MJ. 1995. Prepartum non-esterified fatty acids in plasma are higher in cows developing periparturient health problems. *J Dairy Sci.* 78(Suppl. 1): 164.
- Drackley JK, Janovick-Guretzky NA. 2007. Teyhinking energy for dry cows. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. p. 59-68.
- Duffield TF, D Sandals KE, Leslie K, Lissemore BW, McBride JH, Lumsden PD, Bagg R. 1998. Effect of prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on postpartum energy indicators in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 81:2354-2361.
- Emery RS. 1993. Energy needs of dry cows. *In: Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference Ohio State Univ., Michigan State Univ., and Purdue Univ., Ft. Wayne, IN.* p. 35.
- Fronk TJ, Schultz LH, Hardie AR. 1980. Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. *J Dairy Sci.* 63:1080.
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents procedures and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No. 379.
- Goff JP. 2000. Determining the mineral requirement of dairy cattle. *In: Proceedings 11<sup>th</sup> Florida ruminant Nutrition Symposium, Gainesville.* p. 106-132.



vaca al parto con una buena CC. Posterior al parto, durante las cuatro a seis primeras semanas de la lactación, la vaca normalmente pierde peso y CC. En el programa de manejo reproductivo es esencial disminuir la magnitud de esta pérdida, así como lograr que se detenga lo más pronto después del parto. Alcanzar los valores ideales de CC por etapa depende del programa de alimentación (**ver Proceso de Alimentación**) y del estado general de salud del hato (problemas que limitan la capacidad de la vaca para alimentarse, por ejemplo problemas de miembros/patas; **ver Proceso de 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 mayormente por lo que ocurre durante el periparto y por el estado nutricional pre y post-parto (PP) (Gröhn y Rajala-Schultz, 2000).
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 se pueda eliminar gradualmente en forma temprana por los mecanismos de defensa uterinos entre 25 a 50 días pp, y así a su vez permitir que el restablecimiento tisular del endometrio se complete a los 50-60 días pp (Vera, 1987; Lewis, 1997); de ahí la importancia de contar con instalaciones adecuadas y medidas de higiene para la vaca durante el periparto.
5. Las complicaciones al parto representan un factor importante que afecta la sobrevivencia de la cría (**ver Proceso de 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-Ispuerto *et al.*, 2007).
6. El trabajo de parto consta de tres fases: dilatación cervical, que dura de 2 a 3 horas en vacas y de 4 a 6 horas en vaquillas; expulsión de la cría, 0.5 y 6 horas; y expulsión de membranas fetales que puede ocurrir en  $\leq 12$  horas. En caso de problemas la intervención a tiempo puede disminuir las repercusiones negativas; sin embargo, cuando se interviene en un parto generalmente también se pueden provocar efectos adversos, como lesiones del tracto, retención placentaria, endometritis, piometra, por lo que no es conveniente intervenir prematuramente (Schuijt y Ball, 1986). Entre las causas que predisponen la distocia están las siguientes:
  - a) En vaquillas/vaquillonas: 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, como fiebre de leche, cetosis o lipidosis hepática; mastitis severa; anormalidades fetales.

La retención de la placenta (RP) por más de 12 horas se considera patológica y comúnmente es un síntoma de otro problema de tipo infeccioso, metabólico, nutricional, aborto/distocia, etc. En condiciones normales la incidencia de RP puede ser de 3 a 10 % y subir a  $\geq 50$  % cuando hay problemas de distocia, abortos o infecciosos como brucelosis, IBR, etc.

Tanto la presentación de distocia como de retención placentaria, que comúnmente es una consecuencia de la distocia, son factores que ponen en riesgo el desempeño reproductivo (Chebel *et al.*, 2004; Gröhn y Rajala-Schultz, 2000). Para el control de distocia y RP hay que identificar las posibles causas y aplicar estrategias preventivas más que curativas (Grunert, 1986).

**CUADRO 48. DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN POR PALPACIÓN TRANSRECTAL.**

ÓRGANO	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
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 a los 130-140 días.                      El ascenso inicia a los 7-7.5 meses.                      El tamaño se asocia al periodo 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 fetales	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 d, huevo de gallina 50 d)</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 d; 2 dedos, 80 d; 3 dedos, 90 d; 4 dedos, 100 d; mano sin pulgar, 110 d; mano con pulgar 120 d.</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 de los días de preñez: 3 meses = lápiz, 6 m= meñique, 7 meses = dedo medio, 8 meses= pulgar.</p>



CUADRO 50. 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)

4. Atención al parto. Es conveniente vigilar a las vacas cercanas al parto dos a tres veces al día sin causarles estrés. Se justifica una intervención si pasan 2 a 3 horas de contracciones intensas sin que aparezcan los miembros anteriores o posteriores de la cría por la vulva, o sin que se observe progreso en su expulsión. Si no se inicia la expulsión de la cría 2 horas después de que aparece la "primera bolsa de agua" también se recomienda intervenir. La intervención antes de tiempo provoca más problemas que beneficios.

Las presentaciones/posiciones de la cría que generalmente no implican problemas al parto son las siguientes: cuando ambos miembros anteriores y la cabeza, rodeadas o no por el amnios o "segunda bolsa de agua", aparecen por la vulva, en una posición que indique que la cría descansa sobre su abdomen; cuando ambos miembros posteriores aparecen por la vulva, en una posición que indique que la cría descansa sobre su abdomen. En caso de retraso en la expulsión de la cría, o que aparentemente no venga en posición/postura "normal", hay que diagnosticar a través de revisión transvaginal

qué condición de anormalidad es la que se presenta, y aplicar las maniobras obstétricas correctivas. Durante la intervención obstétrica para corregir distocias se deben extremar precauciones de higiene, como lavar y desinfectar la región perivulvar y ventral de la cola, así como todo el material que se vaya a introducir a la vagina y al útero. También se deben usar guantes lisos, lubricar con pomada bactericida y usar cadenas e instrumental obstétrico con el propósito de evitar al máximo lesionar el tracto reproductivo. En casos complicados, con la cría viva o muerta, es preferible la operación cesárea.

En las 12 horas siguientes al parto se debe verificar la expulsión de la placenta. Si hay RP primero confirmar si se puede lograr el desprendimiento al ejercer una ligera tracción, procurando siempre asegurar que parte de la placenta se mantenga en el canal de parto, ya que si se rompe y queda dentro del útero, el cérvix puede cerrarse y dificultar seriamente la expulsión. El tratamiento clínico debe dirigirse a promover la liberación de las vellosidades cotiledonarias insertadas en las criptas carunculares mediante la aplicación de prostaglandinas, estrógenos u oxitocina. Es también muy importante supervisar diariamente la temperatura rectal y administrar antibióticos parenterales cuando hay fiebre. No se recomienda introducir antibióticos al útero.

5. Revisión transrectal de tracto reproductivo y ovarios. En vacas con parto normal se deberán realizar revisiones rutinarias para supervisar el puerperio: uno a dos días pp revisar expulsión de placenta y olor, color y consistencia de loquios; a los 15-20 días pp confirmar la ausencia de eliminación de loquios; y a los 30-35 días pp determinar si la involución del tamaño uterino es completa. Asimismo, se deberá confirmar el restablecimiento de la actividad ovulatoria por palpación de ovarios a partir de los 35 días pp (la actividad ovulatoria se debe restablecer en  $\leq 30$  días), o la presencia de condiciones patológicas como persistencia de infecciones uterinas y quistes ováricos (Cuadro 51). En vacas con problemas en el periparto, como parto distócico y/o retención placentaria, prolapsos vaginales/uterinos, fiebre de leche, cetosis, se deberá supervisar con mayor cuidado y frecuencia el proceso de involución uterina y restablecimiento de ciclicidad ovulatoria/estral, y en su caso aplicar los tratamientos adecuados.
6. Programa preventivo de enfermedades infecciosas que afectan la reproducción (**ver Proceso de Salud Animal**).

### Propósito

- Que la gestación llegue a término, o que se detecte y trate en etapas tempranas a las vacas con pérdidas embrionarias o fetales.
- Que la vaca gestante llegue al parto con una CC adecuada para lograr un buen desempeño en el siguiente ciclo reproductivo.
- Disminuir la incidencia de problemas al parto en la vaca y las repercusiones en la cría.
- Disminuir la incidencia y repercusión de problemas durante el puerperio sobre el desempeño reproductivo.

### Indicadores de desempeño en la actividad

- a) Porcentaje de abortos: valor óptimo  $< 5$  %.
- b) Porcentaje de retención placentaria: valor óptimo  $< 7$  %.
- c) Días a 1er. servicio postparto: valor óptimo  $\leq 70$  días.
- d) Tasa de concepción: valor óptimo  $\geq 65$  % con monta natural y  $\geq 50$  % con IA.
- e) Días abiertos: valor óptimo  $\leq 120$  días.



**CUADRO 51. CARACTERÍSTICAS DEL ÚTERO Y ESTRUCTURAS OVÁRICAS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR A LA PALPACIÓN TRANSRECTAL.**

CONDICIÓN	CLAVE	OBSERVACIONES
Útero normal con un cuerpo lúteo (CL) y folículos de varios tamaños (4 a 10 mm).	<i>UN DCL IF4-10;</i> <i>UN DF4-10 ICL.</i>	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 a 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 <sub>2α</sub> y la subsiguiente presentación de estro en 48 a 120 hs. Esta condición es la que se encuentra con mayor frecuencia a 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 <sub>1</sub> y un folículo de 10 mm de diámetro.	<i>UE DCL<sub>1</sub> IF10;</i> <i>UE DF10 ICL<sub>1</sub>.</i>	El útero edematoso se puede encontrar en el proestro y metaestro. La presencia del CL <sub>1</sub> y un folículo grande indica que se trata de una vaca que muy probablemente se encuentra en proestro. La diferencia entre un CL <sub>1</sub> y un CL es básicamente su tamaño; un CL <sub>1</sub> es una estructura pequeña con consistencia dura. Las vacas que tienen estas características deben ser marcadas para que se les ponga más atención, ya que deberán presentar estro en los siguientes 2 a 5 días. Si la vaca no es observada en estro durante este periodo, se deberá revisar 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.	<i>UT DE IF15 ó 20</i>	Estas observaciones, además de la presencia de moco estral, corresponden a una vaca en estro o muy cerca de él. Estas vacas deben ser observadas con atención y programarlas para inseminación cuando se dejen montar.
Útero edematoso y ovarios estáticos.	<i>UE DE IE</i>	Estos hallazgos corresponden a una vaca en metaestro, aunque también pueden corresponder a una en 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. Estas vacas deben ser palpadas 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.	<i>UE DCH IF10</i>	Estas observaciones son de una vaca en metaestro. El CH es considerado 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 <sub>2α</sub> por lo que es necesario esperar 4 ó 5 días para que se convierta en un CL y en su caso poder eliminarlo con PGF <sub>2α</sub> . En la rutina estas vacas se palpan en la siguiente revisión (7 días después).
Útero normal y ovarios estáticos.	<i>UN DE IE</i>	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).	<i>UN DQF IE;</i> <i>UN DE IQF.</i>	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, ≥25 mm y que persisten por ≥10 días en ausencia de un CL. 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).	<i>UN DQL IE;</i> <i>UN DE IQL.</i>	También causado por falla ovulatoria aunque con luteinización y engrosamiento 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 ≥25 mm y que persisten por ≥10 días en ausencia de un CL.
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.	<i>Piometra</i> <i>DCL IF4-10</i>	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 1era. 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 es la principal herramienta para el mejoramiento genético en los hatos lecheros.
2. Con el uso de la IA el reto es "sustituir adecuadamente" al toro en la detección de vacas en estro y su inseminación. En muchos establos sólo se detectan  $\leq 40\%$  de los estros/celos (baja eficiencia, Hernández y Gutiérrez, 2007) y entre 5 a 15 % de las vacas que reciben IA no están en estro ni cerca de estro (baja precisión, Grimard *et al.*, 2006).
3. El único signo definitivo de que la vaca está en estro, y por lo tanto de que está próxima a ovular y procede la IA, es la aceptación de monta por otras vacas o por el animal celador (estro franco, verdadero). Los signos secundarios de estro, que son la monta a otras vacas, vulva enrojecida/inflamada, descarga vulvar de moco, nerviosismo y aumento de actividad motora, se pueden presentar antes, durante y después del estro franco, y no tienen una relación consistente con el periodo de la ovulación. Por esta razón, las vacas con signos secundarios de estro deben de recibir IA sólo después de confirmar si están en o cerca de él. La duración del estro franco es de  $<6$  a 30 horas, y durante este periodo la vaca permite entre 7 a 50 montas y cada monta dura de 3 a 7 segundos. En el Cuadro 52 se presentan algunos factores que influyen en la duración del estro franco, mismos que deben considerarse para promover su mayor duración.
4. La base para detección del celo debe ser la observación directa de signos de estro, la cual se puede complementar con el uso de dispositivos detectores de monta o de actividad motora, vacas androgenizadas o toros con el pene desviado y vasectomizados, o control hormonal del estro/ovulación. Es importante que las personas que realizan la detección de estros estén capacitadas para hacerlo y muy conscientes de la importancia de su actividad (conviene implementar un programa de incentivos). El control hormonal del estro/ovulación puede implicar el dar servicio a tiempo predeterminado sin detección de estros. Sin embargo, no evita la detección de estros en el hato. Por su relevancia es necesario evaluar rutinariamente la eficiencia y precisión en la detección de estros.
5. La fertilidad después de la IA depende en gran medida del momento de la inseminación con respecto al estro franco: óptima 12 a 24 horas antes de la ovulación (Roelofs *et al.*, 2006), o 6 a 18 horas después de iniciado el estro franco; y por lo tanto de un buen programa de detección de estros. Por su importancia, el manejo del semen durante su almacenamiento, descongelación y aplicación, así como la técnica de IA en sí, deben ser revisados rutinariamente.
6. El estrés calórico 1-2 meses antes de la IA, o en las primeras semanas después de ésta también compromete la fertilidad, por lo que habrá que tomar medidas para reducirlo en los lugares y meses con temperaturas  $\geq 29^{\circ}\text{C}$  (Chebel *et al.*, 2004; Hernández y Gutiérrez, 2007).



**CUADRO 52. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DURACIÓN DEL ESTRO "FRANCO".**

FACTORES	OBSERVACIONES
Características del lugar/ alojamiento	Importante que permita interacción entre animales y libre expresión de signos de estro. Aglomeración = menor eficiencia/precisión en detección de estros.
Características del piso/suelo	Suelos resbalosos/lodosos = menor 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	Lesiones/infecciones y problemas de aplomos = menor actividad sexual durante estro. Una vaca puede aceptar monta sin estar en estro por evitar dolor al 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	Calor en exceso = menor actividad sexual y mayor proporción de signos secundarios durante el estro.
Condición nutrimental	Mayor pérdida de peso y/o condición corporal post-parto = menor actividad sexual durante estro, y mayor proporción de vacas en anestro ("malas detectoras").

### Métodos/Guía de aplicación

#### 1. Detección de estros.

- a) En el programa de detección de estros la inclusión de vacas deberá ser a partir de que se confirma la involución del tamaño uterino ( $\approx 30$  días pp).
- b) Para identificar signos de estro la observación directa se deberá realizar dos a tres veces al día por periodos de  $\geq 20$  min. Es preferible mayor frecuencia que mayor duración.
- c) El momento más adecuado de detección de estros es al amanecer, al atardecer y durante la noche (en las horas menos calurosas del día), cuando no se están realizando actividades como ordeña, limpieza de corrales o alimentación. El lugar donde se realice deberá permitir el libre movimiento de las vacas, sin aglomeraciones, su identificación a distancia media, en piso no resbaloso o lodoso. El propio movimiento de animales a áreas específicas para detección ayuda a la expresión del comportamiento de estro.
- d) Revisar registros reproductivos y genitales internos por palpación transrectal en vacas con signos secundarios de estro. Decidir si se mandan a IA en base a un conjunto de evidencias, como tiempo pp para primer estro/IA  $\geq 45$  días, intervalo con respecto al último estro detectado de 18-24 días o su múltiplo, no diagnosticada gestante, moco abundante, claro y de viscosidad media, útero turgente, presencia

de folículo ovárico  $\geq 10$  mm y ausencia de cuerpo lúteo. Puede también ayudar el separar o reagrupar animales sexualmente activos poniendo en contacto vacas con signos secundarios de estro con vacas en estro o con animal marcador/celador para confirmar si las primeras aceptan la monta.

- e) En caso de que se requiera mejorar la eficiencia/precisión en la detección de estros, utilizar como complemento vacas androgenizadas o toros con pene desviado y vasectomizados, de preferencia con "chin-ball" o algún otro método auxiliar para marcar vacas que presentan estro durante la noche.

## 2. Inseminación artificial.

- a) Las vacas destinadas a IA deberán tener al menos 45 días pp, estar en CC moderada (2.5-3.0) y dadas de alta en la supervisión del puerperio.
- b) Inseminar vacas identificadas en estro por aceptación de monta, y aquellas que presenten signos secundarios de estro, siempre y cuando la revisión física y de registros reproductivos indiquen alta probabilidad de estar en estro franco o cerca de él.
- c) Si se cuenta con un buen programa de detección de estros, utilizar como base la regla AM-PM: vacas detectadas en estro en la mañana se inseminan en la tarde y las detectadas en la tarde se inseminan en la mañana siguiente. Caso contrario, realizar la inseminación una vez detectado el estro (plazo  $\leq 4$  horas). Si por disponibilidad del técnico inseminador sólo se puede hacer una IA al día, realizarla después del periodo de detección de estros por la mañana, inseminando a las vacas detectadas la tarde anterior y durante la mañana.
- d) Mantener un inventario de dosis de semen por canastilla del termo de nitrógeno y consultarlo para la selección de la dosis a descongelar. De esta manera se minimiza la exposición del semen a las temperaturas que se presentan por arriba del tercio inferior del cuello del termo, las cuales pueden afectarlo por exposición prolongada/repetida. La misma precaución deberá tenerse cuando se traspasa semen de un termo a otro. El nivel de nitrógeno en el termo se debe revisar rutinariamente y no bajar a menos de 15 cm. El descongelamiento de dosis de semen debe ajustarse a las recomendaciones del proveedor. Es conveniente evaluar la calidad biológica del semen congelado que se planea 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 se debe depositar 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 a 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 desecho.
- g) Es importante revisar rutinariamente el procedimiento de IA y re-entrenar al técnico si se considera pertinente.

## Propósito

Aprovechar las ventajas de la IA: mejoramiento genético del ganado y manejo de



cruzamientos sin prolongar el tiempo a primer servicio pp o a los servicios subsecuentes (eficiencia en detección de estros).

- En los servicios con IA obtener 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 18-24 días.
- c) Días a primer servicio postparto: valor óptimo  $\leq 70$  días.
- d) Tasa de concepción: valor óptimo  $\geq 65\%$  con monta natural y  $\geq 50\%$  con IA.

### **Listado de revisión**

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 de la oportunidad para detectarlo.
4. ¿Utiliza métodos auxiliares para la detección de estros?  
Permite aumentar 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 preñez temprana.
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 caso necesario 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 el control de factores que determinan la duración del anestro pp.

### Principios básicos

1. En los sistemas familiares de producción de leche la primera ovulación se presenta generalmente a  $\leq 45$  días después del parto. Sin embargo, hasta más del 20% de las vacas puede no haber ovulado al día 70 pp, o incluso prolongar el periodo de anovulación hasta más de 90 días pp (Wiltbank *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2005; Hernández y Gutiérrez, 2007).
2. La mala condición nutricional de la vaca antes y después del parto, que se refleja en la CC y sus cambios, es la principal causa de prolongación del anestro pp (Lopez-Gatius *et al.*, 2003). Esta mala condición puede extender la inhibición de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y por consecuencia de la hormona luteinizante (LH), además de disminuir la concentración plasmática del factor de crecimiento parecido a insulina tipo I (IGF-I). Bajo las condiciones anteriores no se completa la maduración terminal de los folículos hasta la condición preovulatoria, y no ocurre la primera ovulación a los 15-20 días del postparto, periodo en que normalmente debería presentarse. La liberación de la hormona folículo estimulante (FSH), y por consecuencia el desarrollo folicular hasta el estadio potencialmente ovulatorio (oleadas de desarrollo folicular), se restablece muy pronto después del parto y no es afectado por el estado nutricional (Beam y Butler, 1998).
3. El factor principal que determina el reinicio de la actividad ovulatoria pp es el estado de balance energético (BE) de la vaca y sus cambios en el pp temprano. El BE se establece a partir de la relación entre el ingreso de energía por el consumo de alimento (cantidad y densidad o "calidad" energética) y su gasto en mantenimiento, producción de leche, actividad motora y termorregulación. Las vacas en BE positivo ganan peso y almacenan energía como grasa, y en BE negativo lo pierden al movilizar energía almacenada en la grasa para cubrir el gasto energético. El gasto de energía durante la lactancia temprana es superior a la que ingresa, y entonces el BE es negativo (BEN). La profundidad y duración del BEN son influenciadas por factores que limitan el consumo voluntario, o que aumentan el gasto energético, como son el mal manejo nutricional de la vaca en transición, estrés térmico y laminitis.

Normalmente la condición de BEN se inicia poco después del parto y se va agudizando (balance más negativo) para llegar a su punto más bajo (nadir) entre los días 10 y 20 pp. Luego la vaca se empieza a recuperar del estado de BEN y gradualmente se va reduciendo lo negativo hasta convertirse en BE positivo alrededor de los 42 a 56 días pp (Staples *et al.*, 1990; Heuer *et al.* 2001). La actividad ovulatoria pp se reinicia poco después de que la vaca se empieza a recuperar del estado de BEN, aunque el BE aún permanezca en una condición negativa (Staples *et al.*, 1990). Los animales que inician su primera y segunda lactancia son los más susceptibles de prolongar el tiempo a inicio de recuperación del BEN. Para llegar al nadir del BEN, iniciar la recuperación de esa condición y llegar a BE positivo, el tiempo puede ser muy variable, y depende sobre todo del consumo voluntario de la vaca (Villa-Godoy *et al.*, 1988). Por lo anterior, las estrategias para disminuir la duración del anestro pp deben enfocarse al manejo de la



alimentación de la vaca en transición preñez-lactancia, para potencializar el consumo de energía durante la lactancia temprana (ver Proceso de Alimentación). Asimismo, es importante el seguimiento de la CC de las vacas a lo largo del ciclo reproductivo para identificar posibles errores en el programa de alimentación. La duración del anestro pp también puede ser afectada por problemas durante el parto y puerperio

4. Otro factor que puede prolongar el anestro pp es la presencia de quistes ováricos foliculares o luteinizados antes de la primera ovulación. Ambos son consecuencia de la no ovulación de un folículo maduro por una deficiente secreción de LH, pero en el caso del los segundos existe luteinización parcial de la pared del folículo y su engrosamiento. Los quistes son la patología ovárica más frecuente en el ganado bovino lechero, y la incidencia es mayor en vacas con mayor producción de leche en el hato. Entre 5 a 30% de las vacas desarrollan esta patología en los primeros 60 días posparto, pero cerca del 60% se recupera espontáneamente. El principal signo clínico de vacas con quistes ováricos es el anestro, aunque también se puede presentar ninfomanía, ciclos cortos e irregulares, y en casos crónicos, masculinización y relajamiento de los ligamentos pélvicos (Youngquist, 1986). Para el tratamiento de los quistes administrar GnRH (100 µg) para provocar su luteinización. De siete a 10 días después es recomendable aplicar una dosis luteolítica de PGF2α para acortar la presentación del estro y servicio. Se puede utilizar hCG (5000 UI) en sustitución de la GnRH, o aplicar esquemas de sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo.
5. Otras condiciones que pueden estar asociadas a anestro pp prolongado son anemia; consumo inadecuado de proteína, hierro, selenio o vitamina E, deficiencia o exceso en el consumo de fósforo; piometra o infecciones uterinas severas con o sin descarga vaginal. La prevención de infecciones uterinas se basa en un adecuado manejo durante el parto.
6. Para establecer las estrategias correctivas adecuadas es importante diferenciar el *anestro pp "verdadero"*, que es cuando no hay maduración terminal de folículos, estro y ovulación, del anestro pp *"aparente"*, que es cuando vacas con ciclicidad ovulatoria/estral no son detectadas por ineficiencia en la detección de estros. Esta diferenciación se logra a través de la revisión transrectal del aparato reproductivo.
7. Existe también la condición de anestro post-servicio el cual generalmente es "aparente" o "fisiológico" en vacas gestantes con pérdida embrionaria o no diagnosticadas para gestación. El anestro post-servicio también puede ser una continuación del anestro pp cuando se da servicio en estros aparentes o estros anovulatorios, poco comunes. Asimismo, puede ser el resultado de dar servicio a tiempo predeterminado sin haber detectado estros después de tratamientos hormonales a vacas en anestro "verdadero". El anestro post-servicio "verdadero" (vacas que dejan de ovular después de un estro con ovulación) es una condición muy poco común y puede estar asociada al desarrollo de quistes foliculares o luteinizados.
8. Existen tratamientos hormonales para resolver el anestro pp, y aunque no es recomendable utilizarlos en forma rutinaria, pueden ser de elección como una primera aproximación en un hato problema. En todos los casos se sugiere realizar ajustes en el manejo de la alimentación como inducción del máximo consumo voluntario en lactancia temprana y buenas CC's por etapa productiva/reproductiva (**ver Proceso de Alimentación**) y del programa de detección de estros de manera eficiente y precisa.



## Métodos/Guía de aplicación

1. Programa de alimentación de la vaca en transición (**ver Proceso de Alimentación**).
2. Evaluación de la condición corporal.
3. Revisión transrectal del aparato reproductivo.
  - a. Todas las vacas que no hayan sido inseminadas al día 60 pp deben ser revisadas por palpación transrectal.
  - b. Durante la revisión transrectal se pone especial atención a las características del útero y estructuras ováricas, ya que de su condición dependerá la acción correctiva a emprender. El registro de las observaciones a la palpación se realiza mediante claves reproductivas en las tarjetas correspondientes. La revisión comienza en el útero. Primero se detecta si hay gestación y enseguida se evalúa si la consistencia es normal, edematosa o turgente. Posteriormente se procede a palpar los ovarios, derecho e izquierdo, en ese orden. Los hallazgos más frecuentes y su interpretación se presentan en el Cuadro 51.
4. Tratamientos hormonales.
  - a) En general no funcionan ni se aplican en vacas que presentan BEN en descenso.
  - b) Se basan en la aplicación de diversas combinaciones de GnRH, Gonadotropina coriónica equina (eCG), Prostaglandinas F2 $\alpha$  (PGF), Progesterona, Progestágenos y Estrógenos (Cuadro 52).

## Propósito

Reducir la duración del periodo de anestro pp a  $\leq 40$  días para contribuir a lograr un intervalo parto-concepción  $\leq 120$  días Cuadro 53.

## Indicadores de desempeño en la actividad

- a) Días a 1er. estro postparto: valor óptimo  $\leq 40$  días.
- b) Días a 1er. servicio postparto: valor óptimo  $\leq 70$  días.
- c) Días abiertos: valor óptimo  $\leq 120$  días.

## CUADRO 53. TRATAMIENTOS HORMONALES PARA RESOLUCIÓN DE ANESTRO POSTPARTO.

TRATAMIENTO	OBSERVACIONES**
GnRH + PGF	GnRH 100 $\mu$ g + PGF 7 días después.
GnRH + Progesterona + PGF	GnRH 100 $\mu$ g + CIDR-B* por 7-9 días + PGF al retiro del CIDR-B.
Progesterona + eCG	CIDR-B por 7-9 días + 300 UI eCG (Folligón, Intervet-Schering Ploug) al retiro del CIDR-B (o 24 hs después de éste).
Progestágeno + Estrógenos	Norgestomet/Valerato de estradiol i.m. al día 1 + Implante s.c. de Norgestomet por 8-9 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.



## Listado de revisión

1. ¿Se aplican procedimientos para identificar la condición de *anestro verdadero* en el hato?

La aplicación de estos procedimientos permite valorar si el anestro post-parto prolongado es un problema en el hato y elegir las medidas correctivas adecuadas.

2. ¿Se utilizan estrategias de alimentación para potencializar el consumo de energía durante el post-parto temprano?

Su uso permite disminuir la duración del anestro post-parto a una condición que no afecte el desempeño reproductivo.

3. ¿Se evalúa en forma rutinaria la CC por etapa productiva/reproductiva?

La evaluación rutinaria permite realizar ajustes en el programa de alimentación para lograr CC's óptimas por etapa productiva y reducir la duración del anestro post-parto.

4. ¿Se evalúa el desempeño logrado en la actividad?

La evaluación abre la posibilidad de mejoras al determinar el grado de eficiencia.

## Control de la capacidad reproductiva del semental

### Descripción de la actividad

Aplicación de procedimientos para identificar a toros con problemas que afectan su desempeño reproductivo, con el fin de no utilizarlos como sementales temporal o permanentemente.

### Principios básicos

1. La presencia de una hembra sub-fértil o estéril en el hato representa un problema individual, reflejado solamente en una gestación menos; por el contrario, en el caso de los sementales, cada uno tiene que preñar a un mínimo de 25 a 30 hembras, a veces en un periodo muy corto, por lo que un semental sub-fértil afecta considerablemente el desempeño reproductivo (Blockey, 1984).
2. En estudios realizados en México se ha observado que sólo entre el 71 y 85% de los sementales para monta natural reúnen las características para ser considerados como reproductores satisfactorios. Uno de cada cinco toros en promedio no funciona adecuadamente.
3. La fertilidad es un criterio muy importante para la selección de sementales; sin embargo, no se dispone de métodos prácticos y precisos para evaluarla directamente. Por lo tanto, se ha desarrollado un método alternativo mediante el que se evalúa la capacidad reproductiva del toro y en la práctica sirve para desechar aquéllos que no son aptos para la reproducción, sin diferenciar los grados de fertilidad (alta, media o baja).
4. La evaluación de la capacidad reproductiva del toro considera tres aspectos: a) la capacidad para identificar y servir a vacas en estro mediante un examen físico general, con énfasis en el aparato locomotor y órganos de los sentidos, y un examen de la integridad de genitales externos; b) la capacidad cuantitativa de producción de espermatozoides a través de la medición de la circunferencia escrotal (CE) y del examen



de la integridad de genitales internos y externos (Geymonat y Méndez, 1987); y c) la capacidad cualitativa de producción de espermatozoides a través de la evaluación de la calidad del semen y de un examen de la integridad de genitales internos y externos (Nelson, 1995).

5. En animales jóvenes la CE está altamente relacionada con el peso testicular y la producción espermática (Knights *et al.*, 1984; Barbosa *et al.*, 1991); toros viejos de más de siete años de edad pueden tener testículos grandes pero parte del tejido ya no es "funcional" (Veeramachanei *et al.*, 1986; Bastidas *et al.*, 1997). Además, en toretes jóvenes la medición de CE puede servir como herramienta complementaria para selección de sementales; toros con mayor circunferencia escrotal tienden a presentar mejor fertilidad y calidad espermática, lo que significa menor porcentaje de anomalías y mayor motilidad que aquellos con menor circunferencia escrotal. Por otro lado, el tamaño testicular es una característica con buena heredabilidad (Latimer *et al.*, 1982; Knights *et al.*, 1984) por lo cual sementales que de jóvenes tienen CE por arriba del promedio van a dar hijos con testículos mayores al promedio. Adicionalmente, las hijas de sementales que de jóvenes tienen CE por arriba del promedio tienden a presentar menores edades a la pubertad (Toelle y Robinson, 1985).
6. El desarrollo testicular es influido por la raza y por la especie. La CE en toros Angus y Simmental es mayor que en toros Polled Hereford, Charolais y Limousin, y en toros europeos-*Bos taurus* es mayor que en cebuinos-*Bos indicus*. Además, en toros Cebú el desarrollo testicular alcanza su madurez reproductiva aproximadamente un año más tarde que en toros de las razas europeas. Esta característica 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 refleja el potencial del semental sólo en la fecha en que fue evaluado, y no la que tuvo en el pasado o la que tendrá en el futuro debido, en parte, a que los espermatozoides en el eyaculado son producto de un proceso que inició más de dos meses antes (Bastidas *et al.*, 1997). Por esta razón, no es recomendable basar la decisión de desechar a un semental cuando en una sola prueba obtiene la calificación de **No Satisfactorio**.

## Métodos/Guía de aplicación

### Evaluación de la capacidad reproductiva del semental

1. En animales jóvenes es conveniente realizar la primera evaluación a los 16-18 meses de edad, y en su caso repetirla uno a dos meses antes de su uso como semental. En sementales activos realizar la evaluación cada seis meses o antes si existen problemas con la fertilidad del hato. En casos de empadre restringido realizar la evaluación uno a dos meses antes de su inicio. Al comprar sementales siempre realizar la evaluación de los animales que se van a adquirir, y usar el resultado como criterio de compra (Bastidas *et al.*, 1997).
2. Examen físico general. Observar al toro en movimiento libre para detectar posibles problemas locomotores o de aplomos (de gran importancia para la búsqueda y servicio de vacas en estro), y evaluar su CC. Es recomendable que tengan una CC entre 3.0 y 4.0 antes de ser sometidos a trabajo intensivo –empadre–, pues es común que pierdan peso durante el mismo. Una CC menor de 2.0 puede afectar su capacidad reproductiva. Revisar los órganos de los sentidos, sobre todo los ojos, y vigilar la salud de la boca/



dentadura. Si se detecta alguna alteración física deberá valorarse la magnitud en que pueda afectar su desempeño. Enfermedades con cuadros febriles y que provoquen pérdida de CC pueden afectar la capacidad reproductiva (calidad seminal) hasta por cierto tiempo después de resolverse (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).

3. Examen de los genitales internos. Se realiza mediante palpación transrectal revisando secuencialmente las 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, como inflamación de una o más glándulas accesorias o hernias inguinales, no debe ser usado como semental hasta que se resuelvan esos problemas (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).
4. Examen de los genitales externos. Revisar integridad del prepucio: heridas, inflamación, abscesos, fibrosis, neoplasias, persistencia del frenillo y en general problemas que impidan el deslizamiento adecuado del pene y su erección completa durante la monta. Exteriorizar el pene para su revisión mediante presión de la flexura sigmoidea en dirección craneal, sujetándolo con la ayuda de una gasa estéril humedecida con solución salina. En toretes es importante evaluar si han desaparecido las adherencias prepuciales. Mediante palpación revisar los testículos, epidídimos y contenido escrotal. También es importante comprobar que ambos testículos hayan descendido completamente hacia el escroto y que haya ausencia de adherencias para que se deslicen libremente dentro del mismo. Testículos pequeños, inflamados, muy blandos, muy duros o con adherencias indican posibles problemas infecciosos o degenerativos, los cuales pueden comprometer seriamente la función testicular y por lo tanto la fertilidad del semental. Inflamación, fibrosis, presencia de tumores o abscesos en epidídimos y testículos también son un problema grave. Anomalías serias y evidentes de los testículos y epidídimos descalifican al toro para su uso como semental (Nelson, 1995; Duren y Walker, 2000).
5. Medición de la circunferencia escrotal. Ambos testículos se presionan al mismo tiempo hacia la parte más baja del escroto, y al estar paralelos se mide el perímetro en la parte más ancha de los mismos. Existe una cinta especial para medir la CE recomendada por la Sociedad de Teriogenología, pero también se puede utilizar 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).
6. Evaluación de la calidad del semen. Obtener una muestra de semen utilizando una vagina artificial, o electroeyaculación. El método de elección es el uso de la vagina artificial ya que permite obtener un eyaculado de características normales; sin embargo, el semental debe ser entrenado previamente para que aprenda a eyacular en la vagina artificial. Mediante la electroeyaculación se obtiene una muestra adecuada de semen, aunque de mayor volumen y menor concentración espermática. Es en extremo importante que los materiales que entren en contacto con el semen durante su colección y evaluación, como tubos/conos de latex, bolsas de plástico, tubos colectores, portaobjetos y cubreobjetos, se mantengan a una temperatura entre 37 y 39°C para evitar daños a los espermatozoides por choque térmico. Además, la muestra de semen debe ser protegida del viento, del frío y de la radiación solar directa. Cuando es imposible preservar la viabilidad de los espermatozoides en la muestra de semen su evaluación no es de utilidad. En esos casos habrá que basar la evaluación en la medición de la CE y en los exámenes físico general y de genitales externos e internos. Para la evaluación de calidad seminal se observa al microscopio una gota de semen sin diluir (motilidad masal: 100 aumentos) o diluida 1:100 en solución salina fisiológica



(motilidad individual: 400 aumentos). Para cuantificar el porcentaje de espermatozoides normales/anormales se hace un frotis del semen y se tiñe con eosina:nigrosina, o rosa de bengala (morfología espermática: 1000 aumentos; Hidalgo *et al.*, 2005).

7. Calificación del semental. La calificación final del semental es **Satisfactorio** o **No Satisfactorio**. Cuando surgen 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**. Cuando no se diagnostican los problemas anteriores, la calificación se asigna de acuerdo con los valores de referencia que se presentan en el Cuadro 54. Para ser considerado **Satisfactorio** el semental debe obtener cuando menos el valor mínimo aceptable en cada uno de los componentes de la evaluación. En caso de que un semental sea calificado como **No Satisfactorio**, se recomienda repetir la prueba después de 60 días y someter al toro a descanso sexual, suplementación nutrimental o terapia reconstituyente durante ese periodo si se juzga necesario (Duren y Walken, 2000).
8. Pruebas complementarias. Evaluación de la conducta sexual, o libido (Chenoweth, 1981), diagnóstico de enfermedades que afectan la reproducción y/o de transmisión venérea (ver Proceso Salud Animal), presencia de proteínas seminales asociadas a la fertilidad.

### Propósito

- Mantener en el hato sólo sementales con un desempeño reproductivo satisfactorio.
- Promover el buen desempeño reproductivo del hato y su mejora en las nuevas generaciones.

### Indicadores de desempeño en la actividad

- a) Tasa de concepción: valor óptimo  $\geq 65\%$  con MN.

**CUADRO 54. VALORES DE REFERENCIA PARA CALIFICAR LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL (CE) Y LA MOTILIDAD Y MORFOLOGÍA ESPERMÁTICA EN TOROS, SEGÚN NORMAS DE LA AMERICAN SOCIETY FOR THERIOGENOLOGY.**

VALOR DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL MÍNIMA RECOMENDADO 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 – 69 %	Buena
> 18 ≤ 21 meses	32	Oscilación generalizada	30 – 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%.		



## Listado de revisión

1. ¿Se lleva a cabo en forma rutinaria/repetida la evaluación de 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 lleva a cabo en forma rutinaria la evaluación de 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 para el monitoreo del 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 de problemas reproductivos.
2. Es necesario utilizar algún sistema de identificación de los vientres del hato que los individualice para registrar su información reproductiva (ver Proceso de Mejoramiento Genético).
3. Independientemente del sistema que se utilice para el registro de información, sean tarjetas, hojas electrónicas o 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 en un tiempo menor o igual a una semana. En las unidades de producción de leche a escala familiar son pocos los productores que acostumbran llevar registros productivos y reproductivos, por lo que al iniciar este proceso es recomendable utilizar sistemas sencillos y económicos. Es conveniente que el sistema de registro reproductivo también se utilice para registrar información sobre la genealogía del animal, salud y causas de desecho.

- Para establecer la condición de desempeño reproductivo del hato es necesario contar con indicadores y sus "valores óptimos" de acuerdo con el sistema de producción. Los indicadores pueden ofrecer una perspectiva "global" del proceso reproductivo, como por ejemplo intervalo entre partos, o promedio de días abiertos, entre otros, o de una parte del mismo, por ejemplo intervalo parto-primer servicio, servicios/concepción, entre otros. Es necesario estimar varios indicadores e índices para estar en posibilidades de realizar un análisis adecuado del desempeño reproductivo del hato.

### Métodos/Guía de aplicación

- Registro de eventos reproductivos (ver Proceso de Mejoramiento Genético). Con base en la información de los registros se deberán elaborar listados semanales o quincenales de vacas para revisiones rutinarias pp, diagnósticos de gestación, revisión/seguimiento/tratamiento de vacas "problema", etc.
- Estimación de indicadores reproductivos. Se deben calcular mensualmente y además obtener un promedio rotativo anual (PRA). Por ejemplo, al obtener los indicadores de septiembre 2008, el PRA será el promedio de octubre 2007 a septiembre 2008. Los indicadores reproductivos utilizados en sistemas de producción de leche a escala familiar se muestran en el Cuadro 55.

### Propósito

- Contar con información reproductiva organizada como base para identificar problemas y sus causas, así como monitorear los avances después de la aplicación de estrategias correctivas.

**CUADRO 55. INDICADORES REPRODUCTIVOS Y SUS VALORES ÓPTIMO Y LÍMITE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A ESCALA FAMILIAR.**

INDICADOR	FORMA DE CÁLCULO	VALOR ÓPTIMO	VALOR LÍMITE
Edad a 1er parto (meses)	Promedio del número de meses entre el día del nacimiento y el día del 1er parto.	24	<22 >30
Días a primer estro postparto	Promedio del número de días entre el día de parto y el día de 1er estro.	≤40	>70
Días a primer servicio postparto	Promedio del número de días entre el día de parto y el día de 1er servicio (IA o MN).	≤70	>90
Días abiertos	Promedio del número de días entre el día de parto y el día de concepción.	≤110	>120
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
Intervalo entre partos (meses)	Promedio del número de meses entre partos sucesivos.	12.5 a 13	>14
Tasa de abortos (%)	De las vacas reconfirmadas gestantes a 100 días post-concepción, número de las que no llegan a término entre el total x 100.	≤5	>10
Retención placentaria (%)	Vacas con placenta retenida del total de vacas paridas.	≤7	≥10



## Listado de revisión

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 se obtiene, se registra y se organiza de manera ordenada con el fin de identificar, corregir o prevenir problemas reproductivos desde un enfoque de hato o colectivo.

### Principios básicos

1. El programa de salud reproductiva del hato es esencial en el manejo reproductivo. Se basa en el análisis de indicadores e índices para identificar problemas, considerando factores de riesgo y establecer estrategias correctivas. Incluye además la validación de estas últimas de acuerdo con los 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 implementar estrategias correctivas (valores límite). Asimismo, es importante considerar que en general son consecuencia del efecto acumulado de varios 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 la detección de estros, de la técnica y momento de IA con respecto al estro, 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, como expulsión del producto y membranas fetales, involución uterina, reanudación de la ciclicidad ovulatoria/estral, concepción y gestación, y de la aplicación correcta de una serie de estrategias de "supervisión y control reproductivo" individual o colectivo, que pueden ser de gran influencia en los eventos fisiológicos. Las estrategias de supervisión y control corresponden al "factor humano", que es el que comúnmente está asociado a la presencia de problemas reproductivos en el hato.
4. Es importante tener en cuenta que cada "problema reproductivo" es la evidencia de uno o varios factores que predisponen la ocurrencia de ese problema. Por ejemplo, la prolongada duración del anestro posparto "verdadero" puede ser consecuencia del amamantamiento de la cría sin restricción, de una mala condición nutrimental de la vaca, de problemas en el parto, o de la interacción de estos tres factores, cada uno de los cuales representa un "factor de riesgo" y a su vez puede presentar "puntos críticos" para su control. Por ejemplo, el mayor efecto sobre anestro postparto, se presenta cuando la mala condición nutrimental de la vaca ocurre al parto y durante los primeros meses postparto, por lo tanto, el punto crítico de control para este factor consiste en promover y mantener una buena condición nutrimental al parto y en los primeros meses del postparto.
5. En la identificación de problemas, factores de riesgo y puntos críticos es de enorme 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 eso puede estar relacionado 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 cuándo iniciaron y si existe alguna relación con cambios en la alimentación, en las rutinas para inseminación artificial, en el personal, en las 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 severidad de los problemas de acuerdo con los indicadores afectados (Cuadro 56).
- b) Identificación de problemas reproductivos y sus posibles causas. Determinar si el problema se circunscribe a vaquillas de reemplazo; vientres de primero, segundo o más partos; y/o a algún estado fisiológico (gestación, parto, puerperio), estimando los indicadores problema para estos grupos. De acuerdo con los análisis realizados, determinar cuáles podrían ser los factores de riesgo para los problemas detectados y los puntos críticos de control correspondientes (considerar las listas de revisión por actividad, incluidas en los apartados anteriores).
- c) Establecimiento y aplicación del plan de medidas correctivas. De acuerdo con el análisis de puntos críticos de control, jerarquizar acciones y establecer cronograma para su aplicación, de tal manera que se cumplan metas y objetivos. Es importante dirigir el plan de medidas correctivas hacia la eliminación de las causas de origen de los problemas.



d) Validación de las medidas correctivas. Evaluar los cambios en los indicadores e índices reproductivos "problema". Los resultados permiten confirmar si el diagnóstico del problema fue correcto y si se actuó sobre los puntos críticos de control adecuados. En caso de no obtener los resultados esperados habrá que reajustar el plan de medidas correctivas parcial o totalmente. La jerarquización por orden de importancia de 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. Esto puede ocasionar "nuevos" problemas reproductivos que parecían no ser importantes, por lo que el programa de salud reproductiva del hato debe mantenerse en forma continua.

**CUADRO 56. CAUSAS POSIBLES DE MAL DESEMPEÑO EN INDICADORES REPRODUCTIVOS.**

INDICADOR	PRINCIPALES CAUSAS DE MAL DESEMPEÑO
Edad a 1er. parto	<p>Por arriba del límite superior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inadecuado programa de alimentación y evaluación de CC en vaquillas de reemplazo.</li> <li>2. Inadecuado programa de control de parasitosis y enfermedades infecciosas durante la crianza, incluyendo enfermedades reproductivas.</li> </ol> <p>Por debajo del límite inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de definición de criterios y control para edad a 1er. servicio.</li> </ol>
Días a primer estro y servicio postparto	<p>Por arriba del límite superior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante lactancia tardía, secado y postparto.</li> <li>2. Detección ineficiente de estros.</li> <li>3. Alta incidencia de problemas en periparto y puerperio, o atención inadecuada a animales con problemas.</li> <li>4. Inadecuado programa de control para enfermedades reproductivas.</li> </ol>
Tasa de concepción general	<p>Por debajo del límite inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detección ineficiente de estros.</li> <li>2. Errores en manejo del semen congelado y la técnica y momento de IA.</li> <li>3. Ausencia de control de la capacidad reproductiva del semental.</li> <li>4. Inadecuado programa de alimentación y su monitoreo durante lactancia tardía, secado y postparto.</li> <li>5. Alta incidencia de problemas en periparto y puerperio, o atención inadecuada a animales con problemas.</li> <li>6. Inadecuado programa de control de enfermedades reproductivas.</li> </ol>
Tasa de concepción a 1er. servicio	<p>Por debajo del límite inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todas las de tasa de concepción general.</li> <li>2. Periodo de espera voluntario para 1er. servicio muy corto (<math>\leq 40</math> días).</li> </ol>
Días abiertos	<p>Por arriba del límite superior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todas las de días a 1er. estro y servicio postparto.</li> <li>2. Todas las de tasa de concepción general y a 1er. servicio.</li> </ol>
Intervalo entre partos (meses)	<p>Por arriba del límite superior</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todas las de días abiertos.</li> <li>2. Alta incidencia de abortos tardíos.</li> </ol>

## Propósito

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

- Barbosa R, Barbosa P, de Alencar M, de Oliveira F e Fonseca V. 1991. Biometría testicular e aspectos do semen de touros das raças Canchim e Nelore. *Rev Bras Reprod Anim.* 15 (3-4): 159-170.
- Bastidas P, Silva O, Guerrero N y Trocóniz J. 1997. FR 05. Evaluación del potencial reproductivo a campo en toros Brahman. *Arch Latinoam Prod Anim.* 5 (Supl. 1): 335-337.
- Beam SW and Butler WR. 1998. Energy balance, metabolic hormones and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci.* 81:121-131.
- 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 RC, Santos JEP, Reynolds JP, Cerri RLA, Juchem SO and Overton M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci.* 84:239-255.
- Chenoweth PJ. 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. 2nd Ed. Cow-Calf Management Guide, Cattle Producers Library. Beef Roundup, Cooperative Extension, University of California, Tulare County, California, USA. p. 1-5.
- Edmondson AJ, Lean IJ, Weaver CO, Farver T and Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 72:68-78.
- García-Ispuerto I, López-Gatius F, Santolaria P, Yániz JL, Nogareda C, 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. 5o. Congreso Latinoamericano de Buiatría. En: (J E Ostrowski, Comp.) *Teriogenología IV.* Temas sobre fisiopatología de la reproducción en bovinos, ovinos y porcinos. Hemisferio Sur, Buenos Aires. p 46-66.
- González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Goicochea-Llaque J, Rodríguez-Urbina MA. 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. *Anim Reprod Sci.* 91:31-44.
- Gröhn YT and Rajala-Schultz PJ. 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 60–61:605-614.
- Grunert E. 1986. Etiology and pathogenesis of retained bovine placenta. *In: Current Therapy in Theriogenology 2nd Edition.*, W. B. Saunders Company, USA. p. 237-242.
- Hernández CJ y Gutiérrez ACG. 2007. Factores asociados con la infertilidad en la vaca lechera en sistemas intensivos de producción. *Ciencia Veterinaria.* 10:71-91.
- Heuer C, Van Straalen WM, Schukken YH, Dirkzwager A and Noordhuizen TM. 2001. Prediction of energy balance in high yielding dairy cows with test-day information. *J Dairy Sci.* 84(2):471-481.
- Hidalgo OC, Tamargo OMC y Diez MC. 2005. Análisis del semen bovino. Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA 2ª Época, Número 2. Asturias, España. p. 39-43.
- Knights SA, Baker RL, Gianola D and Gibson JB. 1984. Estimates of heritabilities and genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. *J Anim Sci.* 58:887-893.
- Latimer FG, Wilson LL, Cain MF and Stricklin WR. 1982. Scrotal measurements in beef bulls: Heritability estimates, breed and test station effects. *J Anim Sci.* 54:473-479.
- Lewis GS. 1997. Symposium: health problems of the post-partum cow. Uterine health and disorders. *J Dairy Sci.* 80:984-994.
- Lopez H, Caraviello DZ, Satter LD, Fricke PM and Wiltbank MC. 2005. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 88:2783-2793.
- Lopez-Gatius F, Yaniz J and Madriles-Helm D. 2003. Effect of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology.* 59:801-812.
- Nelson DD. 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.
- Roelofs JB, Graat EAM, Mullaart E, Soede NM, 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.
- Schuijt G and Ball L. 1986. Physical diagnosis during dystocia in the cow. *In: Current Therapy in Theriogenology, 2nd Edition*, W. B. Saunders Company, USA. p. 214-219.

- Staples CR, Thatcher WW and Clark J H. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci.* 73(4):938-947.
- Thatcher WW, Bilby TR, Bartolome JA, Silvestre F, Staples CR and Santos JEP. 2006. Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. *Theriogenology.* 65:30-44.
- Toelle VD and Robinson OW. 1985. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J Anim Sci.* 60:90-100.
- Vera AHR. 1987. Cambios utero-ováricos durante el puerperio. 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. p. 112-125.
- Veeramachanei DNR, Ott RS, Heath EH, McEntee K, Bolt DJ and Hixon JE. 1986. Pathophysiology of small testes in beef bulls: relationship between scrotal circumference, histopathological features of testes and epididymides, seminal characteristics, and endocrine profiles. *Am J Vet Res.* 47:1988-1999.
- Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT and Fogwell RL. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 71(4):1063-1072.
- Wiltbank MC, Gümen A and Sartori R. 2002. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology.* 57:21-52.
- Youngquist RS. 1986. Cystic follicular degeneration in the cow. *In: Current Therapy in Theriogenology* 2nd Edition, W. B. Saunders Company. USA. p. 243-246.



## PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO



Dr. Felipe de Jesús Ruiz López<sup>1</sup>  
Dra. Teresa Beatriz García Peniche<sup>2</sup>  
M.C. Sergio Iván Román Ponce<sup>3</sup>  
Dr. Jorge Quiroz Valiente<sup>4</sup>  
M.C. Marina Durán Aguilar<sup>5</sup>

<sup>1</sup> CENID Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP.

<sup>2</sup> Campo Experimental La Posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Valles Centrales. CIR Pacífico Sur-INIFAP.

<sup>4</sup> Campo Experimental Huimanguillo. CIR Golfo Centro-INIFAP.

<sup>5</sup> Fomento Ganadero Mexicano.

## PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

### INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de los primeros bovinos a América en el siglo XVI por los españoles hasta fines del siglo XIX, la ganadería se desarrolló fundamentalmente para la producción de carne y leche para el consumo familiar. A principios de siglo XX, debido a la necesidad de repoblar los inventarios lecheros, se importó ganado de las razas Holstein, Jersey, Guernsey, Ayrshire y Suizo Pardo.

El principal objetivo de la ganadería lechera es incrementar la eficiencia de producción, para lo cual es necesario tomar en cuenta los factores que influyen en este proceso, entre los que están la composición genética del animal y el ambiente. La genética le da a la vaca la habilidad de producir leche, y el ambiente provee la "materia prima" para la producción de leche. Dicha producción es, por ende, el resultado de la combinación de la genética con el ambiente, así como de la interacción entre estos dos factores.

### Objetivo

Con base en los recursos genéticos presentes en el estable, la información productiva y las tecnologías reproductivas en uso (inseminación artificial, transferencia de embriones, etc.), aplicar los principios básicos de genética para el diseño de un programa de mejoramiento genético del hato.

En cualquier sistema de producción de leche, sea intensivo o a escala familiar, un programa de mejoramiento genético del hato implica la planeación de actividades y la implementación de las mismas las cuales a su vez deben seguir una serie de pasos. En este capítulo se describe cada uno de estos pasos (Ver Figura 6 Capítulo 1).

## PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

### Diagnóstico de la unidad de producción y su programa de mejoramiento genético

#### Descripción de la actividad

Con base en los recursos genéticos presentes en el estable, la información disponible (sistema de control de producción) y las tecnologías utilizadas (inseminación artificial, transferencia de embriones, etc.) identificar las necesidades de mejoramiento genético.

#### Principios básicos

1. La evaluación de la unidad de producción se realiza en un día de visita e implica los siguientes aspectos:
  - a) Determinación de la estructura del hato (debe haber alrededor de 80% de vacas en ordeña y 20% de vacas secas).
  - b) Toma de muestras de leche para conocer el contenido de grasa y proteína, y conteos de células somáticas. La grasa y proteína son deseables ya que además de darle un mayor valor nutricional al producto pueden tener impacto sobre el precio que



se le paga al productor por la leche; los conteos altos de células somáticas indican problemas de mastitis crónicas o subclínicas, además de que representan riesgos de castigo en el precio de la leche para los productores (Weigel, 2006).

- c) Análisis de "bajas" y de sus causas. Las causas podrían estar relacionadas con el manejo; por ejemplo, si mueren por fiebre de leche, desnutrición, golpe de calor, o por caídas, estas causas sugieren que si las condiciones de manejo mejorasen, el porcentaje de muertes por causas ajenas a un desecho voluntario disminuiría. Este análisis permite determinar qué factores se deben atender en el establo, aunque no todos sean de tipo genético, porque es importante identificar las verdaderas causas de las bajas (Bascom y Young, 1998).
  - d) Vigilar la persistencia de lactación. Las vacas que se secan por causas naturales antes de los 305 días, o que su producción de leche es muy baja antes del secado, en general no son buenas productoras, aun cuando su pico de lactación parezca elevado (Wattiaux *et al.*, 1995).
  - e) La producción de leche por hato en promedio debe de ser comparable o mejor que el de hatos vecinos, bajo el supuesto que están sujetos a las mismas condiciones ambientales.
  - f) Análisis de las tasas de reemplazo y número de lactaciones promedio del hato (Wattiaux *et al.*, 1995). Es deseable que las vacas lleguen a tener en promedio tres o más lactaciones, ya que está comprobado que para que una vaca pueda producir a su reemplazo se requieren más de dos partos (McAllister, 2002).
  - g) Observación de las condiciones de higiene, el personal, los medios de disminución del estrés por calor, el camino hacia la ordeña, y aspectos generales del rancho.
2. Conozca los recursos genéticos existentes en la explotación; es decir, los padres de las vacas y sus valores genéticos. También es importante saber qué compañías abastecen de semen a los ranchos y el valor genético del mismo. Existen varias compañías de inseminación artificial. Al tratarse de ranchos con hatos grandes seguramente los administradores del rancho habrán sido contactados por ellas. Como técnico, consulte las páginas de las compañías con quienes sus clientes hayan establecido contratos de servicio y preste atención especial a sus catálogos de sementales.
  3. Conozca el sistema de control de producción que se utiliza en el rancho.
  4. En lechería familiar es cada vez más común la utilización de inseminación artificial; aún así, debe asegurarse de ello. Lo importante es saber si los encargados del manejo reproductivo logran altas tasas de detección del celo, y/o si realizan transferencia de embriones (Tozer y Heinrichs, 2001). En caso de que se realice transferencia de embriones es vital saber qué criterios utilizan para elegir a las vacas donadoras de óvulos, pues son sus genes los que se van a reproducir. La importancia reside en que se trata de una técnica costosa y únicamente debe utilizarse en animales realmente superiores (vacas mucho más productivas, mejor conformadas, etc.) que el promedio de sus contemporáneas.
  5. Es importante saber si en el rancho se utiliza semen sexado. Aunque este semen aumenta las probabilidades de obtener un sexo sobre otro, también disminuye la fertilidad del semen. Al estudiar la fertilidad en las vacas hay que tomar en cuenta ese aspecto para evitar que ocurran efectos confundidos.
  6. Investigue si crían sus propios reemplazos o si compran vaquillas y si éstas son importadas (de dónde) o nacionales, y si cuentan con la información que debe acompañar a los animales comprados.



7. Conozca el entorno económico general. Por ejemplo, precios de la leche, costos de producción, granjas cercanas, canales de distribución, proveedores, etc. La importancia reside en que los caracteres a seleccionar en los animales dependen de cuáles de ellos aportan mayores ganancias al productor. Muchas veces las ganancias dependen, en parte, de la variación en precios de la leche, del alimento, etc., lo cual podría modificar los objetivos de selección recordando siempre que los resultados del mejoramiento genético se observan a largo plazo y muchas de las variaciones son de corto plazo y/o cíclicas. De ahí la importancia de considerar las tendencias de mediano y largo plazo de los precios de los insumos y de la leche.

### Método/Guía de aplicación

A continuación se describen los conceptos más importantes para el mejoramiento genético:

1. Para calcular la estructura del hato productivo, el número de vacas secas se divide entre el número total de vacas. El resultado es el porcentaje de vacas secas, y el resto de los animales son las vacas en ordeña.

$$\text{Porcentaje de vacas secas} = \frac{\text{Número de vacas secas}}{\text{Total de vacas}}$$

2. Los animales en crecimiento, las vaquillas gestantes y las vacas forman el hato completo. La estructura del hato total se calcula como el porcentaje de cada grupo que corresponde a grupos de manejo. Por ejemplo, los grupos podrían ser: a) becerros y becerras de 0-3 meses, b) de 3-6 meses, c) de 6-9 meses, d) de 9-12 meses, e) vaquillas gestantes, f) vacas en producción y g) vacas secas. Si se desea, el hato productivo se puede subdividir en cantidad de vacas en cada número y estadio de la lactación. Las etapas de lactación son tres: inicio, media y final (López-Villalobos *et al.*, 2000 b).
3. Una práctica obligatoria es el registro de las fechas de nacimiento de todos los animales, lo cual facilita su agrupación por sexo y por época del año en un mismo año. A estos grupos de animales se les denomina "grupos de contemporáneos". Sólo es válido comparar el comportamiento para un carácter dentro de cada grupo.
4. Contrate los servicios para el análisis de la calidad de la leche y anote los resultados en sus registros. El conteo de células somáticas también es recomendable. En algunos países se ha llegado a cuantificar la pérdida de leche relacionada a una mayor cantidad de células somáticas.
5. Las compañías distribuidoras de semen ofrecen el servicio de seleccionar el toro más apropiado para cada vaca o vaquilla con base en los caracteres de conformación que se pueden observar en las vacas en celo y en la productividad de las vacas si tienen acceso a los datos de producción, y en ocasiones añadiendo la información del pedigrí de las vacas (si tienen los datos). Mientras más información tenga el encargado de decidir cuál semen utilizar, mejor será el resultado.
6. El costo del semen puede o no ser una limitante. En la inseminación artificial se debe considerar que cada vaca puede requerir dos o más dosis de semen para quedar gestante, y que habrá alrededor del 50% de probabilidades de que el producto sea hembra, con lo que el total de dosis para obtener una vaquilla de reemplazo se eleva a cuatro (dos veces gestante para obtener una hembra, con dos dosis de semen cada vez). Pero si a esto le añadimos una tasa de desecho temprano por cualquier motivo,



podríamos calcular, con un amplio margen de error, que se requieren cinco dosis por cada hembra de reemplazo gestante. ¿Vale la pena el precio a pagar por la calidad del toro? Sus hijas, en promedio (alrededor de 68% de las veces), van a producir el diferencial positivo en producción de leche que se indica en el catálogo de sementales (Tozer y Heinrichs, 2001).

7. Investigue si en el rancho se tiene algún programa de mejoramiento genético, quién lo diseñó, cuál es el objetivo y quién es el encargado de llevarlo a cabo. Lo que se pretende saber es si el mejoramiento genético está en manos de personal capacitado.

## Resultado

Información de apoyo a la toma de decisiones para implementar un programa de mejoramiento genético o mejorar el ya existente, además de detectar errores de manejo.

### Indicadores de desempeño en la actividad.

Estimación de estadísticas descriptivas que apoyen el proceso de toma de decisiones.

### Información de apoyo

¿Qué hacer si se encuentran demasiadas vacas secas (más del 30%) en el hato?

¿De dónde podría provenir la eventualidad de demasiadas vacas secas?

¿Qué información adicional se requiere para resolver ese problema?

¿Cuáles son las causas de que exista una excesiva proporción de vacas de primer parto con respecto a partos posteriores?

¿Lo anterior es ventaja o desventaja? ¿Cómo corroborar tal suposición?

Si en un establo existen 1285 vacas en producción y 260 secas, ¿cuál es la estructura del hato?

## Revisión de los elementos de un programa de mejoramiento genético

### Descripción de la actividad

Presentación de los principios básicos para entender y aplicar el mejoramiento genético en el establo.

### Principios básicos

La genética es la ciencia que estudia la variación y la transmisión de características de una generación a otra. En esta definición el término *variación* se refiere al rango de posibles valores para una característica influenciada por la herencia. La herencia es la transmisión de las características de los padres a los hijos por la vía del material genético (Falconer y Mackey, 1996).

El medio ambiente es la combinación de todos los factores, excepto los factores genéticos, que afectan la expresión de los genes (Falconer y Mackey, 1996). Por ejemplo, la producción de leche de una vaca es afectada por la edad al parto, época de parto, nutrición y algunos otros factores.

## Método/Guía de aplicación

### Material genético

Las células de que están compuestos todos los animales contienen en su núcleo el material genético estructurado como cromosomas. El número de pares de cromosomas es típico para cada especie: en los bovinos son 30 pares. Los genes están ubicados a lo largo de los cromosomas. Un gene es la unidad básica funcional de la herencia; esto significa que contiene la información genética que es la que trasmite y resultará en la expresión de una característica en particular en la descendencia. El gene está compuesto por ácido desoxirribonucleico o ADN. Esta es la molécula fundamental de vida porque tiene dos propiedades únicas:

- a) Puede servir como modelo para la producción de réplicas de sí mismo.
- b) Puede actuar como un medio de transporte de información ya que contienen toda la información necesaria para producir un nuevo individuo.

### Genotipo y fenotipo

El *genotipo* de un animal representa el grupo de genes responsable para cada característica en particular y describe a todo el grupo de genes heredados por un individuo. Es permanente e inalterable por factores ambientales. En contraste, el *fenotipo* es el valor que puede ser observado o medido en un individuo (Falconer y Mackey, 1996).

### Transmisión del material genético

**Ley de la segregación.** Los genes, definidos como la unidad de la herencia, existen en pares en las células de un individuo; los miembros de un par de genes se separan en células reproductivas (gametos) de manera que la mitad de las células cargan con un gene y la otra mitad con el otro. (Ver ejemplo en el Anexo). Con estos resultados Mendel postuló que las características eran controladas por *factores* (ahora conocidos como genes) que permanecen de manera discreta en cada generación, permitiendo a los fenotipos parentales reaparecer sin cambio después de algunas generaciones (Falconer y Mackey, 1996).

**Ley de la transmisión independiente de los factores.** Esta ley especifica que cada uno de los caracteres es controlado por pares de genes separados; esto es, que la segregación en un locus no influencia en la segregación de otro (Falconer y Mackey, 1996). Ver ejemplo en el apartado de Información de apoyo.

### Rasgos cualitativos

Un rasgo cualitativo tiende a caer en categorías discretas, en lugar de ser medido en una escala continua (color de pelo o presencia de cuernos, por ejemplo).

### Rasgos cuantitativos

Los rasgos cuantitativos (producción de leche, por ejemplo) difieren de los cualitativos en dos formas: 1) están influenciados por muchos pares de genes; 2) la expresión fenotípica es influenciada más fuertemente por el ambiente que en rasgos cualitativos. Por ejemplo, la producción de leche requiere de la acción de muchos genes, cada uno siendo responsable de un aspecto en la síntesis de la leche. Claramente los genes son necesarios para producir las enzimas que sintetizan la grasa, las proteínas y la lactosa (Van Vleck *et al.*, 1987).



## Resultado

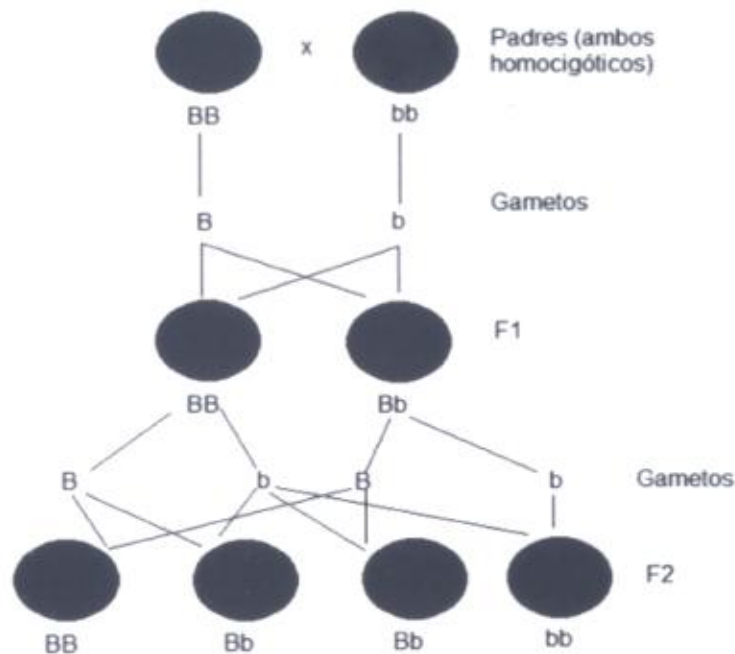
El técnico/ganadero podrá entender por qué el mejoramiento genético es importante en las explotaciones productoras de leche.

## Principios básicos de genética animal

**Primera Ley de Mendel.** También conocida como ley de la segregación.

Para explicar la Ley de Mendel se utilizará como ejemplo la selección de una línea pura de animales negros que fueron cruzados con una línea pura de animales rojos. Al cruzamiento de dos líneas puras que difieren solamente en una característica se le conoce como *cruza monohíbrida*, ya que sólo involucra a un solo par de genes. La craza original recibe el nombre de generación parental y sus hijos el de generación filial 1 o  $F_1$ .

El resultado es que todos los individuos de la  $F_1$  son negros. Al cruzar  $F_1$  entre sí para producir una generación  $F_2$ , se recuperan los fenotipos originales; sin embargo, cuando se analiza un número grande de cruzamientos se encuentra que por cada tres negros existe un animal rojo (3:1, negro:rojo).



Segregación de alelos en una craza monohíbrida con dominancia simple.  
El alelo para el color negro es designado como B, y el alelo para el color rojo b.

Los miembros de un par de genes en un locus pueden tomar varias formas (en el ejemplo anterior podían ser negros o rojos). A estas formas se les conoce como *alelos*. Al alelo que oculta a su par se le conoce como *dominante*, al otro (u otros) se les conoce como *recesivos*.

**Segunda Ley de Mendel** o ley de la transmisión independiente.

Después que Mendel realizó todas sus cruza usando un solo gene con dos alelos (monohibridismo) estudió lo que pasaría con dos genes, cada uno con sus dos alelos (dihibridismo), lo cual se ejemplificará con lo que ocurre cuando se cruzan bovinos: una raza homocigótica dominante a dos pares (Negro y sin cuernos,  $A A C C$ ) y otra homocigótica recesiva (roja y con cuernos,  $a a c c$ ).

En la F<sub>1</sub> se obtienen animales negros y sin cuernos, con los siguientes genotipos:

	AC	AC
ac	AaCc	AaCc
ac	AaCc	AaCc

En la F<sub>2</sub>, para las dos características (color y presencia o ausencia de cuernos), se estarán repitiendo las proporciones de las cruizas con un solo gene, con un 75% de dominantes y 25% de recesivos. Al revisar qué ocurriría en esta situación tenemos lo siguiente:

	<b>AC</b>	<b>A c</b>	<b>a C</b>	<b>a c</b>
<b>AC</b>	AA C C	AA C c	Aa C C	Aa C c
<b>A c</b>	AA C c	AA c c	Aa C c	Aa c c
<b>a C</b>	Aa C C	Aa C c	aa C C	aa C c
<b>a c</b>	Aa C c	Aa c c	aa C c	aa c c

Son posibles 16 combinaciones:

9	Negros sin cuernos	(A _ C _)
3	Negros con cuernos	(A _ c c)
3	Rojo sin cuernos	(a a C _)
1	Rojo con cuernos	(a a c c)

En proporciones tenemos 3:1 (negros y rojos respectivamente) y 3:1 (sin cuernos y con cuernos).

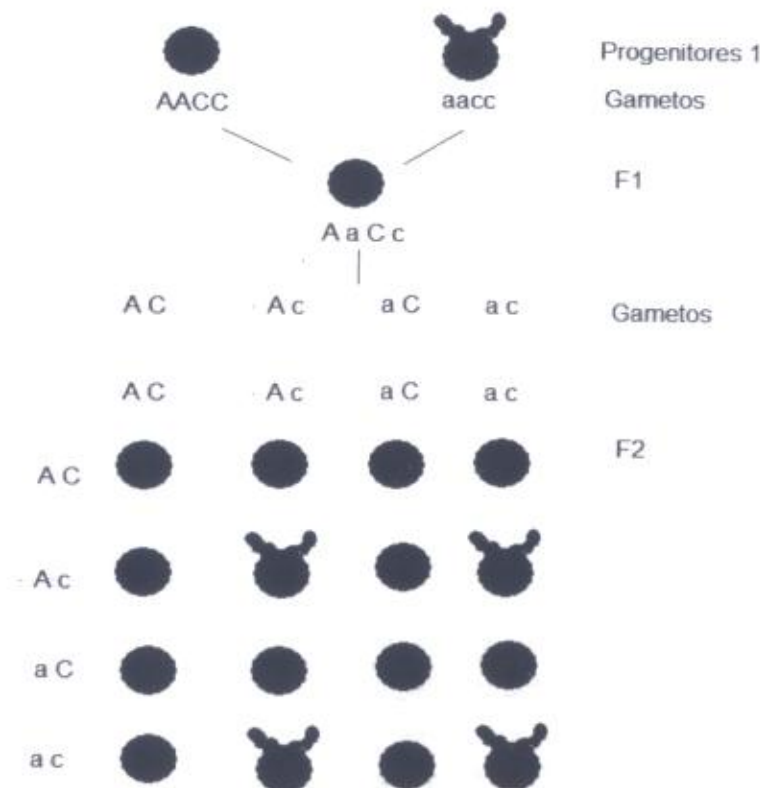


Diagrama de presentación de transmisión independiente de genes

Transmisión independiente de genes



## Ejercicio

En los colores del pelaje de la raza Shorthorn, el rojo está determinado por el genotipo  $C^R C^R$ , el ruano (mezcla de rojo y blanco) por  $C^R C^B$  y el blanco por  $C^B C^B$ .

1. Cuando los Shorthorn ruanos son cruzados entre sí, ¿qué porción genotípica y fenotípica podemos esperar entre su progenie?
2. Si los Shorthorns rojos son cruzados con ruanos y la progenie  $F_1$  es cruzada entre sí para producir  $F_2$ , ¿qué porcentaje de  $F_2$  probablemente será ruano?

## Solución

**A. Progenie**

$$\begin{array}{ccc}
 C^R C^B & \times & C^R C^B \\
 \text{(ruano)} & & \text{(ruano)} \\
 F_1 \quad \frac{1}{4} C^R C^R \text{ rojo: } \frac{1}{2} C^R C^B \text{ ruano: } \frac{1}{4} C^B C^B \text{ blanco}
 \end{array}$$

El cruzamiento de ruanos con ruanos se presenta en el siguiente cuadro:

X	$C^R$	$C^B$
$C^R$	$C^R C^R$ (rojo)	$C^R C^B$ (ruano)
$C^B$	$C^R C^B$ (ruano)	$C^B C^B$ (blanco)

Puesto que cada genotipo produce un fenotipo único, la proporción fenotípica 1:2:1 corresponde a la misma proporción genotípica.

**B. Progenie**

$$\begin{array}{ccc}
 C^R C^R & \times & C^R C^B \\
 \text{(rojo)} & & \text{(ruano)} \\
 F_1 \quad \frac{1}{2} C^R C^R \text{ rojo: } \frac{1}{2} C^R C^B \text{ ruano}
 \end{array}$$

El cruzamiento de ruanos con rojos se presenta en el siguiente cuadro:

X	$C^R$	$C^R$
$C^R$	$C^R C^R$ (rojo)	$C^R C^R$ (rojo)
$C^B$	$C^R C^B$ (ruano)	$C^R C^B$ (ruano)

1. El apareamiento de  $C^R C^R$  (rojo) x  $C^R C^R$  (rojo) produce sólo progenie roja ( $C^R C^R$ ) pero sólo  $\frac{1}{4}$  de todos los apareamientos son de este tipo. Por lo tanto,  $\frac{1}{4}$  de todos los  $F_2$  de este origen serán rojos.
2. El apareamiento de  $C^R C^B$  (ruano) x  $C^R C^R$  (rojo) se espera que produzca progenie  $\frac{1}{2}$   $C^R C^R$  (rojo) y  $\frac{1}{2}$   $C^R C^B$  (ruano). La mitad de todos los apareamientos son de esta clase. Por lo tanto,  $(\frac{1}{2}) \times (\frac{1}{2}) = \frac{1}{4}$  toda la progenie  $F_2$  de este origen deberá ser roja y  $\frac{1}{4}$  ruano.
3. El apareamiento  $C^R C^B$  (ruano) x  $C^R C^B$  (ruano) se espera que produzca progenie  $\frac{1}{4}$   $C^R C^R$  (rojo),  $\frac{1}{2}$   $C^R C^B$  (ruano) y  $\frac{1}{4}$   $C^B C^B$  (blanco). Este tipo de cruzamiento constituye  $\frac{1}{4}$  de todas las cruas. Por lo tanto, la fracción de la progenie  $F_2$  de este origen es  $(\frac{1}{4}) \times (\frac{1}{4}) = \frac{1}{16}$   $C^R C^R$  (rojo),  $(\frac{1}{4}) \times (\frac{1}{2}) = \frac{1}{8}$   $C^R C^B$  (ruano),  $(\frac{1}{4}) \times (\frac{1}{4}) = \frac{1}{16}$   $C^B C^B$  (blanco). Los resultados esperados de la progenie  $F_2$  de estos tres tipos de cruzamientos se muestran en el Cuadro 57.

**CUADRO 57. PROGENIE F2 DE ESTOS TRES TIPOS DE CRUZAMIENTOS.**

TIPO DE APAREAMIENTO	FRECUENCIA DE APAREAMIENTO	GENERACIÓN F <sub>2</sub>		
		ROJO	ROANO	BLANCO
(1) Rojo X Rojo	1/4	1/4	0	0
(2) Rojo X Ruano	1/2	1/4	1/4	0
(3) Ruano X Ruano	1/4	1/16	1/8	1/16
Totales		9/16	6/16	1/16

**Revisión del material genético a utilizar (razas especializadas en producción de leche)**

**Descripción de la actividad**

Descripción de las principales razas de bovinos productores de leche disponibles en México.

**Principios básicos**

En México el inventario de ganado productor de leche se ha mantenido casi constante. En 1996 existían 6.4 millones de cabezas, aproximadamente; en 1998, 6.6 millones; y en 2001, 6.8 millones (SIAP, SAGARPA).

La producción nacional de leche proviene de tres regiones: 1) árida y semiárida, cuya participación en la producción lechera del país es del 37%; 2) tropical, que participa con el 16% y 3) templada, que participa con el 47% (SIAP, SAGARPA).

En México se identifican cuatro tipos de sistemas de producción de leche: el especializado, que produce el 51% del total nacional; el semiespecializado, con el 22%; el de doble propósito, con el 18%; y el de tipo familiar, cuya participación es del 9% (SIAP, SAGARPA).

**Características generales de razas lecheras en México**



provided by Hoard's Dairyman

**Holstein-Friesian.** Originaria de Holanda, es la raza predominante en los establos lecheros en México. Esta raza también es para producción de carne porque su crecimiento es relativamente rápido y su canal considerada de mayor calidad que el de otras razas lecheras. Las becerras alcanzan su madurez sexual a los 15 meses de edad o a los 370 kg de peso. Es deseable el primer parto entre los 24 y 27 meses de edad. El periodo de gestación es de aproximadamente nueve meses ([www.holsteinusa.com](http://www.holsteinusa.com); [www.holstein.com.mx](http://www.holstein.com.mx)).



provided by Hoard's Dairyman

**Jersey.** Raza desarrollada en la Isla Jersey, la cual se localiza entre Francia e Inglaterra. Esta raza se adapta a diversos climas y condiciones geográficas. Por su tamaño no tiene un alto valor como raza productora de carne; además, la grasa de su cuerpo es de color amarillo, lo que se considera una característica indeseable. Esta raza es muy sensible y reacciona rápidamente a los estímulos. La raza Jersey es la que produce mayor cantidad de kilogramos de leche por kilogramo de peso



del animal. Por su madurez sexual temprana, su primer pico de producción láctea es más pronto que el de otras razas. La leche de las vacas Jersey es de color amarillo, debido al alto contenido de beta carotenos ([www.usjersey.com](http://www.usjersey.com)).



provided by Hoard's Dairyman

**Guernsey.** La leche producida por esta raza tiene una alta cantidad de grasa y proteína, es de color amarillo debido al alto contenido de beta-carotenos. El intervalo entre partos de las vacas de la raza Guernsey es corto, y en promedio su madurez sexual es más temprana, por lo que en promedio su primer parto lo tienen antes que otras razas lecheras ([www.usguernsey.com](http://www.usguernsey.com)).



provided by Hoard's Dairyman

**Ayrshire.** Es una raza fuerte que se adapta a una gran diversidad de ambientes. La conformación de la ubre es excelente y los problemas en patas y pezuñas son poco frecuentes. Los becerros al nacimiento tienen un peso relativamente bajo ([www.usayrshire.com](http://www.usayrshire.com)).



provided by Hoard's Dairyman

**Suizo Pardo.** Raza de color café que varía de claro a oscuro en la porción del abdomen; la ubre es casi blanca. Son animales dóciles, de tamaño grande, por lo que el peso de las crías al nacimiento es alto. Su grasa corporal es de color blanco (<http://www.brownswissusa.com/>).

## Método/ Guía de aplicación

La elección de la raza dependerá de las características del clima de la zona y del sistema de producción. Además, el ganadero debe considerar las condiciones de comercialización de la leche. Si las compensaciones o pagos por componentes de la leche son elevados, las razas de color (no Holstein) podrían ser una opción; pero si el precio se basa solamente en volumen de leche, sin considerar el contenido de grasa o de proteína, entonces la raza Holstein es la mejor opción en el altiplano (Weigel, 2006).

En la elección de la raza, aspectos de calidad de leche, como el conteo celular o el conteo bacteriano, no son importantes, ya que dependen del manejo de los animales.

## Objetivo

El técnico o el ganadero podrán identificar la raza que más convenga. La elección correcta de la raza incidirá tanto en el valor económico de la leche producida como en el incremento de la eficiencia de la explotación al alargar la longevidad del ganado.

Calcular las puntuaciones de selección:

$$P = (x_i - \bar{x}) / SD$$

$$\bar{X} = 7907.17$$

Utilizar la ecuación del avance genético para determinar el cambio esperado para un grupo de vacas de las cuales se va a seleccionar el 70%, y cuya desviación estándar es de 1000 kg de leche por lactación. Se supone un intervalo generacional de seis años y una heredabilidad de 25% para producción de leche.

$$\Delta G = (i \cdot h^2 \cdot \sigma_g) / L$$

$$\Delta G = (0.5 \cdot 0.25 \cdot 1000) / 6$$

$$\Delta G = 125/6$$

$$\Delta G = 20.84$$

## Cruzamiento

### Descripción de la actividad

Análisis del proceso de cruzamiento como herramienta del mejoramiento genético del ganado productor de leche.

### Principios básicos

Durante décadas las razas de ganado bovino usualmente se han seleccionado para varias características; por tanto, el conjunto de genes presentes en razas alternativas son diferentes. La descendencia de padres cruzados son heterocigotos (o mestizos), lo que quiere decir que en la cría están presentes dos genes diferentes para la misma característica, por ejemplo, producción de leche (López-Villalobos *et al.*, 2000a).

El fácil acceso a material genético de todas partes del mundo es un factor que ha hecho cada vez más viable la práctica de cruzamiento (VanVleck, 1987). Una herramienta para mejorar la composición de la leche, la salud de los animales, la fertilidad y la supervivencia es el cruzamiento, puesto que las diferencias entre razas son mayores que las diferencias dentro de la misma raza y se pueden lograr mayores beneficios por vigor híbrido. El vigor híbrido, o heterosis, es la superioridad que muestran las crías por arriba del promedio de los animales puros de las razas que fueron cruzadas (VanRaden y Sanders, 2003).

La heterosis se define como la diferencia entre el desempeño de la descendencia y el promedio de ambas razas progenitoras y se expresa como porcentaje de la media (Falconer y Mackey, 1996). En el **apartado Información de apoyo** se presenta la fórmula para calcular la heterosis. La heterosis es específica para las razas que se cruzan y para los caracteres de interés. Muchos caracteres de la hembra exhiben heterosis, y ésta está en relación directa con la proporción de pares de genes heterocigotos que provienen de diferentes razas.

### Método/Guía de aplicación

En la ganadería productora de leche se ha utilizado el cruzamiento con el propósito de mejorar la adaptabilidad del ganado a diferentes ambientes y para resolver problemas de fertilidad en



## Cruzamiento rotacional

El cruzamiento rotacional, es una propuesta para explotar la heterosis en un hato, consiste en aparear las vacas cruzadas con toros de raza pura en forma alternada. En las Figuras 18 y 19 se presentan ejemplos de cruzamientos rotativos.

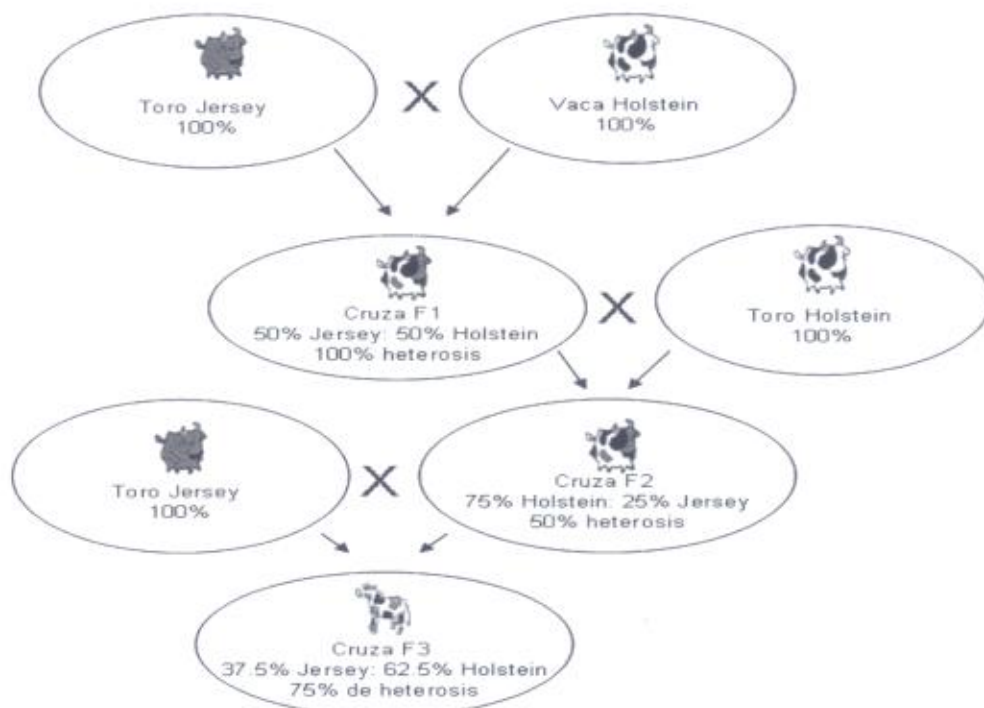


Figura 18. Sistema rotacional de dos razas.

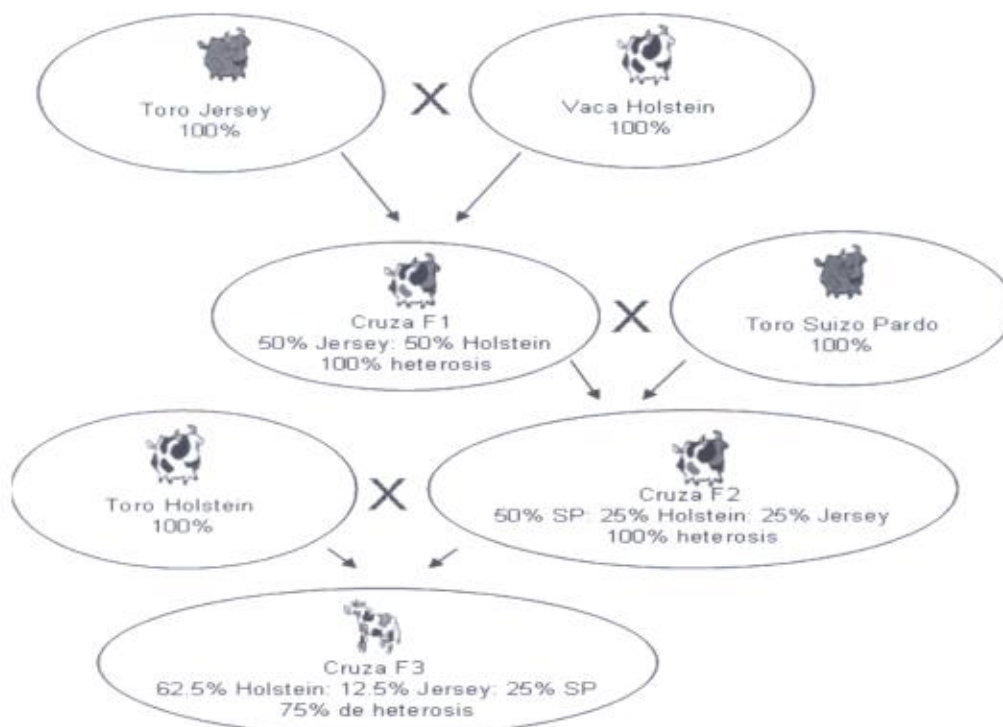


Figura 19. Sistema rotacional con tres razas.

## Importancia del cruzamiento en la práctica

Los estudios de los cruzamientos entre razas bovinas lecheras han mostrado efectos favorables de heterosis en la fertilidad (1 a 5%), supervivencia (4 a 5%), crecimiento (3 a 6%), y producción lechera de por vida (16%). La descendencia suele tener una vida productiva más larga que las razas puras, lo que se traduce en un incremento del 15% en ingreso por lactación y un 11% superior en ingreso por vaca por año, aproximadamente. Otros trabajos han demostrado que la heterosis también favorece la producción de grasa y proteína de la leche, disminuye los días a primer servicio posparto y eleva la tasa de pariciones para inseminaciones efectivas. Estos resultados respaldan, en el corto plazo, el sistema de cruzamiento alterno con dos razas para mantener las hembras híbridas y maximizar el mérito económico (López-Villalobos *et al.*, 2000b).

### ¿Cuáles razas cruzar?

Es importante tener claridad en los resultados que se esperan con los cruzamientos. Para elegir qué razas cruzar es indispensable conocer el potencial de producción de cada raza (McAllister, 2002). El resultado de varios cruzamientos puede predecirse del promedio de producción de las razas progenitoras más el incremento estimado por efecto de heterosis (Madalena, 2001). Por ejemplo, en la mayoría de los casos la alta producción de leche es importante, pero el porcentaje de proteína puede ser mejorado al cruzar Holstein x Suizo Pardo (ambas razas son altas productoras de leche). Aunque la Holstein está al último en porcentaje de proteína, la Suizo Pardo se encuentra en el segundo lugar; por lo tanto, al cruzar estas dos razas se mejora el porcentaje de proteína sin reducir la producción de leche.

## Diseño del programa de mejoramiento genético

### Descripción de la actividad

Integrar los principios básicos de genética y aplicarlos en el diseño de un programa simple de mejoramiento genético.

### Principios básicos

1. La fórmula del avance genético es la siguiente:

$$\Delta G = (i \cdot h^2 \cdot \sigma_g) / L \quad \text{Donde:}$$

Avance genético = (Intensidad de selección \* heredabilidad \* variabilidad genética) / Intervalo generacional

2. Selección de varios caracteres. Para la selección de varios caracteres existen tres métodos:

*Primero.* Se selecciona para un carácter, y en la siguiente generación para otro, y así sucesivamente. Además de requerir un tiempo excesivamente largo, al dejar de seleccionar para el primer carácter, éste tenderá a volver al estado previo a la selección. Este método de selección es el que menos resultados aporta.

*Segundo.* Se eligen animales que cumplan con valores mínimos para los caracteres de interés. Por ejemplo, se quiere seleccionar para fertilidad, medida en primer intervalo



entre partos y producción de leche en la primera lactación; para ello se decide un límite inferior de 7000 kg y un intervalo entre partos no mayor de 400 días, a partir de estos límites se van a seleccionar los mejores animales. Pero también se pueden eliminar algunas vacas con una producción extraordinaria de leche, por ejemplo el doble de lo que se desea; pero con un intervalo entre partos mayor a los 400 días; o viceversa, vacas con menor productividad, muy fértiles, con intervalos entre partos menores de un año, también pueden no ser seleccionadas.

*Tercero.* Consiste en dar a cada característica a seleccionar un valor económico. El productor tendrá que calcular y declarar que "por cada unidad de mejora en un característica va a ganar una cantidad determinada de dinero neto cuando la nueva generación empiece a producir". Un ejemplo hipotético: un productor dice: "cuando las vaquillas de reemplazo empiecen a producir, por cada litro de leche extra voy a ganar \$2.50 *neto* (ganancia - costos de producción), y por cada día menos de intervalo entre partos, voy a dejar de perder (gano) \$4.00".

Con el tercer método el productor debe calcular cuánto le reditúa mejorar un carácter específico, cuánto le cuesta producir el kilogramo de leche, y cuántos insumos *extras* necesita para producir más leche. La vaca requiere mayor cantidad de alimento, pero muchos costos asociados ya estarán cubiertos, como el pago a los empleados, la depreciación del equipo, el mantenimiento de las instalaciones, etc. Los cálculos deben ser referidos *a futuro*, cuando las vaquillas de reemplazo, resultado de las decisiones de selección de "*hoy*", empiecen a producir.

También se debe considerar la heredabilidad ( $h^2$ ) de cada uno de los caracteres a seleccionar, porque de poco (no *de nada*) sirve seleccionar muy intensamente para un carácter que está determinado, casi en su totalidad por ejemplo, por el ambiente; es decir, que se podría mejorar con un manejo más adecuado. En este caso está la fertilidad. Esta característica se mejora más con una detección de celos adecuada, un seguimiento de la condición corporal, inseminadores más cuidadosos, mejores sistemas de control del estrés por calor, etc., que con la selección de las vacas más fértiles (Castillo-Juárez *et al.*, 2000).

Esos dos factores multiplicados (el valor económico y la heredabilidad del carácter) son los que *tasán* cada carácter a seleccionar en cada animal en un índice de selección. En este caso "cada carácter" se refiere en realidad al "valor genético BV (Breeding Value) de éste" en cada vaca. El BV se obtiene en las evaluaciones genéticas de los animales.

## **Método/Guía de aplicación**

### **Objetivos de la selección**

El principal objetivo del ganadero es producir la mayor cantidad de leche de la manera más eficiente y rentable posible, pues la leche es la principal fuente de ingresos del rancho.

Si fuera posible seleccionar para un solo carácter, la producción de leche sería el elegido. Sin embargo, para "*que sea producida de la manera más eficiente posible*" es necesario cuidar la salud de los animales y prevenir problemas futuros, como partos difíciles, problemas en las patas o ubres, o problemas derivados de una explotación demasiado intensiva (Hazel *et al.*, 1994).



Si el comprador paga un precio diferencial por la calidad de la leche, es decir, por la cantidad de proteína y grasa que contenga (que se reportan tanto en porcentaje del volumen de leche como en kilogramos producidos), estos caracteres también serían objetivo de selección. Otro carácter que se mide en muestras de leche es el conteo de células somáticas. En resumen, los principales objetivos de selección por orden de importancia (por la facilidad para implementar un programa de selección) son los siguientes:

1. Alta productividad de leche, medida en kilogramos por lactación, promedio de producción diaria o kilogramos de leche producida por tiempo interparto o por año.
2. Mayor cantidad de proteína y grasa si el comprador tiene interés por su calidad.
3. Buena conformación de patas y ubres, características que mejoran la vida productiva de las vacas.
4. Buena tasa de crecimiento, desarrollo y madurez (para tener edades mínimas al primer parto).
5. Buena fertilidad, medida en intervalo entre partos, número de servicios por concepción, no retorno después del servicio; por ejemplo, 45 días después de la última inseminación.
6. Bajos conteos de células somáticas.

Los caracteres de mayor heredabilidad ( $h^2$  alrededor de 25%) ocupan los primeros lugares; mientras que los últimos caracteres de la lista son más afectados por el medio ambiente ( $h^2$  alrededor de 5% o menos). Para mejorar los últimos caracteres de la lista se sugiere mejorar la calidad del manejo de las vacas (Castillo-Juárez, 2000).

En los catálogos de sementales se deben seleccionar toros por valores genéticos altos para producción de leche, grasa, proteína y conformación. Si el pedigrí incluye valores genéticos relacionados con la fertilidad de las hijas, también se debe tomar en cuenta esta información.

Para las becerras y vaquillas de reemplazo se recomienda considerar los siguientes aspectos:

1. Que la vaquilla haya nacido en un parto fácil con un peso intermedio para su raza. Por ejemplo, si es Holstein, entre 30 y 45 kg. Crias con mayor peso al nacimiento tienden a producir distocias, y éste es un carácter de mediano a altamente heredable.
2. Que tenga una buena tasa de crecimiento.

Para inseminar a las vaquillas se deberán seleccionar toros mejores que los padres de éstas, para que haya mejoras en las crías.

### **Propuesta de plan de mejoramiento genético**

Se considerará sólo el carácter producción de leche.

1. Para seleccionar a las madres de la siguiente generación se realizan los siguientes cálculos entre *grupos de contemporáneas* (los animales nacidos en el mismo hato, en el mismo año y en la misma época del año):

El promedio de producción del grupo de contemporáneas ( $X$ )

La desviación estándar de la producción del grupo de contemporáneas ( $SD$ )



Con la producción de cada vaca ( $X_i$ ) estimar a cada una:

$$P = (X_i - \bar{X}) / SD \quad \text{donde:}$$

P = puntaje de cada vaca a evaluar para ser madre de las vaquillas de reemplazo de la siguiente generación.

Del total de vacas más productivas, de preferencia probadas en sus dos primeras lactancias, en el porcentaje que corresponda se tomarán a las que obtengan mayores puntuaciones (P). En caso de empate o duda se tomará en cuenta que tengan buena ubre, cuerpo ancho y profundo, lomo fuerte y buenas patas y piernas. Las vacas elegidas se inseminarán con semen de toros de alto valor genético, que generalmente son los más caros. Toros jóvenes de menor precio (por confiabilidades más modestas) pero con buenas perspectivas de calidad, se utilizarán para vaquillas y vacas que aún deberán probarse, cuando menos en su primera lactación.

### Procedimiento para designar semental

En una población de ganado lechero se ha estimado que el 80% del avance genético en promedio se debe al semental, si éste es elegido correctamente.

Entre las formas de asignar los sementales a las vacas están las siguientes:

- 1. Aleatoria.** Se elige uno de los toros previamente seleccionados para mejorar los caracteres en el hato, y se insemina cualquiera de las vacas que entren en celo. La asignación aleatoria es una buena opción si se cuida que todos los toros estén lo menos emparentados posible con las vacas, y que todos sean de calidad superior. La asignación permite elegir pocos toros en cada generación y ser muy selectivos.
- 2. Dirigida a corregir algún problema vaca por vaca.** Por ejemplo, si la vaca es de tamaño pequeño o es muy joven se deberá seleccionar un toro de tamaño no muy grande y que haya tenido hijas con baja incidencia de distocias. Si existe algún problema de conformación, especialmente en ubres o patas, se debe elegir un toro excelente para esos caracteres (que esté al menos dentro del 20% superior, o el mejor que se pueda adquirir con el presupuesto con que se cuenta).
- 3. Para mejorar los descendientes de cada vaca se elige un toro específico.** Este caso requiere conocer el valor genético de cada vaca, o por lo menos de su padre, de manera que el semental con el que se insemine sea en promedio de mejor calidad que ella o que su padre; de lo contrario no se registrará avance genético. Este tema es tan complejo que incluso se han desarrollado programas de apoyo para la toma de decisiones acerca de cuál toro es preferible utilizar para cada vaca.

### Cálculo de los resultados esperados utilizando la ecuación de avance genético

$$\Delta G = (i \cdot h^2 \cdot \sigma_g) / L$$

$$\Delta G \text{ esperado en cría} = \Delta G \text{ esperado por padre} + \Delta G \text{ esperado por madre}$$

### Objetivo

Lograr que a nivel de establo el avance genético no sólo se deba a los sementales, sino también a la selección de las vacas, y a la estimación del progreso genético.

## Indicadores de desempeño

Incremento en la ganancia genética anual del establo.

## Información de apoyo

A. Muestra de intensidades de selección (ver Cuadro 60)

B. Ecuaciones para estimar la precisión de selección (Cuadro 61)

**CUADRO 61. PRECISIÓN ESPERADA EN LA SELECCIÓN UTILIZANDO REGISTROS DEL ANIMAL O REGISTROS DE PARIENTES.**

FUENTE DE INFORMACIÓN PARA ESTIMAR EL VALOR GENÉTICO	PRECISIÓN
Un registro del individuo	$\sqrt{h^2} = h$ ; raíz cuadrada de la heredabilidad
Promedio de $n$ registros de individuo	$\sqrt{n \cdot h^2 / (1 + (n-1) r^*)}$
Promedio de registros únicos de $m$ medio hermanos/as	$\sqrt{(\frac{1}{4} \cdot m \cdot h^2) / (4 + (m-1) h^2)}$

\* $r$  se refiere a la repetibilidad del carácter o a la correlación existente entre varios registros.

Ejemplo:

En un establo con 250 vacas existe la necesidad de vender una vaquilla, pero se desea conservar la mejor desde el punto de vista genético para producción de leche; la heredabilidad para producción de leche es de 0.25. La descripción de las vaquillas candidatas a ser vendidas son las siguientes:

Vaquilla A: no tiene información

Vaquilla B: tiene dos medias hermanas que producen en promedio 8000 kg/leche/vaca/año.

¿Qué vaquilla se debe vender?

$$\text{Vaquilla A} = \sqrt{h^2} = \sqrt{0.25} = 0.5$$

$$I = \beta_1 (x_1) = 0.5 (0) = 0$$

$$\text{Vaquilla B} = \sqrt{(\frac{1}{4} \cdot m \cdot h^2) / (4 + (m-1) h^2)}$$

$$= \sqrt{(0.25 \cdot 2 \cdot 0.25) / (4 + (2-1)0.25)} = \sqrt{(0.125)/(4.25)}$$

$$= \sqrt{0.0294} = 0.1714$$

$$I = \beta_1 (x_1) = (0.1714) (8000) = 1371.2$$

Se espera que la vaquilla B produzca 1371.2 kg más que el promedio. De acuerdo con el resultado de la fórmula se debe vender la vaquilla A.

## C. Conceptos teóricos

### 1. La variabilidad fenotípica

Cada animal tiene características visibles medibles, a las que se les conoce como "fenotipo". Por ejemplo, una vaca en lactación es de color café claro, pesa 600 kg, mide 1.5 m a la cruz y



está produciendo 23 kg de leche diariamente en promedio en el primer tercio de su lactación. Su ubre tiene muy buenos ligamentos y los aplomos de sus patas son buenos. Otra vaca de la misma edad y raza a la que se le están calificando los mismos caracteres es de color rojizo, pesa 550 kg, mide 1.4 m a la cruz y está produciendo 16 kg de leche en promedio en el primer tercio de su lactación. Su ubre tiene malos ligamentos y sus aplomos son excelentes. Para los mismos caracteres en ambos animales los fenotipos *varían* debido a que así lo dictan los genes de cada individuo (su genotipo) (Hartl y Clarck, 2006). Los genes de color de pelo dictan que la primera vaca sea parda, mientras que la vaca rojiza tiene algún gen o genes diferentes de los de la primera que hacen que su pelo tenga otro color.

Todas las características de los animales dependen del genotipo. Sin embargo, en algunos caracteres, la carga genética del animal no es suficiente para explicar el fenotipo (Hartl y Clarck, 2006). En el ejemplo anterior la primera vaca produce 23 kg diarios de leche en promedio, mientras que la segunda produce 16 kg; esto no se debe sólo a los genes, influye también la alimentación, el manejo, la sanidad, su número de lactaciones, el número de veces que se ordeña al día, el clima, si tiene sombra, suficiente agua, etc. También podría ser que la vaca con la ubre de malos ligamentos se haya lastimado seriamente alguna vez, lo cual le ocasionó una ubre defectuosa.

Entonces el fenotipo (P) es el resultado del genotipo (G) más el efecto del ambiente (E):

$$P = G + E$$

Si se mejoran las condiciones del ambiente de producción, lo más probable es que aumente la producción por *efecto* de esta variación del ambiente. La excepción sería si ya expresó al 100% su potencial genético independientemente del ambiente. También puede existir la interacción de genotipo por ambiente (G\*E), que puede presentarse cuando *dos o más* genotipos se evalúan en *dos o más* ambientes.

## 2. La curva normal

Es imposible predecir con exactitud cómo va a afectar a la vaca un cambio en algún factor relacionado con el ambiente. Por ejemplo, que le añadan a su dieta 2 kg diarios de concentrado; pero sí se podría predecir cómo le afectaría ese mismo incremento de 2 kg de concentrado a un hato de 50 vacas en ordeña.

Supongamos que para ese tipo de vacas los 2 kg de concentrado les permiten incrementar su producción en 5 kg por día. En la realidad encontraríamos que *la mayoría* de las vacas realmente aumentan su producción *alrededor* de esos 5 kg, unas pocas no aumentan nada, o peor aún, disminuyen un poco, mientras que también muy pocas incrementan su producción mucho más que 5 kg. Al graficar estas frecuencias resultaría una figura parecida a una campana (Figura 20). Entre mayor sea el número de vacas que se incluyan en el estudio, la forma de campana es más nítida. La forma de campana en la Figura 3 se llama "curva normal" o "curva Gaussiana", y puede ser ancha para caracteres de gran variabilidad, como por ejemplo producción de leche por lactación, o angosta para aquellos en que casi todas las vacas se parecen, como por ejemplo tiempo de preñez.

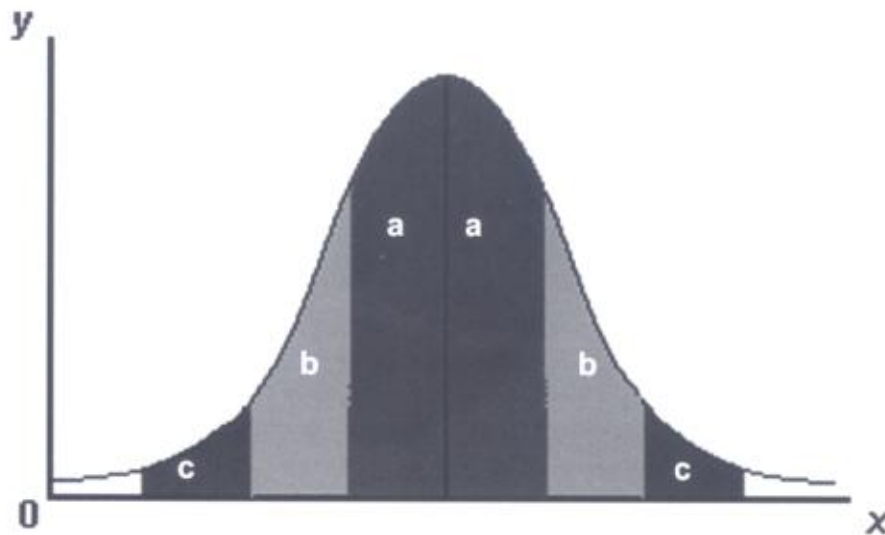


Figura 20. Curva normal o Gaussiana.

### 3. Los parámetros

La curva normal es una función matemática que se puede dibujar si se tienen dos parámetros o valores: la media, que es donde se encuentra el punto más alto de la curva; y la desviación estándar, que mide qué tan ancha es la curva en el punto de inflexión. En la Figura 20 la porción que corresponde a una desviación estándar a ambos lados de la media (la línea central) está en "a", dos desviaciones estándar están en "b", y tres desviaciones estándar, en "c".

El cuadrado de la desviación estándar se llama varianza.

### 4. Ecuación del fenotipo de un animal

Los caracteres cuantitativos se refieren a "cantidad" y se miden en kilogramos, litros, tiempo, etc. La fórmula del fenotipo ( $P = G + E$ ) se subdivide, porque  $G = VCG + BV$ , y la fórmula es la siguiente:

$$P = \mu + VCG + BV + E \quad \text{Donde:}$$

$P$  = fenotipo de un animal en particular

$\mu$  = media de la población de donde proviene ese animal

$VCG$  = "valor por combinación de genes" del animal, y NO se hereda

$BV$  = efecto independiente (no por combinación) de los genes, o valor genético del animal; es la parte heredable del genotipo

$E$  = efecto del ambiente que afecta a *toda la población* en donde se encuentra el individuo

El valor genético de un animal ( $BV$ , de "breeding value" en inglés) es lo que transmite a su descendencia. Sin embargo, sólo transmite la mitad de su  $BV$ , que se llama PTA (Production Transmitting Ability) porque cada descendiente va a recibir  $BV$  tanto de su madre como de su padre. Por lo tanto:

$$BV_{\text{hijo}} = (BV_{\text{padre}} + BV_{\text{madre}}) / 2.$$



## 5. Precisión, correlación entre el fenotipo y el genotipo de un animal, heredabilidad

Si se pudiese aislar la variabilidad entre los individuos de una población debida a los genes con efecto independiente (los BVs de la población), entonces se tendría la siguiente división:

Variabilidad de BV / Variabilidad total fenotípica

Que se mide como:

Varianza de BV/Varianza total fenotípica

Esta división da como resultado la heredabilidad ( $h^2$ ), la cual permite saber qué tan heredable es un carácter en la población. La  $h^2$  es una medida de la fuerza de la relación, o correlación, entre los **valores fenotípicos** (lo que se ve o se mide) y el **valor genético** (el valor de los genes) para un carácter en una *población* (Bevin y Johnson, 1998).

La heredabilidad se puede *estimar* estadísticamente si se cuenta con información suficiente y confiable (datos del control de producción y pedigrís).

Cuando se selecciona un animal sin la información de parientes se utiliza la heredabilidad como el factor que mide la precisión de la selección (Castillo-Juarez *et al.*, 2000). Si se utilizan los pedigrís o la información de las hijas, entonces cambian las ecuaciones que estiman la precisión. En el **apartado de Información adicional** (Cuadro 61) se presentan ejemplos de estas ecuaciones.

## 6. Intensidad de selección

La intensidad de selección proviene del porcentaje de los individuos que se elijen como padres de la siguiente generación. Se deben seleccionar los mejores individuos, aunque no siempre es evidente cuáles son los mejores (los que se encuentran en un extremo u otro de la curva normal, según el carácter).

La intensidad de selección puede ser mucho mayor para los machos que para las hembras, porque se necesitan pocos toros para inseminar a muchas vacas, y es posible evaluar muchas hijas de un mismo toro en una sola generación, proceso al que se le conoce como "evaluación de sementales". En términos del manejo reproductivo se le llama así a la evaluación de la *capacidad reproductiva del semental*, lo cual suele crear confusión.

Las evaluaciones de sementales se hacen analizando los registros de sus hijas, las cuales se van a comportar formando una curva normal. Esto significa que un toro genéticamente superior engendrará hijas que *en promedio* son mejores que *el promedio* de la población evaluada. Es decir, es posible que alguna hija de un toro superior tenga producción inferior a la de alguna hija de un toro de menor valor genético, pero será un caso raro.

## 7. Intervalo generacional

Es el tiempo que transcurre entre el nacimiento de una vaca y el momento en que es reemplazada por una descendiente suya (VanVleck *et al.*, 1987).

## 8. El avance genético

El objetivo del mejoramiento genético es que la media de un carácter "avance" hacia un valor



deseable. Por ejemplo, si el promedio de producción de una *población* es de 7000 kg de leche al año por vaca y aplicamos selección correctamente, en la siguiente generación podremos mover la media 3% y obtener 7210 kg de leche en promedio. Si nos referimos a una población de 2 millones de vacas, por ejemplo, esos 210 kg adicionales harían un total de 420 millones de kilogramos de leche extra en la siguiente generación.

## **IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO**

### **Implantación de un sistema de control de producción y manejo de información**

#### **Descripción de la actividad**

Presentación de los sistemas de control de producción disponibles en México, así como la interpretación y uso de los reportes que se generan.

#### **Principios básicos**

1. Para evaluar el comportamiento de los animales y el efecto de las prácticas de manejo, puede ser de gran utilidad la utilización de programas computacionales de control del hato.
2. Para poder utilizar los programas computacionales de control del hato es necesario identificar única e irrepetiblemente a cada uno de los animales.
3. Como parte de los programas de control del hato se incluye el "control de producción", que consiste básicamente en el acopio en forma periódica de datos de importancia económica, como por ejemplo, los registros productivos, reproductivos, de crecimiento y de salud.
4. La mayoría de las compañías que venden programas de control del hato también ofrecen asesoría en el uso del programa y asesoría en el manejo del rancho en general.
5. La información que arroja el control de producción también sirve de base para elaborar un programa de mejoramiento genético, así como para evaluar el comportamiento de los animales en el tiempo.
6. En México existen varios programas comerciales disponibles para control de hatos. Entre ellos están Dairyplan C21 (desarrollado/comercializado por Westfalia Surge), Afimilk (por SAE Afikim), Lactofox (Agroplus), PC Dart (Lancaster DHIA), Vaquitec (Agritec), y los del grupo de DairyOne: DairyComp305 y Scout, todos desarrollados/comercializados por Valley Agricultural System.
7. La empresa Holstein de México tiene el único control de producción cooperativo del país. Esta empresa lleva los registros de muchos establos, lo cual le permite realizar evaluaciones genéticas precisas. Para contar con este servicio, el establo debe pertenecer a la Asociación Holstein y pagar una módica cuota por vaca, pues en forma periódica –generalmente cada mes– un técnico acude al rancho a tomar los registros de las vacas, con lo cual los errores en la captura de datos disminuye. Con la información generan una gran cantidad de reportes, entre ellos de calidad de leche, que se utilizan para monitorear el avance genético y el manejo general del establo. Hay que mencionar que en el programa de Holstein de México se pueden incluir animales de cualquier raza ([www.holstein.com.mx](http://www.holstein.com.mx)).



8. En otros países se ha comprobado que en los establos donde las vacas se encuentran bajo control de producción se produce más leche en promedio que en los establos en donde no se utiliza este servicio, en condiciones de manejo similares.

### **Método/Guía de aplicación**

Los programas computacionales para control de hatos se pueden obtener vía internet en las siguientes direcciones:

**Dairyplan C21:** [www.westfalia.com](http://www.westfalia.com) o [http://www.westfalia.com/mx/es/products\\_services/proformance\\_equipment/products/parlour\\_herd\\_management/default.aspx](http://www.westfalia.com/mx/es/products_services/proformance_equipment/products/parlour_herd_management/default.aspx) en español.

**Afimilk:** [www.afimilk.com](http://www.afimilk.com). Desde el sitio en inglés se puede contactar a personas que hablan español.

**PC Dart:** <http://www.lancasterdhia.com/pcdart.html>. Desde el sitio en inglés se puede contactar a personas que hablan español.

**Dairy One:** [www.dairyone.com](http://www.dairyone.com). Si se solicita el CD con el demo, seguramente pedirán información sobre su explotación las características sobresalientes del producto, dar precios, ofrecer servicios, etc. Si el teléfono de donde proviene la llamada es de un país de habla hispana, la información será proporcionada en ese idioma. Cuentan además con software adecuado para técnicos.

**Vaquitec:** <http://www.agritecsoft.com/Sp/Vaquitec>. El sitio principal está en español. Ofrecen un demo gratis para conocer las características del programa.

**Lactofox:** <http://www.agroplus.com.mx/index2.html>, en español únicamente.

**Control de producción cooperativo de Holstein:** <http://www.holstein.com.mx>. Actualmente la asociación ofrece recibir información de cualquier establo y gratuitamente entregar los reportes productivos y reproductivos de los animales. Con esta acción se formará un banco central de información del ganado productor de leche en México.

### **Objetivo**

Un rancho que tenga control de producción. Que cuente con la información necesaria para un mejor manejo y sea susceptible de participar en evaluaciones genéticas.

### **Predicción de valores genéticos de los animales en el establo: índice de selección y evaluaciones genéticas**

#### **Descripción de la actividad**

Se presentan los principios relacionados con la estimación de índices de selección aplicables a la producción de leche para seleccionar hembras sin necesidad de contar con un control de producción.

#### **Principios básicos**

El índice de selección es un valor que permite ordenar a los animales de acuerdo a su comportamiento productivo, y se calcula dando a cada característica de producción de leche un "peso determinado" (Yáñez, 2005).

Un índice permite identificar a los animales que responden mejor a los objetivos de selección definidos para el hato lechero. Los índices permiten a los productores evaluar críticamente las características de mayor interés, y también los ayuda a formular un plan específico para maximizar la producción dentro del hato (Cameron, 1997).

Existe una gran diversidad de índices, pero el más fácil de calcular es para una sola característica. Para ello se requiere la información del animal y el promedio del hato. Este índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = \mu_0 + b_1 (X_1 - \mu_0) \quad \text{Donde:}$$

$I$  = índice de selección

$\mu_0$  = promedio del hato

$b_1$  = coeficientes de ponderación

$X_1$  = registros productivos de los animales

Dependiendo de la relación entre los individuos se construye  $b_1$ .

Cuando se tiene un registro por individuo,  $b_1$  es igual a la heredabilidad del carácter ( $h^2$ ):

$$I = \mu_0 + h^2 (X_1 - \mu_0)$$

Cuando hay más de un registro:

$$b_1 = n h^2 [1 + (n-1) r] \quad \text{Donde:}$$

$n$  = número de registros de la vaca

$r$  = repetibilidad del carácter

Si se tiene información de la madre y de la hija,  $b_1$  sería  $h^2/2$

Con este índice no es necesario contar con un sistema de control de producción; sin embargo, se debe contar con los registros de producción de las vacas en el hato (Hazel *et al.*, 1994). El índice construido de esta manera se puede utilizar para cualquier característica en la vaca, fácil de medir; por ejemplo, producción total de leche, días en lactación, intervalo entre partos, entre otras.

Este mismo principio se puede aplicar cuando la misma vaca tiene registros de la primera, segunda, tercera o más lactancias.

### **Método/Guía de aplicación**

Se pretende que el valor fenotípico de los animales sea un buen indicador de su genotipo aditivo para esa característica. Lo que se pretende es asegurar una respuesta óptima a la selección.

Que el mejoramiento genético produzca el mayor impacto económico en el negocio ganadero. Cuando se trata de índices de selección, la importancia económica no se refiere al valor en el mercado (Yáñez, 2005). Lo que se necesita son registros de producción de cada una de las vacas. Cuando se tiene más de una vaca los registros se suman, y el resultado se divide



entre el número total de animales. El resultado es el promedio del hato y se obtienen los dos valores para construir el índice.

Es importante que se definan en forma integral los objetivos de producción en las explotaciones lecheras rápues estos determinarán el genotipo a utilizar, el esquema de alimentación, los programas reproductivo y sanitario, y en general el manejo, que por otra parte debe ser congruente con las condiciones ambientales y socioeconómicas del entorno (Yáñez, 2005).

### Ejercicio

En el Cuadro 62 se presenta la producción de leche de 10 vacas. Calcular el índice de selección para cada una de ellas suponiendo una heredabilidad de 0.25 para producción de leche.

**CUADRO 62. PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA A 305 DÍAS (KG).**

VACA	PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA A 305 DÍAS
1	7390
2	6899
3	7217
4	5230
5	8233
6	5899
7	6355
8	8530
9	5987
10	6302
Suma	68042
Promedio	6804.2

El índice para la vaca 1 sería:

$$I = \mu_0 + b_1(X_1 - \mu_0) = 6804.2 + 0.25(7390 - 6804.2)$$

$$= 6804.2 + 146.45 = 6950.65$$

Y así sucesivamente se calcula el índice de selección para cada uno de los animales (Cuadro 63).

1. ¿Qué vacas seleccionaría como mejores productoras y por qué?

Respuesta: las vacas 8 y 5, por ser las que tienen los mayores índices.

### Objetivo

Los índices resultantes al aplicar la fórmula para cada una de las vacas se ordenan de mayor a menor. El valor más alto corresponde a la vaca de mejor comportamiento y el menor a la de un comportamiento pobre. Este ordenamiento dará un criterio para retención (mayor índice de selección) y eliminación de vacas (menor índice de selección).

**CUADRO 63. ÍNDICE DE SELECCIÓN DE ACUERDO A PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA A 305 DÍAS (KG).**

VACA	PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA A 305 DÍAS	ÍNDICE DE SELECCIÓN	POSICIÓN
1	7390	6950.65	3
2	6899	6827.90	5
3	7217	6907.40	4
4	5230	6410.65	10
5	8233	7161.40	2
6	5899	6577.90	9
7	6355	6691.90	6
8	8530	7235.65	1
9	5987	6599.99	8
10	6302	6678.65	6
Suma	68042		
Promedio	6804.2		

### Indicadores de desempeño

Es muy probable que las vacas con altos índices de selección tengan un buen potencial genético. Si este proceso se hace en forma sistemática, lactación tras lactación, se tendrá cierto grado de certeza de que el potencial genético de las vacas que permanecen en el hato va mejorando de generación en generación.

El índice de selección es una herramienta útil en hatos pequeños, pero es conveniente que éstos se integren a un sistema de control de producción donde se puedan sistematizar los procesos de selección para obtener mejores resultados.

### Información de apoyo

El índice de selección se utiliza para hacer selección de manera simultánea para varias características, donde se toma en consideración, además de los aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas (Yáñez, 2005).

La selección se aplica asumiendo un manejo óptimo de la alimentación, del control reproductivo, la sanidad, etc., con el propósito de asegurar que las respuestas sean el resultado únicamente del programa de selección (Yáñez, 2005).

**Evaluación de sementales.** En Estados Unidos la evaluación genética de los toros de razas lecheras comenzó en 1935. En 1974 el índice de Comparación Contemporánea Modificada (MCC, por sus siglas en inglés) fue implementado como un método de evaluación de animales. Desde julio de 1989 las habilidades de transmisión predichas de vacas y toros han sido calculadas utilizando un procedimiento estadístico llamado "Modelo Animal" (Dunklee et al., 2002).

**Rasgos evaluados.** Los rasgos de producción que se evalúan en Estados Unidos son cinco: 1) producción de leche, 2) producción de grasa, 3) producción de proteína, 4) porcentaje de grasa y 5) porcentaje de proteína.



También se evalúan los rasgos de conformación, principalmente ubre, patas y pezuñas, forma corporal y capacidad de producción de leche. La evaluación genética para vida productiva de los toros (vida esperada de las hijas en el hato) y el conteo de células somáticas (una medida de resistencia a infecciones de mastitis) han estado disponibles en Estados Unidos desde enero de 1994 (Dunklee *et al.*, 2002).

**Habilidad de Transmisión Predicha.** La Habilidad de Transmisión Predicha (HTP) es el valor genético promedio para ciertos rasgos que un animal transmite a su descendencia. Este valor puede calcularse con cierto grado de confianza (llamado confiabilidad) a partir de tres fuentes de información:

El mérito genético de los progenitores

1. El desempeño del animal (cuando se aplique)
2. El desempeño de la descendencia (prueba de progenie)

El valor de HTP de un toro es la mejor estimación de su mérito genético. El valor genético y desempeño de una hija en particular aún contiene un componente impredecible, debido a que cada hija recibe un grupo diferente de genes de un toro.

El azar determina el mérito genético real de la descendencia en el momento de la fertilización del óvulo, o sea que éste no se puede predecir en el momento del apareamiento. Cuando dos animales de alto mérito genético se aparean, el valor genético de la descendencia no necesariamente será alto.

**Base genética.** La base genética es el punto de referencia utilizado para expresar la habilidad de transmisión predicha de un animal. Todos los valores de HTP son expresados como una desviación de la base genética, y ésta se define estableciendo la habilidad de transmisión predicha promedio en cero para un grupo de animales. Por ejemplo, en Estados Unidos hasta 1994 la HTP para producción de leche se estableció en cero para todas las vacas nacidas en 1985 y que se encontraran aún en lactación en 1990. Para cada rasgo y raza de ganado existe una base diferente ([www.holstein.com.mx](http://www.holstein.com.mx)).

**Confiabilidad.** La confiabilidad es el grado de confianza que debe darse a una estimación de HTP y refleja la cantidad de información en la evaluación de HTP. La confiabilidad depende de los siguientes factores:

- De la HTP de los padres y otros parientes
- Del número de hijas (registros) incluidas en la evaluación
- Del número de hatos en los que se encuentran las hijas (Bevin y Johnson, 1998).

Toma aproximadamente 30 hijas en 30 hatos diferentes para obtener una HTP del toro para evaluación de leche con una confiabilidad de 70%. Cien hijas en 100 hatos diferentes incrementan la confiabilidad del HTP a 88% aproximadamente. Cuanto se dispone de mayor cantidad de información la confiabilidad es mayor y disminuyen las oportunidades de que la HTP futura sea diferente de la HTP actual. Una HTP con una confiabilidad del 70% es probable que cambie en el futuro. La dirección del cambio es desconocida; a medida de que se dispone de mayor cantidad de información, el valor de la HTP puede subir o bajar, o permanecer sin cambios. Por lo tanto, el uso de un toro con poca confiabilidad involucra un riesgo mayor, pero al mismo tiempo una oportunidad mayor que la de un toro con una HTP altamente confiable (más del 90%) que no se espera que registre cambios significativos.



## **Elección del material genético externo disponible para el programa de mejoramiento genético (interpretación de catálogo de sementales y su impacto)**

### **Descripción de la actividad**

Se presenta información referente a los catálogos de sementales y su aplicación en el proceso de selección y los resultados cuando ha sido utilizada de manera sistemática.

### **Principios básicos**

Los catálogos de sementales son publicados por las compañías de inseminación artificial para ofrecer información actualizada de las evaluaciones de los toros a partir de los registros productivos de sus hijas (pruebas de progenie). A pesar de que los formatos de los catálogos varían entre asociaciones, éstos utilizan los procedimientos de Mejores Predicciones Lineales No Sesgadas (BLUP, por sus siglas en inglés). A los valores que resultan de estas evaluaciones se les conoce como Habilidades de Transmisión Predicha (HTP), que son los mejores estimadores del valor genético del animal para cada característica incluida en el análisis. En cierto sentido los resúmenes de toros son como un catálogo de "partes", donde el productor con un objetivo determinado puede encontrar al semental o línea de sementales con las "partes" genéticas necesarias para su unidad de producción.

La estimación de las HTP representa una herramienta para la comparación genética del ganado que puede ser utilizada por los productores de pies de cría o por ganaderos comerciales (Boggs, 2009). La Habilidad de Transmisión Predicha es una expresión del mérito genético del ganado para las características de interés productivo y tiene dos componentes: el valor directo y la confianza o certeza. Esta última va de 0.0 a 1.0; un valor cercano a 1.0 indica una alta confiabilidad.

El mejoramiento genético se debe basar en la utilización de la información disponible (evaluaciones), generada preferentemente en el país en donde se está utilizando al semental "mejorador" (Abubakar *et al.*, 1987).

La selección de un grupo de sementales con base en su mérito genético es la decisión más importante para el avance genético (Powell y Hubbard, 1993). El uso de inseminación artificial ha permitido incrementar considerablemente la velocidad del mejoramiento genético. El hecho de que un semental pueda tener miles de hijas permite predecir mejor su potencial genético, y una vez identificado su potencial, si este es sobresaliente, le permite a su vez tener miles de hijas más y propagar así su superioridad. Sin embargo, un aspecto a tomar en cuenta es que si la predicción del valor genético de un semental es "falsa" por errores en su estimación, estos errores se magnificarán cuando el semental se usa en forma extensiva (Ruiz, 2004).

### **Método/Guía de aplicación**

En la Figura 21 se muestra como ejemplo una hoja del catálogo de sementales publicado por la Asociación Holstein de México con los mejores valores de HTP para producción de leche. Contiene la siguiente información: número de registro del toro, nombre del toro, genealogía (padre y madre), propietario, número de hatos donde se midió la producción de leche, número de hijas evaluadas y los valores y confiabilidad de HTP para producción de leche en kilogramos, porcentaje y kilogramos de grasa y proteína, y conformación lechera. También contiene los promedios de producción y conformación de las hijas evaluadas, el percentil donde se ubica el toro y su año de nacimiento.





leche, proteína y grasa (total y porcentajes), confiabilidad, tipo y facilidad al parto, el padre y la madre del semental, e ingresos por mérito en queso (CMS):

([http://abs-bs.absglobal.com/dairy/holstein\\_ss.asp](http://abs-bs.absglobal.com/dairy/holstein_ss.asp)),

(<http://www.selectsires.com/bulls/lookup.aspx?breed=Holsteins&language=spanish>),

(<http://www.altagenetics.com/Dairy/DairyS-AllList.asp?Breed=HO&Language=S>)

## Objetivo

Cuando se utilizan sementales superiores de acuerdo a la información de catálogo se debe llevar un registro de las vacas inseminadas y evaluar el comportamiento productivo de las hijas. Es muy importante verificar si bajo las condiciones del hato las hijas están dando la producción esperada. Si el resultado es satisfactorio se continúa con el proceso de selección; de lo contrario, se deben revisar los criterios de selección de sementales.

## Indicadores de desempeño

El uso de toros superiores en el hato seleccionados por catálogo asegura un progreso que se mide a través del tiempo, al que se denomina tendencia genética. En la Figura 5 se muestra el progreso tanto fenotípico como genético de la población Holstein de Estados Unidos. Se puede apreciar que en 1958 tenían una producción total de leche de aproximadamente 12,000 libras y para 1994 la producción se incrementó a más de 23,000 libras. Este progreso se debe, en parte, al mejoramiento genético logrado por la utilización de inseminación artificial de toros superiores evaluados bajo el esquema de prueba de progenie. Se espera que con el paso del tiempo la tendencia genética del estable sea positiva, o si ya lo es, se espera un mayor incremento anual debido a la genética.

## Información de apoyo

### Qué toro (catálogo de sementales de la asociación holstein de México)

De manera general los listados que se encuentran en el ¿Qué Toro? constan de las siguientes partes:

**Encabezado:** Se encuentra en la parte superior de los listados y para cada semental se utilizan dos líneas.

		LECHE		HTP				PROMEDIO DE HIJAS																	
REGISTRO	NOMBRE	PROPIETARIO	HATOS	HJAS	LECHE	CONF. LECHE	CONF. COMTES	GRASA %	PROTEINA %	GRASA KG	PROTEINA KG	LECHE KG	GRASAS	PROTEINA %	GRASA KG	PROTEINA KG	CONF. HIJAS	PERCENTIL	AÑO DE NAC.						
		CONFORMACIÓN																							
ADRE	MADRE	EH	MB	MAB	BUE	REG	POB	HATOS	HJAS	CONF.	ESTATURA	PROFUM DE CUERPO	ANCHURA DE Pecho	PUNTA DEL ANCA	ANCHURA DEL ANCA	ANGULO DE PEZUÑAS	APLUMOS	CALDIO DE MISO	INSECCION ANTERIOR	POSICION DE TETAS	ALTURA DE INSECCION	LUMENENTO MEDIO	PROFUM DE UMBRE	CARACTER LECHERO	PUNTOS FINALES

A continuación se explica el contenido de cada uno de los campos.



REGISTRO	NOMBRE	PROPIETARIO

En estos espacios está el número de registro, el nombre del semental y el propietario del mismo, lo que le permitirá establecer contacto con la persona o empresa que maneja a ese semental.

LECHE	
HATOS	HIJAS

Estos espacios son para el número de hijas del semental y en cuántos hatos se localizan. Esta información es la que se tomó en cuenta para la evaluación de producción (leche, grasa y proteína). Mientras más hijas tenga un semental, será mayor la confiabilidad de su evaluación y será más probable que sus hijas presenten la característica mejorada.

HTP						
LECHE	CONF. LECHE	CONF. COMTES	GRASA %	PROTEINA %	GRASA KG	PROTEINA KG
CONFORM						

En estos campos se coloca la información de la evaluación genética para producción de leche. HTP significa Habilidad de Transmisión Predicha y expresa los kilogramos extras (o cambios en el porcentaje de un componente) que deberán producir **en promedio** las hijas de ese semental.

Si el hatos se encuentra por arriba del promedio de la población, se deberá poner especial cuidado en seleccionar aquellos animales realmente superiores para las características elegidas.

Se deben buscar toros positivos según la(s) característica(s) que se desee(n) mejorar en la siguiente generación, recordando que entre más características se elijan se hará un mayor sacrificio de la superioridad del semental, ya que es imposible encontrar un semental que sea el mejor para todas y cada una de las características de interés.

PROMEDIO DE HIJAS				
LECHE KG	GRASA %	PROTEINA %	GRASA KG	PROTEINA KG

En estos espacios se colocan los promedios de producción de las hijas del toro que participaron en la evaluación genética. Esta información da una idea de qué esperar de las hijas de este semental en el establo, ya que son los resultados obtenidos en México.

DIF. HIJAS
------------

La diferencia de hijas se refiere a la producción de leche de las hijas en comparación con sus contemporáneas. Es decir, se registra cuántos kilogramos por arriba o por abajo se encuentran las hijas del semental en comparación con las demás vacas que produjeron leche bajo las mismas condiciones (de alimentación, clima, edad, etc.).

AÑO DE NAC.
-------------

Aquí se coloca el año de nacimiento del semental.

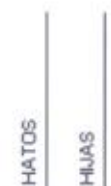


En estos espacios se colocan los números de registro del padre y de la madre del semental, y son útiles para prevenir la consanguinidad producto de aparear a una vaca con su padre. Para un cálculo mas preciso de la consanguinidad se realiza un análisis en el que se incluya cuando menos tres generaciones (animal, abuelos y

bisabuelos) tanto del semental como de la vaca que se quiere inseminar, lo que se puede lograr a través del correcto uso de los registros genealógicos incluidos en la información del Registro de la Asociación Holstein.

EX	MB	MAB	BUE	REG	POB
----	----	-----	-----	-----	-----

Aquí aparece el número de hijas clasificadas por su conformación. Con esta información es posible saber si el toro es bueno en tipo. A diferencia de la evaluación genética, si una vaca es recalificada y alcanza una mejor clase se incluirá en este listado. Con el fin de no sesgar los cálculos, en las evaluaciones sólo se utiliza la primera calificación de cada vaca.



En estos espacios se coloca el número de hijas del semental y en cuántos hatos se encuentran. Esta es la información que se tomó en cuenta para la evaluación de conformación. Como en el caso de las características de producción, mientras más hijas tengan un semental, mayor será la confiabilidad de su prueba.

CONFORMACIÓN															
CONFORMACIÓN	ESTATURA	PROFUN. DE CUERPO	ANCHURA DE PECHO	PUNTA DEL ANCA	ANCHURA DEL ANCA	ÁNGULO DE PEZUÑAS	APLOMOS	CALIDAD DE HUESO	INSERCIÓN ANTERIOR	POSICIÓN DE TETAS	ALTURA DE INSERCIÓN	LIGAMENTO MEDIO	PROFUNDIDAD DE UBRE	CARÁCTER LECHERO	PUNTOS FINALES

Aquí se coloca la información de la evaluación de conformación, empezando por la confiabilidad para puntos finales. Estos datos están expresados como Habilidad de Transmisión Estandarizada (HTE). En esta parte se puede seleccionar al semental de acuerdo con la característica de interés. Por ejemplo, si se tiene interés por mejorar el ligamento medio de las vacas, en el área de ligamento medio se buscan toros positivos para esa característica, o para cualquier otra, con excepción de las características donde la calificación óptima no es el 9 (punta del anca, aplomos, posición de tetas y profundidad de ubre) donde lo que deberá buscar son sementales con valores cercanos a cero u opuestos al promedio de las HTE's de las vacas.

En las siguientes direcciones se puede encontrar información de los sementales con semen disponible para venta, ya sea de las compañías de inseminación artificial o de los sitios que presentan las evaluaciones oficiales de cada país.



[www.holstein.com.mx](http://www.holstein.com.mx)

<http://www.aaa123456.com/aAa-Overview.cfm>

<http://www.ciapaembriogen.com/>

[www.absmexico.com.mx](http://www.absmexico.com.mx)

[www.semex.com](http://www.semex.com)

<http://www.conafe.com/evaluacion/index.htm>

[http://www.cdn.ca/files\\_ge\\_articles.php](http://www.cdn.ca/files_ge_articles.php)

<http://www.aipl.arsusda.gov/>

## **Interpretación y utilización de información adicional en los programas de mejoramiento genético**

### **Descripción de la actividad**

Se presentan avances en biotecnología a nivel internacional que son aplicables al mejoramiento genético para la producción de leche. Esta tecnología puede llegar a México por la compra de semen de toros de otros países donde se realiza este tipo de evaluaciones.

### **Principios básicos**

En las últimas cinco décadas la integración de los sistemas de análisis bioinformáticos, tecnologías reproductivas y moleculares han acelerado el procedimiento de mejoramiento genético animal, facilitando la selección de animales con alto valor genético para características de importancia económica. El reciente desarrollo en las tecnologías del ADN ha hecho posible la identificación de un gran número de polimorfismos genéticos y ha permitido utilizarlos como marcadores que permiten, a nivel molecular, evaluar la diversidad fenotípica en las poblaciones. Los marcadores moleculares poseen propiedades únicas con ventajas metodológicas sobre otros marcadores (ej. proteínas) para aplicarlos en el mejoramiento genético de ganado.

A pesar de que en México el uso de la biotecnología en el mejoramiento genético es incipiente, se pueden utilizar los resultados de otros países al importar semen de toros que cuenten con estas evaluaciones y de esta manera mejorar en forma acelerada algunas características de interés económico, como la producción de proteína y grasa en la leche.

### **Método/Guía de aplicación**

Los principios de la Selección Asistida por Marcadores (SAM) son aplicados por la mayoría de las grandes empresas mejoradoras de ganado del mundo. Se trata de identificar previamente en el genoma marcadores, fragmentos del ADN, que se expresan bajo varias formas y que se pueden encontrar siempre en el mismo sitio de generación en generación. Varios cientos de marcadores son ya conocidos y utilizables.

La SAM consiste en combinar la información aportada por los marcadores genéticos en toros jóvenes con la información de sus ascendientes, para elegir aquellos que deberán ponerse a prueba (prueba de progenie), mejorando la precisión de la elección (Giovambattista *et al.*, 1999). Es particularmente eficaz para los caracteres de escasa heredabilidad, como fertilidad y resistencia a enfermedades, cuando los QTL marcados tienen un efecto importante (de 0.5

a 1.0 de desviación típica genética en el caso del programa francés), o cuando los caracteres se expresan en un solo sexo o tardíamente en la vida del animal (selección lechera), o cuando los caracteres son difíciles de medir (resistencia a las enfermedades y comportamiento).

Desde fines de 2000 en Francia existe un programa de SAM establecido por el INRA, la UNCEIA y la LABOGENA para las razas lecheras Holstein, Normanda y Montbeliarde que se basa en 12 regiones cromosómicas que comprenden nueve caracteres: cantidad de leche, de proteína, materia grasa, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, fertilidad, resistencia a mastitis, velocidad de ordeño y conformación de la ubre.

En la actualidad se dispone de la tecnología para incorporar información para vida productiva, fertilidad y calificación para células somáticas. Con ello se pretende mejorar la selección para características como sanidad y condición física usando marcadores moleculares. También se prevé la utilización de otros marcadores para ser utilizados al seleccionar toros para color de la capa, enfermedad de las vacas locas (CVM), BLAD, deficiencia de la uridin monofostato sintetiza (DUMPS), Kapa caseína, beta caseína y beta lactoglobulina ([http://www.selectsires.com/dairy/igenity\\_inside\\_track.aspx](http://www.selectsires.com/dairy/igenity_inside_track.aspx)).

En abril del 2008 entró al mercado la tecnología sobre la predicción genómica del mérito genético, que se basa en el ADN del animal puesto en un chip que da el resultado de más de 50,000 marcadores genéticos, de los cuales 40,000 aproximadamente son de la raza Holstein. La información de biotecnología disponible aún es insuficiente, por lo que se requiere un mayor número de investigaciones para que la predicción genómica sustituya a las evaluaciones que se utilizan en la actualidad (<http://aipl.arsusda.gov/reference/genomic%20prediction.html>).

### **Objetivo**

En los esquemas de selección la biotecnología puede acelerar el proceso de mejoramiento genético, ya que la inclusión de animales que tengan los alelos de los genes benéficos incrementará la frecuencia de estos alelos esperando una mejora en la característica deseada.

### **Información de apoyo**

1. Si el objetivo del hato es la producción de leche para elaborar quesos y tuviera la oportunidad de comprar semen con marcadores para calidad de leche, ¿qué características debe elegir para seleccionar los toros de los catálogos?

Respuesta: Toros que tengan marcadores genéticos para proteínas de la leche.



## LITERATURA CITADA

- Abubakar BY, McDowell RE, VanVleck LD. 1987. Interaction of genotype and environment for breeding efficiency and milk production of Holstein in Mexico and Colombia. *Trop Agric.* 64:17-22.
- American Guernsey Association. En <http://www.usguernsey.com/>
- Ayshire Breeder's Association En <http://www.usayrshire.com/>
- Bascom SS y Young AJ. 1998. A summary of the reasons why farmers cull cows. *J. Dairy Sci.* 81:2299-2305.
- Bevin H y Johnson D. 1998. Approximate reliability of genetic evaluations under an animal model. *J Dairy Sci.* 81:2723-2728.
- Boggs D. 2009. Understanding and using sire summaries. South Dakota State University. <http://sfbfp.ifas.ufl.edu/under.html>
- Cameron N. 1997. Selection indices and prediction of genetic merit in animal breeding. CAB International. Wallingford. Oxon, UK.
- Castillo-Juarez H, Oltenacu PA, Blake RW, Mcculloch CE, Cienfuegos-Rivas EG. 2000. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate, and somatic cell score in Holstein cattle. *J Dairy Sci.* 83: 807-814
- Dunklee K, Hurtgen P, Jones J. 2002. Build your knowledge of sire summaries. Holstein Foundation. Brattleborough, VE. USA [www.holsteinfoundation.org/pdf/f2017\\_02.pdf](http://www.holsteinfoundation.org/pdf/f2017_02.pdf)
- Falconer DS y Mackey TFC. 1996. Introduction to quantitative genetics. Pearson Education Limited. ed. Edinburgh Gate Harlow England, 4<sup>th</sup>.
- Giovambattista G, Ripoli MV, Peral-García P, De Luea JC, Dulout FN. 1999. Estado actual del mapeo de QTLS para producción lechera.
- Hartl DL y Clarck AG. 2006. Principles of population genetics. Sinauer Associates, Inc, 4<sup>th</sup> ed.
- Hazel L. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics.* 28:476-490.
- Hazel L, Dickerson G, Freeman A. 1994. The selection index - then, now and for the future, *J Dairy Sci.* 77(10):3236-3251.
- Holstein Association USA. Sire summaries online. 2009. <http://www.holsteinusa.com/services?action=siresumentry>
- Lopez-Villalobos N, Garrick DJ, Holmes CW, Blair HT, Spelman RD. 2000a. Profitabilities of some matings systems for dairy herds in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 83:144-153.

- Lopez-Villalobos N, Garrick DJ, Holmes CW, Blair HT, Spelman RD. 2000b. Effects of selection and crossbreeding strategies on industry profit in the New Zealand dairy industry. *J Dairy Sci.* 83:164-172.
- Madalena FE. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Arch Latinoam Prod Anim.* 9(2): 108-117.
- McAllister AJ. 2002. Is crossbreeding the answer to questions of dairy breed utilization? *J Dairy Sci.* 85:2352-2357.
- Oklahoma State University. 1995-2002. Breeds of livestock. <http://www.ansi.okstate.edu/breeds/cattle/>
- Powell RL, Hubbard MS. 1993. Evaluación internacional de los sementales Holstein. Memorias 9ª Conferencia Internacional Sobre Ganado Lechero, México, D.F.
- Ruiz LFJ. 2004. La genética como un elemento fundamental de la producción de leche. XX Conferencia Internacional de Ganado Lechero, Guadalajara, Jal., México.
- SelectSires En [http://www.selectsires.com/dairy/igenity\\_inside\\_track.aspx](http://www.selectsires.com/dairy/igenity_inside_track.aspx)
- SIAP, SAGARPA. En <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- The Holstein Association USA <http://www.holsteinusa.com>
- The American Jersey Cattle Association. <http://www.usjersey.com>
- Tozer PR, Heinrichs AJ. 2001. What affects the costs of raising replacement dairy heifers: A multiple component analysis. *J Dairy Sci.* 84: 1836-1844.
- VanRaden PM, Sanders AH. 2003. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. *J Dairy Sci.* 86:1036-1044.
- VanVleck LD, Pollak EA, Oltenacu BWH. 1987. Genetics for the animal sciences. Ed. Freeman, New York, USA.
- Wattiaux MA, Homan EJT, Moreno MC. 1995. Nutrición y alimentación. Serie: Guía técnica lechera 2ª. ed. Universidad de Wisconsin. Madison, WI, USA.
- Weigel K. 2006. Crossbreeding: a dirty world or an opportunity. University of Wisconsin. Department of Dairy Sciences. Madison, WI, USA.
- Yáñez CLF. 2005. Índices de selección. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago [lyanz@cantv.net](mailto:lyanz@cantv.net)

### **Lecturas Recomendadas**

Revistas: "Entorno Ganadero", "Ganadería Intensiva" y "Hoard's Dairyman en español".  
 Congresos para productores, tales como: ENGALEC, CIGAL, Cumbre Mundial de la Leche.  
 Revistas Hoard's Dairyman en inglés, Journal of Dairy Science y Journal of Animal Science.



# PROCESO DE SALUD ANIMAL



M.C. Enrique Herrera López<sup>1</sup>  
Dr. Francisco Aguilar Romero<sup>1</sup>  
M.C. Dionicio Córdova López<sup>1</sup>  
Dr. Efrén Díaz Aparicio<sup>1</sup>  
Dr. Ruben Hernández Ortiz<sup>2</sup>  
Dr. Jesús Antonio Álvarez Martínez<sup>2</sup>  
Dr. Antonio Cantú Covarrubias<sup>3</sup>  
M.C. Marco Antonio Santillán Flores<sup>1</sup>  
M.C. David Herrera Rodríguez<sup>4</sup>  
M.C. Víctor Manuel Banda Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CENID Microbiología-INIFAP.

<sup>2</sup> CENID PAVET-INIFAP.

<sup>3</sup> Sitio Experimental Aldama. CIR Noreste-INIFAP.

<sup>4</sup> Asesor Privado.



## PROCESO DE SALUD ANIMAL

### INTRODUCCIÓN

De manera general la enfermedad se define como "Alteración de la salud que suprime la sensación de bienestar y aminora las capacidades para realizar las actividades normales".

La historia natural o evolución de una enfermedad es el curso de acontecimientos que suceden en el organismo entre la acción secuencial de las causas componentes (etiología) hasta que se desarrolla la enfermedad y llega el desenlace, que puede ser curación, cronicidad, complicación o muerte (Nelson y Master, 2007), sin intervención médica, contrario del curso clínico, que describe la evolución de la enfermedad bajo atención médica.

Gracias al conocimiento de la historia natural de una enfermedad es posible conocer la causa o etiología, los medios de prevención, diagnóstico, tratamiento y pronóstico.

Según el curso que presentan las enfermedades, éstas son agudas, crónicas, periódicas o intermitentes. Por el modo de propagarse, son contagiosas, endémicas, epidémicas o pandémicas. 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 el lugar, ésta evoluciona hacia etapas de curación, cronicidad, complicación o muerte. Las etapas por las que atraviesa la enfermedad son las siguientes:

**Etapla prepatogénica.** Es anterior a las primeras manifestaciones subclínicas. Los factores desencadenantes aún no han presentado cambios relacionados con la enfermedad

**Etapla 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 por la necropsia cuando la muerte ocurre por otras causas.

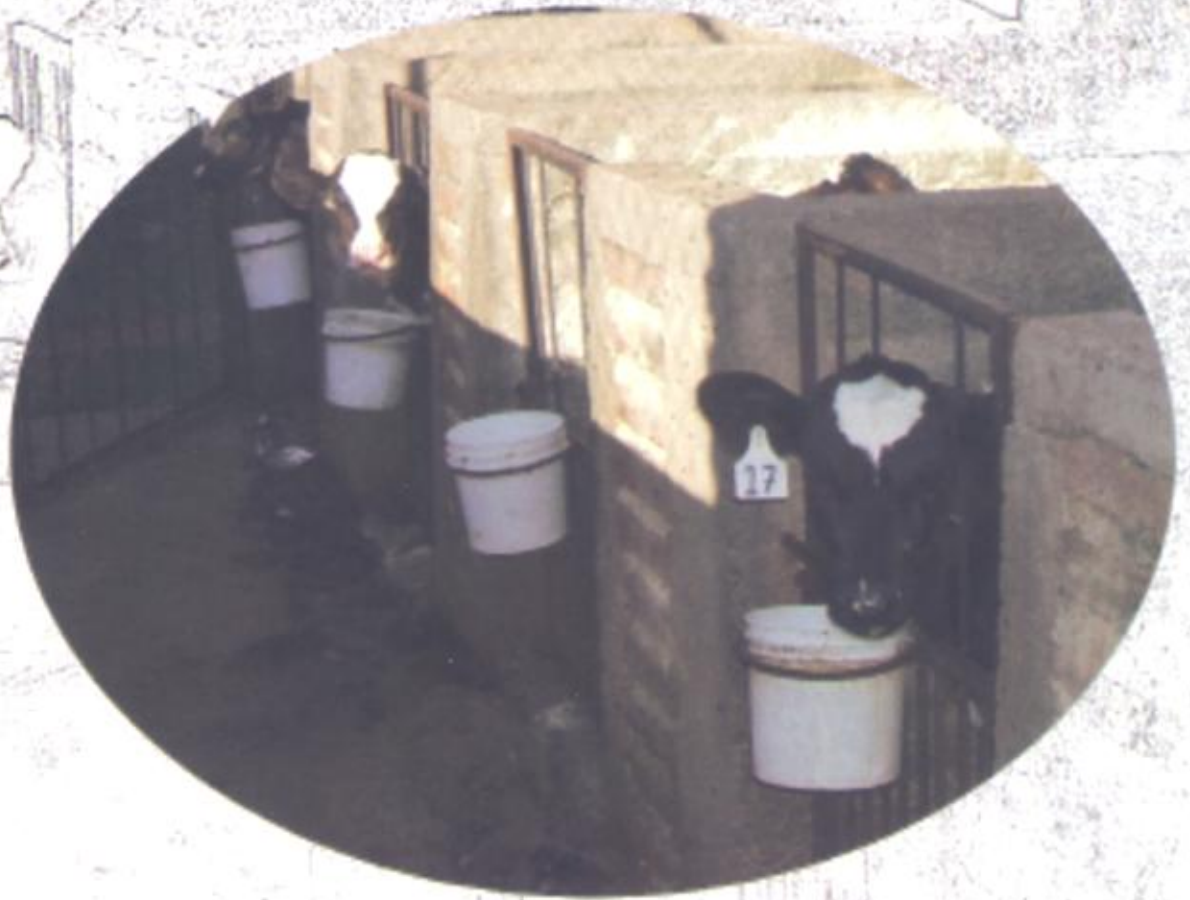
**Etapla prodrómica.** Existen mecanismos generales, confusos, en donde no siempre es fácil hacer un buen diagnóstico, a menos que se tenga una amplia experiencia o agudeza clínica, o de estar al tanto de la patología de un determinado lugar en cierto periodo. La agudeza clínica puede orientar hacia los exámenes clínicos. El conocimiento de la epidemiología de las patologías comunes en ciertos lugares es determinante para realizar un diagnóstico correcto.

**Etapla 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.



## PROCESO DE CRIANZA DE BECERRAS



Dr. Mario Medina Cruz<sup>1</sup>  
M.G. René C. Calderón Robles<sup>2</sup>  
Dr. Juan P. Zárate Martínez<sup>3</sup>  
Dr. Francisco Aguilar Romero<sup>4</sup>  
Dr. José Ugarte Berazain<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.

<sup>2</sup> Sitio Experimental Las Margaritas. CIR Golfo Centro-INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental La posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

<sup>4</sup> CENID Microbiología-INIFAP.

<sup>5</sup> Asesor privado.



**Volumen.** Para colectar la mayor cantidad de calostro de primer ordeño se recomienda ordeñar a fondo a la vaca, ya que es cuando existe la mayor concentración de inmunoglobulinas en el mismo. Por el contrario, si el calostro permanece dentro de la glándula mamaria las inmunoglobulinas serán reabsorbidas hacia la circulación, de tal manera que en el segundo ordeño la concentración de inmunoglobulinas será mucho menor, equivalente a dos tercios o la mitad de la concentración presente en el calostro de primer ordeño. Para asegurar una "cosecha" adecuada de calostro es importante la participación de un nutriólogo, quien formulará adecuadamente las raciones alimenticias de las vacas secas y vacas en reto con bajos contenidos de calcio y empleando las sales aniónicas (diferencia de cationes y aniones negativa) a fin de controlar los problemas de hipocloremia en el parto, que son los que limitan la producción del calostro.

**Prueba de calostrometría.** Investigaciones relacionadas con la transferencia pasiva de inmunoglobulinas de la vaca a la cría han permitido el desarrollo de una prueba de campo rápida y sencilla conocida como calostrometría, la cual se basa en la correlación entre la gravedad específica y los sólidos totales, la proteína total, las IgG, IgM e IgA en el calostro (Fleener y Stott, 1980). A mayor densidad del calostro mayor concentración de anticuerpos, y viceversa. La prueba se realiza por medio de un calostrómetro, que es un lactodensímetro modificado. Los resultados de esta prueba permiten alimentar a la cría recién nacida con calostro de alto contenido de anticuerpos.

La densidad y la concentración de anticuerpos son mayores en el primer calostro al momento del parto, por lo que es importante seleccionarlo y realizarle la prueba (Medina, 1986a). Ésta consiste en llenar una probeta de 250 mL con calostro, introducir el calostrómetro y dejarlo flotar por unos segundos hasta que deje de moverse, leer el resultado en la escala cuantitativa de g/L y clasificarlo en las siguientes tres categorías de calidad:

1. *Superior.* Sobresale la porción de color verde del vástago del calostrómetro. Este color corresponde a una gravedad específica de 1.047 a 1.075 con una concentración de anticuerpos de 50 a 123 mg/mL de calostro (50-123 g/L). La cría alimentada con calostro de calidad superior adquiere la cantidad de inmunoglobulinas necesarias para su protección durante las primeras tres semanas de vida. Por sus efectos protectores contra enfermedades, este tipo de calostro se considera como "oro líquido".
2. *Mediana.* Color amarillo, con gravedad específica de 1.035 a 1.047 y una concentración de inmunoglobulinas de 20 a 50 mg/mL de calostro (20-50 g/L). El neonato alimentado con este tipo de calostro difícilmente llenará los requerimientos mínimos de anticuerpos que necesita para su protección. Sin embargo, se puede dar a la cría entre 8 y 12 horas después de que ha ingerido el primer calostro para proveer una cantidad adicional de inmunoglobulinas.
3. *Pobre.* Color rojo, con gravedad específica inferior a 1.035 y una concentración de inmunoglobulinas menor a 20 mg/mL de calostro (20 g/L). Este tipo de calostro se deberá dar fresco a las crías de dos a cuatro días de edad, o utilizarse fermentado para la crianza de becerros. El calostro pobre no debe administrarse a la cría recién nacida, ya que no le confiere protección contra enfermedades infecciosas.

### **Conservación del calostro**

Es importante que en cada establo se incluya entre sus actividades la conservación del calostro, que puede ser en fresco para ofrecerlo inmediatamente a las crías; en refrigeración para



**CUADRO 75. EQUIVALENCIAS ENTRE CIRCUNFERENCIA TORÁCICA Y PESO CORPORAL EN BECERRAS Y VAQUILLAS DE RAZAS LECHERAS.**

HOLSTEIN Y SUIZO PARDO		JERSEY	
CIRCUNFERENCIA TORÁCICA	PESO CORPORAL	CIRCUNFERENCIA TORÁCICA	PESO CORPORAL
cm	kg	cm	kg
70.0	33	70.0	24
72.5	36	72.5	28
75.0	39	75.0	32
77.5	43	77.5	36
80.0	47	80.0	41
82.5	51	82.5	46
85.0	56	85.0	51
87.5	61	87.5	57
90.0	66	90.0	63
92.5	72	92.5	69
95.0	78	95.0	75
97.5	84	97.5	81
100.0	90	100.0	88
102.5	97	102.5	95
105.0	104	105.0	102
107.5	111	107.5	109
110.0	119	110.0	117
112.5	127	112.5	125
115.0	135	115.0	133
117.5	143	117.5	141
120.0	152	120.0	149
122.5	161	122.5	158
125.0	171	125.0	167
127.5	180	127.5	176
130.0	191	130.0	186
132.5	201	132.5	196
135.0	211	135.0	206
137.5	222	137.5	216
140.0	234	140.0	226
142.5	245	142.5	237
145.0	257	145.0	248
147.5	269	147.5	259
150.0	281	150.0	270
152.5	294	152.5	282
155.0	307	155.0	294
157.5	320	157.5	306
160.0	334	160.0	318
162.5	348	162.5	331
165.0	362	165.0	343
167.5	376	167.5	356
170.0	391	170.0	370
172.5	406	172.5	383
175.0	422	175.0	397
177.5	437	177.5	411
180.0	453	180.0	425
182.5	470	182.5	439
185.0	486	185.0	454
187.5	503	187.5	469
190.0	520	190.0	484
192.5	538	192.5	499
195.0	556	195.0	515
197.5	574	197.5	
200.0	592	200.0	

**CUADRO 76. PESO Y ESTATURA DE BECERRAS Y VAQUILLAS DE RAZAS LECHERAS.**

EDAD MESES	HOLSTEIN Y SUIZO		JERSEY	
	PESO CORPORAL kg	ESTATURA A LA CRUZ cm	PESO CORPORAL kg	ESTATURA A LA CRUZ cm
0	40 - 46	75.0 - 78.0	30 - 36	65 - 71
1	60 - 70	80.0 - 83.5	42.2 - 49.0	73.7 - 81.3
2	81 - 94	84.7 - 88.7	55.4 - 66.3	76.2 - 83.8
3	102 - 119	89.1 - 93.4	70.4 - 80.4	81.3 - 86.4
4	123 - 144	93.2 - 97.9	83.1 - 98.5	86.4 - 91.4
5	145 - 149	97.0 - 101.9	105.8 - 126.2	88.9 - 96.5
6	167 - 195	100.6 - 105.7	117.6 - 145.7	91.4 - 99.1
7	189 - 220	103.9 - 109.1	137.6 - 164.3	96.5 - 101.6
8	211 - 245	107.0 - 112.3	152.1 - 187.0	99.1 - 104.1
9	233 - 270	109.9 - 115.2	169.3 - 197.9	101.6 - 106.7
10	255 - 295	112.5 - 117.8	177.5 - 219.3	101.6 - 106.7
11	277 - 320	114.9 - 120.2	194.3 - 226.5	104.3 - 109.2
12	299 - 345	117.1 - 122.4	213.8 - 248.8	106.7 - 111.8
13	320 - 369	119.2 - 124.4	227 - 259.2	109.2 - 114.3
14	341 - 392	121.0 - 126.1	242.9 - 273.3	111.8 - 114.3
15	362 - 416	122.7 - 127.7	256.5 - 290.6	111.8 - 116.8
16	382 - 438	124.2 - 129.2	264.7 - 300.1	114.3 - 116.8
17	402 - 460	125.6 - 130.5	276.5 - 316	114.3 - 119.4
18	421 - 481	126.9 - 131.7	290.1 - 341.9	114.3 - 119.4
19	439 - 501	128.0 - 132.8	295.6 - 349.1	116.8 - 119.4
20	456 - 520	129 - 133.8	316.9 - 369.1	116.8 - 119.4
21	473 - 539	129.9 - 134.7	326.4 - 375.5	119.4 - 121.9
22	488 - 556	130.7 - 135.6	344.1 - 390.4	119.4 - 124.5
23	503 - 572	131.5 - 136.4	345.0 - 398.6	121.9 - 124.5
24	517 - 587	132.1 - 137.2	358.7 - 405.4	121.9 - 127.0
25	529 - 601	132.7 - 138.0		
26	540 - 614	133.3 - 138.9		
27	550 - 625	133.8 - 139.7		
28	559 - 634	134.3 - 140.6		



**CUADRO 77. CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN BECERRAS Y VAQUILLAS DE RAZAS LECHERAS.**

EDAD MESES	META	INTERVALO
0	2.00	1.75 - 2.25
2	2.25	2.00 - 2.25
8	2.50	2.25 - 2.75
12	2.75	2.50 - 3.00
14	3.00	2.75 - 3.25
18	3.25	3.00 - 3.50
24	3.50	3.25 - 3.75

### Indicadores de desempeño

1. Evaluación de la becerria:
  - > 90% deben alcanzar una valoración de 8 a 10, es decir, buena vitalidad
  - < 10% con una 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 becerrias deben estar identificadas en forma permanente
  - 100% de las becerrias deberá contar con su tarjeta individual
4. Evaluación del calostro:
  - > 95% de los calostros deben ser viables, es decir, libres de sangre, tolondrón, oscuros o malolientes
  - > 95% de los calostros deben tener un volumen mínimo al primer ordeño de 8 L
5. Prueba de calostrometría:
  - > 60% de los calostros deben ser de calidad superior (>50 g/L)
6. Al nacimiento:
  - > 90% de las becerrias deben pesar 40 a 46 kg
  - > 90% de las becerrias deben medir 75 a 78 cm a la cruz
  - > 90% de las becerrias deben tener 2.0 - 2.25 de CCC

### Práctica 1. aretado y tatuaje

*Instructor:* el responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora

*Materiales y equipos requeridos:* Cada participante deberá traer su propio equipo para aretar.

*Procedimiento:* Para la práctica se requiere el tatuador, los números y la tinta para tatuar.

La práctica consiste en tener listas las becerras, el material para sujeción y el material para tatuar. Se sujeta adecuadamente a la cría, y en el pabellón interno de la oreja derecha se marca el número de la madre, y en la de la izquierda la identificación que corresponda a la cría. En el trópico este número es el último dígito del año de nacimiento (9 si nació en el 2009), seguido por el número progresivo de nacimiento ese año (9-1 para el primero que nace en ese año y así sucesivamente). Con este método los números no se repiten hasta la siguiente década.

Para la práctica del aretado se requiere el aretador; los aretes y la identificación puede ser similar a la anterior.

## **Práctica 2. prueba de calostrometría**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora

*Materiales y equipos requeridos:* 25 calostrómetros con sus probetas de 250 mL cada una.

*Procedimiento.* Se ordeña el calostro de primer ordeño. En la probeta de 250 mL se deposita una muestra donde se introduce el calostrómetro y se deja flotar unos segundos hasta que se estabilice, se desecha la espuma sobrenadante para evitar falsas lecturas. La lectura se toma en colores y en gramos por litro, y se anota en la hoja maestra de Excel I.

El calostrómetro se lava con agua caliente, se seca y se guarda.

El color verde indica un calostro de alta calidad y contiene  $\geq 50$  g/L; el color amarillo indica mediana calidad y tiene entre 20 y 50 g/L; y el color rojo indica calidad inferior y tiene  $\leq 20$  g/L.

## **Práctica 3. administración de líquidos (calostro, leche o soluciones de electrolitos) con alimentador esofágico**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora.

*Materiales y equipos requeridos:* 25 alimentadores esofágicos.

*Procedimiento.* Con la becerro de pie, introducir el tubo esofágico por la parte media de la boca, ligeramente hacia la izquierda del cuello del animal. Estimular y permitir que la becerro degluta la esfera que se encuentra al principio del tubo del instrumento y deslizar suavemente el tubo hacia el esófago. Al haber introducido hasta tres cuartas partes de su longitud, abrir la válvula para permitir la caída del líquido por gravedad hacia el sector rumino-reticular de la becerro, la cual es una pre-rumiante. Verificar que el líquido fluya sin obstrucciones; de lo contrario, suspender, eliminar la obstrucción y continuar. En un minuto se administran 2 L de líquido aproximadamente.

## **Práctica 4. Pesaje con cinta, estatura con somatómetro y ccc visual**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora.



*Materiales y equipos requeridos:* Dos cintas de medir en centímetros (también se puede emplear un flexómetro), dos somatómetros, que pueden ser de fabricación casera.

*Procedimiento.* La cinta se coloca alrededor del tórax haciéndola pasar dorsalmente por atrás de ambas escápulas, y ventralmente por la parte más angosta del tórax sobre el corazón; ejercer presión suficiente para que se aplane el pelo del animal mientras se toma la lectura de la cinta.

El valor de la medición se consulta en el Cuadro 75 para obtener el peso en kilogramos de acuerdo con la raza del animal. Para la medición de la estatura se coloca el somatómetro a un lado de la escápula apoyándolo sobre el piso, con un ángulo de 90° con respecto al piso. Se toma la lectura a la cruz y se anota en la tarjeta de identificación individual de la becerrea.

*Remoción, traslado y alojamiento de la becerrea.* Con la finalidad de evitar la transmisión de agentes patógenos de la vaca a la becerrea, ésta se deberá remover del sitio donde se encuentra la vaca, ya sea en carretilla, vagón o carrito previamente lavado y desinfectado para evitar consecuencias posibles como onfaloflevitis, diarrea, neumonía o septicemia. La becerrea se debe alojar en una becarrera limpia, seca y protegida de los vientos, a una temperatura de 16 a 25°C.

Antes de finalizar esta etapa se deberá verificar la expulsión de la placenta en las primeras 12 horas postparto y retirarla del corral para su incineración. Si no fue expulsada en ese periodo se le considera como Retención Placentaria (RP).

Finalmente se cuantificarán las pérdidas perinatales por semana y por categoría para facilitar su control:

- a) Mortalidad (asfixiadas al nacimiento o que mueren en las primeras 24 hs)
- b) Otras razas (cárnicas europeas o cebuínas)
- c) Anormalidades físicas

## **MANEJO DURANTE LA LACTANCIA**

### **Alojamiento**

#### **Principios básicos**

A partir del día 2 hasta el día 60 (destete) la becerrea se alojará en una becarrera de intemperie (hutch) colocada sobre piso de arena limpia y cernida, en la pradera, y orientada con la parte posterior hacia el norte, que es generalmente de donde llegan los vientos dominantes. Las cubetas de alimento sólido (concentrado iniciador) y líquido (leche y agua) deben mantenerse separadas por lo menos 60 cm una de la otra, o puede fijarse una tabla separadora entre ambas por fuera de la becarrera (Radostits, 2001) para evitar el escurrimiento de líquidos sobre el concentrado iniciador.

Las heces de la becarrera deben extraerse diariamente, o cuando menos cada tercer día, o en su defecto mover la becarrera una o dos veces por semana en dirección frontal o lateral sobre una superficie previamente preparada.



Al destetar a la becerria (60 días) la becarrera debe ser lavada con jabón y volteada al sol para que se asolee al menos por una semana, y el piso en donde estaba colocada debe ser limpiado con escropa, desinfectado con cal y asoleado cuando menos por una semana. En esta forma se preparan los alojamientos para recibir a más becerrias (Medina, 1994).

## **Transferencia de inmunidad vaca-cría**

### **Principios básicos**

La Falla en la Transferencia de la Inmunidad (FTI) es la expresión utilizada para referirse a una deficiencia en el paso de inmunoglobulinas maternas a la cría a través del calostro inmediatamente después del nacimiento, ya que el bovino es una especie con placenta de tipo epiteliocorial que no es atravesada por las inmunoglobulinas durante la gestación (Morilla, 1982; Weaver *et al.*, 2000). Muchos estudios han establecido la relación entre la concentración de inmunoglobulinas adquiridas del calostro y la susceptibilidad a diarrea neonatal, colisepticemia, neumonías, onfalitis, onfaloflebitis, uraquitis, artritis séptica, peritonitis y mortalidad (Gay *et al.*, 1988; Boyd, 1972; McGuire y Adams, 1982; Radostits *et al.*, 2000; Staley y Bush, 1985; Hancock, 1995; Rea *et al.*, 1996; Besser y Gay, 1985). Además, intervienen otros factores como el manejo del parto, densidad de población y concentración de patógenos en el ambiente, por lo que siempre hay que tener en cuenta los aspectos ambientales (Thomas y Swan, 1973; Logan, 1977). Las crías con baja titulación de anticuerpos deben permanecer en un lugar lo más limpio posible para protegerse de la exposición a agentes patógenos. La prevalencia de la FTI varía de región a región, e inclusive de hato a hato, y en ganado lechero ésta puede alcanzar hasta un 40%.

Para diagnosticar la FTI en becerrias de 24 a 72 horas de vida se extraen de la vena yugular 10 mL de sangre y se obtiene el suero por centrifugación (10,000 rpm / 10 min). Enseguida se procede a la determinación de la Proteína Sérica Total (Medina, 1986b; Tyler *et al.*, 1998) instilando 0.5 mL del suero en el prisma de un refractómetro con compensación de temperatura previamente calibrado.

Un valor  $\geq 5.5$  g/100 mL indicará una transferencia exitosa de la inmunidad; un valor de 5.2 a 5.5 g/100mL indicará falla parcial; y un valor  $\geq 5.2$  g/100 mL indicará falla en la transferencia de la inmunidad. Un mínimo del 85% y un máximo de 95% de las becerrias debe lograr el valor de  $\geq 5.5$  g/100 mL.

## **Alimentación**

### **Principios básicos**

En sistemas de crianza familiar esta etapa se extiende por 60 días aproximadamente, aunque es preferible por 45 o hasta por 30 días (es la etapa más costosa y la más delicada). Durante esta etapa el retículo-rumen de la becerria debe adquirir la capacidad de digerir carbohidratos estructurales (celulosa), que son fuente de energía para su crecimiento. Pero la importancia del periodo lactante se proyecta mas allá de los primeros 60 días de vida, por los riesgos de contraer enfermedades cuyas posibles consecuencias van desde el retraso en el crecimiento hasta la muerte inmediatamente después del destete.

**Calostro del segundo al cuarto día, o leche de transición.** Con la finalidad de proveer a la becerria lg locales, energía, grasas, proteínas, minerales, vitaminas, factores de crecimiento



y hormonales que no están presentes en la leche se le suministrarán 2 L por la mañana y 2 L por la tarde los calostros de transición del segundo al cuarto día, también llamados leche de transición, utilizando cubeta o mamila. Durante el período lactante, después de la leche de transición, el sistema de alimentación de becerras se basa en el suministro de leche o de sustitutos de leche.

**Leche.** Del 5° al 6° día se le suministrará de preferencia leche pasteurizada (63 °C/30 min), a que se ha corroborado que se logran mejores ganancias de peso, mejor control de enfermedades que con leche fresca. Las opciones recomendables son las siguientes:

- a) Leche de calidad de venta
- b) Leche con alto contenido de células somáticas, sin antibióticos ni agentes patógenos transmisibles por la leche

**Sustitutos de leche.** Los sustitutos de leche deben ser más económicos que la leche de calidad de venta, y deben contener un balance estable de nutrientes y bajo volumen de almacenamiento, lo que adicionalmente permite un mejor control de enfermedades (Medina *et al.*, 1983). Existen dos opciones de alimentación con sustituto de leche:

- a. Alimentación restringida: Proteína cruda, 20 a 22%; grasa, 15 a 20%; fibra, <0.25%
- b. Crecimiento acelerado: Proteína cruda, 26 a 28%

La alimentación con sustitutos de leche utilizando cubeta o mamila se proporciona dos veces por día bajo el siguiente esquema:

NÚMERO DE SEMANAS	MAÑANA L	TARDE L
1 y 2	2.0	2.0
3 y 4	2.5	2.5
5 y 6	3.0	3.0
7	2.0	2.0
8	1.0	1.0

**Concentrado iniciador.** El concentrado iniciador se proporciona a la becerria empezando desde el día 5 hasta el 60 con 100 a 200 g, con un contenido de 18-20% de PC adicionados con un coccidiostato. Si la becerria consume el total de la ración, se procederá a alimentar diariamente *ad libitum* hasta llegar a un consumo mínimo de 1.5 kg diarios al destete. En caso de que no se termine la ración, dar el sobrante a las vaquillas mayores, e investigar por qué no consumió la totalidad del concentrado.

**Agua.** Se debe de proveer agua limpia y fresca a partir del día 2 hasta el 60 (destete) que es el nutriente más crítico, de preferencia dos veces al día, previo enjuague de las cubetas aproximadamente media hora después de consumida la dieta líquida. El consumo de agua promueve un mayor consumo de concentrado iniciador, lo que va a dar como resultado animales con mayor peso al destete y menor incidencia de enfermedades.

Las cubetas se deben lavar y se vuelven a llenar con agua limpia y fresca. Estas prácticas promueven un mayor consumo de concentrado iniciador, mayores pesos al destete y menor incidencia de enfermedades.

## Control de enfermedades

**Diarrea neonatal.** Durante la etapa de la lactancia (día 2 al 60) es muy importante la vigilancia de las beceras de tal manera que se pueda evaluar cualquier eventualidad, como las diarreas neonatales. En caso de que se presente este problema se debe realizar lo siguiente:

1. Identificar las heces acuosas, amarillentas, malolientes y ocasionalmente sanguinolentas.
2. Tomar las constantes fisiológicas: frecuencia cardíaca (100-125 /min), frecuencia respiratoria (30-45 /min), temperatura (39 °C).
3. Evaluar el comportamiento de la beceras, el porcentaje de deshidratación (Morgado *et al.*, 1990) y determinar la vía de administración de la terapia de rehidratación a seguir (Ver Cuadro 78).

**CUADRO 78. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE DESHIDRATACIÓN, EL COMPORTAMIENTO Y LA VÍA DE ADMINISTRACIÓN DE LA TERAPIA DE REHIDRATACIÓN EN BECERAS CON DIARREA NEONATAL.**

COMPORTAMIENTO	DESHIDRATACIÓN %	HUNDIMIENTO DEL OJO * MM	DURACIÓN DEL ESTIRAMIENTO DE LA PIEL * SEGUNDOS	VÍA DE ADMINISTRACIÓN DE LA TERAPIA DE FLUIDOS
Normal	< 6	No	No	Ninguno
Deprimido	6-8	2-4	1-3	Oral con mamila
Más deprimido, generalmente en decúbito	8-10	4-6	2-5	Oral con mamila o sonda esofágica
Comatoso, decúbito esternal y lateral	10-12	6-8	5-10	Intravenosa
Decúbito lateral, moribundo	> 12	8-10	> 10	Intravenosa

\*El hundimiento del ojo y la duración del estiramiento de la piel son los mejores indicadores del porcentaje de deshidratación de la beceras.

Como terapia a la diarrea neonatal la rehidratación vía oral es la mejor alternativa, ya que permite la recuperación rápida del agua perdida, electrolitos, bicarbonato y energía (Medina, 1994). En el mercado existen varios productos para la rehidratación los cuales se disuelven en 2 L de agua limpia y se administran de dos a tres veces por día durante un período de tres días entre las alimentaciones con leche (Smith, 2008).

**Neumonías.** En la etapa de lactancia también es importante diagnosticar y evaluar las neumonías, utilizando los siguientes criterios (Radostits *et al.*, 2000):

1. Observar las características de la respiración (normal: toraco-abdominal).
2. Mediante estetoscopio identificar el crujido o chasquido (antiguamente llamados estertores) y el roce pleural, y sin estetoscopio el estertor laríngeo.
3. Tomar las constantes fisiológicas.

Debido a la naturaleza médica de esta sección, se recomienda ampliar la revisión de este tema (Medina, 1994 y Radostits *et al.*, 2000).



## Destete

### Principios básicos

Hasta el día 60 de vida las becerras ingerirán leche o sustituto. Al retirar este alimento las becerras deberán seguir consumiendo concentrado en cantidades crecientes y agua. La becerra debe permanecer dentro de la becarrera cuando menos por una semana más antes de ser trasladada a los corrales de crecimiento, con la finalidad de que los cambios sean paulatinos y disminuya la carga de estrés en esta etapa, que es la más delicada en la vida del animal. Previo a sacar a la becerra de la corraleta se le debe preparar para promover su transformación en rumiante, lo cual consiste en hacer una valoración integral que incluye condiciones de salud y edad de 60 a 67 días. Cuando pasa de los 60 días, por ejemplo, por bajo peso o menor ganancia diaria de peso, o por enfermedades, los costos de alimentación con leche durante la crianza aumentan y disminuye la rentabilidad. Otros criterios para el destete incluyen un consumo mínimo de 1.5 kg de concentrado iniciador al día y un peso y estatura adecuados a su edad con base en los parámetros para su raza (Ver Cuadro 73).

### Somatometría

La somatometría se realiza al destete y los resultados se comparan con los estándares para la raza (Cuadros 75, 76 y 77).

### Indicadores del desempeño

1. El 100 % de las becerreras deben:
  - Tener separación física entre las dos cubetas
  - Estar orientadas con la parte posterior hacia donde llegan los vientos dominantes
  - Las heces deben recogerse diariamente
  - El piso debe ser de arena limpia
  - Consumir la leche o el sustituto en su totalidad
  - Tener agua limpia y fresca
  - A partir del día 5 de vida consumir diariamente concentrado iniciador, fresco y que se consuma todos los días
2. Al destete, el 100% de las becerreras de intemperie deben ser lavadas, volteadas y asoleadas.
3. Proteína sérica total: > 5.5 g/L en el 85% de las becerras  
5.2 a 5.5 en el 10% de las becerras  
< 5.2 en el 5% de las becerras
4. Consumo de concentrado iniciador: al destete (60 días) un mínimo de 1.5 kg/día
5. Enfermedades: diarrea neonatal: incidencia máxima del 20%;  
neumonías incidencia máxima del 5%
6. Edad mínima al destete: 60 días.
7. Peso mínimo 80 kg y estatura mínima 84 cm a la cruz.

8. Ganancia diaria de peso: 0.745 a 0.800 kg
9. Sanas al momento del destete
10. Mortalidad: entre 1 y 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**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora.

*Materiales y equipos requeridos:* Dos refractómetros portátiles compensación de temperatura, para proteína y orina, de preferencia marca Leyca. 100 tubos de 100cc al vacío, 25 guías de tubo vacutainer, 200 agujas para vacutainer del # 20, una centrifuga portátil, 2 L de alcohol al 70%, 1 bolsa con torundas, 1 gradilla, 1 caja con 100 pipetas Pasteur, toallas de papel desechables, 1 caja tipo pescador, de plástico, para el transporte de los equipos.

*Procedimiento:*

1. Con la becerria en decúbito lateral desinfectar la zona de la vena yugular y presionar con el dedo el surco yugular para resaltar la vena. Introducir la aguja previamente acoplada a la guía, y con un tubo al vacío sin perforar, presionar el tubo para que la aguja penetre el tapón plástico para que la sangre fluya libremente dentro del tubo hasta que se llene. La aguja se extrae cuidadosamente de la yugular y se presiona con una torunda con alcohol por 5 segundos.
2. Centrifugar la sangre por 10,000 rpm durante 10 minutos, y con una pipeta Pasteur se toman 0.5 mL del suero que se colocan en el prisma del refractómetro previamente calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
3. Se lee la titulación de la proteína sérica a partir de la escala del refractómetro graduada en g/dL y sus resultados se anotan en la hoja de Excel I.

### **Práctica 6: examen clínico de la becerria**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora

*Materiales y equipos requeridos:* Cada participante deberá traer su estetoscopio y su termómetro.

*Procedimiento:* Debido a la extensión y naturaleza del tema se recomienda ampliar la revisión de este tema (Medina, 1994).

### **Práctica 7: descornado y destetillado**

*Instructor:* El responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora.



*Materiales y equipos requeridos:* 10 frascos de xilocaína al 2% sin epinefrina (Labs Astra), 25 jeringas de 5 mL, 50 agujas hipodérmicas del número 20. Para la práctica de 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 vaselina para evitar 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 de que la cría permanezca separada de la madre por lo menos tres horas para evitar quemaduras en la ubre.

Para realizar el destetillado, o eliminación de tetas extras, se sujeta adecuadamente a la becerria para que quede en posición decúbito dorsal. Enseguida la persona que va a realizar el destetillado debe lavarse y desinfectarse las manos y desinfectar el área de la base de la tetilla primero con una gasa embebida en yodo o benzal y luego con otra embebida en alcohol al 70% (opcional, dependiendo de la higiene del lugar). Anestesiarse la base de la tetilla con 1 mL de xilocaína al 2% vía subcutánea y esperar 5 minutos. Una vez transcurrido este tiempo cortar las tetillas con bisturí o tijeras previamente desinfectadas en alcohol al 70% y aplicar una solución antiséptica (azul de metileno) en el punto resultante.

## **MANEJO EN LA FASE DE CRECIMIENTO HASTA EL 6º MES DE VIDA**

### **Alojamiento**

#### **Principios básicos**

A los 60 días de edad las becerras se sacan de las becerrerías individuales y son alojadas en corrales. Este cambio les provoca gran estrés. Es común que en los corrales estén expuestas a fuertes vientos que pueden provocar problemas respiratorios y elevada mortalidad, o a cambios climáticos severos que pueden comprometer su sistema inmunológico, como bajas temperaturas ambientales que ocasionan un mayor consumo de megacalorías, disminuyendo las megacalorías disponibles para el crecimiento. Otro factor de estrés es la competencia con sus compañeras de corral por el alimento, si es que hay problemas de hacinamiento.

Para disminuir problemas por estrés se recomienda mantener un máximo de 10 animales de edad similar por corral. Es muy importante el registro en la tarjeta individual correspondiente y en la hoja maestra de Excel la fecha en que se cambió la becerria de la becerrería al corral.

### **Alimentación**

#### **Principios básicos**

Se deberá de continuar con el suministro de 1.5 a 2.0 kg diarios del mismo concentrado iniciador (18-20% de PC) adicionado con un coccidiostato hasta los tres meses de edad. Posteriormente y hasta el 6º mes se deberá suministrar concentrado de crecimiento (16% de PC) adicionado con un coccidiostato. A partir del tercer mes de edad o 100 kg de peso vivo y 80 cm a la cruz se iniciará con 2.0 kg de concentrado al día, cantidad que se irá incrementando gradualmente hasta llegar a 5 kg a los 14 días de edad (época del servicio).

Desde el destete y hasta el 6º mes de edad se le proporcionará forraje de alta calidad (alfalfa achicalada) *ad libitum* para satisfacer sus necesidades de proteína, pero sobre todo para desarrollar los pre-estómagos y acelerar su transformación a rumiante. A partir del 6º mes de edad se sugiere proporcionar ensilado de maíz. Este alimento no se debe proporcionar antes de que cumplan los 6 meses de edad para evitarle exceso de energía y deficiencia de proteínas, lo cual da como resultado becerras gordas y de baja estatura a la cruz.

## **Somatometría**

### **Principios básicos**

Como continuación a la somatometría realizada en las fases de nacimiento y destete, ésta se debe volver a realizar cuando menos a los 6 y 12 meses de edad, al primer servicio y al parto. De acuerdo con los registros realizados, éstos se deben comparar con las tablas representativas para la raza y edad (Ver Cuadros 75, 76 y 77), con el propósito de determinar si la becerro se encuentra en el rango de referencia o presenta deficiencias o excesos significativos.

### **Indicadores de desempeño**

1. Mortalidad: 0.25 al 1 %
2. Ganancia diaria de peso: 0.672 kg a 0.700 kg

### **Práctica 8: Ejercicio en aula. Calcular tasas de morbilidad y Mortalidad**

*Instructor:* El docente responsable del curso o su asistente.

*Cupo:* 25 alumnos.

*Duración:* Media hora

*Materiales y equipos requeridos.* Cada participante deberá contar con datos de animales en las diferentes etapas: ingreso a lactancia, destete, a los 6 y 12 meses de edad, al servicio y al primer parto. También debe contar con datos de presencia de diarreas neonatales, neumonías u otras enfermedades durante la crianza; y datos de peso y estatura en cada etapa.

*Procedimiento.* A partir de su propia información se les instruirá para obtener datos sobre tasas de mortalidad y morbilidad, así como ganancias diarias de peso y estaturas en cada etapa. Una vez obtenidos los resultados se compararán con la información de crecimiento de becerras y vaquillas (Cuadro 3). En caso de encontrar diferencias significativas se les guiará para obtener un diagnóstico individual o de hato.



## LITERATURA CITADA

- Besser TB and Gay CC. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1:445.
- Boyd JH. 1972. The relationship between serum immunoglobulin deficiency and disease in calves: a farm survey. *Vet Rec.* 90:645-649.
- Donovan AG and Braun KR. 1987. Evaluation of dairy heifer replacement-rearing programs. *Comp Cont Educ Pract Vet.* 9:F133-F139.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 72:68-78.
- Fleener WA. and Stott GH. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 63(6):973-977.
- Gay CC, Besser TE, Pritchett LC, Hancock DD, Wikse S. 1988. Avoidance of passive transfer failure in calves. *In: Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Convention of the American Association of Bovine Practitioners.* Phoenix, AZ. 1987.118-120. Frontier Printers. Stillwater, OK, USA.
- Gay CC. 1983. Failure of passive transfer of colostral immunoglobulins and neonatal disease in calves: A review. *In: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Neonatal Diarrhea.* Saskatoon, Saskatchewan, CANADA. University of Saskatchewan. p. 346-364.
- Godden SM, Smith S, Feirtag JM, Green LR, Wells SJ, Fetrow JP. 2003. Effect of on-farm commercial batch pasteurization of colostrum on colostrum and serum immunoglobulin concentration in dairy calves. *J Dairy Sci.* 86:1503-1512.
- Grusenmayer DJ, *et al.* 2006. Shortening the dry period from 60 to 40 days does not affect colostrum quality but decreases colostrum yield by Holstein cows. *J Dairy Sci.* 89:336.
- Hancock DD. 1995. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J Dairy Sci.* 68(1):163-183.
- Logan EF. 1977. The influence of husbandry on colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows. *Br Vet J.* 133:120-125.
- Lona DV and Romero RC. 2001. Short communication; low levels of colostral immunoglobulins in some dairy cows with placental retention. *J. Dairy Sci.* 84 (2):389-391.
- McGuire TC and Adams DS. 1982. Failure of colostral immunoglobulin transfer to calves: prevalence and diagnosis. *Comp Cont Educ Pract Vet.* 4(1):S35-S40.
- Medina CM. 2007. Manejo de calostros (pasteurización-congelación) sustitutos y su impacto sobre las enfermedades y la inmunidad neonatal. Curso: "Producción de becerras y vaquillas lecheras"; El futuro de la ganadería está en su recría. Tequisquiapan, Qro., México, FMVZ- UNAM, CEIEPAA. Memorias en CD. p. 50-56.

- Medina CM., Johnson, L.W., Lewis, L.D., Knight, A.P., y Olson, D.D. 1983. Evaluation of milk replacers for dairy calves. *The Compendium of Continuing Education* 5(3):S148-S154.
- Medina CM. 1986a. Determinación de gammaglobulinas en el calostro bovino por medio del calostrómetro. *In: Morilla GA, Bautista GC, (eds.). Manual de Inmunología.* Diana, México, D.F. p. 249-253.
- Medina CM. 1986b. Determinación de gammaglobulinas en el becerro neonato. *In: Morilla GA, Bautista GC (eds.). Manual de Inmunología.* Diana, México D.F. p 237-247.
- Medina CM. 1994. Medicina productiva en la crianza de becerras lecheras. Uteha-Limusa, México, D.F. p. 306.
- Medina CM., Cruz C and Montaldo VH. 2008. Serum protein levels in holstein calves fed pasteurized-frozen-thawed or unpasteurized first milk colostrum. *The Bovine Practitioner* 2008: 42 (2):201-205.
- Moore M, Tyler JW, Chigerwe M, Dawes ME and Middleton JR. 2005. Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *JAVMA.* 226 (8):1375-1377.
- Morgado DE, Medina CM, García ERM, Sagardía RJ. 1990. Respuesta al tratamiento oral con una solución hiperosmótica en becerras Holstein-Friesian con diarrea indiferenciada aguda. *Vet Mex.* 21(3):246-253.
- Morilla, A.G. 1982. Aspectos inmunológicos de la etapa perinatal de los bovinos. *In: Manual sobre ganado productor de leche.* Ed. Diana. México, D.F. p. 468-485.
- Morin DE, McCoy GC and Hurley WL. 1997. Effects of quality, quantity and timing feeding and addition of a dried colostrums supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein calves. *J Dairy Sci.* 80:747-53.
- Nardone A, Lacetera N, Bernabucci U *et al.* 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci.* 80:838-844.
- Pritchett LC, Gay CC, Besser TE, Hancock DD. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum of Holstein cows. *J Dairy Sci.* 74: 2336-2341.
- Quigley J. 2003. <http://www.calfnotes.com> Calf Note # 96, Pasteurized colostrum. (Consultado en agosto del 2008).
- Quigley J. 2004. <http://www.calfnotes.com/CNcalvingease.htm>. Calving ease. July. Pro's and Con's of Feeding Frozen Colostrum. (Consultado en septiembre del 2008).
- Radostits OM, Gay CC Blood DC and Hinchclif KW. 2000. *Veterinary medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses.* 9th ed. Bailliere Tindal, London, Great Britain: I. p. 1877.



- Radostits OM. 2001. Herd health - food animal production medicine. 3rd ed. WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, USA. p. 885.
- Rea DE, Tyler JW, Hancock DD, Besser TE, Wilson L, Krytenberg DS, Sander SG. 1996. Prediction of calf mortality by use of tests for passive transfer of colostral immunoglobulins. *J. Am Vet Med Assoc.* 12:2047-2049.
- Smith G. 2008. Oral electrolyte and intravenous fluid therapy in diarrheic calves. 3er Curso Internacional de Clínica, Cirugía y Producción de Becerras y Vaquillas Lecheras. Tequisquiapan, Qro., México, FMVZ- UNAM, CEIEPAA. Memorias en CD. p. 39-45.
- Staley TE and Bush LJ. 1985. Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *J Dairy Sci.* 68(1):184-205.
- Stott GH, Fleenor WA and Kleese WC. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milking. *J Dairy Sci.* 64(3):459-465.
- Thomas LH and Swan RG. 1973. Influence of colostrum on the incidence of calf pneumonia. *Vet Rec.* 92:454-455.
- Tyler JW, Hancock DD, Parish SM, Rea DE, Besser TE, Sanders SG, Wilson LK. 1998. Evaluation of three assays for failure of passive transfer in calves. *J Vet Intern Med* 10 (5):304-307.
- Weaver DM, Tyler JW, Van Metre DC, Hostetler DE, Harrington GE. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *J Vet Inter Med* 14:569-577.

# PROCESO DE ORDEÑO Y CALIDAD DE LECHE



M.C. Maribel Montero Lagunes<sup>1</sup>

M.C. Justo Abelardo Tepal Chalé<sup>2</sup>

M.C. Laura Hernández Andrade<sup>3</sup>

M.C. María de Lourdes Ontiveros Corpus<sup>4</sup>

M.C. Miguel Ángel Blanco Ochoa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental La posta. CIR Golfo Centro-INIFAP.

<sup>2</sup> Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP.

<sup>3</sup> CENID Microbiología-INIFAP.

<sup>4</sup> Asesor privado.

<sup>5</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.



## PROCESO DE ORDEÑO Y CALIDAD DE LECHE

### INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento natural de importancia universal en la dieta del hombre. Su riqueza en proteína de alto valor biológico, su aporte de energía y la contribución de minerales osteotróficos hacen de este alimento parte esencial de la dieta (Eastringe, 2001). Por su alto contenido en agua y nutrientes, y un pH cercano a la neutralidad, la leche es un excelente medio de cultivo para el desarrollo de microorganismos, lo que constituye un riesgo de salud pública ya que la población está expuesta al consumo de leche contaminada, carga de agentes patógenos o sus toxinas si las normas higiénicas no se cumplieren (Noquera, 2001).

En México los sistemas de producción de leche son muy heterogéneos considerando aspectos técnicos y socioeconómicos, así como la ubicación geográfica de las unidades de producción, a los que hay que agregar la idiosincrasia, la tradición y las costumbres de la población.

Los sistemas de producción de leche a escala familiar son en su mayoría de tipo campesino, y se caracterizan por el empleo de mano de obra familiar. Sin embargo, existe la idea errónea de definir a este sistema como una variante poco desarrollada de la lechería intensiva. Este sistema en sí constituye una fuente importante de materia prima para la industria de lácteos, que es considerada como un factor de rentabilidad; sus costos de producción son bajos y su dependencia de insumos externos a la empresa es reducida. Las principales desventajas en los sistemas de producción a escala familiar son la dispersión de la oferta y la calidad sanitaria de la leche cruda.

Las principales razas de ganado en las que se basa la producción de leche son Holstein, Pardo-Suizo o cruza en proporciones cercanas a la pureza, en condiciones de estabulación o semiestabulación en instalaciones muy cercanas a las viviendas. La ordeña comúnmente se realiza en forma manual, aunque en algunos lugares existe equipo de ordeño y algunos ganaderos cuentan con equipo para el enfriamiento de la leche.

En su intento por cumplir con las expectativas de calidad de leche que demandan los consumidores, las industrias elevan los estándares de calidad. Ante esta situación para mantenerse como proveedor de la industria láctea, el sistema de lechería familiar afronta este gran reto. El precio de la leche que proviene de ese sistema se rige por un precio base mas pequeños pagos adicionales por rendimiento industrial y calidad sanitaria, en algunos casos.

En este contexto, pasando a un enfoque de inocuidad de alimentos, el control sanitario y obtención de leche cruda de calidad es el primer eslabón de la cadena láctea. Se debe focalizar su acción en la brecha tecnológica que existe para la producción, razón por la cual sus principales destinatarios son los productores que reúnen condiciones potenciales de mejorar su producción, competitividad y sostenibilidad para la implementación de sistemas de calidad sanitaria de la leche cruda. Entre las buenas prácticas agropecuarias está el ordeño higiénico, que es fundamental para la comercialización del producto, ya que al obtener un producto limpio se reducen los rechazos por la industria láctea, los decomisos y se tiene acceso a nuevos mercados.

Para implementar el ordeño higiénico en el rancho es necesaria la capacitación de las personas involucradas en los subprocesos de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño. En este capítulo se



describe cada una de las actividades inherentes a cada subproceso con la finalidad de apoyar a los productores en su actividad primaria, de gran impacto en el consumidor final (Ver Figura 10 Capítulo 1).

## **PRE-ORDEÑO**

El empleo de prácticas higiénicas desde antes del ordeño y el buen manejo de las mismas son la base para obtener leche de calidad. El propósito de ello es disminuir los riesgos de contaminación de la leche y de enfermedades (mastitis) en las vacas.

### **Buenas prácticas de higiene**

La aplicación de buenas prácticas de higiene en los procesos de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño ayudan a reducir significativamente la presencia de material extraño (pelo, polvo, residuos de forraje, etc.), microorganismos, antibióticos y sustancias químicas en la leche cruda; con ello se protege a los procesadores y consumidores. La adopción de buenas prácticas de higiene en las unidades de producción contribuye a formar una cultura de higiene, a prevenir pérdidas del producto y a garantizar la salud de los consumidores.

### **Principios básicos**

Las medidas de higiene se basan principalmente en la Norma Oficial NOM-120-SSA1 1994 (Secretaría de Salud, 1995a), y éstas se deben aplicar para las actividades de arreo, contención y preparación de los pezones. Las medidas de higiene tienen mayor aceptación y aplicación en sistemas de producción intensivos, cuyos resultados son mayor eficiencia de trabajo, menores pérdidas de leche y por lo tanto mayores beneficios económicos. Sin embargo, por el reto que afrontan los sistemas familiares de producción de leche, de mantenerse como proveedor en la industria láctea, éstos deben aplicar las buenas prácticas de higiene para aumentar la calidad de la leche cruda y reducir las pérdidas por rechazos del producto.

### **Higiene del personal**

El concepto de higiene tiene que ver con todo el personal que labora en las salas o sitios de ordeño: empleados permanentes, eventuales o miembros de la familia, quienes deben atender las siguientes normas:

1. Presentarse a su trabajo aseados, con ropa limpia y botas blancas.
2. Lavarse y desinfectarse las manos antes de iniciar el ordeño y en cualquier momento cuando estén sucias o contaminadas.
3. Mantener las uñas cortas, limpias y sin barniz en el caso de mujeres, entre otras razones para no lesionar los pezones de las vacas.
4. Usar cabello corto, patillas al ras de la oreja y sin barba. De preferencia cubrir totalmente el cabello mediante gorras limpias.
5. En caso de usar mandil, éste se debe lavar y desinfectar con una solución de cloro entre un ordeño y otro. Los guantes se deben lavar y desinfectar al terminar de ordeñar cada vaca.
6. Se prohíbe fumar, comer, beber o escupir en las áreas de ordeño.



7. Evitar portar plumas, lapiceros, termómetros u otros materiales en las bolsas de la camisa o del mandil que puedan caer en la leche cuando el ordeño es manual.
8. No usar pinzas en el pelo, aretes, anillos, pulseras, relojes, collares, etc., que puedan caer a la leche y contaminarla. Solamente se permite el uso de broches pequeños y pasadores para sujetar el cabello debajo de la gorra de protección.
9. Evitar toser o estornudar sobre la leche.
10. Las personas que tengan heridas con pus las deben llevar cubiertas y mantenerse alejadas de las tareas directas de manejo de la leche. Estas personas se pueden reubicar en otras áreas.
11. Las personas con enfermedades contagiosas no deben realizar el ordeño.
12. Cualquier visitante debe atender las recomendaciones señaladas en los puntos anteriores.

### Higiene en el establo

1. Alrededor del sitio o sala de ordeño. Deben evitarse condiciones que puedan ocasionar contaminación y proliferación de plagas (Secretaría de Salud, 1995a; Tepal *et al.*, 2004) o la presencia de alguno de los siguientes materiales:
  - Equipo mal almacenado.
  - Basura, desperdicios y chatarra.
  - Maleza.
  - Drenaje insuficiente o inadecuado (el drenaje debe tener cubierta apropiada para evitar entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas).
  - Pesticidas, fertilizantes, otros productos químicos.
  - Iluminación inadecuada.
2. Sitios o salas de ordeño. Los sitios de ordeño deben reunir ciertas características que ayuden a prevenir la contaminación de la leche. Además, se debe impedir la entrada de perros, gatos, patos, gallinas, etc., que también son fuente de contaminación.
3. Pisos. Los pisos deben ser impermeables y homogéneos para facilitar su limpieza y desinfección. Además, deben tener pendiente suficiente hacia el drenaje para evitar encharcamientos.
4. Paredes. Éstas deben ser lavables, impermeables y de colores claros. Pueden ser superficies pulidas, estar pintadas con pintura plástica, o encaladas. No se recomiendan las paredes de madera por la dificultad de mantenerlas lisas, lavarlas y desinfectarlas adecuadamente.
5. Techos. Deben ser de materiales y diseño que limiten o impidan la acumulación de suciedad y eviten al máximo la condensación, ya que ésta facilita la formación de mohos y bacterias. Los techos deben ser accesibles para su limpieza.
6. Abastecimiento de agua. Se debe disponer de suficiente agua de calidad y contar con instalaciones adecuadas para su almacenamiento y distribución.
  - Cloración. Cuando no se cuenta con agua potable es conveniente dar tratamiento al agua para que la calidad microbiológica sea aceptable. Para clorar 1000 litros de agua agregar 33.3 mL de cloro comercial (solución de hipoclorito de sodio al 6 % de cloro activo) para dar una concentración de 2 ppm (Tepal *et al.*, 2006).

- Fuentes de abastecimiento de agua. Puede ser del sistema público, de pozos (de primer o segundo sustrato), ríos, lagos, presas. En el sistema público generalmente el agua es de buena calidad por los tratamientos que se aplican debido a que se destina al consumo humano.
  - Pozos excavados. Éstos deben tener brocal de acuerdo a su dimensión o diámetro y estar cubiertos para evitar la entrada de basura; alrededor del pozo debe existir una pendiente del 2% para limitar los escurrimientos (SEMARNAP, 1997).
  - Pozos perforados (entubados). El ademe debe tener 50 cm sobre el nivel del terreno, y el contraademe debe sobresalir al menos 20 cm del ras del terreno o hasta el mismo ras del ademe. El espacio entre el ademe y el contraademe debe rellenarse de concreto (SEMARNAP, 1997).
  - Almacenamiento. Los tanques de almacenamiento, aljibes o estanques deben estar cubiertos o protegidos para evitar la entrada de animales, hojas, 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.
  - Sistema de conducción. Los ductos y conexiones no deben presentar fugas. En caso de utilizar tubería de PVC evitar su exposición al sol o enterrarla para prevenir la formación de algas en el interior. 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.).
7. Drenaje. Debe estar provisto de trampas contra olores y rejillas para evitar entrada de plagas diversas. Cuando la tapa del drenaje no permita el uso de trampas, se implementará 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 en buen estado en todo momento.
8. Iluminación. En las áreas de trabajo la iluminación debe permitir realizar las actividades. Una iluminación deficiente puede ser un riesgo para los trabajadores.

Es indispensable que las instalaciones sanitarias estén limpias y en buen estado para el uso y aseo del personal.

## **Manejo de las vacas**

### **Arreo**

El arreo de las vacas tiene como propósito conducir las al sitio de ordeño en forma ordenada, sin maltratarlas para evitar estrés.

### **Principios básicos**

La conducción de las vacas al sitio de ordeño con orden y sin malos tratos contribuye a 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.

Si las vacas llegan al sitio de ordeño de manera desordenada, el tiempo total para el ordeño se prolonga. Una vaca con eyección lenta de leche en un grupo de entrada retrasará a los grupos siguientes. Asimismo, una vaca enferma es fuente de contaminación para la leche de todo un lote.



## Contención de las vacas

La contención de las vacas se realiza dependiendo del tipo de sala de ordeño (tándem, espina de pescado, paralelo, parada convencional, rotativa o carrusel), o en sitios sin infraestructura (Figura 23).

El diseño y las estructuras en las salas o sitios de ordeño permiten sujetar a las vacas para reducir sus movimientos (por ejemplo, patadas en el momento del ordeño) sin lesionarlas y sin provocarles estrés.



Figura 23. Contención del animal previo al ordeño en sitios sin infraestructura.

En las estructuras de las salas de ordeño se recomienda emplear postes de algún material lo más liso posible, sin esquinas o superficies que puedan causar lesiones a las vacas. Los tubos metálicos galvanizados, de acero inoxidable, de 2 pulgadas de diámetro, son aceptables debido a su rigidez y al poco espacio que requieren. No obstante que los postes de madera son los que mayormente emplea el productor por su disponibilidad en cualquier lugar, tienen los siguientes inconvenientes: generalmente es madera sin pulir, con esquinas, puntas o astillas que pueden lesionar a las vacas; son más difíciles de lavar y desinfectar, y requieren mayor espacio (10 x 10 cm). En la Figura 24 nótese el espacio que ocupa un poste de madera y un tubo de metal.

En cuanto a los tiempos de entrada y salida de las vacas a la sala de ordeño se ha observado que éstos son adecuados cuando la entrada es frontal y libre con respecto a la entrada lateral (Figura 25). Y en cuanto a la salida, las diferencias son mínimas entre salida frontal y lateral, aunque se prefiere la salida frontal (Cuadro 79).

Poste de madera (10 x 10 cm)

Tubo de metal (2 pulgadas)



Figura 24. a) Vista aérea y b) vista lateral de las estructuras de madera y de metal en las salas de ordeño.

CUADRO 79. TIEMPO DE INGRESO Y SALIDA DE LAS VACAS A LA SALA DE ORDEÑO.

TIEMPO	INGRESO			SALIDA	
	FRONTAL LIBRE	FRONTAL CON PUERTAS	LATERAL	FRONTAL	LATERAL
seg/vaca	3.0	5.3	7.1	2.4	2.9
Vacas que ingresan solas (% del total)	65	28	13		

(Taverna y Nary, 2008).

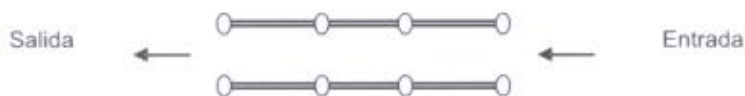


Figura 25. Diagrama de entrada y salida de las vacas de forma frontal.

### Práctica con los productores

1. Dibujar el sitio o sala de ordeño y mencionar de qué materiales es la estructura.
2. Registrar el tiempo que tardan las vacas en entrar y salir del sitio de ordeño.
3. Calcular el tiempo promedio y compararlo con los tiempos contenidos en el Cuadro 1.
4. Registrar el comportamiento de las vacas (estrés, patadas, dificultad al arrearlas) hasta su contención.

### Preparación de los pezones

La preparación de los pezones para un ordeño higiénico y completo es importante tanto para el sistema de ordeño manual como para el mecánico.

La limpieza del pezón se realiza con el propósito de reducir la flora microbiana presente en la piel y en la leche que se encuentra en el canal del pezón (Igawa *et al.*, 1992). Los microorganismos



pueden causar mastitis (Bushnell, 1984; Blowey y Collis, 1992), contaminación de la leche o ser una vía de transmisión de enfermedades vía ubre-hombre y vaca-vaca (Galton *et al.*, 1984).

### **Eliminación de pelo de la ubre**

Para eliminar el pelo de la ubre se recomienda cortarlo o quemarlo con llama de bajo poder calórico.

### **Limpieza o lavado**

Se debe tener mucho cuidado al lavar los pezones. Nunca aplicar agua a la parte superior de los pezones ya que los escurrimientos son altamente contaminantes. Después de lavarlos se procede a secarlos con toallas de papel desechables.

Al tiempo de lavar, secar y desinfectar los pezones ocurre la estimulación de la ubre para que baje la leche. Estas acciones provocan que el sistema nervioso central envíe una señal a la glándula pituitaria para que secrete la oxitocina, que es la hormona responsable de que baje la leche de la glándula mamaria. Una correcta estimulación ayuda a mantener los pezones en buen estado de salud, a obtener más leche y a reducir el tiempo de ordeño (Infocame, 2006). El tiempo de preparación de los pezones debe ser de alrededor de 1 minuto; pasado este tiempo se va reduciendo el efecto de la oxitocina.

Otros factores que desencadenan la estimulación de la vaca para que baje la leche son, por ejemplo, el llamado del ordeñador, el sonido de los equipos de ordeño o el ofrecimiento de alimento en el sitio de ordeño (Figura 26).

### **Secado**

Se deben limpiar y secar los pezones antes de ordeñar, de preferencia con toallas de papel desechables. Nunca utilizar esponjas porque ahí se aloja un reservorio de microorganismos que pasan de una vaca a otra. Las toallas desechables se depositan en un recipiente para basura.

### **Presello**

Consiste en aplicar un desinfectante, o presello, que puede ser yodo a una concentración de 25 ppm (Tepal *et al.*, 2006) o de acuerdo a las indicaciones del proveedor. La solución desinfectante para el lavado de pezones se deposita en un recipiente. La solución se debe estar cambiando regularmente (10 a 15 vacas) para evitar la contaminación cruzada (Philot y Nickerson, 1991).

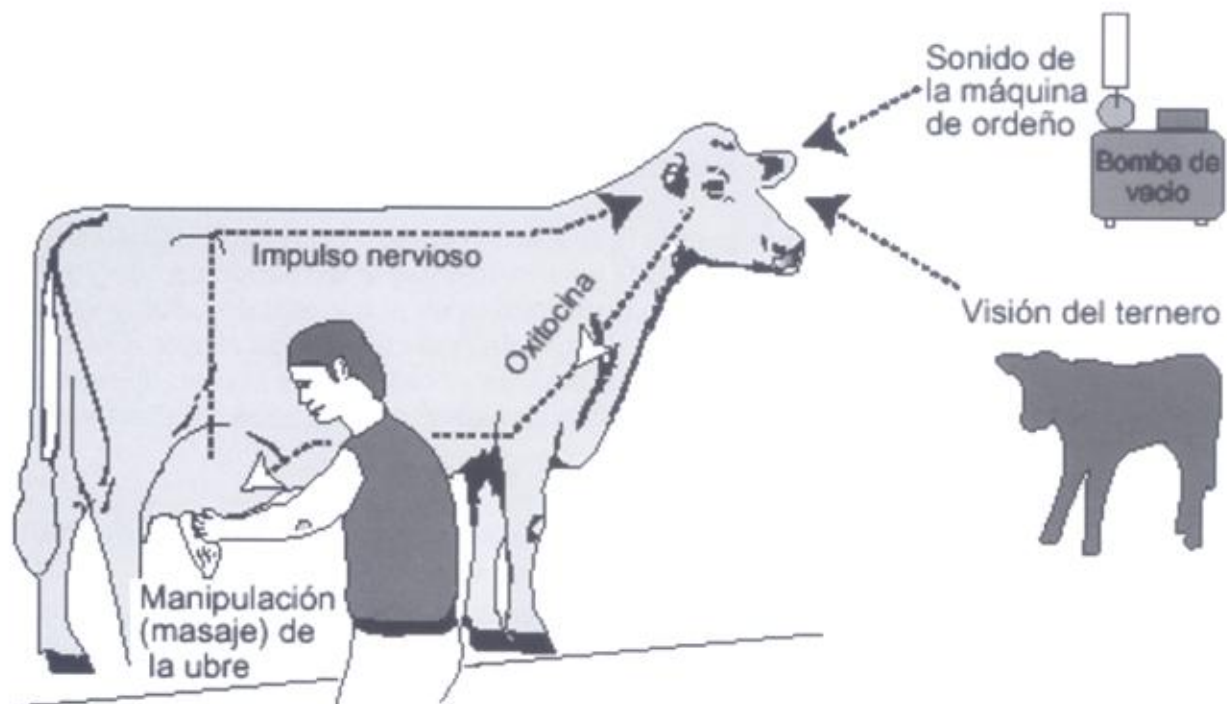


Figura 26. Estimulación para la bajada de leche a través de la preparación de la ubre, observación del becerro, o acústico con el sonido de la máquina de ordeño.

### Práctica con los productores

1. Verificar que las vacas entren en el siguiente orden: 1o.) vacas recién paridas, 2o.) primerizas, 3o.) vacas enfermas.
2. Observar ubres y pezones para detectar problemas que puedan ser causa de contaminación de la leche.
3. Si los pezones están muy sucios, limpiarlos con toallas individuales antes de lavarlos.
4. Lavar los pezones con suficiente agua cuidando de no mojar la parte superior de éstos para evitar escurrimientos que son altamente contaminantes.
5. Aplicar el presello de acuerdo a las recomendaciones del proveedor. Puede utilizarse solución de yodo a una concentración de 25 ppm.
6. Eliminar los tres primeros chorros de leche de cada pezón (despunte), los cuales se depositan en el tazón de fondo negro (prueba de paño negro) para detectar cambios en consistencia o en color. En caso de observar alteraciones en la ubre o en los pezones, ordeñar y desechar la leche en un lugar apropiado, nunca en el sitio de ordeño.

### Pruebas para detección de mastitis

**Prueba del paño negro.** Esta prueba se realiza durante la preparación de la vaca para el ordeño con el propósito de detectar grumos en la leche ("tolondrón"). Consiste en pasar los primeros chorros de leche a través de una malla negra, o bien colectarlos en una cubeta especial. La prueba se debe realizar en todos los ordeños, ya que además de detectar leche anormal, en los primeros chorros se eliminan las bacterias que normalmente se encuentran en el canal del pezón y se estimula la bajada de la leche.



**Determinación del número de células somáticas.** Los métodos que estiman el número de células somáticas presentes en la leche resultan los más específicos para el diagnóstico de mastitis subclínica, tales como la Prueba de California (prueba cualitativa) y la Prueba Modificada de Wisconsin (prueba cuantitativa). La aparición de células somáticas en la leche está influenciada por varios factores. Por ejemplo, la etapa de lactación, el número de lactaciones, intervalo entre ordeños y procesos infecciosos de la ubre.

La **Prueba de California** se fundamenta en la reacción de un detergente (aril, alquil, sulfonato de sodio) con las células presentes en la leche el cual las desintegra formando un conglomerado de células que da una apariencia gelatinosa. Entre mayor es el número de células somáticas presentes, la apariencia gelatinosa aumenta y se le da una calificación mayor. Esta es una prueba subjetiva y se realiza al lado de la vaca durante el ordeño. Es tiempo dependiente y la leche no debe contener conservadores. El procedimiento de la prueba de California es el siguiente:

1. El muestreo para la detección de mastitis subclínica en el hato se realiza durante el ordeño.
2. Para realizar la prueba se utiliza una palita especial CMT que cuenta con cuatro recipientes (Figura 27). En cada recipiente se depositan 2-3 mL del reactivo de California, se agregan 2-3 mL de leche recién ordeñada y se mezclan. Las muestras de la leche deben ser tomadas en condiciones asépticas y los pezones deben estar perfectamente limpios.
3. Se debe agitar con movimientos circulares y de arriba-abajo durante 10-20 segundos y dar lectura a 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 quien realiza la prueba.

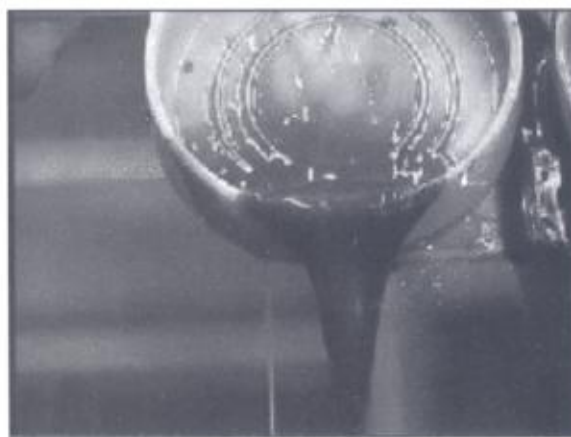
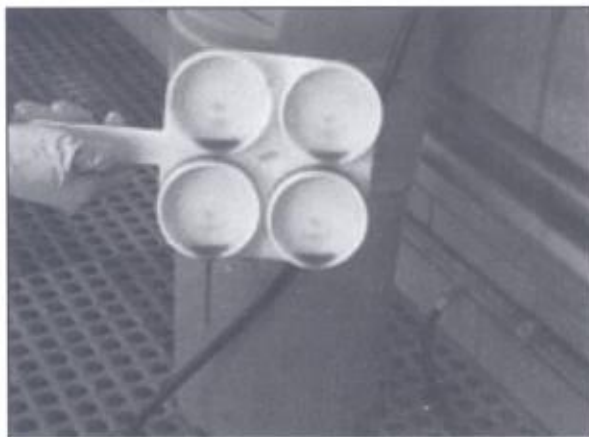


Figura 27. Paleta para la prueba de California.

La **Prueba Modificada de Wisconsin** se fundamenta en que la concentración de células en la leche se eleva marcadamente al comienzo de la enfermedad. Particularmente en la fase inflamatoria, debido al paso de leucocitos de la sangre a la glándula mamaria, se llegan a alcanzar varios millones de células por mililitro de leche.

La ventaja de este método es que es cuantitativo y pueden detectarse animales sanos, sospechosos y enfermos. El material que se utiliza es de fácil adquisición y la prueba se

puede realizar con gran cantidad de animales. Consiste en:

- 1.-Adicionar en tubos de plástico graduados que se colocan en una gradilla: 3 ml de leche + 3 ml de reactivo de California diluido con agua en proporción de 1:1.
- 2.-Los tubos se dejan reposar durante 15 seg y luego se invierten durante otros 15 seg (Figura 28).
- 3.- Se regresa la gradilla a la posición normal y se hace la lectura de los mililitros sobrantes.
- 4.- Interpretación:

Mililitros	Células ( $\times 10^3$ )/ml
0-1.0	0-100
1.1-1.5	101-500
1.6-2.0	501-1000
2.1-2.5	1001-1700
2.6-3.0	1701-2500
Mayor de 3.0	2500

Conteos celulares de menos de  $500 \times 10^3$  se consideran valores normales, valores de  $500 \times 10^3$  a  $1000 \times 10^3$  corresponden a vacas sospechosas y con más de un millón de células se considera que hay mastitis subclínica.



Figura 28. Inversión de la gradilla con tubos durante la Prueba de Wisconsin Modificada.

## ORDEÑO

El ordeño tiene como propósito extraer la leche de la ubre luego de estimularla adecuadamente.

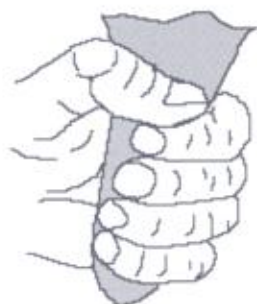
### Principios básicos

La extracción de leche involucra mucho más que los sistemas de ordeño. Para que el ordeño sea rápido y completo es muy importante el papel que desempeñan la vaca, el equipo de ordeño y el operador (o el becerro). Las repercusiones que tiene la sala de ordeño y su manejo en la cantidad y calidad de la leche y en la salud del animal son de gran influencia en la viabilidad de la explotación bovina lechera.



## Sistemas de ordeño

### Ordeño manual



**Figura 29. Posición de los dedos en el ordeño manual.**

En el ordeño manual el ordeñador toma todo el pezón. Los dedos pulgar e índice oprimen la parte superior del pezón y los demás aprietan hacia adentro y hacia abajo (Figura 29). La presión dentro de la ubre (relativa a la presión atmosférica fuera del pezón) impulsa la leche al canal del pezón. Para que el ordeño sea rápido y completo la estimulación de la ubre es muy importante. Una vez que inicia el reflejo de liberación de la leche, ésta sale del alveolo por medio de las células mioepiteliales y es forzada dentro del sistema de conductos hasta pasar por el canal del pezón.

El ternero al mamar utiliza vacío para extraer la leche desde la glándula y el canal del pezón (Figura 30). La leche sale cuando la presión interna en la ubre es menor a la presión externa del pezón. El ternero al mamar envuelve la lengua y el paladar alrededor del pezón, creando un vacío en la punta del pezón cuando las mandíbulas se abren y la lengua se retrae hacia atrás, lo que da como resultado la acumulación de leche en el hocico del becerro. Cuando el ternero deglute la leche, el flujo desde el pezón se detiene debido a que la presión dentro del hocico regresa a su estado normal. En un minuto ocurren entre 80 y 120 ciclos alternativos de absorción y deglución.



**Figura 30. Succión de leche por el becerro.**

El orificio en la punta del pezón se mantiene cerrado. Normalmente la leche en la glándula y en la cisterna del pezón no sale, a menos que exista una presión externa que supere la fuerza del conducto del pezón. No obstante lo anterior, en algunas vacas los reflejos de liberación de leche son muy fuertes o sus conductos son débiles, por lo que la leche se puede llegar a “perder” debido a que el incremento de la presión en la ubre supera la fuerza del conducto. Generalmente para abrir el conducto y dejar salir la leche es necesaria una diferencia en la presión entre el interior y el exterior del pezón. Rutinariamente la leche es removida de la ubre por la succión del ternero, por el ordeño manual, o por la máquina de ordeño.

El ordeño debe iniciarse entre los cinco y siete días después del parto. El calostro no debe mezclarse con la leche. El ordeño debe efectuarse en un sitio bien ventilado e higiénico que proporcione bienestar tanto a las vacas como a los ordeñadores. Algunas recomendaciones para el ordeño son las siguientes:

- Contar con un buen abastecimiento de agua potable o de buena calidad<sup>1</sup> para la limpieza de los utensilios y de las instalaciones.
- El ordeño debe ser rápido, en un tiempo aproximado de 5-7 minutos, sin interrupciones, para terminar antes de que se inactive la oxitocina.

<sup>1</sup> En caso de no disponer de agua potable, para tener agua de buena calidad agregar 3.5 mL de cloro comercial a 100 litros de agua y dejar pasar de 15 a 20 minutos antes de utilizarla

- El ordeño debe ser completo para prevenir la mastitis, y sin dolor para que se produzca buena cantidad de leche.
- Higiénico. Las manos del ordeñador y los utensilios deben estar limpios.

### Práctica con los productores

Realizar un ordeño manual atendiendo los siguientes pasos:

1. Antes y después del ordeño enjuagar los utensilios con agua potable o de buena calidad y desinfectarlos con solución yodada (25 ppm).
2. Dos minutos después de la desinfección enjuagar con agua de buena calidad y dejar escurrir.
3. El ordeñador debe lavarse y desinfectarse las manos con la solución yodada, y secarse con toalla limpia o toallas desechables.
4. Aplicar los procedimientos adecuados para limpieza de pezones (ver apartado anterior).
5. Realizar la prueba de California.
6. Iniciar el ordeño presionando la base del pezón a pulso. No usar los nudillos ni jalar los pezones en forma de "maraqueo". El ordeño a pellizcos, "campaneando" o con el dedo pulgar metido es incorrecto.
7. Registrar el tiempo del ordeño.
8. Revisar la leche. En caso de observar materiales suspendidos, identificarlos y tomar las medidas pertinentes para eliminarlos.

### Ordeño mecánico

**Equipo de ordeño mecánico.** En general los equipos de ordeño (COFOCALEC, 2004a) constan de los siguientes sistemas: de vacío, de pulsación y de extracción de leche. Algunos también constan de sistemas de conducción y transferencia de leche, y de lavado (Figura 31). Con un equipo de ordeño adecuadamente diseñado, instalado y bien operado (Figura 32) se logra la correcta aplicación de los siguientes principios:

1. La máquina de ordeño aplica vacío parcial al pezón y crea una presión diferencial a través del canal de salida de éste, abre el conducto del pezón, extrae la leche, la conduce por una tubería y la vierte en un recipiente.
2. Ejerce una acción intermitente de masaje en el pezón para facilitar la circulación de sangre y evitar la congestión en la porción distal.

En el Cuadro 80 se describen los componentes del equipo de ordeño mecánico y sus funciones.



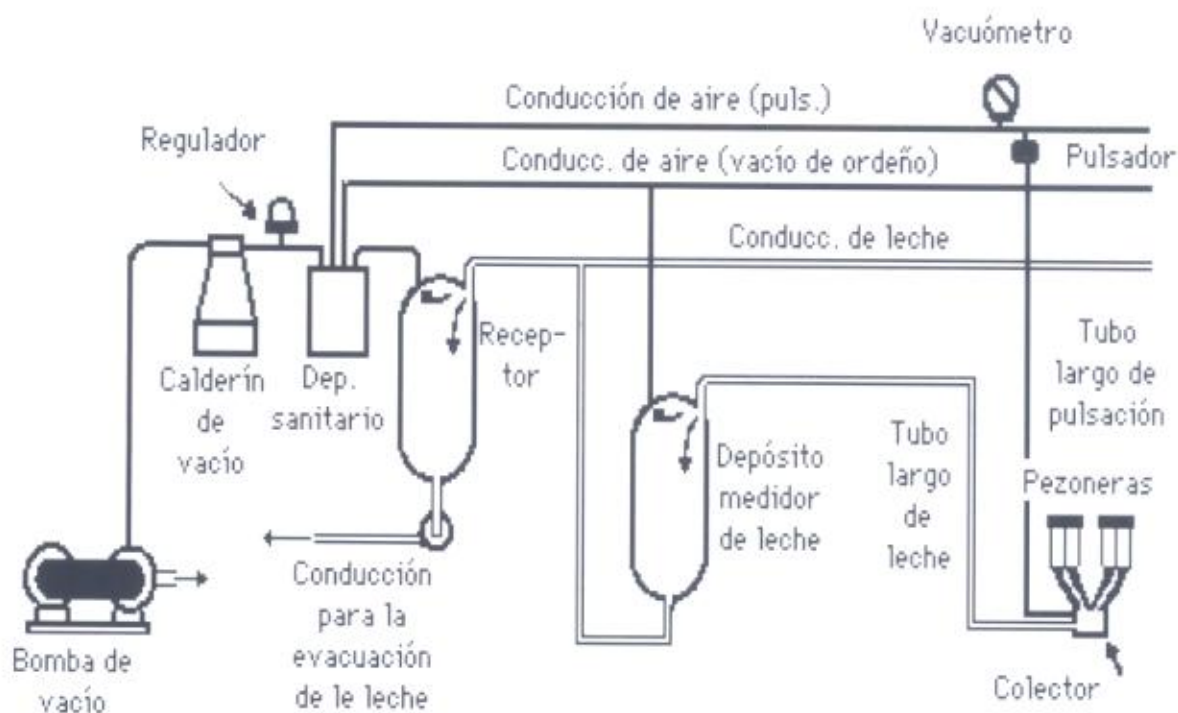


Figura 31. Partes que integran el equipo de ordeño mecánico.

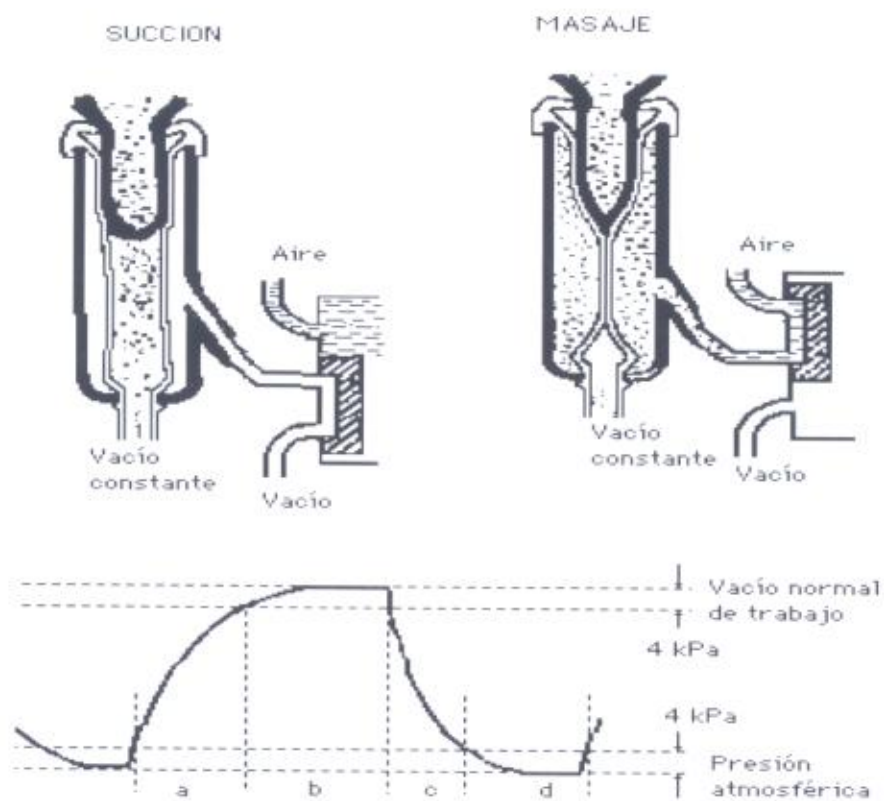


Figura 32. Principios básicos del equipo de ordeño

**CUADRO 80. FUNCIONES DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO DE ORDEÑO MECÁNICO.**

COMPONENTE	FUNCIONES
Bomba de vacío	Extraer el aire del sistema de ordeño, es decir, crear una presión negativa conocida como vacío parcial, que al colocar la pezonera en la glándula mamaria, la presión fisiológica positiva que existe en ésta empuja la leche al área de presión negativa del sistema.
Tanque de distribución de vacío	Mantener una reserva de vacío para las posibles fluctuaciones, así como cerrar 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.
Regulador de vacío	Mantener una presión negativa en el sistema, la cual previene daños a la glándula mamaria. Restablecer con rapidez el nivel deseado evitando fluctuaciones de vacío que predispongan la presencia de mastitis.
Medidor de vacío	Medir el nivel de vacío en el sistema; está calibrado en pulgadas, centímetros o milímetros de mercurio.
Línea para pulsación y vacío	Abastecer el vacío generado por la bomba al tanque de distribución, a la línea de pulsación, a los pulsadores, a los casquillos de la unidad para ordeño, la trampa sanitaria y a la línea de ordeño y lavado.
Trampa sanitaria	Prevenir el contacto de la leche con el aire del sistema debido al movimiento de líquido de un lugar a otro. Es el punto de unión donde se separa el equipo en dos partes: la que tiene contacto con la leche, y la que no lo tiene.
Línea de transporte de leche.	Transportar de manera eficiente leche y aire hasta el depósito que recibe la leche, en donde el aire y la leche son separados posteriormente.
Depósito final de recibo	Recibir la leche procedente de las unidades ordeñadoras y trasladarla al tanque de almacenamiento.
Bomba para leche	Expulsar la leche hacia el tanque de enfriamiento cuando ésta llega a cierto nivel activando un sensor localizado en el interior del depósito de recibo.
Pulsador	Dirigir alternativamente vacío y aire al espacio entre la pezonera y el casquillo produciendo una fase de descanso o masaje y una fase de ordeño.
Pezoneras	Permitir la aplicación del ciclo de ordeño al pezón (ordeño-descanso)
Copas metálicas o casquillos	Albergar a la pezonera y servir como conexión para las líneas cortas de leche y de aire.
Colector o sifón	Unir a las cuatro pezoneras y recolectar la leche para transportarla de su salida a través de una manguera a la jarra pesadora o al lactoducto.
Líneas cortas de aire y leche	Conducir el vacío y la leche procedente de las pezoneras hacia el colector.
Sistema de pesado	Permitir el pesaje individual de la leche.
Tanque de almacenamiento y enfriamiento de leche	Almacenar y refrigerar la leche de tres ordeños.



## Práctica con los productores

Realizar un ordeño mecánico atendiendo las siguientes recomendaciones:

1. El ordeñador se debe lavar y desinfectar las manos con la solución yodada, secarse con toalla limpia o toallas de papel desechables y utilizar guantes durante el ordeño.
2. Iniciar el ordeño con las prácticas de higiene contenidas en el apartado de pre-ordeño. Verificar que se apliquen las indicaciones.
3. Al colocar las pezoneras se debe minimizar la entrada de aire. Cada pezonera es llevada hacia el pezón individualmente.
4. Adherir perfectamente las pezoneras para evitar que los pezones queden retorcidos.
5. Evitar que las pezoneras se resbalen.
6. Al finalizar el ordeño cerrar vacío y retirar las pezoneras.
7. Evitar sobre-ordeño ya que daña la parte terminal de los pezones.
8. Desinfectar las pezoneras: enjuagar la unidad, lavar con yodo (25-50 ppm) durante 30 segundos, enjuagar con agua potable o de buena calidad, dejar secar.

En el Cuadro 81 se presentan las fallas más comunes en los equipos de ordeño, sus causas y los efectos que ocasionan.

**CUADRO 81. FALLAS MÁS COMUNES EN EL EQUIPO DE ORDEÑO, SUS CAUSAS Y EFECTOS.**

FALLA	CAUSA	EFEECTO
Niveles altos de vacío en el sistema	Reguladores de poca capacidad, sucios o mal calibrados	<ul style="list-style-type: none"><li>• Congestionamiento de pezones</li><li>• Hiperqueratosis en esfínteres</li></ul>
Niveles bajos de vacío en el sistema	Desgaste de bombas. Pérdidas de vacío en línea de aire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ordeños lentos</li><li>• Caída de la unidad de ordeño</li><li>• Contaminación de la leche</li></ul>
Fallas en sistema de pulsación	Mal estado del pulsador.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sub-ordeño</li><li>• Sobre-ordeño</li><li>• Congestión de pezón</li></ul>
Variaciones de vacío	Desgaste de bomba, pulsador Fugas de vacío en sistemas de conducción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reflujo de leche a pezón</li><li>• Contaminación de leche</li></ul>

## Salas de ordeño

### Principios básicos

En una explotación lechera la sala de ordeño es una instalación altamente especializada que ofrece las siguientes ventajas: flexibilidad para expandir el hato, adaptabilidad para la automatización del ordeño y la mecanización del manejo de la leche (Cavazos, 2008). Entre los principales avances en la mecanización de las salas de ordeño están los siguientes:

1. Arreo automático del ganado
2. Lavado automático de pezones y del equipo

3. Puertas neumáticas
4. Despendedores automáticos
5. Sistemas de pesado electrónico de la leche
6. Sistemas de desinfección
7. Sistemas computacionales para el registro y procesamiento de datos de la producción láctea

Entre las salas de ordeño más comunes tanto en México como en los países con sistemas de producción de leche avanzados están los siguientes tipos: Espina de pescado, Tándem, Parada convencional, Rotativa o carrusel y Paralelo.

### **Factores a considerar para elegir el tipo de sala de ordeño adecuado**

Para hacer una elección correcta de la sala de ordeño es importante considerar los siguientes factores:

1. Número de cabezas del hato
2. Costo
3. Tecnificación de la explotación y tipo de ganado
4. Preferencias del propietario
5. Disponibilidad de terreno
6. Planes de expansión

La eficiencia o rapidez del ordeño es otro factor importante, y depende de los siguientes factores:

1. Disposición de las plazas para los animales: según el diseño o tipo de sala las comodidades o conveniencias son mayores o menores. Los diseños deben proporcionar comodidad al operador y reducir las distancias a recorrer tanto por los animales como por los ordeñadores.
2. Tráfico de animales: para reducir tiempos de movimiento de los animales se debe facilitar el acceso a la sala y el acomodo en sus plazas.
3. Número de plazas: en las salas chicas los animales tardan poco tiempo en colocarse en sus plazas, mientras que en salas con gran número de plazas, el tráfico es lento.
4. Número de máquinas: debe ajustarse considerando el tiempo de ordeño óptimo, la eficiencia estimada de un tamaño de sala y el número de animales que puede manejar cada ordeñador.
5. Limpieza de pezones: a cada vaca se le deben lavar los pezones antes de ser ordeñada; en algunos modelos de salas, mientras un grupo se está ordeñando el otro está siendo lavado. La diferencia en estas salas es mayor que en aquellas en las que primero son lavados los pezones de todas las vacas y luego se ordeñan.

Cuando son pocos los animales a ordeñar, o no se cuenta con las instalaciones adecuadas o con los recursos económicos para adquirir una sala de ordeño, se puede utilizar una máquina de ordeño portátil (Figura 33).





**Figura 33. Ordeñadora portátil.**

En el sistema de producción de lechería familiar las salas de ordeño más comunes son tipo Tándem, Espina de Pescado, en Paralelo y Parada Convencional. En los Cuadros 82, 83, 84 y 85 se presentan las características de cada una de ellas.

CUADRO 82. SALA DE ORDEÑO TIPO TÁNDEM.

**CARACTERÍSTICAS**



Niveles:	2
Desnivel - pasillo de ordeñadores:	75-80 cm
Ancho de pasillo de ordeñadores:	1.5-2.3 m
Disposición de los animales:	Las vacas se acomodan en jaulas individuales con puertas laterales que permiten la entrada y la salida.
Manejo del ordeño:	Cada vaca se maneja individualmente, ya que los animales son inmovilizados en jaulas.
Núm. de máquinas/ plaza:	Una máquina por jaula para lograr la mayor eficiencia.
Longitud de la plaza:	2.4-2.5 m x 0.85-0.90 m
Tamaño	Se recomiendan cuatro plazas por lado como tamaño óptimo, aunque se han construido modelos con 20 plazas por lado.
Eficiencia de ordeño	
Vacas en ordeño:	6
Vacas/hora/máquina:	7-8
Total de animales:	150
Otras características:	La superficie de construcción es superior a la de cualquier otro, y por consecuencia las tuberías de vacío y de conducción son de mayor longitud.
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil observación y reconocimiento de las vacas.</li> <li>• Por el manejo individual, las vacas de ordeño lento no constituyen problema para el proceso.</li> <li>• La permanencia de las vacas en sus plazas se ajusta al tiempo de ordeño, lo que permite una lotificación menos estricta del ganado.</li> </ul>
Desventajas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere casi del doble de espacio longitudinal, lo que ocasiona un incremento en la inversión en obra civil y equipo.</li> <li>• Menor eficiencia en el ordeño ya que el ordeñador recorre mayores distancias entre ubres y abre y cierra dos puertas por jaula. Estas actividades ocasionan que se reduzca el número de máquinas que puede manejar el ordeñador.</li> </ul>



**CUADRO 83. SALA DE ORDEÑO TIPO ESPINA DE PESCADO.**

**CARACTERÍSTICAS**



Niveles: 2

Desnivel - pasillo de ordeñadores: 75-80 cm

Ancho de pasillo de ordeñadores: 1.5-2.3 m

Disposición de los animales: 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 de las vacas: Se forman grupos de ordeño.

Núm. de máquinas/ plaza: Generalmente se instala una ordeñadora por cada dos plazas (una frente a otra), pero se puede colocar una máquina por plaza.

Longitud de la plaza: 1.25-1.24 m x 0.90-1.2 m

Tamaño: Se recomienda un tamaño mayor a 12 plazas por lado por razones de eficiencia y manejo.

Eficiencia de ordeño	Espina de pescado	Polígono	Trígono
Vacas en ordeño:	24 (12x2)	32 (8x4)	36 (12x3)
Vacas/hora/máquina:	9-10	9-10	9-10
Total de animales:	720	960	1080

Otras características:

- Las plazas pueden tener comederos para el suministro de concentrado de forma manual o automática.
- A medida que aumenta el tamaño de la sala se dificulta la supervisión del ordeño, creándose nuevos diseños en los que el foso de los operadores tiene forma de trígono o polígono.

Ventajas:

- La posición de las vacas y la proximidad de las ubres permite 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:

- Es difícil la identificación de los animales.
- Al manejar a las vacas en grupo, las vacas de ordeño lento limitan el avance del resto, por lo que se requiere mejor manejo y lotificación del ganado.
- Dificultad para observar a la vaca durante el ordeño.

CUADRO 84. SALA DE ORDEÑO TIPO PARALELO.

CARACTERÍSTICAS



Niveles: 2

Desnivel - pasillo de ordeñadores: 75-90 cm

Ancho de pasillo de ordeñadores: 1.5-2.3 m

Disposición de los animales: Los animales se disponen en forma perpendicular con respecto al foso de los operadores. La colocación de las ordeñadoras es posterior, y la salida de los animales es de frente

Manejo del ordeño: Grupal

Máquinas/plaza: Una máquina por plaza; se requiere automatización

Longitud de la plaza: 2.2-2.3 m x 0.80 m

Tamaño: 25 plazas por lado

Eficiencia de ordeño

Vacas en ordeño: 50 (25x2)

Vacas/hora/máquina: 12-15

Total de animales: 2250

Otras características: Ordeño de un gran número de animales debido a la disposición de las plazas. La posición paralela de los animales disminuye el espacio entre ubres y la distancia de las líneas de vacío y leche

Ventajas:

- Comodidad del ordeñador
- Poca mano de obra
- Salida rápida de los animales
- Mejor visualización de la ubre
- Mejor identificación de las vacas con mastitis: la enferma se marca en las patas para separar la leche, aplicar el tratamiento y darle una mayor atención

Desventajas:

- Mayor infraestructura, lotificación estricta
- No permite la expansión
- Requiere de gran automatización



CUADRO 85. SALA DE ORDEÑO TIPO PARADA CONVENCIONAL.

CARACTERÍSTICAS



Niveles:	Un solo nivel.
Desnivel - pasillo de ordeñadores:	-
Ancho de pasillo de ordeñadores:	-
Disposición de los animales:	Las vacas se colocan en forma paralela, una al lado de la otra, y quedan inmobilizadas por "pescueceras" o cornadizas de candado, de ajuste individual o colectivo.
Manejo del ordeño:	Manejo individual de las vacas.
Máquinas/plaza:	Una máquina por cada dos plazas, la cual se maneja en forma de péndulo, o una máquina por plaza.
Longitud de la plaza:	2.2-2.3 m x 0.90 m
Tamaño:	En instalaciones pequeñas y medianas es común la instalación de una sola hilera de plazas.
Eficiencia de ordeño	
Vacas en ordeño:	6
Vacas/hora/máquina:	7-8
Total de animales:	150
Otras características:	Existen dos variantes: a) de una sola hilera de plazas, y b) de dos hileras. En esta última las vacas quedan colocadas cola a cola, separadas por un pasillo central de circulación; o frente a frente, con pesebres interpuestos y pasillos de circulación laterales.
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil identificación y observación de las vacas.</li> <li>• Construcción sencilla y económica.</li> <li>• Fácil tránsito y colocación de las vacas.</li> <li>• El tiempo que permanecen las vacas es igual al tiempo de ordeño.</li> <li>• Las vacas consumen mayor cantidad de concentrado.</li> </ul>
Desventajas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El esfuerzo de los ordeñadores es mayor, ya que tienen que inclinarse para colocar y retirar la unidad de ordeño y limpiar las ubres.</li> <li>• Los ordeñadores corren riesgo de ser lastimados por las vacas nerviosas (pateadoras.)</li> </ul>

## Errores durante el ordeño

### Sobre-ordeño

Se debe de evitar el sobre-ordeño (ordeño mecánico al máximo vacío en pezones ya vaciados). La transmisión de vacío al pezón favorece la penetración de agentes patógenos a través del canal mamario. Generalmente los agentes patógenos son eliminados en el chorro de leche, y al ya no fluir éstos permanecen en el canal del pezón ocasionando una infección en la glándula mamaria. Esta infección se conoce como mastitis.

Para controlar el sobre-ordeño se palpa la cisterna para verificar si la ubre ha quedado vacía por el ordeño.

### Desprendimiento de las pezoneras

Para desprender las pezoneras realizar el siguiente procedimiento:

1. Bloquear la manguera de aire para interrumpir la conexión de la pezonera con la tubería del vacío.
2. Esperar unos segundos hasta que desaparezca en las mamilas la depresión de las pezoneras.
3. Retirar simultáneamente las pezoneras y colocarlas en una solución sanitizante. Enseguida introducir los pezones en una solución desinfectante.

### Alteraciones en el ordeño

*Tiempos de ordeño prolongados.* Las causas pueden ser un bajo vacío por defectos en las pezoneras, las cuales pueden estar rotas o tener entradas de aire, o bien problemas con el pulsador. También pueden deberse a defectos en la instalación, mangueras demasiado largas, rotas o sucias. Para corregir estos problemas se recomienda cambiar las pezoneras. Otro problema puede ser el tubo de vacío, el cual puede estar sucio. La medida de corrección es limpiarlo con una solución alcalina.

*Ordeño incompleto.* Ordeño irregular de los cuartos. Las causas pueden ser pezoneras muy usadas y alteraciones en la pulsación. Este problema se soluciona cambiando pezoneras.

*Problemas con la bomba.* La falta de vacío puede deberse a interrupciones de aire o bloqueo de los tubos.

### Dificultades durante el ordeño

Algunas dificultades que ocurren durante el ordeño son: extracción de leche sólo a base de esfuerzo excesivo y con gran pérdida de tiempo, y retraso o interrupción parcial o total del flujo de leche debido principalmente a inflamaciones o lesiones abiertas en la zona del pezón y de la ubre.

Las oclusiones en la zona inferior de los pezones son casi siempre operables, a diferencia de aquellas en la zona de transición entre la cisterna del pezón y la de la glándula. Para mantener abierto el canal del pezón se colocan sondas o cánulas de plástico. Después de operar el pezón se protege con vendaje.



### ***Salida involuntaria de la leche***

La salida no deseada de la leche de la glándula mamaria puede deberse a una lesión del pezón, al excesivo ensanchamiento del canal del pezón, o a una debilidad congénita del esfínter del pezón, en este caso es mejor eliminar a la vaca; cuando no es posible el cierre del pezón, se puede amputar si los demás cuartos de la ubre están sanos.

### ***Eliminación de pezones sobrantes***

Además de los cuatro pezones, algunas vacas tienen pezones suplementarios, pezones intermedios y pseudopezones, los cuales pueden estar en comunicación con una pequeña glándula mamaria adicional. Las glándulas mamarias adicionales son una fuente de infección de la ubre.

La eliminación de pezones sobrantes en la ternera se debe realizar a temprana edad. El procedimiento es sencillo: se limpia y desinfecta el pezón y se corta con tijeras esterilizadas.

### **Orden durante el ordeño**

El ordeño mecánico debe iniciar con las vacas jóvenes y sanas, enseguida las vacas adultas, después las vacas con mastitis, y al final vacas que han sido sometidas a tratamiento farmacológico cuya leche no se comercializa. Seguir este orden durante el ordeño evita la transmisión de agentes patógenos a las vacas sanas y la contaminación por sustancias inhibidoras en la leche del hato.

Cuando son pocos animales y el ordeño se realiza manualmente debe separarse la leche de las vacas con glándulas enfermas y la de las vacas tratadas con medicamentos.

Las pezoneras con las que se ordeñaron las vacas en tratamiento farmacológico, o vacas con glándulas enfermas, se deben lavar y sanitizar antes de volver a utilizarlas, ya que es muy importante prevenir la transmisión mecánica de los agentes patógenos.

### **POST-ORDEÑO**

Las actividades durante la fase post-ordeño tienen el propósito de proteger a las vacas de infecciones y prevenir la contaminación de la leche para conservar su calidad. La fase de post-ordeño implica las siguientes actividades: a) manejo de las vacas desde el sellado de los pezones hasta la salida del área de ordeño; b) manejo de la leche desde su colecta hasta la entrega; c) pruebas de control de calidad; d) limpieza y desinfección del área de ordeño, de los utensilios y de los equipos.

La leche de una vaca sana ordeñada higiénicamente contiene bajas cantidades de microorganismos (Cuadro 86); contiene además sustancias bactericidas que la protegen contra la acción microbiana durante cierto tiempo. Estas características deben ser aprovechadas por los productores para conservar la calidad de la leche recién ordeñada desde la unidad de producción hasta que la entregan a los centros de acopio.

**CUADRO 86. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE A NIVEL DE PEZÓN<sup>1</sup>.**

	BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS (UFC/mL)	COLIFORMES TOTALES (UFC/mL)	COLIFORMES FECALES (UFC/mL)	HONGOS Y LEVADURAS (UFC/mL)
Leche a nivel de pezón	8000	< 1000	< 1000	< 10

<sup>1</sup>Fuente: Tepal *et al.*, 2005.

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 la población inicial de bacterias se multiplica ocho veces; en dos horas, 64 veces; y en cuatro horas, 4096 veces. Por lo tanto, en lugares donde la temperatura ambiental es de 30 °C a la sombra en promedio (como en áreas tropicales), es necesario tomar medidas apropiadas para evitar o inhibir la multiplicación microbiana. En el Cuadro 87 se presentan los resultados de un análisis microbiológico de los principales componentes del ordeño. Nótese la enorme diferencia entre las cantidades de bacterias y hongos que existen en la leche a nivel del pezón (Cuadro 86) y las que normalmente se encuentran en las manos de los ordeñadores y en los equipos y utensilios con deficiencias de limpieza y desinfección. De ahí la importancia de considerar como fuentes de contaminación las corrientes de aire, techos, paredes, forrajes y alimentos, pelos de las vacas, entre otras.

**CUADRO 87. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALGUNOS COMPONENTES DEL ORDEÑO<sup>1</sup>.**

COMPONENTE DEL ORDEÑO	BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS (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 interna del recipiente	> 500,000	984	102	3162
Pezonera, parte interna	> 500,000	368	31	5000

<sup>1</sup>Fuente: Tepal *et al.*, 2005.

## Manejo de las vacas

### Principios básicos

#### Sellado de pezones

El canal del pezón es la única barrera entre los tejidos internos de la ubre y el exterior donde abundan los microorganismos causantes de la mastitis. Después del ordeño el conducto del pezón está abierto, y es en ese momento cuando aumenta considerablemente el riesgo de que penetre a la ubre la población bacteriana de la piel del pezón o del ambiente. Una forma de prevenir la entrada de bacterias es aplicar un sellador inmediatamente después del ordeño (Figura 34). Estudios sobre el tema han demostrado que hay una correlación entre la higiene de la piel del pezón y su colonización por *Staphylococcus aureus*, y que un sellador efectivo reduce en 50 a 90% la incidencia de nuevas infecciones intramamarias (Vasavada y White, 1993).





**Figura 34. Pezones sellados.**

El sellado del pezón es la actividad más importante para prevenir las infecciones de la ubre. Su importancia aumenta si existen en el pezón lesiones como grietas y heridas donde se alojan las bacterias y comienzan a reproducirse esperando el momento oportuno para ingresar a la ubre.

#### **Características del sellador**

- a) Tiene la capacidad de adhesión a la piel de los pezones
- b) Destruye los microorganismos de la piel de los pezones
- c) Previene y elimina las colonizaciones microbianas en el canal del pezón
- d) Promueve la cicatrización o saneamiento de lesiones del pezón
- e) No causa irritación a la piel
- f) No deja residuos en la leche
- g) Tiene efecto residual entre ordeños

La acción bactericida del sellador parece depender de una interfase entre éste 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, emolientes y humectantes de la piel, surfactantes, estabilizadores, colorantes y reguladores de viscosidad.

## Selladores más comunes

*Yodóforos.* Son productos a base de yodo con un agente solubilizante o una molécula acarreadora, como óxido de propileno y polivinil pirrolidona. A concentraciones de 0.12 a 2% no se consideran tóxicos.

*Compuestos cuaternarios de amonio en concentraciones del 0.05 a 1%.* Generalmente estos productos llevan en su formulación emolientes que no son tóxicos.

*Hipoclorito de sodio.* Se utiliza en forma acuosa a una concentración de 4%. Desventaja: irritante para la piel, muy sensible a la dureza del agua y no contiene emolientes.

*Clorhexidina.* Se utiliza a una concentración del 0.2 a 1%, con emolientes y tintura.

## Forma de aplicación del sellador

El sellador debe cubrir al menos la mitad del pezón. El método convencional de aplicación del sellador es la inmersión de los pezones en algún tipo de "vaso o copa aplicadora" de 10 cm de diámetro y 5.5 cm de profundidad (Figura 35) para asegurar la cobertura total que permitirá una adecuada desinfección de la piel y de las lesiones de los pezones (Shearn, 1981). Con la capacidad del vaso aplicador se pueden desinfectar los pezones de 10 a 15 vacas (Saran, 1995). Es conveniente que el vaso o copa aplicadora tenga algún dispositivo para colgarlo en la sala para evitar derrames del producto. La frecuencia de rellenar el vaso aplicador depende de la cantidad de la materia orgánica y del cuidado con que se aplica el sellador. El producto que queda en el vaso aplicador debe eliminarse (nunca devolver al envase original) al término de la ordeña. El vaso se lava perfectamente para mantenerlo limpio y seco hasta el ordeño siguiente.



Figura 35. Sellado por inmersión.

Otra forma de aplicación del sellador es por aspersion, de abajo hacia arriba, utilizando aspersores manuales o mecánicos (Figura 36). La ventaja de este método es que la solución sólo se utiliza una vez, por lo que no hay riesgo de contaminación de vaca a vaca o de pezón a pezón.





Figura 36. Sellado por aspersión manual.

### **Práctica con los productores**

Evaluar la aplicación del sellador: dosis, forma y profundidad de aplicación.

### **Salida de las vacas**

#### **Principios básicos**

Las vacas bien manejadas tardan poco tiempo en salir del sitio de ordeño, y sin estrés. Se ha observado que la salida es más rápida que la entrada sin importar que sea frontal o lateral. Un buen manejo de las vacas implica disponer de instalaciones sin riesgos de daños, con el menor número de vueltas posible, piso antiderrapante, ruta de salida amplia. Se recomienda no maltratar a los animales a la salida y proveerles de agua suficiente.

### **Suplementación**

#### **Principios básicos**

Un régimen alimenticio adecuado es la base para obtener buena producción de leche. Las estrategias de alimentación y/o suplementación se vuelven importantes a medida que la genética de las vacas mejora. Los beneficios 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 la eficiencia en el uso de las praderas con mayores cargas, d) prolongar el periodo de lactancia en épocas de producción de materia seca limitada, y e) aumentar el contenido de proteína en la leche.

Para el manejo del ordeño y la calidad de la leche son determinantes el momento y la forma en que se ofrecen alimentos a las vacas, reducir el estrés y evitar que no sea un riesgo de contaminación de la leche.

No obstante que el suministro de alimentos en la sala de ordeño es una motivación para que las vacas ingresen para ser ordeñadas, esta acción puede tener efectos negativos. En el Cuadro 88 se presentan algunas ventajas y desventajas de alimentar a los animales en la sala de ordeño o fuera de ella. Por lo general en los sistemas intensivos y en los pastoriles puros no se le da alimento a las vacas durante el ordeño (Lagger, 2006).

**CUADRO 88. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ALIMENTAR A LAS VACAS EN LA SALA DE ORDEÑO O FUERA DE ELLA.**

SITIO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
En sala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita la movilización de las vacas</li> <li>• Ordeños más rápidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los alimentos sólo pueden ser dados tantas veces como las vacas sean ordeñadas (usualmente dos veces al día)</li> <li>• La cantidad de alimento es limitada</li> <li>• Un mal manejo puede inquietar a las vacas</li> <li>• Las vacas defecan durante el ordeño.</li> <li>• Riesgo de contaminación de la leche por alimento y estiércol</li> </ul>
Fuera de la sala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las vacas permanecen de pie; ello permite que el sellador seque adecuadamente.</li> <li>• Se pueden ofrecer mayores cantidades de alimento, con mayor frecuencia.</li> <li>• Mejora la salud del rumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor eficiencia en la movilización de las vacas</li> <li>• Problemas de acceso a los comederos.</li> </ul>

Se ha observado que la alimentación en la sala de ordeño no afecta el tiempo de ingreso y salida de las vacas; por lo tanto, no constituye un factor que implique una mayor eficiencia de la instalación (Taverna y Nari, 2008).

## Manejo de la leche

### Principios básicos

#### Filtrado

Tanto en el ordeño manual como en el mecánico la leche debe ser filtrada con el propósito de eliminar las impurezas (partículas de tierra, insectos, pelo de los animales, pasto, alimento concentrado, partículas o materiales de los ordeñadores), u otros materiales que contenga ya que son causa de contaminación. Los filtros se deben lavar y desinfectar en cada ordeño

En el ordeño manual la leche se colecta en recipientes con capacidad para 10 ó 15 litros, y después se vacía a tanques a los que se les coloca un colador de tela mosquitero y tela de algodón (Figura 37) para retener las impurezas. Una vez lleno el recipiente se tapa para evitar la entrada de cualquier contaminante. Es recomendable cambiar frecuentemente la tela mosquitero y de algodón para evitar la acumulación de las impurezas. En el caso del ordeño mecánico se colocan filtros industriales (Figura 38) en la línea de conducción o al final



bacterias encuentran todos los nutrimentos que requieren para su desarrollo: agua, proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales. La temperatura óptima para su multiplicación es de 37°C.

Las bacterias para multiplicarse tienen un comportamiento (curva de crecimiento) formado de cuatro fases (Figura 39), y utilizan los nutrientes degradando las macromoléculas en compuestos simples y solubles para que puedan ingresar al citoplasma bacteriano. Al mismo tiempo excretan sustancias o metabolitos que pueden ser tóxicos para la salud humana. Estas sustancias modifican las propiedades de la leche a tal grado que la convierten en un producto no apto para ser procesado o consumido.

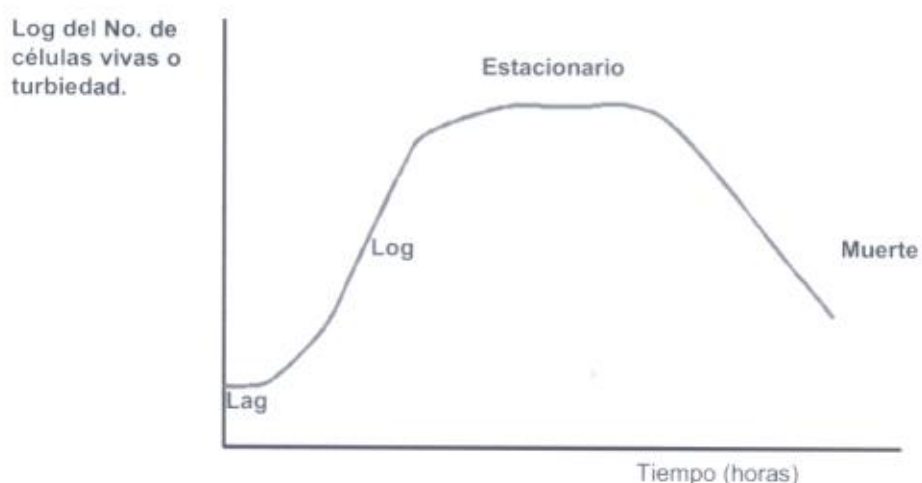


Figura 39. Curva de crecimiento de las bacterias.

## Almacenamiento

### Principios básicos

**Leche sin enfriamiento.** En orden de calidad higiénica, los contenedores para almacenar la leche deben ser de acero inoxidable, aluminio o plástico. No se recomiendan 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 para lavarlos y desinfectarlos correctamente. Algunos metales, entre ellos el hierro, pueden funcionar como catalizadores enzimáticos, dando a la leche olores y sabores rancios.

Para mantener la calidad de la leche y favorecer su conservación, los contenedores deben estar limpios y desinfectados, y las superficies internas no deben tener ralladuras. Una vez llenos los contenedores deben ser tapados y colocados en lugares limpios, a la sombra para protegerlos de los rayos del sol. O bien, se ponen a enfriar por inmersión en agua.

El llenado de los contenedores debe ser en el menor tiempo posible para limitar su exposición a diversas fuentes de contaminación. El transporte de los contenedores debe ser inmediato, ya sea que los recojan en las unidades de producción en la orilla de la carretera, o bien que deban ser entregadas en el centro de acopio o sitio de compra.



Figura 41. Transporte inadecuado de leche.

### Práctica con los productores

1. Describir el manejo de los recipientes con la leche desde el momento en que se colocan en el vehículo hasta que se entregan en los centros de acopio o empresas procesadoras.
2. Evaluar las condiciones de higiene y mecánicas del vehículo.
3. Registrar la ruta y el tiempo de traslado desde el sitio de colecta de leche hasta que se entrega.
4. Analizar la información y redactar conclusiones.

### Pruebas de control de calidad

#### Muestreo

#### Principios básicos

La correcta toma de las muestras de leche y su manejo es determinante para obtener los resultados que representen las condiciones sensoriales, fisicoquímicas y sanitarias.

Las muestras se depositan en frascos de vidrio o de plástico estériles con cierre hermético (Figuras 42, 43, 44 y 45) que se solicitan en el laboratorio donde se van a realizar los análisis, o en una bolsa estéril de 7 onzas, libre de fenol. Las muestras deben ser transportadas en hielera, a una temperatura de 10 °C o menos. No deben transportarse congeladas.

En el caso de envío de muestras de lugares distantes por cualquier medio de mensajería se recomienda el uso de conservadores entre los que están tabletas de 0.5 g de cloruro mercúrico o dicromato de potasio y excipiente hasta un total de 7g, en dosis de una tableta por cada 250 mL de leche; o una solución de formaldehído al 36% en dosis de 0.85 mL por cada 250 mL de leche.



Estos conservadores no interfieren con las pruebas físico-químicas rutinarias, con excepción de la prueba de la fosfatasa, en la que solamente se admite como conservador al cloroformo, en dosis de 1 a 3 mL por cada 100 mL de leche.

Se recomienda asegurar que los procedimientos de toma de muestras y conservación de las mismas no alteren las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de la leche. Además, las muestras deben ser representativas del total de la leche contenida en el recipiente de almacenamiento.



Figura 42. Frasco para muestreo.

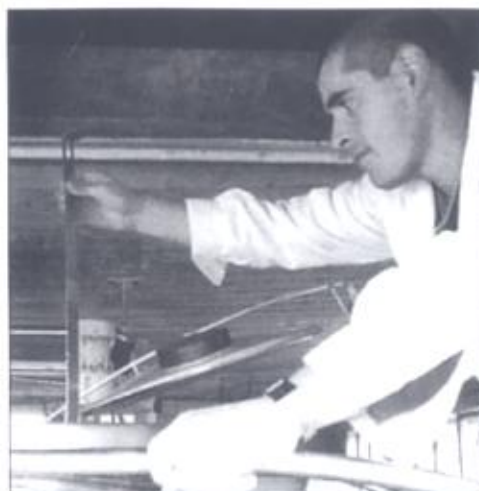


Figura 43. Introducción de frasco.

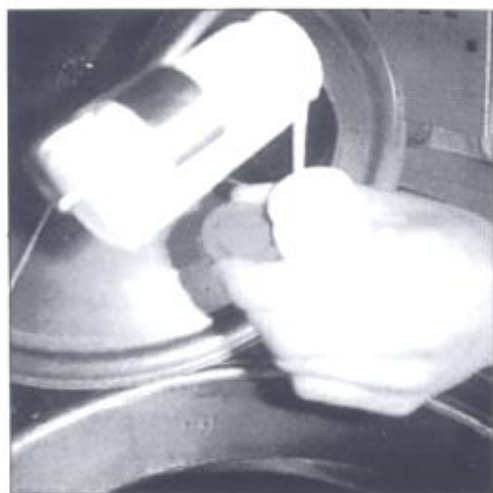


Figura 44. Toma de muestra.



Figura 45. Identificación.

Se sugiere atender las siguientes recomendaciones:

1. Las características de la leche que se revisan al recogerla son: color, olor y temperatura.
2. Previo a la toma de las muestras de los tanques colectores, la leche se debe mezclar con un agitador de acero inoxidable con movimientos suaves verticales durante 2 minutos.
3. Los tanques colectores con sistema de enfriamiento cuentan con un agitador que funciona constantemente; en este caso las muestras se toman sin demora. Las muestras se toman por separado de cada tanque.
4. El cucharón con el que se colecta la muestra debe estar limpio y desinfectado con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio durante 5 minutos.
5. Los frascos con las muestras se colocan en cajas de unicel con hielo para ser transportadas al laboratorio, y éstas se deben conservar en refrigeración hasta su análisis.

### **Práctica con los productores**

#### **Instrucciones:**

1. Solicitar al laboratorio los frascos (con conservador) para depositar las muestras.
2. Previamente agitar la leche durante 2 minutos como mínimo.
3. Colocar el frasco muestreador en el dispositivo de muestreo perfectamente limpio y seco.
4. Introducir el dispositivo para extraer la muestra desde el fondo realizando un barrido diagonal ascendente.
5. Depositar la muestra en el frasco dejando espacio para mezclar la leche con el conservador.
6. Secar el frasco con toalla desechable e identificar la muestra.
7. Almacenar las muestras en una caja aislante (unicel) que mantenga la cadena de frío a 4 °C, aproximadamente.
8. Enviar al laboratorio.

### **Calidad de la leche**

La calidad de la leche se evalúa a través de pruebas sensoriales, fisicoquímicas y sanitarias. Las pruebas son procedimientos analíticos que se realizan para determinar las características y propiedades de la leche y comprobar si satisface las especificaciones establecidas en las normas o criterios de calidad que le confieren la aptitud de ser nutritiva e inocua para el consumo humano.

En la actualidad la aceptación de la leche cruda en los centros de acopio o en las empresas procesadoras depende de la calidad de la materia prima. Por lo tanto, el solo hecho de llevar la leche a las plantas procesadoras no implica que será aceptada; de ahí la importancia de obtener leche de buena calidad. Las pruebas de control de calidad y los análisis que se realizan en cada una de ellas son los siguientes:



Pruebas	Análisis
Sensoriales	Color y olor 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.

### Análisis sensoriales

Si la leche no presenta el color característico se puede deber a que se mezcló con calostro o con leche de vacas con problemas de mastitis subclínica en grado avanzado, incluso con sangre o pus. La leche de dudosa calidad tiene una menor vida de anaquel, va a ser rechazada en los centros de acopio, y representa un alto riesgo para la salud de los consumidores.

La leche tiene la particularidad de absorber olores de productos químicos, alimentos concentrados, pesticidas o fertilizantes químicos que se encuentren almacenados en el establo, o del ambiente (estercoleras, sanitarios); por tanto, la leche con olor no característico indica que no es de calidad.

El reglamento de control sanitario de productos y servicios de la Secretaría de Salud (Diario Oficial de la Federación, 1999) señala que la leche debe "Ser de color, olor y sabor característicos que correspondan a una ordeña higiénica". Actualmente la prueba de sabor no se realiza por el riesgo sanitario que representa.

### Análisis fisicoquímicos

En el Cuadro 89 se presentan las especificaciones de los análisis fisicoquímicos de la calidad de la leche cruda, los estándares establecidos en el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios de la Secretaría de Salud, en la NMX-700-COFOCALEC-2004, en el Pliego de Condiciones de la Leche Calidad Suprema (2007), y se complementa con los valores promedio reportados por la empresa mexicana Alpura (2008).

### Análisis de calidad sanitaria

**Acidez** (COFOCALEC, 2004). La leche generalmente 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 - 0.08%) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0.01 - 0.02%), los citratos (0.01%) y la albúmina (menos del 0.001%). La acidez se mide con base en una titulación alcalimétrica con hidróxido de sodio 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador.

**CUADRO 89. ESPECIFICACIONES DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LECHE CRUDA DE VACA.**

PARÁMETRO	REGLAMENTO DE CONTROL SANITARIO	COFOCALEC	CALIDAD SUPREMA	ALPURA
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 - 30.9		
Clase C		28 - 29.9		
Lactosa, g/L	43 - 50	43 - 50	45 - 50	47
Sólidos no grasos, g/L	83 - 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 (-0.35) y -0.536 (-0.560)	- 542
Caseína en relación con proteína total, %	-	-	75 mínimo	-

**Procedimiento.** Depositar 20 mL de leche de la muestra en un matraz. Añadir 2 mL de fenoltaleína y titular con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado persistente cuando menos 1 minuto, empleando como guía de color una muestra de control de acetato o cloruro de rosanilina. La acidez se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez (g/L)} = \frac{V \times N \times 90}{M}$$

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 (mL)

**Prueba de alcohol al 72% v/v.** La mezcla de cantidades iguales de alcohol al 72% y leche provoca una deshidratación parcial de ciertos coloides y floculan al alcanzar un estado de desequilibrio entre sus dos fases discontinuas. El resultado de esta prueba se reporta como positivo o negativo.

**Procedimiento.** Depositar 2 mL de leche cruda en un tubo de ensaye y agregar 2 mL de alcohol al 72%; mezclar y observar. La formación de grumos es una reacción positiva e indica que la suspensión coloidal de la leche se encuentra afectada, por lo que no es apta para el proceso de pasteurización.

**Prueba de reductasas.** Para evaluar la calidad microbiológica de la leche se emplean colorantes como el azul de metileno, debido a que se decolora a una velocidad proporcional a la actividad de las reductasas microbianas.



**Procedimiento.** Depositar 10 mL de leche cruda en tubos de ensaye estériles de 16 x 160 mm, con tapa de rosca, y añadir a cada tubo 1 mL de solución de azul de metileno; cerrar los tubos y mezclar por inversión una o dos veces; incubar a 37 °C en baño de agua. Observar los tubos cada media hora y registrar con precisión la hora de inicio de decoloración. Interpretar las observaciones de acuerdo a la guía contenida en el Cuadro 90.

**CUADRO 90. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE REDUCTASAS.**

TIEMPO DE DECOLORACIÓN	BACTERIAS POR ML	CALIDAD DE LA LECHE
5 horas	100 mil a 200 mil	Buena
2 a 4 horas	200 mil a 2 millones	Buena a regular
< a 2 horas	2 a 10 millones	Mala

**Cuenta total bacteriana.** La evaluación de las condiciones higiénicas de la leche cruda se realiza con el propósito de determinar la cantidad total de bacterias presentes; esta práctica es esencial para garantizar la calidad sanitaria de los productos lácteos. La determinación de la cuenta bacteriana se realiza mediante la técnica de cultivo en placa (NOM-092-SSA1-1994) utilizando métodos de microscopía directa y métodos indirectos que emplean compuestos fluorescentes. La técnica de cultivo en placa 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. La técnica admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores

**Procedimiento.** Preparar diluciones 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-4</sup> de la muestra de leche (Secretaría de Salud, 1995c), inocular con 1 mL las cajas de petri y 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. Dejar solidificar. Incubar las cajas en posición invertida (la tapa hacia abajo) a 35 +/- 2 °C durante 48 +/- 2 horas. Para realizar la lectura se seleccionan aquellas placas donde aparezcan entre 25 a 250 colonias para disminuir el error en la cuenta y poder contar.

**Determinación de antibióticos  $\beta$  lactámicos en leche con SNAP.** Se basa en la unión del antibiótico a una proteína específica alojada en la matriz de una membrana. Para su determinación se puede utilizar cualquiera de los siguientes productos: Charm I test, el cual permite la detección exclusiva de antibióticos  $\beta$  lactámicos en un tiempo de 15 min; Charm II test, que detecta tetraciclinas, sulfonamidas además de los  $\beta$  lactámicos; el delvo-X-press y SNAP-  $\beta$  lactámicos son ensayos en donde la determinación se realiza por una reacción enzimática (Figura 46).

**Procedimiento.** Se utilizan muestras de leche no pasteurizadas y no congeladas; en caso de emplear muestras refrigeradas, éstas deben mezclarse y probarse después de los tres días de haber sido colectadas. Con la pipeta del kit se toman 500  $\mu$ L de leche. La muestra se incuba en el contenedor correspondiente a 45 °C durante 5 minutos y se deposita en el SNAP. Cuando el círculo azul de activación empiece a desaparecer, oprimir el activador y esperar 4 minutos, el SNAP debe permanecer a 45 °C durante este tiempo. Realizar la lectura correspondiente comparando el control negativo del SNAP. Un resultado negativo es cuando la mancha de la muestra es de color oscuro o igual a la mancha del control, y un resultado



positivo cuando la mancha de la muestra es más clara que el control (Benito *et al.*, 2007).

En el Cuadro 91 están contenidas las especificaciones de las pruebas sanitarias de la calidad de leche cruda de acuerdo con el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios de la Secretaría de Salud, en la NMX-700-COFOCALEC-2004, en el Pliego de Condiciones de la Leche Calidad Suprema (2007) y se complementa con los valores promedio reportados por la empresa mexicana Alpura.

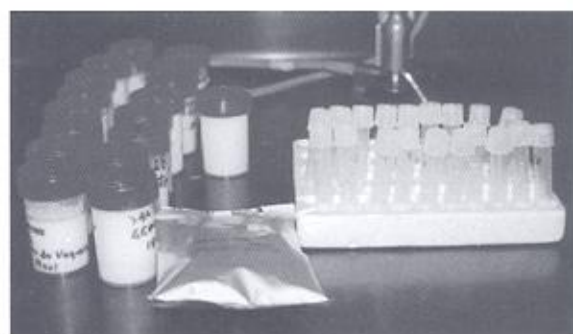


Figura 46. Kit de Snap-β-lactámicos.

CUADRO 91. ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS SANITARIAS DE LA LECHE CRUDA DE VACA.

PARÁMETRO	REGLAMENTO DE CONTROL SANITARIO	COFOCALEC	CALIDAD SUPREMA	ALPURA
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 M1 µg/kg *	–	0.5	05	–
Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias UFC/MI				
Clase 1		≤ 100,000	35,000 máximo	8000
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	≤ 400,000	290,000
Clase 2		401,000 a 500,000		
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 acreditados en el método de prueba.

En el Cuadro 92 se presentan las sustancias que se han detectado en la leche y que no están contenidas en el reglamento de control sanitario de productos y servicios (Diario Oficial de la Federación, 1999).

En el Cuadro 93 se presentan los parámetros y la frecuencia con la que se realizan los análisis sensoriales, fisicoquímicos y sanitarios, así como para detectar sustancias extrañas en leche a temperatura ambiente y leche fría en los centros de acopio.



**CUADRO 92. SUSTANCIAS DETECTADAS EN LECHE CRUDA.**

TIPO	SUSTANCIAS
Conservadores	Peróxido de hidrógeno Derivados clorados Aldehídos Sales cuaternarias de amonio
Neutralizadores	Compuestos alcalinos
Adulterantes	Agua Suero Productos vegetales

**CUADRO 93. PARÁMETROS Y FRECUENCIA DE ANÁLISIS DE LA LECHE CRUDA EN LOS CENTROS DE ACOPIO.**

PARÁMETRO	FRECUENCIA DE ANALISIS	
	LECHE CALIENTE	LECHE FRIA
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
Conteo de Células somáticas	Por contenedor Semanal	Por contenedor y salida de la pipa Semanal en contenedor Diario en 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 pipa
Cuenta total bacteriana	Quincenal	Quincenal
Reductasas	Semanal	Semanal en el contenedor Diario salida de la pipa
Antibióticos	Quincenal	Semanal en 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 contenedor Diario en salida de la pipa
Compuestos cuaternarios	Semanal	Semanal en contenedor Diario en salida de la pipa
Suero	Según historial del productor	Según historial del productor
Productos vegetales	Según historial del productor	Según historial del productor

En el Cuadro 94 se presentan los parámetros que se utilizan para analizar la leche cruda, los métodos de análisis y las normas oficiales donde están contenidas las especificaciones para los parámetros correspondientes.

**CUADRO 94. PARÁMETROS, MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LA LECHE CRUDA Y NORMAS OFICIALES.**

PARAMETRO	MÉTODO	NORMA, MÉTODO OFICIAL
Color	Observación	
Olor	Observación	
Materia extraña	Filtración	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Células somáticas Prueba de California Cuento	Coagulación 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, Lactichek	NOM-155-SCFI-2003, AOAC, 2002d
Proteína	Kjeldahl, Milko Scan, Lactichek	NOM-155-SCFI-2003, AOAC, 2002d
Sólidos no grasos	Por diferencia	NOM-155-SCFI-2003
Cuenta total bacteriana	Placa	NOM-092-SSA1-1994, NMX-F-715-COFOCALEC-2006
Reductasas	Colorimétrico	NMX-F-700-COFOCALEC-2004
Antibióticos	Kit	AOAC, 2002c
Aflatoxina M1	Elisa Columna de inmunoafinidad- HPLC	NOM-184-SSA1-2002
Peróxido de hidrógeno	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002
Derivados clorados	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002, AOAC, 2002b
Aldehídos	Colorimétrico	Foley y Buckley, 1974; Goded y Mur, 1966.
Compuestos alcalinos	Colorimétrico	Alais C, 1991
Sales cuaternarias de amonio	Colorimétrico	NOM-184-SSA1-2002
Suero	Electroforesis en gel	Pinto y Casadini, 1991
Grasas vegetales	Cromatografía de gases	NOM-155-SCFI-2003

### Práctica con los productores

Al término de la ordeña evaluar las siguientes características de la calidad de la leche:

1. Color
2. Olor
3. Materiales extraños (pelo, residuos de forraje, de alimento, estiércol, etc.)



4. En una muestra de 100 mL realizar las siguientes pruebas:

- a) Acidez
- b) Alcohol al 72%
- c) Densidad
- d) Reductasas

## **Buenas prácticas de higiene**

### **Limpieza y desinfección de sala, equipos y utensilios de ordeño**

La limpieza y desinfección de instalaciones, equipos y utensilios en las unidades de producción de leche es esencial para garantizar la calidad sanitaria de la leche cruda. Una mala higiene es la causa de una elevada cantidad de bacterias en la leche que ocasionan serias consecuencias para productores, consumidores e industrias.

La limpieza se define como una serie de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otros materiales. El propósito de la desinfección de los utensilios de ordeño es reducir la cantidad de microorganismos a un nivel permisible que no contamine la leche. La desinfección mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos, generalmente no mata las esporas.

### **Factores que influyen en los procesos de limpieza y desinfección**

#### **Principios básicos**

Para lograr una eficiente limpieza es importante tomar en cuenta el tipo de material con que están construidas las instalaciones, los tipos de superficies, las características de los residuos a eliminar y la calidad del agua.

En la ordeña mecánica o manual todos los equipos y utensilios deben ser de materiales inertes (en orden de calidad acero inoxidable, aluminio o plástico), no corrosibles para resistir los procesos de limpieza y desinfección. Los plásticos de uso doméstico deben ser cambiados anualmente, o antes si están impregnados de olores indeseables que no puedan ser eliminados. No se recomienda el uso de perlas o recipientes revestidos, porque se dañan fácilmente y se oxidan, ni recipientes de madera, cobre o bronce. Las superficies de las instalaciones deben ser lisas, sin orificios y grietas, y tener acabados sanitarios (sin esquinas).

**Residuos a eliminar.** La leche es una emulsión de grasa, proteína, azúcar y minerales; los tres primeros componentes son orgánicos y deben ser removidos de los utensilios y del equipo de ordeño lo más pronto posible para evitar que se sequen y endurezcan, y se dificulte su limpieza. Los minerales de la leche y del agua forman acumulaciones inorgánicas o costras. En el Cuadro 95 se describen los tipos de residuos de leche, sus principales componentes y sus características.



## CUADRO 95. RESIDUOS DE LECHE, PRINCIPALES COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS.

TIPO DE RESIDUO	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
Grasas	Principalmente grasa butírica	Insolubles en agua, ácidos y álcalis. Comienzan a solidificarse a los 35 °C
Proteínas	Caseína, principalmente	Solubles en álcalis
Azúcares	Lactosa, principalmente	Solubles en agua
Minerales	Carbonatos y fosfatos de calcio y magnesio	Ligeramente solubles en agua Solubles en medios ácidos

**Calidad de agua.** Es variable de una región a otra; básicamente se refiere a la concentración de sales (bicarbonato de calcio, bicarbonato de magnesio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio) y a la dureza que ésta les proporcione, ya que de ello dependerá el tipo de detergentes y desinfectantes a utilizar. La dureza reduce la efectividad de los limpiadores y desinfectantes, por lo que se deben utilizar secuestradores, quelantes o por ablandamiento del agua.

### Procesos de limpieza y desinfección

#### Principios básicos

Las actividades de limpieza y desinfección se realizan para eliminar cualquier material no deseado y una cantidad de microorganismos de instalaciones, equipo y utensilios que hayan estado en contacto con la leche al terminar el ordeño. Es muy importante prevenir la formación de una película biológica por las bacterias que generalmente están presentes en las superficies que parecen limpias. En caso de haberse formado mediante la desinfección la película se elimina.

En los procesos para la limpieza y desinfección se utilizan principios físicos y químicos, por lo que la efectividad se mide por la eliminación de residuos físicos, químicos y biológicos.

#### Ordeña mecánica

En la ordeña mecánica se considera la eliminación de los residuos de las superficies por remoción directa o por el movimiento y contacto constante del agua o soluciones. En las tuberías, las superficies internas se limpian mediante la circulación del agua o soluciones químicas 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 en un máximo de 22 seg.

**Temperatura.** Es un factor importante pues depende de la reducción de la tensión superficial, de la rapidez con que se realiza la saponificación, hidrólisis y remoción de los aceites, ácidos grasos y grasa.

**Concentración de las soluciones.** El uso de concentraciones adecuadas de detergentes ácidos o alcalinos aumenta la eficacia de la limpieza pero hasta cierto límite. La concentración de un detergente se determina con base en la dureza del agua, mientras que la concentración de las soluciones desinfectantes depende del fabricante.



**Duración de la limpieza.** Depende de los productos químicos a utilizar y del tiempo mínimo de contacto recomendado por el fabricante; generalmente no excede de 20 minutos.

**Volumen utilizado.** Es de suma importancia saturar de agua las tuberías. Si falta agua las soluciones de limpieza y desinfección no llegarían a todas las áreas a limpiar durante cada ciclo de lavado.

### **Sala o área de ordeño y sitios aledaños**

1. Recoger y desechar basura, residuos de productos, polvo o cualquier otro material que sea fuente de contaminación que esté presente.
2. Mojar con suficiente agua potable el sitio o la superficie que se va a limpiar.
3. Preparar la solución de detergente que se va a utilizar y esparcirla en las superficies que se van a limpiar.
4. Restregar fuertemente las superficies con escobas o cepillos para eliminar toda la suciedad posible, hasta la que no se aprecie a simple vista.
5. Dejar actuar la solución detergente de 3 a 5 minutos.
6. Enjuagar con suficiente agua potable y asegurarse de que se eliminó todo el detergente y que todo quedó completamente limpio.
7. La solución desinfectante se debe preparar 20 minutos antes de ser utilizada.
8. Aplicar la solución desinfectante y dejar que esté en contacto con las superficies por un tiempo mínimo de 10 minutos. En caso de utilizar cloro no es necesario enjuagar. Durante este tiempo se elimina la mayor cantidad de microorganismos.

**Equipos de ordeño.** Al terminar la ordeña, en el equipo quedan residuos de leche líquidos y una película fina de leche que fue secada por el aire. La mayoría de estos residuos se elimina con un enjuague inmediatamente al terminar de utilizarlos y después del enjuague se recurre al uso de sustancias químicas.

La "piedra de leche" en los equipos y utensilios es una capa de calcio y magnesio que se forma con el tiempo y les da un aspecto sucio; esta capa protege a los microorganismos presentes en los equipos.

Normalmente la limpieza se realiza por métodos *in situ* (no se desmantela el equipo); sin embargo, para limpiar las áreas a las cuales es posible que no llegue la solución limpiadora con la suficiente fuerza, como codos de las tuberías, uniones, juntas y el interior de colectores, se recomienda desarmarlos dos veces al mes ya que son los sitios donde se acumulan residuos de alto riesgo para la contaminación bacteriana. En el Cuadro 96 se presenta una serie de actividades de limpieza y desinfección de los equipos de ordeño, los métodos y los propósitos de las mismas.



**CUADRO 96. ACTIVIDADES, MÉTODOS Y PROPÓSITOS DE LA LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ORDEÑO.**

ACTIVIDADES	MÉTODOS	PROPÓSITOS
Enjuague	Pasar suficiente agua tibia (de 35 a 40°C) hasta que ésta salga limpia. El agua a temperatura ambiente es menos eficiente.	Eliminar los residuos antes de que se sequen y se depositen en las superficies de las tuberías. Precalentar las tuberías para mejorar la acción de las soluciones limpiadoras.
Lavado con detergente alcalino clorado	Preparar la solución detergente como se indica en la etiqueta del producto. La temperatura al iniciar el lavado debe ser de 70 a 75°C, y al finalizar debe ser de 49°C. El pH óptimo es de 12 y el cloro debe ser de 100 ppm. La duración del lavado debe ser entre 10 y 20 minutos.	Eliminar las grasas y proteínas, principalmente. Determinar el pH y la concentración de cloro con tiras reactivas.
Enjuague	Pasar agua suficiente hasta que esté clara a la salida.	Eliminar la solución detergente que contiene los residuos removidos.
Lavado ácido	Actualmente se manejan esquemas en los que se utilizan detergentes alcalinos en la mañana y ácidos en la tarde. Se recomienda utilizar ambos en cada ciclo de ordeño. En algunos establos este procedimiento se realiza dos o tres veces por semana. La temperatura de la solución debe ser de 20 a 35 °C, el pH de 3 a 4, y el tiempo de lavado 5 minutos.	Neutralizar los residuos alcalinos; prevenir y eliminar los residuos minerales.
Enjuague	Pasar agua suficiente hasta que ésta salga limpia (clara).	Eliminar la solución detergente que contiene los residuos removidos.
Desinfección * Se pueden aplicar otros desinfectantes	Se realiza al final del ciclo de lavado y antes de cada ordeño utilizando una solución de cloro a una concentración de 100 a 200 ppm. El tiempo de aplicación debe ser de 5 minutos	Prevenir la contaminación de las superficies interiores. Determinar la concentración de cloro con tiras reactivas.

**Utensilios (Limpieza manual).** Para la limpieza y desinfección manual de los utensilios se siguen los mismos procedimientos descritos para los equipos de ordeño. La limpieza de los utensilios se debe realizar en cuanto se dejen de usar: de no realizarla, los residuos se secan y la limpieza se dificulta.

1. Enjuague con agua a 35-40°C, y restriegue con un cepillo de cerdas suaves si el material es de acero inoxidable. En caso de materiales de plástico utilice esponjas.
2. Aplique una solución detergente a temperatura de 35 a 40°C y restriegue con cepillo o esponja para remover los residuos de las superficies a limpiar.



3. Enjuague con suficiente agua para remover tanto los residuos como la solución detergente.
4. Desinfecte los utensilios con soluciones como el hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm.
5. Ponga a secar los utensilios boca abajo para protegerlos de posibles contaminaciones antes de volver a utilizarlos.
6. Enjuague con agua potable o agua de buena calidad.

## LITERATURA CITADA

- Adams MR, Moos OM. 1997. Microbiología de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España.
- Alais Ch. 1991. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. CECSA, 8ª reimp. México D.F. 594 p.
- Alfa De Laval. 1999. Manual de industrias lácteas. A. Madrid V. (ed.) Suecia. 333 p.
- Alfa De Laval. 2008. Salas de ordeño. Disponible en: [http://www.delaval.com.ar/Products/Movies/Milking\\_systems/default.htm](http://www.delaval.com.ar/Products/Movies/Milking_systems/default.htm). [Consultado el 11 de agosto de 2008]
- Alpura. 2008. Nuevas exigencias, estándares de calidad y normatividad. I Foro de la Leche.
- AOAC. 2002a. Determinación de acidez. Método 947.05. 17ª ed. 1ª revisión.
- AOAC. 2002b. Determinación de caseína por Kjeldahl. Método 991.18. 17ª ed. 1ª revisión.
- AOAC. 2002c. Determinación de derivados clorados. Método colorimétrico con yoduro de potasio. Método 922.08. 17ª. Ed. 1ª revisión.
- AOAC. 2002d. Método microbiológico con el Kit Delvotest. Método 982.18. 17ª. Ed. 1ª revisión.
- AOAC. 2002e. Método Kjeldahl o Milko Scan o Lactichek. Método 982.18. 17ª. Ed. 1ª revisión.
- Ávila RLA. 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, Fac. de Química, Universidad Autónoma de Yucatán. 69 p.
- Ávila TS. 1986. Producción intensiva de ganado lechero. México, CECSA.
- Ávila TS, Gutiérrez CAJ. 2008. Producción de ganado lechero. Ordeño mecánico. Libro electrónico. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/bibliwir/BvS1Lb/BvS1Pdf/Avila/index3v.pdf>. [Consultado el 12 de agosto de 2008] 161: 23 – 31.
- Benito PE, Urraca L, Moreno-BMC. 2007. Técnicas de tratamiento de muestra para la detección de residuos de antibióticos  $\beta$  lactámicos. Depto. de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

- Blowey RW, Collis K. 1992. Effect of premilking teat disinfection on mastitis incidence, total bacterial count, cell count and milk yield in three dairy herds. *Vet. Rec.* 130:175-178.
- Bushnell RB. 1984. The importance of hygienic procedures in controlling mastitis. *Vet Clin. North Am. Large Animal Pract.* (6):361-370.
- Cabrera M, Villa J, Murillo G, Suárez L. 2006. Cómo obtener leche de buena calidad. Disponible en: [www.turipana.org.co/ordeño](http://www.turipana.org.co/ordeño) 2006.
- Cavazos GF. 2008. Veterinario de Servicio Técnico. ABS México S.A. de C.V. [www.absmexico.com.mx/articulos/salaefi.pdf](http://www.absmexico.com.mx/articulos/salaefi.pdf), 14 p.
- COFOCALEC. 2004a. NMX-F-704-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche- Equipos para ordeño mecánico- Especificaciones fisicoquímicas y métodos de prueba.
- COFOCALEC. 2004b. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche- Alimento lácteo- Leche cruda de vaca- Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- COFOCALEC. 2006. NMX-F-715-COFOCALEC-2006. Sistema producto leche- Especificaciones para el enfriamiento y almacenamiento de leche cruda en las explotaciones lecheras.
- Correa BA *et al.* 2002. Zootecnia de bovinos productores de leche. *In:* Introducción a la Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D.F.
- Foley J, Buckley J. 1974. Commercial testing and product control in the dairy industry.
- Eastringe M. 2001. Control de la mastitis ambiental. Disponible en: <http://wwwa.Aces.Edu/urbans/spanis agricultura>.
- Galton DM, Petersson LG, Cerril WG, Bandler DK, Shuster DE. 1984. Effect of premilking udder preparation on bacterial population, sediment, and iodine residue in milk. *J Dairy Sci.* 67: 2580-2589.
- Gásque GR, Blanco OMA. 2001. Zootecnia en bovinos productores de leche. UNAM, Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, D.F.
- Gásque GR, Blanco OMA. 2004. Sistema de producción animal: bovinos. División del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D.F.
- Infocame. 2006. El ordeño. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Infoleche. 2008. Manual de industrias lácteas. Disponible en [http://www.infoleche.com/argentina/arte/manual\\_ind\\_lacteas\\_CD/index.htm](http://www.infoleche.com/argentina/arte/manual_ind_lacteas_CD/index.htm)
- Igawa KH, Adkinson RW, Gough RH. 1992. Evaluation of a gel teat cleaning and sanitizing compound for premilking hygiene. *J. Dairy Sci.* 75:1224-1232.



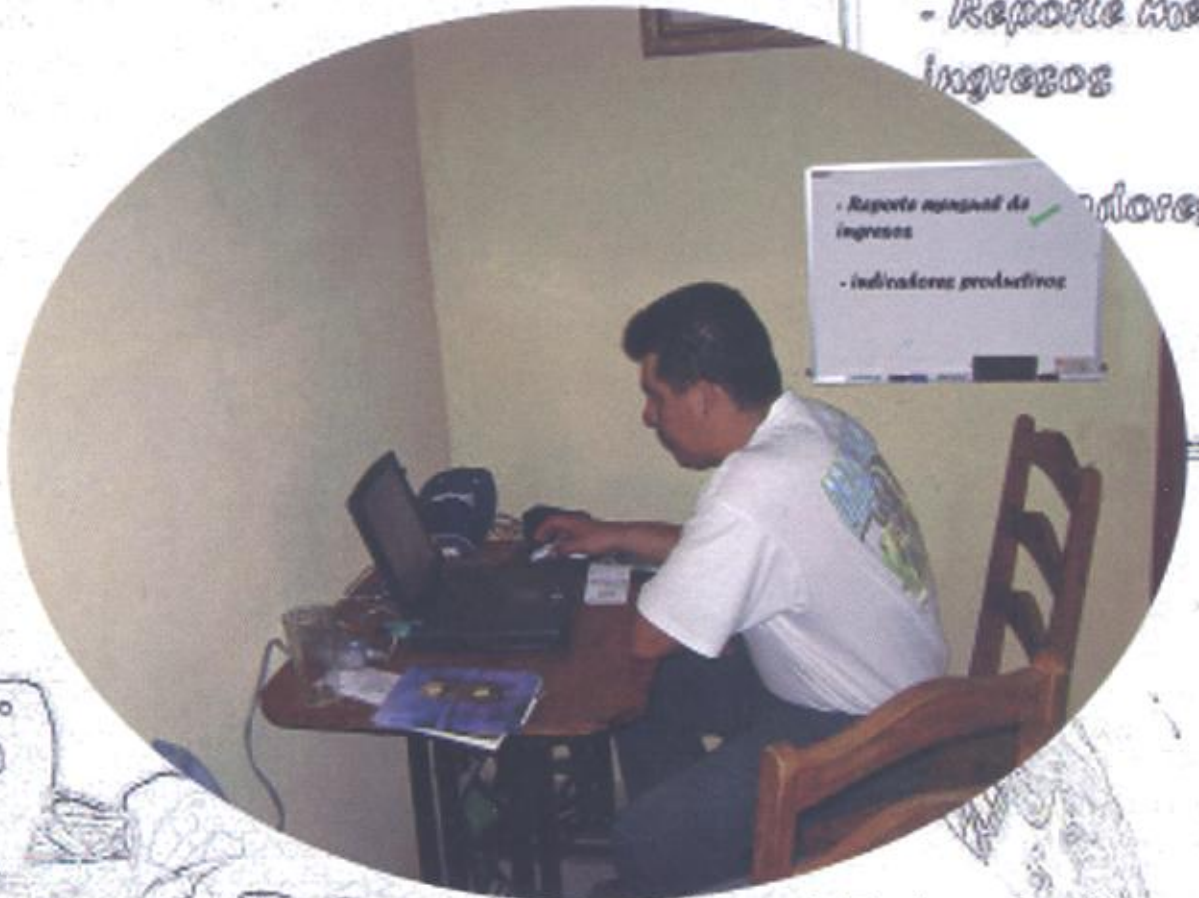
- Lagger JR. 2006. Bienestar y salud animal en establecimientos lecheros. *Veterinaria Argentina* 23(223):190-262. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Liconsal. 2007. Manual de normas de control de calidad de leche cruda. 6a. revisión, Clave VST-DP-NR-005. 6 de junio de 2007. 28 p.
- Magariños H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Edición 2001, Producción y Servicios Incorporados, S.A. Mixco, Guatemala, Centroamérica. 96 p.
- Nelson PHW. 2002. Ganando la lucha contra las mastitis. Westfalia. USA.
- NMX-F-026-1997-SCFI. Leche - Denominación, especificaciones comerciales y métodos de prueba. 18/08/1997
- NOM-092-SSA1-1994. Cuenta total de mesofílicos aerobios por la técnica de vaciado en placa.
- NOM 110-SSA1-1994. Procedimientos para la toma y transporte de muestras de alimento para su análisis microbiológico.
- NOM 113-SSA1-1994. Método para la prueba de coliformes totales en placa.-NOM-120-SSA1-1994.
- Noquera E. 2001. La mejor manera de controlar la mastitis. Disponible en: <http://www.aic.uniavi>.
- Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 03/027. 1999. Leche entera cruda. Ministerio Agropecuario y Forestal.
- Paranhos da Costa MJR, Piovezan U, Cyrillo JNSG, Razook AG. 2002b. Genetic and environmental factors affecting cattle temperament in four beef breeds. *In: 7° World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. INRA, Montpellier, France.
- Philot WN, Nickerson SC. 1991. Mastitis: counter attack. A strategy to combat mastitis. Babson Bros. Co. Naperville, Illinois. USA.
- Pinto M, 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*. 16(1): 23-31.
- Rahman MS. 1999. Post harvest handling of food of animal origin. *In: Handbook of Food Preservation*. Marcel Dekker, p. 47-67.
- Robinson RK. 1997. Microbiología lactológica. Acribia. Zaragoza, España.
- Saran A. 1995. Disinfection in the dairy parlour. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 14:207-224.

- SEDESOL. 2007. Manual de normas de control de calidad de leche cruda. Liconsal. 6ª revisión 6 de junio de 2007. Secretaría de Desarrollo Social, Dirección de Producción. México, D.F. 28p.
- Secretaría de Economía. 2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Leche. México, D.F. 25 p.
- Secretaría de Economía. 2003. 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, 12 de septiembre de 2003.
- Secretaría de Salud. 2002. NOM-184-SSA1-2002. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, 23 de octubre de 2002.
- Secretaría de Salud. 1999. Reglamento de control sanitario de productos y servicios. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, 09 de agosto de 1999.
- Secretaría de Salud. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, 21 de febrero de 1996.
- Secretaría de Salud. 1995a. 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, 28 de agosto de 1995.
- Secretaría de Salud. 1995b. 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, 12 de diciembre de 1995.
- Secretaría de Salud. 1995c. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México, D.F. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, de diciembre de 1999.
- SEMARNAP. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, 3 de febrero de 1997.
- 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. 4:67-69. SNAP IDEX Laboratories Inc.
- Taverna M, 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. [www.produccion-animal.com](http://www.produccion-animal.com).



- Tepal ChJA, Delgado HMA, Rojas O, 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, Solís CJJ. 2005. Capacitación y transferencia de tecnología para mejorar la calidad higiénica de la leche de vaca en el estado de Yucatán. Memorias, II Reunión Estatal de Investigación Agropecuaria, Forestal y Pesca. Mérida, Yucatán, 20 al 22 de enero. p. 16-20.
- Tepal ChJA, Delgado HMA, Velásquez MPA, Hernández R E. 2004. Indicadores de calidad de leche de vaca en el estado de Yucatán. I Reunión Regional, presentación de resultados de investigación pecuaria. Fundación Produce Yucatán, A. C. p. 56-63.
- Vasavada PC, White CH. 1993. Symposium: Developing methodology for microbial evaluation of milk and dairy products. *J Dairy Sci*. 76:3099-3100.
- Voisinet BD, Grandin T, Tatum JD, O' Connor SF, Struthers JJ. 1997 En engorde a corral, el ganado calmo gana más peso por día que el ganado arisco. *J Anim Sci*. 75: 892-896
- Walstra P, Geurts TJ, Nooman A, Jellema A, Van Boekel S. 1999. II Processes. In: Dairy technology. Principles of milk properties and processes. Marcel Dekker, USA. p. 171-187.

## PROCESO DE ADMINISTRACIÓN



Dr. José Antonio Espinosa García<sup>1</sup>

M.C. Venancio Cuevas Reyes<sup>2</sup>

M.C. Sergio Fernando Góngora González<sup>3</sup>

M.C. Georget Moctezuma López<sup>4</sup>

Dr. José de Jesús Espinoza Arellano<sup>5</sup>

M.C. Ubaldo Aguilar Barradas<sup>6</sup>

Dr. Alfredo Aguilar Valdez<sup>7</sup>

<sup>1</sup> CENID Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP.

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle de México. CIR Centro-INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Mochochá. CIR Sureste-INIFAP.

<sup>4</sup> CENID-COMEF-INIFAP.

<sup>5</sup> Campo Experimental La Laguna. CIR Norte Centro-INIFAP.

<sup>6</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UV.

<sup>7</sup> Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".



## PROCESO DE ADMINISTRACIÓN

### INTRODUCCIÓN

En la región central de México predominan los sistemas de producción de leche de bovino a escala familiar, los cuales aportan cerca del 30% de la leche y carne del país (FAO-SAGARPA, 2004). Una de las características predominantes de estos sistemas es el uso de mano de obra familiar y el bajo uso de sistemas de control tanto técnico como administrativo (Espinosa y González, 2004). No obstante ser de pequeña escala, la ganadería familiar bovina en México es una actividad compleja (SAGARPA, 2002; SAGARPA, 2006) ya que genera más de un producto a la vez: leche, vaquillas de reemplazo, becerros al destete, becerros al nacimiento, novillos para abasto, e incluso procesan y comercializan su producción (queso, yogurt, crema, etc.), utilizan insumos que varían de un rancho a otro, algunos producen alfalfa o cultivos forrajeros, o alimentos balanceados, otros compran todos los insumos en el mercado (Gómez *et al.*, 2004). Por las características propias de la producción de leche a escala familiar, es necesario implementar sistemas de planeación, seguimiento y evaluación adecuados, que son esenciales en la administración de una empresa, y que permiten contar con elementos de juicio para la toma de decisiones y con ello lograr una mayor eficiencia de las unidades de producción (Ver Figura 10 Capítulo 1).

La administración se define como la ciencia que reúne y combina factores de la producción para incrementar la productividad de las empresas a través de la efectividad y eficiencia. En el presente capítulo se aborda el proceso de administración en los sistemas de producción de leche a escala familiar, el cual inicia con la planeación a partir del diagnóstico de la empresa para identificar los factores críticos que limitan la producción, así como la definición e implementación de estrategias (plan operativo) que los resuelvan (Alonso *et al.*, 2002). Estas estrategias consideran la incorporación de componentes tecnológicos a la unidad de producción, así como una serie de actividades de seguimiento y procedimientos de evaluación. Con ello se pretende que el asesor técnico, en equipo con el productor, implemente las acciones necesarias que contribuyan al logro de los objetivos y metas planteadas para mejorar el funcionamiento del negocio y obtener del máximo rendimiento económico.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, en este capítulo se describe el proceso de administración aplicado a una empresa familiar de producción de leche, con los pasos necesarios para implementar lo, agrupados en tres subprocesos: planeación, puesta en marcha, seguimiento y evaluación, los cuales se presentan a continuación:

### PLANEACIÓN

En una empresa la planeación implica la combinación de aspectos relacionados con la estructura, los recursos y los procedimientos organizacionales que van a permitir el logro de objetivos y metas. La planeación requiere un análisis del contexto, un diagnóstico situacional de la empresa y la elaboración del plan operativo. En el Cuadro 97 se presenta una serie de actividades que se deben realizar al incorporar la planeación en una empresa. A la par con las actividades, se presentan los métodos que se recomiendan para realizarlas, así como los propósitos de las mismas.



**CUADRO 97. ACTIVIDADES, MÉTODOS Y PROPÓSITOS DEL SUBPROCESO DE PLANEACIÓN.**

ACTIVIDADES	MÉTODOS	PROPÓSITOS
1. Análisis de contexto	a) Revisión de fuentes bibliográficas de variables del contexto nacional e internacional b) Sistematización y análisis de la información del entorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar factores críticos de contexto</li> <li>• Identificar amenazas y oportunidades</li> </ul>
2. Diagnóstico situacional	a) Diseño, elaboración y aplicación de una cédula de entrevista para la captura de información. b) Análisis de información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el nivel tecnológico del rancho</li> <li>• Identificar factores críticos a mejorar</li> <li>• Identificar fortalezas y debilidades</li> </ul>
3. Elaboración del plan operativo anual	a) Definición de la misión, visión y análisis FODA. b) Planteamiento de objetivos, estrategias y metas. c) Elaboración de flujo de caja (ingresos y egresos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con el documento del plan operativo de la empresa.</li> </ul>

## Análisis de contexto

### Descripción de la actividad

El análisis de las variables de contexto nacional e internacional, precio de insumos, precio de los productos, oferta y demanda, consumo, entre otras, conduce a determinar los factores de mayor relevancia para la empresa.

### Principios básicos

El análisis de contexto tiene como propósito identificar y caracterizar los factores externos de la empresa que influyen en su funcionamiento actual y futuro, con base en una investigación documental (revisión de fuentes bibliográficas). La revisión y el análisis de la información permiten identificar los factores críticos de mayor influencia en la empresa y su caracterización como amenazas u oportunidades de impacto. A continuación se presenta la definición de factor crítico, oportunidad y amenaza:

**Factor crítico.** Cualquier elemento del ambiente externo a la empresa capaz de afectar en forma directa, positiva o negativamente (que impulsa o restringe), el desempeño general o de alguna actividad en particular; por ejemplo, disponibilidad de crédito, precio de la leche, organización deficiente, disponibilidad de agua y forrajes, entre otros.

**Oportunidad.** Situación presente en el entorno de la empresa (tendencias, cambios, necesidades recientes) que fundamenta una demanda actual o potencial de sus productos o servicios, que le va a permitir mejorar su posición actual en el mercado local, nacional o internacional (Granados, 1998). Por ejemplo, desarrollo de la industria productora de quesos, crecimiento en el consumo de nuevos productos lácteos, desarrollo de infraestructura de riego, etc.



## Diagnóstico situacional

### Descripción de la actividad

El diagnóstico situacional tiene por objeto identificar el nivel tecnológico de la empresa y los principales factores que afectan su productividad y rentabilidad, y a partir de esta información identificar sus fortalezas y debilidades.

### Principios básicos

El diagnóstico situacional de la empresa se realiza a partir de información que se obtiene directamente del productor a través de un cuestionario y/o entrevista. El cuestionario debe contener, entre otros, los siguientes rubros: datos generales del propietario, ubicación del rancho, inventarios (tierras, hato, instalaciones, maquinaria y equipo), ingresos y egresos, su forma de vinculación con el mercado (comercialización de sus principales productos), indicadores productivos y económicos de las tecnologías utilizadas. A continuación se definen algunos conceptos relacionados con el diagnóstico situacional:

**Activos.** Son los bienes materiales con que cuenta el rancho y constituyen la inversión inicial; entre ellos están: terrenos, ganado, instalaciones, equipos, etc. Al hacer el inventario de activos se debe registrar el estado físico en que se encuentran ya que de ello depende el desarrollo futuro de la empresa. En caso de activos muy deteriorados, el productor tiene que hacer cuantiosas inversiones para reemplazarlos, lo cual le restará capacidad para invertir en gastos de operación, o se verá en la necesidad de solicitar un crédito.

**Insumos.** Son todos los recursos utilizados en la empresa y constituyen los costos de producción. Los insumos más comunes en los sistemas familiares de producción de leche son mano de obra, alimentos (concentrados y forrajes), medicamentos, combustible, servicios de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo, energía, otros.

**Procesos.** En una empresa lechera un proceso se refiere a la acción o el conjunto de acciones mediante las cuales los insumos son transformados en productos para el mercado. Los procesos básicos de una empresa lechera son: producción, comercialización y administración. Al analizar estos procesos se debe atender de manera especial la toma de decisiones.

**Productos.** En una empresa lechera sus principales productos son: leche, que se destina a la pasteurización y a la elaboración de derivados lácteos en empresas locales o regionales, vaquillas de reemplazo y animales de desecho.

**Fortalezas.** Se refiere a todos los recursos o capacidades que puede utilizar la empresa lechera para cumplir eficazmente con sus objetivos (Granados, 1990).

**Debilidades.** Son todas aquellas restricciones, carencias o defectos que limitan la consecución de los objetivos de la empresa lechera (Granados, 1990).

### Método

**Diseño del cuestionario o cédula de entrevista.** El diagnóstico situacional de la empresa es el punto de partida para introducir nuevos componentes tecnológicos al rancho o incorporar modificaciones en las prácticas tradicionales. Para captar información de la empresa



lechera a partir de la cual se realiza el diagnóstico situacional es necesario diseñar, probar y aplicar un cuestionario en el que estén contenidos aspectos referidos a las áreas técnicas de la producción y a las áreas administrativas. El cuestionario debe incluir, entre otras, las siguientes preguntas: nombre del productor, edad, escolaridad, número de integrantes de la familia que dependen del productor, localización geográfica del rancho, infraestructura carretera y de caminos de acceso, extensión del terreno (ha), clima, tipos de suelo, topografía, hato, instalaciones, maquinaria y equipo, nutrición y alimentación, manejo, sanidad, genética, reproducción, insumos, productos, cantidades y precios, comercialización y frecuencia de venta (Cuevas *et al.*, 2007).

En el Anexo de este capítulo se encuentra un cuestionario guía que el técnico interesado en elaborar un diagnóstico situacional deberá adecuar de acuerdo con las características de la unidad de producción a su cargo.

**Análisis de la información.** Una vez colectada la información de la empresa lechera se procede a su captura (en la hoja de Excel) y análisis.

### **Propósito**

Contar con un documento que contenga información detallada sobre el nivel tecnológico de la empresa, los factores críticos limitantes de su desarrollo, así como sus fortalezas y debilidades.

### **Elaboración del plan operativo anual**

#### **Descripción de la actividad**

Elaborar el plan operativo de la empresa, el cual debe contener los siguientes apartados: diagnóstico, análisis de contexto, identificación de fortalezas y oportunidades y definición de estrategias. También debe contener tiempos de ejecución de cada apartado.

#### **Principios básicos**

El plan operativo contiene una serie de elementos y conceptos que orientan, unifican, integran y fundamentan el proceso de toma de decisiones para guiar el rumbo de una organización, departamento o unidad de producción agropecuaria (Alvarado, 2001; Vázquez *et al.*, 2006). La formulación del plan operativo de la empresa lechera comprende las siguientes acciones: realización de un análisis FODA; definición de misión, visión, objetivos y metas; diseño y formulación de estrategias de operación; elaboración del flujo de caja.

#### **Método**

Definir la misión y la visión de manera consensuada entre todo el personal que labora en la empresa y realizar un análisis FODA con la información obtenida en las etapas de análisis de contexto y diagnóstico situacional (Ansoff, 1984).

**Misión.** Es un enunciado donde se expresa la razón de ser de la empresa: indica el propósito general para lo que fue creada, a quiénes desea servir, el ámbito de responsabilidad y el área de especialización. La Misión debe dar una idea clara a cualquier persona que trabaje en la empresa "qué es lo que se pretende lograr" sin importar el puesto que ocupe. El enunciado



de la Misión debe contener los siguientes elementos o características clientes, productos y servicios, mercados, tecnología, filosofía, concepto de sí misma, interés por la imagen pública e interés por los empleados (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, rumbo o dirección de la empresa lechera en el futuro: hacia dónde quiere llegar y cómo pretende ser. De hecho, la Visión representa un objetivo a alcanzar en el mediano plazo. Es recomendable que en la definición de la Visión participe todo el personal que labora en el rancho. El grupo debe analizar y contestar, entre otras, las siguientes preguntas (Granados, 1998):

¿Cómo nos gustaría que fuera la empresa en el futuro, y cómo nos gustaría que nos describieran?

¿Cómo quisiéramos que se expresen de nosotros los usuarios o clientes en el futuro?

¿Cuál es nuestra principal cualidad por la que nos gustaría que nos distinguieran?

**Análisis FODA.** Es una de las herramientas esenciales en el proceso de planeación estratégica en una empresa. A través del análisis FODA se obtiene la información necesaria para emprender acciones, incorporar medidas correctivas y generar nuevos proyectos de mejora continua. En el proceso de análisis para definir fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas se deben considerar factores económicos, políticos, sociales y culturales (ámbito externo) que inciden en su quehacer interno, ya que potencialmente pueden favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de la Misión. La identificación de oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permitan reorientar el rumbo de una organización. Los problemas, priorizados, determinarán las áreas o factores en los que se deben implementar estrategias de mejora.

**Objetivos y metas.** Los objetivos definen, en términos cualitativos, los logros que se espera obtener en determinado periodo. Ejemplo de objetivos de una empresa de lechería familiar: ser una empresa moderna, productiva, competitiva, rentable, unida a cadenas de producción, industrialización y comercialización (Aguilar y López, 2006).

Las metas, en cambio, son los resultados esperados en términos cuantitativos, y en congruencia con los objetivos (Pérez, 2005).

**Diseño de estrategias de operación.** Algunos autores definen el término "estrategia" como una combinación lógica de actores, factores y acciones seleccionados para lograr un objetivo en un contexto específico. En el entorno de cualquier empresa siempre van a estar presentes oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades. Desafortunadamente no existe un

## **Método**

En el caso de los apoyos gubernamentales, éstos estarán en función del tipo de productor y de la región donde se ubique el rancho. Para obtener información sobre estos apoyos se deberá acudir personalmente a las instituciones o consultar páginas de Internet. Los apoyos de programas gubernamentales representan la opción de menor costo debido a que están subsidiados. Es recomendable contar con una relación de programas de apoyo a la producción de leche y los requisitos que se deben reunir para tener acceso a estos beneficios.

En el caso de intermediarios financieros bancarios y no bancarios se deberán tomar en cuenta principalmente las tasas de interés, las cuales pueden variar en función de los plazos del financiamiento, que pueden ser desde 45 días hasta 15 años; del tipo de clientes (nuevos, habituales, preferentes); de la cobertura de garantías (mínima, media y alta). Como en el caso anterior, es recomendable preparar un catálogo de instituciones financieras en el que estén contenidas las diversas opciones de financiamiento y los requisitos de cada una de ellas.

## **Propósito**

Contar con información suficiente sobre fuentes de financiamiento gubernamental o bancario para solicitar los recursos y estar en posibilidad de cubrir los costos de implementación de las tecnologías seleccionadas.

## **Información de apoyo**

En el Cuadro 105 se presenta información sobre bienes y servicios de instituciones gubernamentales y de intermediarios bancarios y no bancarios a los que pueden acceder los productores.



**CUADRO 105. FUENTES DE FINANCIAMIENTO PARA PRODUCTORES.<sup>1</sup>**

<b>FUENTE/PROGRAMA Y/O PRODUCTOS</b>	<b>BIENES Y SERVICIOS A LOS QUE SE PUEDE ACCEDER</b>
<b>SAGARPA</b>	
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
<b>FIRCO</b>	
Programa de apoyo y fomento a los agro-negocios (Fomagro)	Formulación de planes y proyectos de inversión, asistencia técnica especializada, infraestructura y equipamiento
<b>FINANCIERA RURAL</b> (Banca de primer y segundo piso. Puede otorgarse directamente a personas físicas o morales ó 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	Crédito que otorga liquidez a individuos o empresas que poseen ganado bovino, u otro producto susceptible de ser acopiado en un almacén o bodega habilitada para tal efecto
<b>FIRA</b> (Banca de segundo piso)	
Créditos refaccionario, de habilitación ó 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
<b>INTERMEDIARIOS FINANCIEROS BANCARIOS</b>	
Banca comercial (con garantías líquidas proporcionadas por FIRA, Gobierno del Edo, FIRCO y productores)	Apoyo a proyectos productivos en sus componentes capitales de trabajo e infraestructura.
<b>INTERMEDIARIOS FINANCIEROS NO BANCARIOS</b>	
Sofoles, sofom's, Uniones de Crédito, microfinancieras, dispersoras, etc.	Apoyo a proyectos productivos en sus componentes capital de trabajo e infraestructura con recursos provenientes principalmente de FIRA y Financiera Rural

<sup>1</sup>Fuente: (<http://www.sagarpa.gob.mx>) y (<http://www.financierarural.gob.mx>).



## **Ejercicio. identificación de programas de apoyo financiero y otros servicios**

En una empresa lechera la disponibilidad de recursos de manera oportuna, ágil y con un costo adecuado a las condiciones del mercado puede ser la diferencia entre permanecer dentro del sector o quedar fuera de él. Por ello, la obtención de recursos financieros juega un papel determinante en el establecimiento, crecimiento y consolidación de las empresas dedicadas a la producción de leche.

El conocimiento y análisis de los programas de apoyo financiero y otros servicios que el Gobierno Federal pone a disposición de los ganaderos es fundamental para estar en posibilidades de realizar las gestiones necesarias para tener acceso a esos apoyos, bien sea para la operación tradicional de la empresa o para inversiones de capital que permitan dar un impulso importante a la actividad.

### **Información para los participantes**

El instructor entregará información de cuatro organismos del Gobierno Federal que otorgan apoyos financieros y otros servicios al sector agropecuario. El técnico deberá identificar los apoyos y servicios destinados a las empresas de lechería familiar y seleccionar aquellos que contribuirían a la adopción de tecnologías en la unidad de producción a su cargo.

### **Instrucciones:**

- Integrar cuatro equipos de trabajo: el equipo 1 recibirá información de los programas de apoyo que ofrece la SAGARPA; el equipo 2, de la Financiera Rural; el equipo 3, del FIRA; el equipo 4, del FIRCO.
- De acuerdo con el organismo correspondiente, cada equipo preparará en hojas de rotafolio un cuadro con las características de la información pertinente y su relación con las innovaciones tecnológicas a implementar, y elaborará las conclusiones.
- Presentar las conclusiones en la reunión plenaria.

Para realizar este ejercicio se dispone de 60 minutos distribuidos de la siguiente manera:

- Organización de equipos: 5 minutos.
- Lectura de la información: 5 minutos.
- Práctica: 20 minutos.
- Reunión plenaria: 20 minutos (5 minutos de presentación por grupo).
- Información de retorno: 10 minutos.

### **Información de retorno**

Consiste en elaborar una presentación en Power Point con la información que se presentó en la reunión plenaria e incorporar los comentarios emitidos en la misma.



## **Adquisición de materiales, equipos e infraestructura y contratación de recursos humanos**

### **Descripción de la actividad**

Emplear los recursos económicos de manera óptima y racional para la adquisición de insumos, maquinaria, equipos, adecuación de instalaciones y contratación de la mano de obra necesarios para implementar el plan operativo.

### **Principios básicos**

En cuanto se disponga del financiamiento solicitar las cotizaciones correspondientes en el mercado de insumos, equipos e infraestructura, seleccionar los mejores proveedores, y finalmente adquirir los materiales.

Previo a la contratación de personal, realizar un diagnóstico de la disponibilidad de mano de obra en la región de acuerdo con las metas del plan operativo. Con base en los resultados del diagnóstico proceder a la contratación de la mano de obra.

### **Método**

Visitar comercios de insumos, proveedores de equipo, prestadores de servicios y fabricantes de infraestructura y seleccionar las mejores opciones en función de la disponibilidad de materiales, precio y calidad.

En el sector agropecuario el mercado de trabajo atraviesa por una crisis ante las alternativas laborales que existen en otros sectores de la economía, lo que ocasiona escasez de mano de obra; esta circunstancia se considera una debilidad de la actividad lechera. Por lo anterior, la contratación de personal deberá realizarse en estricto apego a las necesidades del rancho. Para garantizar su permanencia es importante brindarles salarios dignos, seguridad social y capacitación permanente.

### **Propósito**

Contar con el equipo, la infraestructura, los insumos y la mano de obra necesarios para la implementación del plan operativo.

## **Selección y priorización de Componentes de Innovación Tecnológica (CIT)**

### **Descripción de la actividad**

En las áreas inherentes a la producción de leche existen tecnologías, en su mayoría desarrolladas en centros de investigación, muchas de ellas integradas en paquetes. Sin embargo, en las empresas lecheras existe una gran variación en niveles tecnológicos; debido a ello es necesario hacer una sistematización de las tecnologías disponibles y a partir de ella seleccionar y priorizar las que mejor se adapten al sistema de producción, en función de las necesidades de desarrollo, capacidad de implementación y recursos financieros disponibles.



## Principios básicos

La selección y priorización de las tecnologías disponibles va a depender de los objetivos del rancho y de la capacidad económica del productor para su implementación. Para realizar la priorización es necesario considerar parámetros de medición (los de mayor impacto en la productividad, rentabilidad y competitividad del rancho). Cada rancho presenta una problemática diferente. Por ejemplo, en algunos ranchos será prioritario mejorar la higiene en el ordeño antes de fertilizar las praderas, porque la producción de forraje es aceptable. Algunos productores necesitarán reducir costos en la alimentación; otros no les importaría tener altos costos por concepto de alimentación si ello les permite incrementar la producción de leche por vaca y como resultado mejorar la rentabilidad de la empresa. La decisión final de qué tecnologías implementar la tomará el productor con apoyo del asesor técnico con base en el plan operativo que se elaboró considerando la problemática detectada.

A partir del diagnóstico situacional del rancho se deberán considerar los Indicadores Técnicos de Base (ITB), los cuales fueron definidos en los procesos de producción, nutrición, salud, genética y financieros, previo a la selección y priorización de los componentes tecnológicos. Los ITB son el punto de partida sobre los que se va a incidir mediante la implementación del plan operativo. Los indicadores financieros se presentan en el Cuadro 106.

**CUADRO 106. INDICADORES FINANCIEROS DE BASE DE LA EMPRESA LECHERA.**

INDICADOR	NIVEL	REGLA DE DECISIÓN
Rentabilidad	Negativa	Intervención inmediata
	Menor al costo de oportunidad del capital <sup>1</sup>	Incidir en las áreas de producción de mayor impacto productivo
	Mayor al costo de oportunidad del capital <sup>1</sup>	Incidir sólo si el productor desea mayores ganancias
Costo/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

<sup>1</sup>El costo de oportunidad del capital es la tasa de interés interbancaria (TIIE). Consultar Banco de México ([www.banxico.org.mx/indicadores/tiie28.html](http://www.banxico.org.mx/indicadores/tiie28.html)).

## Método

El asesor técnico deberá realizar una revisión exhaustiva de publicaciones, impresas o electrónicas editadas por centros de investigación o docencia relacionadas con el sistema producto. La revisión deberá considerar la descripción de la tecnología, su ámbito de aplicación y su aportación al sistema de producción. Con el auxilio de una hoja de cálculo deberá sistematizar la información y asignarle una calificación relativa con base en su impacto en los índices de producción y en el costo de su implementación, siempre y cuando la información tecnológica los permita, como es el caso de las fichas tecnológicas del INIFAP

([www.inifap.gob.mx/temas\\_interes/innovaciones\\_tecnologicas.htm](http://www.inifap.gob.mx/temas_interes/innovaciones_tecnologicas.htm)).



## **Propósito**

Contar con una relación de componentes de innovación tecnológica (CIT) en las diferentes áreas de la producción lechera debidamente priorizados con base en el impacto al interior del sistema de producción.

## **Capacitación**

### **Descripción de la actividad**

La implementación exitosa de un plan operativo depende, en parte, de las habilidades de los productores y del personal que labora en el rancho para poner en marcha los CIT. Para la adquisición de nuevas habilidades la capacitación juega un papel fundamental.

### **Principios básicos**

Se deberá informar al productor y a los trabajadores del rancho sobre las características de la tecnología y capacitarlos para su implementación. Una forma de garantizar que los conocimientos se transmitan de manera efectiva es utilizando métodos didácticos apropiados y un lenguaje acorde con el nivel educativo de los participantes.

### **Método**

La capacitación se realizará utilizando métodos participativos y de educación no formal para adultos (andragogía), en los que se privilegia la interacción capacitador-capacitando. En los materiales del curso se anotarán los resultados esperados y se especificarán las etapas lógicas de aprendizaje de acuerdo con los temas. En cada etapa el instructor expone los objetivos, enuncia las actividades a desarrollar y realiza una demostración práctica. Los participantes ejecutan los ejercicios y el instructor corrige los errores y verifica la comprensión del tema. Se promueve la colaboración entre participantes y se utilizan sociodramas para destacar los aspectos más importantes que requieren seguimiento (Stephen, 1994).

## **Propósito**

Que los productores y demás personal que labora en el rancho adquieran las habilidades necesarias para la implementación y el seguimiento de los diferentes CIT.

## **Implementación de los Componentes de Innovación Tecnológica**

### **Descripción de la actividad**

En la implementación de innovaciones tecnológicas se combinan los recursos existentes para incrementar la productividad de la empresa, y con ello los ingresos del productor, o bien para reducir los costos totales de producción de leche, carne y sus derivados. Cada indicador puede ocurrir en forma aislada o en interacción; el propósito es aumentar la productividad, rentabilidad y competitividad de la empresa en general o de la actividad en particular.

## Principios básicos

Se hará una revisión exhaustiva de la tecnología a implementar, con el objeto de asegurarse de que ya esté validada, y lista para ser puesta en práctica.

## Método

Una vez seleccionados y priorizados los componentes tecnológicos, con el auxilio de una hoja de cálculo se procede a establecer los Indicadores de Innovación Tecnológica (IIT) con base en una revisión documental de informes de investigación, catálogos de tecnologías, o publicaciones técnicas y científicas.

La interacción técnico-productor en el uso de la tecnología es fundamental para incidir en la adopción. En ocasiones no es suficiente obtener buenos resultados si los productores no se apropian del proceso; por ello es recomendable emplear el principio de aprender-haciendo.

Al final del proceso de producción, los IIT se compararán con los ITB. La diferencia entre ellos se denomina análisis de brecha. Previa a la comparación de los índices es fundamental un estricto seguimiento al proceso de producción para su evaluación posterior.

## Propósito

Implementar los componentes de Innovación Tecnológica en las áreas prioritarias del rancho.

## Ejercicio. selección de tecnologías a implementar e indicadores de innovación

### Instrucciones:

- Formar cuatro equipos de trabajo. A cada equipo se le proporcionará un cuestionario que contiene la información de una empresa de lechería familiar. Los integrantes del equipo deberán identificar los principales problemas, seleccionar las áreas de mejora y definir los indicadores técnicos de base.
- Una vez identificados los problemas y definidos los indicadores de innovación, seleccionar y priorizar las tecnologías a implementar.

## SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Para evaluar el impacto del plan operativo es necesario establecer un esquema de seguimiento que incluye el registro de datos de las variables productivas, reproductivas, sanitarias y económicas (Gálvez *et al.*, 1995). El esquema de seguimiento de la empresa lechera demanda acciones permanentes de observación, supervisión, revisión y registro de las actividades en relación con su contexto interno y externo, objetivos, resultados esperados y los recursos previstos para su ejecución (Espinosa y Saldaña, 2003).

La evaluación es el proceso que tiene por objeto apreciar y valorar los resultados de las actividades realizadas con respecto a las programadas. La evaluación permite conocer el grado del cumplimiento de objetivos y metas, la eficiencia con la que se lograron y el impacto en la productividad y rentabilidad de la empresa (Ronald, 1986). En el Cuadro 107 se presentan las actividades, los métodos y los propósitos que implican el seguimiento y evaluación de la empresa lechera.



**CUADRO 107. ACTIVIDADES, MÉTODOS Y PROPÓSITOS DEL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN ANUAL DE LA EMPRESA LECHERA.**

ACTIVIDADES	MÉTODOS	PROPÓSITOS
1. Diseño o adecuación de formatos de registro de información.	a) Selección de variables de seguimiento. b) Agrupación de variables por concepto.	• Contar con formatos de captura adecuados a la empresa lechera.
2. Registro de información en forma periódica.	a) Monitoreo continuo de información financiera.	• Contar con información técnica y económica.
3. Captura electrónica de información técnica y económica anual	a) Sistematización de la información técnica y económica. b) Integración de información técnica y económica c) Captura de la información en hojas de cálculo.	• Contar con archivos electrónicos de egresos, ingresos y datos productivos, reproductivos y sanitarios.
4. Evaluación técnica y económica	a) Promedios b) Rentabilidad c) Costo unitario de producción de leche	• Contar con indicadores de desempeño productivo y económico.
5. Adecuación del plan operativo de la empresa	a) Comparación de los parámetros técnicos y económicos programados vs. obtenidos b) Análisis de brechas	• Lograr la identificación de factores críticos a corregir por proceso para el próximo ciclo productivo.

### Diseño o adecuación de formatos de registro de información

#### Descripción de la actividad

Para evaluar el desempeño económico de la empresa, la primera actividad que se debe realizar es seleccionar las variables a las que se les dará seguimiento, y enseguida elaborar los formatos de captura incluyendo conceptos de inversión, egresos e ingresos (los formatos de captura de información técnica fueron presentados en los capítulos correspondientes).

#### Principios básicos

En una empresa lechera se genera una gran cantidad de información; debido a ello se requiere seleccionar aquellas variables a las que se les dará seguimiento, bajo la premisa de que se debe registrar sólo la información que permitirá evaluar el comportamiento productivo, reproductivo, sanitario y económico de la empresa (González y Espinosa, 2004).

Para la selección de las variables productivas, reproductivas y sanitarias se deberán considerar los indicadores que se mencionaron en los capítulos correspondientes. La selección de las variables económicas, en cambio, se realiza en este capítulo, e incluyen información que permite medir el desempeño económico de la empresa mediante la estimación de la rentabilidad y el costo de producción de un litro de leche.

#### Métodos

La información que se debe registrar para evaluar el desempeño económico de la empresa es la siguiente:



VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
Activos	Inversión inicial	\$/año
	Compra 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	

A continuación se describe cada indicador (Aguilar *et al.*, 2001):

**Inversión inicial.** Es la suma del valor monetario de todos los activos del rancho (terreno, infraestructura hidráulica, ganado, construcciones, maquinaria, equipo y otros bienes) que se están utilizando en la producción lechera al momento de iniciar el registro de información económica. Para calcular esta inversión se debe considerar un valor comercial estimado, tomando en cuenta la condición actual y los años de uso de cada activo.

**Compra y venta de activos.** Es la suma del valor monetario de todas las compras y ventas efectuadas para incrementar o disminuir los activos de la empresa. El valor de estos activos es el del mercado. Para contar con este dato se recomienda guardar las facturas o notas de compra, o registrar en una libreta el activo comprado o vendido y su costo.

**Costo de mano de obra.** Lo constituye la suma de los montos pagados por concepto de salarios y prestaciones al personal fijo y eventual contratado en la empresa durante el periodo de análisis. También se debe considerar el costo de la mano de obra familiar aunque las personas que trabajen no perciban salario. Si además de la producción de leche en el rancho se realiza otra actividad, agricultura por ejemplo, y el mismo personal participa en ella, para estimar el costo de esta mano de obra se debe de considerar el tiempo dedicado a ello y multiplicarlo por el salario pagado.

**Costo de alimentación.** Es la suma de los gastos de las compras de insumos para la alimentación del ganado (concentrado, sales minerales, granos, forrajes, otros) efectuados en la empresa durante el periodo de análisis. Cuando en el rancho se produce alfalfa o cultivos forrajeros se deben considerar también los gastos para producirlos.

**Costo de salud animal.** Es la suma de los gastos para la prevención y control de las enfermedades del ganado (desparasitantes, vacunas, medicinas, servicios veterinarios, otros) efectuados en la empresa durante el periodo de análisis.

**Otros.** Es la suma de los gastos de otras compras de insumos (combustibles, nitrógeno, otros); pago de servicios (luz, inseminación artificial, mantenimiento de maquinaria y equipo en general); pago de cuotas, impuestos, etc., efectuadas en la empresa durante el periodo de análisis.

**Ingresos por venta de productos y subproductos.** Es la suma del valor monetario de todos los productos que vende la empresa familiar lechera (leche, pie de cría, becerros al nacimiento y al destete, y animales para abasto).



## Propósito

Contar con formatos para 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 para las ventas de los productos y subproductos. Los formatos deben contener un encabezado que incluya el nombre del propietario, el nombre del rancho y el periodo de registro de la información.

## Información de apoyo

Propuesta de formatos para el seguimiento económico de las empresas de lechería familiar (Cuadro 108, 109 y 110).

**CUADRO 108. 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				
<b><u>Ganado:</u></b>				
Sementales				
Vientres				
Vaquillas				
Becerras				
Total ganado				
<b><u>Construcciones:</u></b>				
Sala de ordeña				
Corrales				
Bodega				
Silos				
Total construcciones				
<b><u>Equipo con motor:</u></b>				
Tractor				
Vehículo				
Ordeñadora				
Otros				
Total equipo con motor				
<b><u>Equipo sin motor:</u></b>				
Carretilla				
Termo de inseminación				
Otros				
Total equipo sin motor				
<b><u>Enseres menores:</u></b>				
Palas				
Botes de leche				
Otros				
Total enseres menores				
<b>Total activo \$</b>				

**CUADRO 109. FORMATO PARA EL 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
Insumos para operación					
Mano de obra					
Insumos alimenticios					
Inseminación					
Combustible					
Compra de forraje					
Material mantenimiento					
Servicios					
Medicamentos					
Cuotas					
Otros					
<b>Total costos operación</b>					
Compras de activos					
Animales					
Equipo con motor					
Equipo sin motor					
Material construcción					
Terreno					
Otros					
<b>Total costos inversión</b>					
<b>Compras totales \$</b>					

**CUADRO 110. 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
Venta de productos					
Leche					
Becerras al nacimiento					
Otros					
<b>Ingreso por productos</b>					
Venta de activos					
Animales de desecho					
Otros					
<b>Ingresos por activos</b>					
<b>Ingresos totales \$</b>					



## **Registro periódico de información**

### **Descripción de la actividad**

Una vez diseñado el formato, el siguiente paso es el registro de cada uno de los eventos que suceden en la unidad de producción en el momento en que se presentan dichos eventos.

### **Principios básicos**

El registro de la información, por el productor preferentemente, o por el encargado del rancho, se debe realizar en el momento en que se lleva a cabo la actividad para evitar que se olviden datos importantes.

### **Método**

El productor recibirá entrenamiento (capacitación en la acción) para el manejo de los formatos. El proceso será supervisado por el técnico hasta que el productor adopte el registro de datos como una de sus actividades cotidianas.

## **Captura electrónica de información técnica y económica anual**

### **Descripción de la actividad**

Para realizar la evaluación técnica y económica de la empresa lechera se requiere capturar la información registrada de las variables seleccionadas durante un ciclo productivo, que normalmente es de un año, agrupando por mes, con el fin de que se facilite la estimación de los indicadores productivos, reproductivos, sanitarios y económicos.

### **Principios básicos**

Para facilitar la captura de la información, pero sobre todo el análisis, se debe diseñar un formato en una hoja del Excel (para la información técnica se sugiere utilizar el formato sugerido en los capítulos correspondientes). Para la captura de información económica se utilizará una hoja de cálculo que se proporcionará a los productores durante el entrenamiento.

### **Método**

Se sugiere diseñar una hoja electrónica adecuada a las características de cada unidad de producción, asegurando que permita la captura de la información y su análisis. No obstante que en el mercado existen programas para el análisis de empresas lecheras, no se recomienda su uso por las dificultades para su adaptación y por su alto costo.

### **Ejercicio. uso de la hoja de cálculo para la evaluación económica de una empresa de lechería familiar**

El objetivo de este ejercicio es que el capacitando se familiarice con el manejo de la hoja de cálculo.

## Instrucciones

- Integrar de manera aleatoria cuatro equipos de trabajo.
- Constatar que los participantes tengan a la mano información económica mensual de una empresa.
- Que cada equipo capture la información en la hoja de cálculo.
- Preparar una hoja de rotafolio con las conclusiones del ejercicio.
- Presentar las conclusiones en reunión plenaria.

## Evaluación técnica y económica

### Descripción de la actividad

Una vez capturada la información de un ciclo productivo se procede a realizar la evaluación técnica y económica. (Ronald, 1986).

### Principios básicos

La evaluación consta de dos procesos: la medición y la comparación. El primero determina estatus y cantidad, tiene una fase numérica y describe las variables con exactitud y en forma concreta. La comparación tiene que ver con las metas definidas en el plan operativo. La evaluación económica implica la estimación 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, 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 (insumos, medicinas, alimentos, etc.) se calcula la diferencia y se carga a los costos del periodo en que se utilizaron.

**Costos fijos.** La característica principal de este indicador es que su valor no varía con el volumen de producción, y por lo general se tiene que estimar. Entre los costos fijos está la depreciación (la cual se relaciona con la inversión de los activos), y la administración (cuando la realiza el dueño sin recibir un salario).

**Costos totales.** Es la suma de los costos variables más los costos 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 lechera genera más de un producto a la vez (leche, carne, becerros destetados, vaquillas de reemplazo) se debe estimar el costo de producción de cada uno de ellos. Se calcula dividiendo el costo total de producción de cada producto entre el total de unidades producidas (Guillermo, 1978).

**Utilidad.** Es la ganancia monetaria de la empresa durante el periodo de análisis. Para calcular la utilidad, a los ingresos totales se restan los costos totales.

**Rentabilidad.** Indica, en términos porcentuales, la ganancia o pérdida en relación con la inversión total de la empresa en un ciclo de producción. La rentabilidad se calcula dividiendo la utilidad entre los costos totales de producción y el resultado se multiplica por 100.



## Método

A continuación se presenta el procedimiento para realizar la evaluación económica con el fin de estimar la rentabilidad de la empresa y el costo unitario de producción de los diferentes productos que se generan.

**Paso 1.** *Estimación de costos variables de producción.* Se suman aritméticamente los valores de todos los conceptos registrados en la etapa de seguimiento.

**Paso 2.** *Estimación de los costos fijos de producción.* Se suman aritméticamente todos los valores asignados a los conceptos *administración y depreciación*. Cuando el rancho no tiene un administrador se debe considerar un costo de 3 a 5 % de los ingresos brutos por venta de productos generados. Respecto a la depreciación de activos, se propone utilizar el método de línea recta, cuya fórmula es:

$$\text{Depreciación} = (\text{valor inicial del activo} - \text{valor de desecho del activo}) / \text{años de vida útil.}$$

**Paso 3.** *Estimación de los costos totales de producción.* Se suman aritméticamente los valores de los costos variables más los costos fijos.

**Paso 4.** *Estimación de los ingresos por venta de productos.* Se suman los ingresos por la venta de productos y subproductos durante los 12 meses, y el resultado es el monto de los ingresos totales.

**Paso 5.** *Estimación de los costos unitarios de producción de los productos.* Primeramente se estima la participación porcentual de cada producto generado en el ingreso total, para lo cual se divide el ingreso de cada producto entre el ingreso total. Una vez que se cuenta con este porcentaje se estiman los costos totales para cada producto, multiplicando los costos totales por el respectivo porcentaje de producto; finalmente se dividen estos costos entre el total de unidades producidas (Guillermo, 1978). Para la estimación de los costos unitarios de producción se aplican las siguientes fórmulas:

$$\text{Participación de cada producto en el ingreso total (\%)} = \text{Ingreso del producto} / \text{ingreso total.}$$

$$\text{Costos totales por producto generado} = \text{Costos totales por la participación porcentual de cada producto en el ingreso total.}$$

$$\text{Costo unitario de producción} = \text{Costos totales por producto generado} / \text{total de unidades producidas.}$$

**Paso 6.** *Estimación de la utilidad de la empresa.* Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Utilidad del periodo} = (\text{Ingresos por venta de productos} + \text{el valor del cambio de inventario de productos}) - \text{costos totales de producción.}$$

**Paso 7.** *Estimación de la rentabilidad de la empresa.* Se aplican las siguientes fórmulas:

- $$\text{Rentabilidad/costos variables de operación} = (\text{utilidad/costos variables de operación}) \times 100.$$
- $$\text{Rentabilidad sobre costos totales de producción} = (\text{utilidad/costos totales de producción}) \times 100.$$
- $$\text{Rentabilidad sobre la inversión total} = (\text{utilidad/inversión total de activos}) \times 100.$$

## **Propósito**

Contar con 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.

## **Ejercicio. Evaluación económica de una empresa lechera**

El objetivo de este ejercicio es realizar la evaluación económica de una empresa de lechería familiar, con el fin de verificar la comprensión de la metodología.

### **Instrucciones:**

Explicar a los participantes la metodología de evaluación económica aplicada a la empresa familiar de producción de leche. Al finalizar la exposición explicar a los participantes en qué consiste el ejercicio, el cual será desarrollado en forma individual y en grupo, procediendo de la siguiente manera:

- Integrar cuatro equipos de trabajo de manera aleatoria.
- Constatar que los participantes dispongan de información económica mensual de la empresa lechera.
- Analizar en forma individual la información proporcionada y realizar la suma de los costos e ingresos de la empresa durante un periodo de 12 meses.
- En grupo estimar los siguientes indicadores económicos: costos variables, fijos, totales, de mano de obra, de alimentación, de medicinas, otros; e ingresos totales, cambio de inventario y costos unitarios de producción.
- Preparar en hojas de rotafolio las conclusiones del equipo.
- Presentar las conclusiones en reunión plenaria.

## **Adecuación del plan operativo de la empresa**

### **Descripción de la actividad**

Comparar los indicadores técnicos y económicos con las metas del plan operativo (análisis de brechas) con el propósito de detectar factores favorables y desfavorables durante el periodo de análisis. Con base en los resultados del análisis realizar las adecuaciones pertinentes al plan operativo para el siguiente ciclo productivo.

### **Principios básicos**

El análisis de brechas aporta información de gran utilidad para la toma de decisiones estratégicas.

### **Método**

Comparar los indicadores técnicos y económicos programados vs. obtenidos en una matriz de doble entrada.

Identificar factores favorables y desfavorables a la empresa y rediseñar el plan operativo.



## LITERATURA CITADA

- Aguilar BUJ, Lagunas L y Pérez SJM. 2001. Metodología para la evaluación económica en ranchos ganaderos de doble propósito. Memoria Día del Ganadero. INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver. p. 51.
- Aguilar VA y López LM. 2006. Cómo lograr que la ganadería lechera mexicana sea competitiva a nivel internacional. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. 10, Num. 18. Torreón, Coah., México.
- Alonso PA, Aymamí GN, Carranza V JA, Dávalos JL, Espinosa OV, Gómez GL, López D C A, Loza A C V, Márquez L H, Meléndez G J R, Reyes C J I, Rivera G E, Sánchez M J M, Vélasquez C BL y Velázquez P M P. 2002. Administración pecuaria. Bovinos. UNAM. México, D.F. 321 p.
- Alvarado MTE. 2001. Metodología para elaborar un plan estratégico y rediseño organizacional de una unidad de producción agropecuaria. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Num.9: Torreón, Coah., México.
- Ansoff IH. 1984. Planeación estratégica. UAM-Azcapotzalco. México, D.F.
- Banco de México. Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE). [www.banxico.org.mx/indicadores/tiie28.html](http://www.banxico.org.mx/indicadores/tiie28.html) (consultado el 23 de septiembre de 2008.)
- Cuevas RV, Espinosa GJA, Moctezuma LG, Jolalpa B JL, Romero SF, Vélez IA, Vázquez GR, Flores MBA. 2007. La cadena agroalimentaria de leche de vaca en el estado de Hidalgo: diagnóstico y prospección al año 2020. INIFAP. México, D.F. (Libro técnico Núm. 2).
- Espinosa GJA y Saldaña AR. 2003. Secuencia 1. Aspectos esenciales de administración. *In: Manual de capacitación para el manejo sustentable de la empresa de bovinos de doble propósito del trópico de México*. INIFAP. México, D.F. p. 39-110. (Libro técnico).
- Espinosa GJA y González OTA. 2004. Caracterización del sistema de producción de lechería familiar en Guanajuato. Resumen en la memoria de la XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yuc. p. 343.
- Espinosa GJA, González OAT, Aguilar BU y Ríos RSA. 2005. Planeación, seguimiento y evaluación económica: metodología para empresas familiares bovinas. Celaya, Gto., México. INIFAP, Campo Experimental Bajío. 32 p (Folleto técnico Núm. 2).
- FAO-SAGARPA. 2004. Evaluación de la Alianza para el Campo: Informe global del estado de Guanajuato. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/prior/desrural/document/alianza.htm> (consultado en abril de 2005).
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. Disponible en [www.firco.gob.mx](http://www.firco.gob.mx) (Consultado el 24 de septiembre de 2008.)
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Disponible en <http://www.fira.gob.mx/irj/portal/anonymous>. (Accesado 24 de Septiembre de 2008).
- Financiera Rural. 2008. Planes de crédito. Disponible en <http://www.financierarural.gob.mx> (accesado 24 de septiembre de 2008).



- Gálvez SA, Novoa R, de Souza Silva J y Villegas M. 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. Cali, Colombia, ISNAR. (Fascículo 1).
- Gittinger PJ. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Banco Mundial. Tecnos, Madrid, España.
- Gómez VJ, A T González O y J A Espinosa G. 2004. GGAVATT Ganado de Carne "Mesa de Jesús" sistema vaca-cría. Primera Evaluación Técnica. SDA-INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. 32 p. (Publicación técnica).
- González, OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Guanajuato, Transferencia de Tecnología Pecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya. Gto. México. (Libro Técnico Núm. 1).
- Granados MJA. 1990. Marco conceptual y metodología para elaborar un plan estratégico de innovación y nuevas oportunidades. México, D.F. (Documento de trabajo).
- Granados MJA. 1998. Metodología para elaborar una programa estratégico de servicio al cliente para un agronegocio de servicios. Revista Mexicana de Agronegocios, julio-diciembre, Vol. 13. Torreón, Coah., México.
- Guillermo FR. 1978. Introducción al cálculo de costos agropecuarios. 2ª. Reimp. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. p. 28-29.
- INIFAP. 2008. Fichas tecnológicas. [www.inifap.gob.mx/temas\\_interes/innovaciones\\_tecnologicas.htm](http://www.inifap.gob.mx/temas_interes/innovaciones_tecnologicas.htm)
- Pérez TN. 2005. Análisis FODA para los distintos tipos de concursos de obra vigentes en Puebla. Tesis Profesional, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Accesado en [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/perez\\_t\\_n/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/perez_t_n/)
- Ronald DK. 1986. Administración agrícola y ganadera: planeación, control e implementación. CECOSA. México, D. F. p. 18.
- SAGARPA. 2006. Plan rector del sistema producto bovinos-leche. Accesado en <http://www.amsda.com.mx> (Consultado el 10 de septiembre de 2008).
- SAGARPA. 2002. Descripción de los sectores agroalimentario y pesquero y características del medio rural. Claridades Agropecuarias. ASERCA. México, D.F.
- SAGARPA. 2008. Reglas de operación. (<http://www.sagarpa.gob.mx>)
- Stephen J. 1994. Manual de campo sobre desarrollo forestal comunitario. Cap V. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. Roma 1994. <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, enero-junio Vol. 10, número 18, Torreón, Coah., México.



# PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA



Dr. Heriberto Román Ponce<sup>1</sup>  
M.C. Tomás Arturo González Orozco<sup>2</sup>  
M.C. Alfredo González Sotelo<sup>3</sup>  
M.C. Eduardo José Cabrera Torres<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Floresta Sur No. 200, Fracc. Floresta, Veracruz, Ver. hroman\_ponce@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Campo Experimental El Bajío. CIR Centro-INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Tecoman. CIR Pacífico Centro-INIFAP.

<sup>4</sup> Campo 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. 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. En contraste, 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 los sistemas de producción 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 en grupos de pequeños y medianos productores en sistemas de producción de lechería familiar.

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, ordeño y calidad de la leche y administración, con el propósito de aumentar la eficiencia, la rentabilidad, la sustentabilidad y la competitividad en las UP.

Una estrategia de transferencia de tecnología, al igual que las tecnologías mismas, es considerada como insumo que puede ser generado por las instituciones de investigación, las empresas privadas y productores exitosos. El modelo GGAVATT (Grupo de Ganaderos para la Validación y Transferencia de Tecnología) fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 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.

Cuando el INIFAP generó el modelo GGAVATT propuso como clientes a Prestadores de Servicios Profesionales (PSP), productores, dependencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales, y como un producto de la capacitación en el modelo GGAVATT consideró a los PSP y productores. La Formación del GGAVATT, su Operación, el Seguimiento y la Evaluación son los subprocesos pilares de este modelo de transferencia de tecnología (Ver Figura 11 Capítulo 1).

### EL MODELO GGAVATT

Los objetivos del modelo GGAVATT 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 proceso histórico de la investigación pecuaria desarrollada en México siempre estuvieron presentes acciones de transferencia de tecnología (TT); sin embargo, casi siempre se realizaron aisladas y "de arriba hacia abajo", sin una estrategia que sistematizara dichas acciones. Aunado a ello, se sustentaban básicamente en aspectos biofísicos, sin considerar factores sociales y económicos.

En el contexto anterior en los programas de TT se consideraba al productor como un agente pasivo, y no tomaban en cuenta sus experiencias ni sus expectativas. Por estas características y por la ausencia de herramientas para la captura, procesamiento y análisis de la información, entre otras, los programas perdían continuidad.

Por otra parte, en las instituciones de investigación el enfoque de los estudios se fundamentaba en la percepción y el trabajo individual del investigador, más que en las necesidades de los productores, generándose básicamente una oferta de tecnología. La TT se concebía como una responsabilidad del extensionista o agente de cambio y de los productores.

Bajo este contexto se obtenían resultados limitados en los eventos tradicionales de transferencia de tecnología pecuaria organizados por los campos experimentales, como Días del Ganadero, Simposios y Encuentros. Ante estos resultados, investigadores adscritos al Campo Experimental La Posta, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, dependiente del INIFAP, se dieron a la tarea de desarrollar una estrategia eficiente de validación y TT que implementaron en el municipio de Tepetzintla, Veracruz. La puesta en marcha de la estrategia fue la base del modelo GGAVATT. En la evolución del modelo GGAVATT se registran las siguientes cuatro etapas:

Primera (1970 a 1982) "**Poniendo los cimientos**". Esta etapa se inicia con un programa de desarrollo tecnológico en el Rancho Bella Esperanza (RBE), que contaba con un sistema tradicional de producción bovina de doble propósito, a cargo del grupo de investigadores del INIFAP. Los resultados demostraron que el uso y la adopción de tecnología mejoraron, por un lado, el manejo y la genética de los animales, y por el otro, la producción de forraje, aspectos que arrojaron resultados de alto impacto en la productividad del rancho.

Segunda etapa (1983 a 1989) "**Formación del Modelo GGAVATT**". El desarrollo tecnológico observado en el RBE despertó inquietud en los productores vecinos, quienes demandaron apoyo a las instituciones oficiales del sector pecuario para mejorar sus UP. Esta petición indujo la creación del Programa Ganadero Tepetzintla (PROGATEP), en el que se integró un grupo de 28 productores, quienes se comprometieron a realizar un inventario general del rancho, a identificar cada uno de los animales, a llevar registros del comportamiento productivo y reproductivo (tarjetas), así como de ingresos y egresos para realizar evaluaciones



anuales, y a asistir a una reunión mensual de trabajo. A partir de estos compromisos se creó la necesidad de incorporar el componente de asistencia técnica al programa, quedando esta responsabilidad en un médico veterinario zootecnista adscrito al Distrito de Desarrollo Rural de la entonces 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 instituciones municipales, estatales y federales, así como con la Unión Ganadera Regional Norte de Veracruz. De esta manera se inicia la interacción entre productores, agente de cambio e investigadores.

Los resultados del PROGATEP fueron muy alentadores. Se difundieron 14 componentes tecnológicos, y su adopción por los productores aumentó de 22% a 56% del primer al segundo año de trabajo. Del segundo año en adelante la tecnología adoptada impactó positivamente los indicadores productivos y económicos de las UP.

Posteriormente el PROGATEP se transformó en el GGAVATT Tepetzintla. En forma simultánea se trabajó con otros grupos de productores en los municipios de Jamapa, Joachín y Tres Valles, en la zona centro del estado de Veracruz, los que se transformaron posteriormente en GGAVATT. A partir de estas experiencias aumentó la demanda en diferentes regiones del estado de Veracruz.

Tercera etapa (1990-1996) “**Validación del Modelo**” en Veracruz y Tabasco. En esta etapa se consolida la participación activa de instituciones de investigación y académicas, de desarrollo y fomento pecuario, gremiales y organizaciones de productores. En el estado de Veracruz se creó entonces el Programa Único de Grupos de Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (PROGGAVATT), cuyo objetivo fue tecnificar la ganadería mediante el uso del modelo GGAVATT.

De los 11 GGAVATT que originalmente atendía el INIFAP en 1990 en Veracruz, con la participación de otras instituciones del sector, este número se incrementó a 37 en 1991, a 67 en 1992 y a 79 en 1993, en los sistemas de producción de bovinos de doble propósito, bovinos 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 segundo año la adopción aumentó al 66.6% y para el tercer año al 69.7%. En esta tercera etapa dan inicio los Encuentros Estatales de los GGAVATT, los cuales se llevaron a cabo en el puerto de Veracruz de 1990 a 1995. Los encuentros constituían foros que permitían reforzar el intercambio de experiencias y compromisos de los productores.

Cuarta etapa (1997 al 2007) “**Extensión Nacional del Modelo GGAVATT**”. En la cuarta etapa el INIFAP desarrolló e implementó una estrategia nacional para dar sostenibilidad al modelo, basada en la capacitación y el soporte tecnológico. En esta etapa se publicó el manual de capacitación en el modelo GGAVATT (Aguilar *et al.*, 2003) y se capacitó a investigadores del INIFAP en la metodología GGAVATT, quienes a su vez tuvieron la responsabilidad de capacitar a profesionales interesados en emplear esta metodología en actividades relacionadas con el fomento a la ganadería.

Durante las cuatro etapas en el estado de Veracruz se documentaron trabajos de GGAVATT en donde había una mayor interacción entre investigadores del INIFAP y agentes de cambio, registrándose en todos los casos un impacto positivo consistente del uso de tecnología sobre indicadores de producción y económicos (Bueno *et al.*, 1993; Zárate *et al.*, 1993; Rueda, 1994; Aguilar y Bueno, 1996; Ortiz *et al.*, 1997; Chagoya *et al.*, 1998).



Otra de las estrategias del INIFAP fue la creación del Programa Nacional de Validación y Transferencia de Tecnología (PRONAVATT), el cual fue conducido por investigadores capacitados en el modelo y fue fundamental para ofrecer las tecnologías y capacitación a los agentes de cambio y productores de los GGAVATT en los diferentes estados del país, vigilar el seguimiento de las actividades de estos grupos y promover la evaluación técnica. Otras acciones desarrolladas en esta etapa fueron el impulso a los encuentros estatales y nacionales de transferencia de tecnología, en el marco de la Reunión Nacional Anual de Investigación Pecuaria, y la producción de material de difusión del concepto del modelo GGAVATT, sus componentes y resultados esperados del uso de tecnología (Vidal, 2001; González *et al.*, 2006).

En este periodo se constituyeron en el país más de 1500 GGAVATT en los sistemas producto bovinos leche, bovinos doble propósito, bovinos carne, caprinos, ovinos, cerdos, aves y abejas, con resultados altamente satisfactorios en cuanto a adopción de tecnología e impacto favorable en indicadores productivos y económicos (González *et al.*, 2001a; González *et al.*, 2004; Miranda *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2004; Solís *et al.*, 2006). Inclusive el modelo como estrategia de transferencia de tecnología se utilizó en los sistemas producto mango y limón en el estado de Veracruz.

#### *Fundamentos del modelo GGAVATT*

**Autonomía.** Entendida ésta como la capacidad del grupo de productores para tomar decisiones respecto a su organización interna, objetivos y metas, considerando sus intereses y recursos, así como para afrontar y controlar los cambios endógenos y exógenos sin perder su identidad y sus valores.

**Flexibilidad.** El GGAVATT tiene un amplio ámbito de adaptabilidad de acuerdo con el entorno ecológico y las condiciones técnicas, sociales, económicas y culturales producto de la versatilidad con la que operan los productores, el agente de cambio y las instituciones participantes.

**Sustentabilidad.** Entendida ésta como un proceso mediante el cual se pretende alcanzar una mejor calidad de vida considerando una producción sostenida a través del tiempo y la conservación de los recursos naturales heredables a las generaciones futuras.

**Enfoque holístico.** Se refiere al manejo integral de todos los recursos de la unidad de producción para asegurar la sustentabilidad del sistema productivo.

**Capacitación en la acción.** Para difundir las innovaciones tecnológicas y fortalecer las habilidades técnicas de los productores y con ello asegurar el logro de metas y cumplimiento de objetivos. La capacitación continua propicia el intercambio de información y de experiencias entre productores, agentes de cambio, investigadores y académicos.

**Innovación permanente.** Se espera un cambio de actitud en los productores hacia la aceptación de nuevos conocimientos que permiten utilizar, adaptar, adoptar, o en su defecto rechazar tecnologías, productos o procesos de alto impacto económico acordes al contexto que demandan las cadenas productivas.

**Cooperación.** Se refiere al trabajo en común que realizan los productores y el resto de los actores del modelo GGAVATT para lograr un objetivo compartido.



### Ámbito del modelo GGAVATT

Por sus componentes, objetivos y su finalidad, el modelo GGAVATT comprende acciones e interacciones del proceso de investigación-transferencia-adopción de tecnología, como puede observarse en la Figura 47.

El proceso de generación-adopción de tecnología es continuo, sin límites definidos entre investigación, validación y transferencia. Es un proceso dinámico que demanda la participación activa y organizada de todos los actores de las cadenas de valor pecuarias. En este escenario los ganaderos que forman el eslabón primario de las cadenas tendrán que adoptar formas efectivas de interacción con los demás eslabones para participar en los procesos de transformación y comercialización de sus productos.



Figura 47. Interacciones del GGAVATT.

En la época actual de la globalización las prioridades las establece el consumidor final. El gran reto para los que participan en los eslabones de estas cadenas es cómo obtener el beneficio económico justo que les corresponda en relación con el trabajo, tiempo, riesgo e inversión. Este reto impone un mayor grado de dificultad para la mayoría de los pequeños y medianos productores, que es el primer eslabón de la cadena.

### Estructura del GGAVATT

La metodología de trabajo en el modelo GGAVATT es dinámica, con un flujo permanente de ideas e innovaciones, comunicación continua entre las UP y el agente de cambio (AC), e interacción permanente con los centros de investigación y/o fuentes de información y de innovaciones tecnológicas (Figura 48). El GGAVATT alcanza el éxito en la medida en que cada uno de sus componentes se compromete a desempeñar el rol que le corresponde.

Como se puede observar en la Figura 48, las UP están alrededor del módulo de validación, y las flechas de ida y vuelta entre las UP y el módulo significan una interacción continua. Las flechas hacia el exterior significan la comunicación, y probable resonancia con productores situados en el área de influencia del GGAVATT que también pueden ser beneficiados con



las innovaciones tecnológicas. Las flechas laterales de ida y vuelta entre las UP significan interacción entre productores, que al estar integrados en un grupo les permite un intercambio de experiencias y de innovaciones tecnológicas.



Figura 48. Estructura del GGAVATT.

El módulo de validación es la unidad de producción que reúne las características óptimas para introducir innovaciones tecnológicas. El proceso de validación tiene como propósito evaluar la tecnología que fue generada en los centros de investigación (en condiciones controladas y en pequeña escala) en las condiciones ambientales y socioeconómicas del productor. Así pues, cualquier unidad de producción puede convertirse en módulo de validación, ello dependerá de la tecnología a validar. Por ejemplo, para el caso de lechería familiar, en una unidad de producción se puede validar la producción de avena-ebo, mientras que en otra en la que el productor no posea tierras se puede validar el uso de la corraleta móvil para la crianza de becerras.

El AC funge como intermediario entre las instituciones de investigación o docencia y los productores, y es el encargado de proponer las innovaciones tecnológicas con el propósito de lograr aumento en la productividad y rentabilidad de las unidades de producción.

La relación entre los centros de investigación o docencia se representa con flechas de doble sentido, e indica una interacción continua entre los investigadores (generadores de nuevas tecnologías) y los agentes de cambio, y éstos a su vez con los usuarios. Si la tecnología

resulta exitosa se procede a su difusión entre el resto de los integrantes del GGAVATT; caso contrario, ésta es rechazada, con un impacto nulo en los índices de adopción.

#### *Componentes del modelo GGAVATT*

**Componente ganadero.** Lo integran de 10 a 20 productores amigos que se organizan para trabajar en grupo, los cuales eligen en forma democrática un presidente, un secretario y un tesorero, cuyas responsabilidades son las siguientes:

Presidente:

- Representar al grupo ante instancias oficiales y privadas
- Presidir las juntas mensuales y evaluaciones anuales
- Gestionar apoyos de dependencias gubernamentales o empresas privadas
- Vincular al grupo con el sistema producto, organizaciones ganaderas no gubernamentales, instituciones financieras y representantes de casas comerciales, laboratorios, etc.
- Gestionar compras y comercialización de los productos generados por el grupo

Secretario:

- Llevar el registro de asistencia en cada junta
- Leer el orden del día y la minuta de la reunión anterior
- Visitar a socios que no hayan asistido a las reuniones mensuales
- Redactar documentos de interés colectivo
- 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 la asistencia técnica y capacitación
- Presentar mensualmente el informe de ingresos, egresos y saldo
- Cuidar y orientar los recursos financieros del grupo

Los compromisos de los productores que integran el GGAVATT son los siguientes:

1. Asistir a las juntas mensuales
2. Poner en práctica las tecnologías necesarias u optativas comprometidas en el calendario de actividades
3. Aportar las cuotas acordadas en asamblea para el apoyo a capacitación, asistencia técnica, gestoría, demostraciones, reuniones de trabajo, compra de equipo, entre otras, todas de interés colectivo
4. Proporcionar información verídica para la elaboración del diagnóstico estático



5. Llevar registros productivos y económicos de manera sistemática
6. Asistir a eventos de capacitación, demostraciones y giras de intercambio

**Componente técnico.** Lo constituye el agente de cambio que debe ser, de preferencia, un médico veterinario zootecnista o un ingeniero agrónomo zootecnista, con vocación de servicio (Bustos *et al.*, 2008). Los productores son los responsables del pago de los honorarios del AC, o bien de buscar alternativas de financiamiento del servicio de asistencia técnica.

**Componente institucional.** Lo constituyen las instituciones de investigación, académicas, de fomento, crediticias o de capacitación relacionadas con el subsector pecuario, o comprometidas con su desarrollo.

## FORMACIÓN DEL GGAVATT

Con la integración del grupo de productores inicia la puesta en marcha del modelo GGAVATT. La fase de Formación implica una serie de actividades que se deben realizar previo a la constitución del grupo. Con ello se pretende acordar responsabilidades de los componentes del modelo y compromisos de trabajo, los cuales quedan registrados en el acta constitutiva. Las actividades que se deben realizar para la formación de un GGAVATT son: promoción, diagnóstico estático y asamblea constitutiva.

### Promoción

Entre las actividades para promover la formación de un GGAVATT está la presentación de información sobre el funcionamiento del modelo a posibles "clientes", como por ejemplo:

Uniones Ganaderas Regionales, Asociaciones Ganaderas Locales, Asociaciones Gremiales, Consejos estatales del sistema-producto, Otras organizaciones de productores, Empresas y/o organizaciones privadas que lo soliciten. Otro método que se utiliza para promover la formación de un GGAVATT es organizar visitas de productores interesados a GGAVATT exitosos en el estado.

Los requisitos que deben reunir los productores interesados en integrarse como GGAVATT son los siguientes:

- Que pertenezcan al mismo sistema producto
- Que sus unidades de producción estén cercanas geográficamente
- Que demuestren interés por la capacitación y asistencia técnica, no por los apoyos gubernamentales

### Diagnóstico estático

La primera actividad que realiza el AC es un diagnóstico inicial de la unidad de producción considerando aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales (Bustos *et al.* 2003). A través del diagnóstico se identifican los problemas que afectan la productividad y sustentabilidad de las UP, y a partir de ellos se elabora, junto con los productores, el programa de trabajo y las propuestas técnicas a implementar (Balbuena *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2004; Vera *et al.*, 2006; Casimiro *et al.*, 2006).

## **OPERACIÓN DEL GGAVATT**

Esta fase se refiere al funcionamiento del modelo en la unidad de producción; para que el modelo opere deben quedar claras las responsabilidades o compromisos de los productores, del agente de cambio y de las instituciones participantes.

### **Actividades de los productores**

El funcionamiento de un GGAVATT se basa en la interacción dinámica y articulada entre los productores, el agente de cambio y la o las instituciones. Las actividades de los productores pueden ser individuales o colectivas.

### **Actividades individuales**

Cada productor se compromete a realizar en su UP las siguientes actividades:

1. Calendario técnico
2. Diagnóstico dinámico:
  - Registros productivos y reproductivos
  - Registros económicos
3. Validación de tecnología

### **Calendario técnico**

En el calendario técnico se incluye una serie de actividades de las que depende el desarrollo de la UP (obligatorias), y algunas opcionales; también se incluyen esquemas de seguimiento y evaluación para conocer el impacto de la adopción de innovaciones tecnológicas. El calendario técnico lo elaboran en forma conjunta el productor y el agente de cambio con base en el resultado del diagnóstico estático.

#### *Actividades obligatorias:*

1. Identificación numérica de los animales
2. Descorne de becerras
3. Uso de formatos de registros productivos, reproductivos, de peso y producción láctea (tarjeta individual por animal)
4. Uso de formato de registros económicos
5. Vacunaciones
6. Desparasitación interna y externa
7. Suplementación mineral
8. Diagnóstico de brucelosis
9. Diagnóstico de tuberculosis
10. Diagnóstico de mastitis
11. Diagnóstico de gestación



*Actividades opcionales:*

1. Inseminación artificial
2. Amamantamiento restringido
3. Crianza artificial
4. Manejo de potreros y praderas
5. Lotificación por etapa productiva
6. Suplementación energética
7. Evaluación de sementales
8. Aplicación de vitaminas
9. Producción de forrajes de corte
10. Fertilización
11. Henificación
12. Ensilaje
13. Diagnóstico de gestación
14. Transformación de productos lácteos

En el Anexo 3 del presente capítulo se presenta un ejemplo de calendario técnico para ganado bovino en sistemas de lechería familiar.

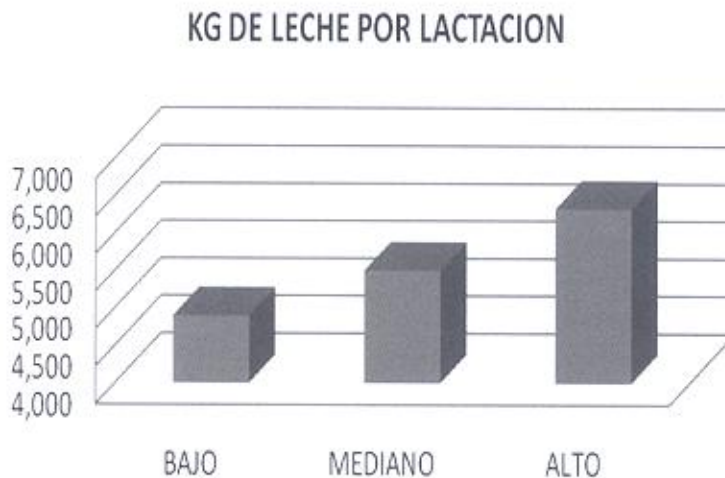
**Diagnóstico dinámico.** Se refiere al seguimiento a los datos de producción, económicos, sociales y ecológicos registrados a través del tiempo. El diagnóstico dinámico lo realiza el productor con apoyo del agente de cambio. Se recomienda utilizar programas computacionales en los procesos de mejoramiento genético, administración de empresas lecheras, manejo productivo y reproductivo. Se debe considerar que para que el agente de cambio pueda inducir en los productores la práctica de captura de información, es necesario que se les expliquen las ventajas y los beneficios de ello. De no hacer este primer paso, se corre el riesgo de que el productor sienta esta actividad como trabajo sin sentido, causando en él desánimo y desinterés.

*Registros productivos y reproductivos*

El registro de datos va a permitir evaluar el impacto del uso de los diferentes componentes tecnológicos que se vayan incorporando en la unidad de producción. Las herramientas más utilizadas para el registro de datos son las siguientes:

- Libreta ganadera
- Tarjeta de registro individual
- Formatos para el registro de actividades específicas
- Hojas de cálculo de programas de cómputo
- Programas computacionales específicos para manejo de hatos

*Libreta ganadera.* La libreta se divide en apartados donde el productor registra diariamente



**Figura 49. Efecto de los niveles bajo, medio y alto uso de tecnología en la producción de leche en unidades de lechería familiar de Guanajuato.**

### La apropiación de nuevos conocimientos

La verificación de la apropiación de nuevos conocimientos se realiza al comparar los cursos de capacitación programados durante cierto periodo, que puede ser durante un año, para cada GGAVATT y los registros de asistencia a los mismos, relacionando también esta información con las tecnologías adoptadas por los integrantes del grupo. A partir de esta información se derivan dos indicadores: el primero es el porcentaje de productores capacitados, que se obtiene al dividir el número de productores que asisten a los cursos de capacitación entre el número total de integrantes del grupo. El segundo se refiere al porcentaje de productores que adoptan la tecnología, que resulta de dividir el número de productores que adoptan la tecnología entre el número de productores que participaron en la capacitación multiplicando por 100.

Un ejemplo de la apropiación de nuevos conocimientos es el caso del GGAVATT Joaquín en el estado de Guanajuato. Doce de los 20 integrantes de este GAVATT recibieron capacitación sobre inseminación artificial. Como resultado de esta capacitación, seis productores adoptaron la técnica en sus UP (50% de los productores se apropiaron de la nueva tecnología).

“Apropiación de nuevos conocimientos” por los productores de un GGAVATT no significa el uso temporal de un conocimiento o una técnica. Significa que el productor ha incorporado la innovación a su unidad de producción por los beneficios que le representa su uso: mayor cantidad de leche, raciones alimenticias a un menor costo, menor presencia de enfermedades como consecuencia de la aplicación de vacunas oportunamente, etc. Cuando un productor se ha apropiado realmente del nuevo conocimiento, el AC puede continuar con su asesoría, pero si por diversas razones el AC deja de prestar sus servicios al productor, éste va a continuar con el uso del nuevo conocimiento.



## Anexo 1. Cédula de entrevista

### Diagnóstico socioeconómico y técnico productivo de la ganadería bovina de leche

La presente entrevista permitirá conocer la situación actual de su unidad de producción; la información que proporcione es estrictamente confidencial y será utilizada únicamente con fines estadísticos.

Agradecemos de antemano su colaboración.

Encuestador	Firma	Fecha		

#### I. Datos generales

Nombre del productor	
Nombre de la Unidad de Producción (UP)	
Nombre del grupo	
Dirección de la UP	
Nombre del asesor	
Ubicación georeferenciada de la UP	

Marque con una "X" en el espacio adecuado para cada opción.

1. Edad (años)
2. ¿Sabe leer y escribir?      Sí ( )      No ( )
3. ¿Grado escolar?      Ninguno ( )      Primaria ( )      Secundaria ( )      Técnico ( )  
Preparatoria ( )      Universidad ( )      Otro      Cursó hasta:
4. ¿Cada cuándo lee?      Diario ( )      Dos veces /semana ( )      Tres veces/semana ( )  
Cada quince días ( )
5. ¿Qué lee?      Periódico ( )      Libros ( )      Historietas y cuentos ( )  
Publicación técnica sobre ganadería ( )      Otras:
6. ¿Qué programa agropecuario ve o escucha?  
Televisión ( )      Radio ( )

#### II. Socioeconómico.

7. ¿Pertenece a alguna asociación?

Ganadera ( )	¿Cual?
Agrícola ( )	¿Cual?
Otra ( )	¿Cual?
8. ¿Cuántas personas dependen económicamente de usted?

Menores de edad ( )	Mayores de edad ( )
---------------------	---------------------

9. ¿Qué otras actividades productivas realiza en su UP?			
Área	Especie/Cultivo		Importancia, %
Pecuaria			
Agrícola			
Forestal			
Otras			
10. Fuera de la UP ¿Que otra actividad económica realiza?			Ninguna ( )
Asalariado fijo ( )	Negocio particular ( )	Asalariado eventual ( )	Otra ( )
11. ¿Qué importancia tiene la actividad ganadera?		Única fuente de ingresos ( )	Importante, mas del 50 % del ingreso ( )

### III. Tierras.

12. ¿Que tipo de tenencia de tierra tiene?		Particular ( ) Ejidal ( ) Comunal ( ) Rentada ( )	
13. Indique la forma en que tiene distribuida la tierra.			
Clase de tierra	Predios (ha)	Riego (ha)	Temporal (ha)
Ganaderas			
Agrícolas			
Frutícolas			
Forestales			
No utilizadas			
14. ¿Que medio utiliza para preparar el terreno?		Tracción animal ( )	Mecanizado ( )
		Mecanizado y tracción animal ( )	Manual ( )
15. ¿De quien recibe asesoría técnica?		Particular ( )	Oficial ( )
		Ninguna ( )	

### IV. Recursos forrajeros.

16. ¿Qué tipo de especies forrajeras tiene en su UP?		1.-	ha									
2.-	ha	3.-	ha									
4.-	ha											
17. ¿En qué mes le rentan tierra para producir forraje y/o pastoreo?												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Costo por unidad de superficie \$
18. ¿Cuántos días tiene a los animales en el potrero?												
19. ¿Fertiliza sus cultivos? ha ¿Con qué producto?												
¿Cómo controla las malas hierbas?												
¿Cómo controla las plagas?												
20. ¿Cómo conserva su forraje? Ensilado ( ) Henificado ( ) Otro:												



## V. Alimentación

21. ¿Qué tipo de suplementación alimenticia ofrece al ganado?

Energética ( )	Cada cuanto:	Proteica ( )	Cada cuanto:
Mineral ( )	Cada cuanto:	No ofrece ( )	

22. ¿A qué animales suplementa?

Vacas en ordeña ( )	Vacas gestante ( )	Vacas secas ( )
Vaquillas ( )	Becerras ( )	Semental ( )

23. ¿Época del año que suplementa?

Crítica (Sequía/nortes) ( )	Lluvias ( )	Todo el año ( )
-----------------------------	-------------	-----------------

24. ¿De dónde provienen los reemplazos?

Del rancho ( )	Se compra ( )	Ambos ( )
----------------	---------------	-----------

## VI. Manejo

25. ¿Con qué identifica a los animales?

No lo hace ( )	Arete ( )	Fierro ( )	Ambos ( )
Tatuaje ( )	Medallas ( )	Otros:	

26. ¿Cómo hace el descornado de los animales?

Con pasta ( )	Despunte ( )
---------------	--------------

27. Tipo de ordeño

Manual ( )	Mecánico ( )
------------	--------------

28. ¿Lleva registros productivos?

Si ( )	No ( )
--------	--------

29. ¿Lleva registros económicos?

Si ( )	No ( )
--------	--------

30. Cada cuanto pesa la leche

Diario ( )	Catorcenal ( )	Mensual ( )
------------	----------------	-------------

31. ¿A qué edad desteta las crías?

--

32. ¿Cuántas ordeños hace al día?

--

## VII. Sanidad.

33. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes?

( ) Mastitis	( ) Anaplasmosis
( ) Neumonías	( ) Brucelosis
( ) Derriengue	( ) Carbón sintomático
( ) Piroplasmosis	Otras:

34. ¿Contra qué vacuna?

¿Cada cuánto tiempo lo hace?	
1. Clostridiasis (carbón sintomático y otros) ( )	
2. Septicemias ( )	
3. Derriengue ( )	
4. Brucelosis ( )	
5. Leptospirosis ( )	
6. Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) ( )	
7. Diarrea viral bovina (DVB) ( )	
8. Otras: ( )	

35.	¿A qué animales desparasita?	Chicos ( )		Grandes ( )		
		Externa ( )	Interna ( )	Externa ( )	Interna ( )	
36.	¿Cómo detecta la presencia de mastitis subclínica?	Prueba de Wisconsin ( ) No detecta ( )		Prueba de California ( ) Otra:		
37.	Prácticas de higiene que realiza en la ordeña:	Lavado de ubre y pezones				( )
		Secado con toallas individuales				( )
		Despunte y prueba de tazón de fondo oscuro				( )
		Exprimido de la ubre				( )
		Aplicación de sellador				( )
		Otras:				
38.	¿Aplica antibiótico al momento del secado?	Si ( )		No ( )		
39.	¿Hace uso del servicio veterinario?	Si ( )		No ( )		
40.	¿Cuántos animales se le murieron el año pasado?	Adultos ( )		Crías ( )		
41.	¿Se han presentado abortos en su hato?	Si ( )	No ( )	¿Cuántos?		
42.	¿Desinfecta el ombligo de la cría?	Si ( )		No ( )		
43.	¿Asegura el consumo del calostro de las crías?	Si ( )		No ( )		
44.	¿Envía muestras a laboratorio?	Si ( )		No ( )		
45.	¿En qué campaña sanitaria está inscrito?					

### VIII. Genética

#### 46. Composición del hato

Tipo de animales	Cantidad	Razas
Sementales		
Vacas de ordeña		
Vacas gestantes		
Vacas secas		
Vacas horras		
Vaquillas		
Novillonas (1 a 2 años)		
Becerras (4 a 12 meses)		
Beceros (0 a 3 meses)		
Becerras (0 a 3 meses)		

#### 47. ¿Qué criterios de selección utiliza?

Genotipo (genética) ( )	Fenotipo (lo que se ve) ( )	Ambos ( )
-------------------------	-----------------------------	-----------



## IX. Reproducción

48.	¿Qué tipo de empadre practica?	Continuo ( )	Por época ( )
49.	¿Se detectan calores?	Si ( )	No ( )
50.	¿Hace evaluación reproductiva del semental y/o del semen?	Si ( )	No ( )
51.	¿Qué método reproductivo utiliza?	Inseminación artificial ( )	Monta natural ( )
52.	¿Utiliza semen de toros probados?	Si ( )	No ( )
53.	¿Quien realiza la inseminación artificial?	Miembro de la familia( )	Agente externo( )
54.	¿Practica diagnóstico de gestación?	Si ( )	No ( )
55.	¿Separa a las vacas antes del parto?	Si ( )	No ( )
56.	Edad al primer parto de vaquillas, meses		
57.	¿Cuántas hembras le paren al año?		

## X. Comercialización.

58.	Destino de la producción de leche	Venta	Consumo	Alimentación de crías
	Litros			
59.	¿A quien le vende la leche?	¿A qué precio?		
	Botero	Si ( )	No ( )	
	Quesero	Si ( )	No ( )	
	Directo al consumidor	Si ( )	No ( )	
	Industria de la transformación	Si ( )	No ( )	
	La transforma en queso	Si ( )	No ( )	
60.	¿Cuántos animales vendió el año pasado?			
	Tipo	Cantidad	Precio/kg	Total
	Vacas vientre			
	Novillonas			
	Toretos			
	Beceros			
61.	Causas de desecho:			
	Baja producción			
	Problemas reproductivos			
	Problemas de patas			
	Problemas de la ubre			
	Otros			

XI. Instalaciones y equipo.

62. ¿Qué instalaciones tiene en su UP?

Corral de manejo	( )	Baño garrapaticida	( )
Manga para hacer Dx. de gestación	( )	Cerco eléctrico y/o convencional	( )
Galera o sala de ordeño	( )	Comederos	( )
Corral de ordeña	( )	Bebederos	( )
Becerras	( )	Pozo	( )
Silos	( )	Bodega	( )
Echaderos	( )	Otros	( )

63. Fuente de abastecimiento de agua

Rios	( )	Arroyos	( )	Presas	( )
Pozo	( )	No Tiene	( )		

64. ¿Con qué equipo cuenta?

Báscula	( )	Ordeñadora	( )
Tractor	( )	Picadora	( )
Arado	( )	Molino de martillo	( )
Rastra	( )	Bomba de mochila	( )
Bomba de agua	( )	Termo de IA	( )
Camioneta	( )	Otros	( )

65. ¿Cuántos empleados tiene su UP?

Mano de obra permanente	( )	
Familiar	( )	
Mano de obra eventual	( )	

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL PRODUCTOR

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL ENCUESTADOR



## Anexo 2. Guía de invitación para la asamblea constitutiva

### INVITACIÓN

#### LOGOTIPOS DE INSTITUCIONES

MOTIVO:

DEL GRUPO: \_\_\_\_\_

LUGAR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HORA DE INICIO: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PSP: \_\_\_\_\_

#### PROGRAMA

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo estimado (minutos)</b>	<b>Responsable</b>
Registro de asistentes	15	PSP
Bienvenida	5	Anfitrión
Objetivo de la reunión	10	PSP
El Modelo GGAVATT	20	INIFAP
Diagnóstico estático	15	PSP
Programa de trabajo	15	PSP
Toma de protesta	10	Autoridades
Firma del acta	10	Socios GGAVATT
Conclusiones	5	Presidente
Clausura	5	Autoridades

#### CROQUIS DEL LUGAR DE LA ASAMBLEA

**Anexo 3. Ejemplo de calendario técnico en ganado bovino en sistemas de lechería familiar**

ACTIVIDADES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Actividades productivas</b>												
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
<b>Alimentación</b>												
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
Balanceo de raciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suplementación con ensilaje	X	X	X	X	X							X
<b>Actividades reproductivas</b>												
Diagnóstico de gestación				X							X	
Inseminación artificial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Medicina preventiva</b>												
Vacunación contra brucelosis	X		X		X		X		X		X	
Desparasitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diagnóstico de brucelosis	X											
Diagnóstico de tuberculosis	X											
Prueba de California	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



#### Anexo 4. Formato de 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 becerros		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. El juego de roles (papeles)

“El juego de roles se caracteriza por representar “papeles”, es decir, los comportamientos de las personas en las diferentes situaciones de la vida”.

*Objetivo:* Analizar las actitudes y reacciones de la gente frente a situaciones o hechos concretos.

*Desarrollo:* Al igual que el sociodrama, es una actuación en la que se utilizan gestos, acciones y palabras. La diferencia está en que en el juego de roles se presentan las actitudes de las personas, las características de sus ocupaciones, profesiones o las formas de pensar de la gente.

Ejemplos de roles:

ACTITUDES	OCUPACIONES O PROFESIONES	FORMAS DE PENSAR
El individualista	El maestro	El social-demócrata
El autoritario	La ama de casa	El marxista
El oportunista	El obrero	El demócrata-cristiano

Actividades:

- I. Elección del tema.
- II. Conversación sobre el tema. Si van a representar roles de distintas formas de pensar, se forman grupos para preparar bien cada rol y estudiar los argumentos que utiliza cada personaje en la vida real.
- III. Preparación de la historia o argumento. Deben quedar claras la actitud y la reacción de los personajes.
- IV. Presentación de roles y discusión.

Al igual que el sociodrama, el juego de roles se puede emplear en los siguientes casos:

- Empezar a estudiar un tema haciendo un diagnóstico
- Profundizar en un aspecto del tema
- Al finalizar el estudio de un tema, representar la conclusión

### Otros usos del juego de roles

- Es una excelente técnica para los debates sobre diferentes formas de pensar (ideología) porque exige defender posiciones a partir de los roles que representamos, y no sólo de nuestras propias ideas. Por esta razón es necesario contar con material para prepararlos (periódicos, documentos, comunicados).
- Es muy útil para evaluar el papel o rol que tuvo alguna persona en el pasado y ver claramente cómo actuó ante esa situación.
- Es útil cuando un grupo quiere preparar una actividad y quiere saber cómo va a realizarla, y qué comportamiento y actitudes se van a observar.



- Es útil como herramienta para aclarar problemas o situaciones que ocurren al interior del grupo. En este caso un miembro del grupo "juega" el papel de otro compañero, tal como lo ve en la realidad. Así, el grupo se ve representado a sí mismo.
- Es importante la preparación con anterioridad, para dominar el papel que se va a representar. La discusión debe centrarse en el comportamiento de los personajes y en los argumentos que utilizaron.

## Anexo 6. Información de retorno al ejercicio de la junta mensual

### Pasos a seguir en la junta mensual

PASOS	GRUPO 1	GRUPO 2
1. Registro de asistencia.		
2. Lectura y aprobación en su caso de la orden del día.		
3. Bienvenida y presentación de actividades de la UP por el ganadero anfitrión.		
4. Lectura y aprobación en su caso de la minuta de la reunión anterior y seguimiento de acuerdos.		
5. Presentación mensual de actividades del agente de cambio sobre resultados productivos, reproductivos, económicos, sociales y ambientales más relevantes.		
6. Calendarización de actividades a realizar el próximo mes.		
7. Demostración o plática técnica del mes, con la participación de casas comerciales e instituciones invitadas.		
8. Informe de tesorería.		
9. Programación de la próxima reunión		
10. Asuntos generales.		

## Anexo 7. Formato de satisfacción del cliente

Fecha de la evaluación (d-m-a) \_\_\_\_\_

Nombre del PSP \_\_\_\_\_

Nombre del grupo \_\_\_\_\_

Sistema producto \_\_\_\_\_

Sistema de producción \_\_\_\_\_

Nombre del presidente del grupo \_\_\_\_\_

Número de integrantes del grupo \_\_\_\_\_

INDICADOR	CALIFICACIÓN*
Cumplió con el total de visitas programadas	
Cumplió con el programa de actividades de cada visita	
Se realizó el total de eventos de capacitación programados	
Presentó informe de avances en las juntas mensuales	
Se realizaron las conferencias o demostraciones mensuales programadas	
Lo apoyó en la ejecución de las prácticas técnicas convenidas	
Facilitó la organización de las reuniones mensuales del grupo	
Lo apoyó en el acopio de información, análisis y utilización de la misma	
La participación del PSP le reportó beneficios	
Le proporcionó información de nuevos componentes tecnológicos	
¿Cómo considera el desempeño del PSP?	
<b>Puntuación media obtenida</b>	

\* Escala del 1 al 10

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del productor



## Anexo 8. Información de retorno al ejercicio de evaluación

ACTIVIDADES	GRUPO 1	GRUPO 2
1. Información detallada		
2. Determinación de los objetivos de la evaluación		
3. Identificación de variables (ecológicas, productivas, económicas y sociales)		
4. Determinación de las técnicas de análisis		
5. Formatos de captura		
6. Método de captura		
7. Responsables de la captura		
8. Responsables del procesamiento de los datos		
9. Definir el tiempo de la evaluación		

### LITERATURA CITADA

- Aguilar BU y Bueno HD. 1996. GGAVATT La Tasajera. INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver. México (Publicación Especial Núm. 7).
- Aguilar BU, Amaro GR, Bueno DHM, Chagoya FJLM, Koppel RET, Ortiz OGA., Pérez SJM, Rodríguez CHMA., Romero FMZ, y Vázquez GR. 2003. Manual para la formación de capacitadores Modelo GGAVATT. INIFAP, Campo Experimental "Zacatepec". Zacatepec, Mor., México. 163 p. (Publicación Especial Núm. 36).
- Balbuena FA, González OTA, y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Caprino Progreso. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México (Libro Técnico Núm. 1). p. 88-106.
- Bueno DH, Aguilar BU, Rodríguez CHMA. 1993. Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología "El Jilguero". 1a. Evaluación Anual. INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Ver., México. (Publicación Especial No. 2).
- Casimiro IM, Morales TE, González OTA y Espinosa GJA. 2006. GGAVATT de Bovinos carne Tierra Blanca. En: Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 75. (Libro Técnico).

- Bustos CDE, Espinoza GJA, y Tapia NCA. 2003. Diagnóstico participativo en comunidades rurales del semiárido de Querétaro y Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Querétaro. Querétaro, Qro., México. 92 p. (Publicación Especial Núm 1).
- Bustos CDE, Espinoza GJA, González TA y Tapia NCA. 2008. Los grupos ganaderos de validación y transferencia de tecnología en el estado de Guanajuato. Análisis del cambio de actitud de los productores. INIFAP, Campo Experimental Querétaro. Querétaro, Qro., México. p. 60. (Publicación Técnica Núm. 1).
- Chagoya FJL, Pérez SJM y Aguilar BU. 1998. Evaluación técnica y económica del Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología Tepetzintla. INIFAP, Campo Experimental La Posta, Paso del Toro, Ver., México. (Folleto para Productores Núm. 5).
- Flores DR, Rivera JP, González OTA y Espinosa GJA. 2006. GGAVATT de cabras Estancia del Llano. En: Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 99. (Libro Técnico).
- García GA, Morales PF, González OTA y Espinosa GJA. 2006. GGAVATT Bovinos leche Villagrán. En: Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 119-142. (Libro Técnico).
- González SA, González ELA y Yáñez MA. 2001a. Impacto de los GGAVATT como método de transferencia de tecnología pecuaria en Colima. INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Col., México. 42 p. (Publicación Especial Núm. 1).
- González OA, Peña VN y Espinosa GJA. 2001b. GGAVATT de lechería familiar "La Labor". Primera evaluación. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 27 p. (Publicación Especial Núm.1).
- González EA, Cuevas RV, Loaiza MA, Romero FJMO, Reyes JJE, Moreno GT, Martínez PR y Wood S. 2004. Impacto económico del proyecto "Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología" (GGAVATT) en Sinaloa. INIFAP, Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sin., México. 58 p. (Publicación Técnica Núm. 7).
- González OTA, Espinosa GJA y Ríos RSA. 2006. Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología Pecuaria. GGAVATT Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. (Desplegable para Productores Núm. 1).
- González OTA, Luna EA, Espinosa GJA, Ramírez SM, Morales LFJ. 2008. Efecto del nivel tecnológico sobre el sistema de lechería familiar en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México (Desplegable Técnica Núm. 1).
- Gómez VJ, Morales TE, González OTA y Espinosa GJA. 2007. GGAVATT Bovinos de carne Productores Cárnicos de Apaseo. En: Casos exitosos GGAVATT Guanajuato 2006. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 5 (Libro Técnico)
- Guevara RJ, González, OTA, y Espinosa GJA. 2007. GGAVATT Bovinos productores de leche Dobladense. En: Casos exitosos GGAVATT Guanajuato 2006. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 37 (Libro Técnico).



- Hernández RR, González OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Bovinos carne Tierras Negras. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria. p. 147 INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México. (Libro Técnico).
- Miranda MF, González OTA, y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Ovinocultores II. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria. INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México. p. 107-121. (Libro Técnico Núm. 1).
- Morales VA, Mendoza VG, González OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Bovinos leche Medranos. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 59-71. (Libro Técnico Núm. 1).
- Ortiz O, Piña C y Martínez RJL. 1997. El modelo GGAVATT como estrategia para incrementar la producción de leche en pastoreo en la región. INIFAP, Campo Experimental Jalapa. Jalapa, Ver., México (Publicación Técnica).
- Rivera SJP, González OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT caprino Ojo de Agua de los Reyes. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 73-87. (Libro Técnico Núm. 1).
- Rodríguez LF, González OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT bovinos carne Lagunilla de Pérez. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología pecuaria. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 168-188. (Libro Técnico Núm. 1).
- Rueda MBL. 1994. Registros económicos en ranchos ganaderos. INIFAP, Campo Experimental Papantla. Papantla, Ver., México 16 p. (Folleto Técnico Núm. 2).
- Solis OGA, González OTA, Espinosa GJA y Ríos RSA. 2006. Ovinocultores de San José Iturbide, GGAVATT Guanajuato. Primera Evaluación Técnica. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 24 p. (Publicación Técnica).
- Torres AC, González OTA y Espinosa GJA. 2004. GGAVATT Porcicultores de Irapuato. En: GGAVATT Guanajuato. Transferencia de tecnología. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 21-42. (Libro Técnico).
- Vera FJ, Cruz LD, González OA y Espinosa GA. 2006. GGAVATT porcino Capitiro. En: Casos exitosos GGAVATT 2005 en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. p. 143-173. (Libro Técnico).
- Vidal RCJ. 2001. Herramientas metodológicas para la transferencia de tecnología pecuaria mediante la metodología GGAVATT. División Pecuaria. INIFAP, Campo Experimental El Verdineño, Santiago Ixcuintla, Nay., México. 24 p. (Publicación Especial Núm. 1).
- Zárate M, Román PH, Rueda M y Canudas L. 1993. Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología "Tepetzintla". INIFAP, Campo Experimental La Posta Paso del Toro, Ver., México (Publicación Especial Núm. 1).

## 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, Héctor Raymundo Vera Ávila, Heriberto Román Ponce y Alfredo Patraca Fernández.

**COORDINADOR DEL COMITÉ EDITORIAL:** Héctor Raymundo Vera Ávila.

**EDICIÓN:** Santa Ana Ríos Ruíz.

**APOYO EDITORIAL:** Isidro Reyes Juárez.

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

**FORMACIÓN:** Isidro Reyes Juárez, Claudia Perdomo Montes y Alfredo Patraca Fernández.

**REVISIÓN TÉCNICA:** José de Jesús Quiñones Vera y Héctor Mario Quiroga Garza.

La presente publicación se terminó de imprimir en diciembre 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 1304 ejemplares

Para mayores informes, acuda, escriba o llame al:  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y  
Pecuarías

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<sup>er</sup> 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](http://www.inifap.gob.mx)



**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarías