

# UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



## POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y SU  
IMPACTO ECONÓMICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN  
DE BECERRO EN EL RANCHO EL TRIUNFO

### T E S I S

PRESENTADA POR

**ROBERTO AYÓN MUNGUÍA**

Desarrollada para cumplir con uno de los  
requerimientos parciales para obtener  
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS  
M.C. GUILLERMO CUAMEA CRUZ

CODIRECTOR  
M.C. FRANCISCO DENOGEAN

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

JUNIO 2017

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

Hermosillo, Sonora a 20 de abril de 2017

## ROBERTO AYÓN MUNGUÍA

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y SU IMPACTO ECONÓMICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BECERRO EN EL RANCHO EL TRIUNFO** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

M.C. Guillermo Cuamea Cruz  
Director de tesis y Presidente del jurado

MC Francisco G. Denogean Ballesteros  
Codirector y Vocal Externo

Dr. Luis-Felipe Romero Dessens  
Secretario del Jurado

Dr. José Lozano Taylor  
Vocal del Jurado

Dr. Fernando Arturo Ibarra Flores  
Vocal Externo

M.C. Rafael Retes López  
Vocal Externo

## RESUMEN

La ganadería bovina, es tal vez la actividad más diseminada en el medio rural en el estado de Sonora. Esta actividad se ve afectada por: condiciones climatológicas como sequía, altas temperaturas, y otras no climatológicas como la falta de crédito, baja rentabilidad, descontrol en el proceso de preñez del ganado e ignorancia en cuanto al impacto ambiental que se tiene por el ganado improductivo, entre otras condiciones.

En este estudio, se analiza la eficiencia reproductiva de la ganadería del Rancho el Triunfo. Se definen las variables de entrada más significativas que afectan el proceso de producción de becerro durante el ciclo ganadero. Además, este estudio permitirá que los pequeños productores dispongan de un procedimiento para que puedan medir oportunamente el impacto económico de su hato en la producción de becerro, creando conciencia en los productores, de su responsabilidad con el medio ambiente. Además, se reflexionará, sobre los beneficios de medir las entradas del proceso de producción para reducción de sus costos y mejora de la productividad.

Para realizar el estudio se utilizó la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar). Como una estrategia de calidad basada en estadística, que resalta la importancia de la recolección de información y la veracidad de los datos como base para una mejora.

En la metodología DMAIC el desempeño del proceso de preñez del ganado se evalúa con el valor sigma ( $\sigma$ ). Se busca que el proceso alcance una meta de  $6\sigma$  equivalente a un 3.4 defectos por un millón de oportunidades (DPMO). En este estudio, se determinó que hay 79,545.45 DPMO. Es obvio que se necesita mejorar drásticamente el proceso de preñez.

El presente estudio demuestra, que la metodología DMAIC, diseñada para aplicarse en procesos productivos de bienes y servicios, se puede aplicar a procesos complejos no necesariamente industriales, como en este caso de aplicación a la ganadería, lo que lo hace innovador.

## **ABSTRACT**

The cattle, is perhaps the most widespread activity in rural areas in the state of Sonora. This activity is affected by: weather conditions such as drought, high temperatures, and other non-climate and the lack of credit, low profitability, lack of control in the process of pregnancy cattle and ignorance regarding the environmental impact that has on the unproductive cattle, among other conditions.

In this study, the reproductive efficiency of livestock in the suburbs of the state is discussed, with reference to the Rancho el Triunfo. the most significant input variables affecting the production process calf during the cattle cycle, should determine its economic impact are defined. In addition, this study will allow small producers to measure the economic impact of its production calf herd, raising awareness in them of their responsibility to the environment. In addition, awareness of the benefits of measuring inputs in the production process to reduce costs and improve productivity will be created.

For the study methodology was used DMAIC three first step (define, measure and analyze). It is a strategy based on statistical quality, which attaches great importance to the collection of information and the accuracy of data as a basis for improvement.

DMAIC methodology in process performance cattle pregnancy is evaluated with the sigma ( $\sigma$ ). It is entended that the process reach a goal of  $6\sigma$  equivalent of a default by a million opportunities (DPMO). In this study, it was determined that there 79,545.45 DPMO. Obviously you need to dramatically improve the process of pregnancy.

This study also shows that the DMAIC methodology, designed to be applied in production of goods and services, can be applied to not necessarily industrial complex process and this application to livestock what makes it innovative.

# **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi esposa Mireya y a mis hijos Roberto y Lynette con mucho amor para ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Primeramente, a Dios por darme la vida y la Fe en él, para seguir su camino basado en valores y principios.
- Agradezco a mi esposa Mireya por ser la compañera de mi vida y mi mano derecha.
- Agradezco mis hijos Roberto y Lynette por ser razón de mejora continua en mi vida.
- Agradezco a mis padres por estar siempre presentes apoyándome.
- Agradezco a mi nana Fidel por descubrir en mí el amor por el campo y la ganadería.
- Agradezco a mi querido amigo el Padre Mario Lorta por sus enseñanzas en la Fe.
- Agradezco al Ingeniero Rene Valle por mostrarme el valor y la pasión por el trabajo de la ganadería.
- Agradezco al Dr. Fernando Ibarra por su apoyo incansable, ejemplo de investigador.
- Agradezco el apoyo del M.V.Z. Gildardo Gil por el apoyo brindado en el préstamo del equipo científico, para llevar a cabo el experimento.
- Agradezco a Sr. Jose Luis Gonzalo Barceló Moreno por haberme abierto las puertas de su rancho para llevar a cabo este trabajo.
- Agradezco al M.C. Guillermo Cuamea Cruz por su apoyo, confiando en un servidor en la culminación de este trabajo.
- Agradezco al Dr. Francisco Javier Castillo por su guía como excelente investigador.
- Agradezco al Dr. Enrique Fdo. Velázquez Contreras por su tributo a este trabajo.
- Agradezco al M.A. Denogean por su apoyo, aportando su amplio conocimiento científico para la elaboración de este estudio del proceso de producción de becerro.
- Agradezco al Dr. Luis Felipe Romero por su apoyo, en el inicio de este trabajo.
- Agradezco al Dr. Jose Lozano Taylor por su valiosa amistad y aportación en materia de calidad para la elaboración de este trabajo.
- Agradezco al M.A. Rafael Retes López por su excelente aportación en la administración de los sistemas agropecuarios.
- Agradezco a María Eugenia Ibarra secretaria de Servicios Escolares, de la Universidad de Sonora por sus palabras de aliento para salir adelante en esta etapa de mis estudios.

# CONTENIDO

	<b>Página</b>
Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Contenido.....	iii
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de ecuaciones.....	ix
Glosario.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
1.4 Hipótesis.....	7
1.5 Alcance y delimitaciones.....	7
1.6 Justificación.....	8
2. MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1 Metodología DMAIC.....	9
2.1.1. Puntos de definición.....	18
2.2 Diagrama de causa y efecto (Ishikawa).....	19
2.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	22
2.4 Minitab.....	28
2.5 Estudio sobre la productividad en la producción de becerros.....	29
2.6 Pasto buffel para mejorar la producción de becerros.....	30
2.7 Diagnostico sobre la ganadería en el Estado de Sonora.....	32
2.7.1 Ganadería extensiva e intensiva.....	32
2.7.2 Industria engordadora.....	34
2.8 Sistemas de producción vaca-ternero en Chile.....	35
2.8.1 Enfoque de sistemas.....	38

	<b>Página</b>
3. METODOLOGÍA.....	40
3.1 Elementos de la fase de definición.....	40
3.1.1 Definición del problema.....	41
3.1.1 Identificación del cliente.....	41
3.1.2 Mapa del proceso.....	42
3.1.3 Identificación de las CTQ's(critical to quality).....	42
3.1.3 Alcance del proyecto.....	42
3.1.3 Asignación del proyecto.....	43
3.2 Elementos de la fase de medición.....	43
3.2.1 Identificar la medición y variación.....	44
3.2.2 Determinar tipo de información.....	44
3.2.3 Desarrollar un plan de recolección de la información.....	45
3.2.4 Recolectar la información.....	45
3.3 Elementos de la fase de análisis.....	46
3.3.1 Herramientas de análisis.....	46
3.3.2 Aplicar las herramientas de análisis grafico.....	46
3.3.3 Identificar las fuentes de variación.....	47
RESULTADOS.....	49
4.1 Elementos de la fase de definición.....	49
4.1.1 Definición del problema.....	49
4.1.1 Identificación del cliente.....	50
4.1.2 Mapa del proceso.....	51
4.1.3 Identificación de las CTQ's.....	54
4.1.4 Alcance del proyecto.....	55
4.1.4 Asignación del proyecto.....	58
4.2 Elementos de la fase de Medición.....	59
4.2.1 Identificar la medición y la variación.....	59
4.2.2 Determinar tipo de información.....	62
4.2.3 Desarrollar un plan de recolección de la información.....	62
4.2.4 Recolección de la información.....	64

	<b>Pagina</b>
4.3 Elementos de la fase de análisis.....	72
4.3.1 Herramientas de análisis.....	72
4.3.2 Aplicar las herramientas de análisis grafico.....	74
4.3.3 Identificar las fuentes de variación.....	74
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS.....	81

# INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1.1. Ubicación Rancho el Triunfo.	7
Figura 2.1 Mikel Harry, fundador seis sigma.....	10
Figura 2.2 Richard Schroeder presidente academia seis sigma .....	11
Figura 2.3 Variables definidas con mapa de proceso.....	15
Figura 2.4 Variables definidas de cada entrada.....	16
Figura 2.5 Tipos de AMEF.....	23
Figura 2.12. Sistema de producción vaca-ternero.....	35
Figura 2.13 Representación de las relaciones biológicas y económicas de un sistema.....	38
Figura 2.14. Factores que están relacionados al resultado económico del sistema vaca – ternero.....	39
Figura 3.1 Etapas del proceso DMAIC utilizadas.....	40
Figura 3.2 Elementos de la fase de definición.....	41
Figura 3.3 Elementos de la fase de medición.....	44
Figura 3.4 Elementos de la fase de análisis.....	46
Figura 4.3 Mapa de proceso de producción de becerro.....	51
Figura 4.4 Diagrama de flujo del ciclo ganadero.....	52
Figura 4.5 Diagrama de Gantt del ciclo ganadero.....	53
Figura 4.7 Diagrama de Ishikawa.....	55
Figura 4.8 Variables del sistema de producción de becerro.....	56
Figura 4.9 Matriz de ponderación.....	57
Figura 4.10 Diagrama de Gantt del proyecto.....	59
Figura 4.11 AMEF de proceso de producción de becerro.....	61
Figura 4.13 Ultrasonido.....	65
Figura 4.14 Convertidor.....	66
Figura 4.15 Caballos.....	66
Figura 4.16 Unidad móvil.....	66
Figura 4.17 Computadora e impresora.....	67

	<b>Página</b>
Figura 4.18 Médico veterinario.....	67
Figura 4.19 Ingeniero de procesos.....	67
Figura 4.21 Ubicación donde se recolectarán los datos.....	68
Figura 4.22 Diagrama de flujo de la recolección los datos.....	69
Figura 4.24. Dificultades encontradas al realizar la medición de preñez....	71
Figura 4.25 Grafica de estado de preñez.....	71
Figura 4.26 Boxplot edad del ganado.....	72
Figura 4.27 Diagrama de pastel de edad de ganado.....	72
Figura 4.28 Histograma de gestación.....	73
Figura 4.29 Diagrama de pastel de gestación.....	73
Figura 4.30 Pareto de vientre que entrego cría.....	73
Figura 4.31 Diagrama de pastel de vientre que entrego cría.....	73
Figura 4.32 Diagrama de pastel de tipo de raza.....	74
Figura 4.33 Vientres vacíos.....	75
Figura 4.34 Cría comida por depredador.....	75
Figura 4.25 Cría enferma por frío.....	76
Figura 4.26 Vientre con infección en sistema reproductivo.....	76

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 2.6. Encabezado de AMEF.....	24
Tabla 2.7. Ponderación de riesgo.....	24
Tabla 2.8. Ponderación de ocurrencia.....	25
Tabla 2.9. Ponderación de detectabilidad.....	25
Tabla 2.10. Interpretación de número de prioridad de riesgo.....	26
Tabla 2.11. Ejemplo de AMEF.....	27
Tabla 4.1. Preguntas y respuestas para declarar el problema.....	49
Tabla 4.2. Tabla para la selección del proyecto.....	50
Tabla 4.6. Voz del cliente a CTQ's.....	54
Tabla 4.12. Formato de recolección de datos.....	63
Tabla 4.23. Resultado de la medición.....	70

# INDICE DE ECUACIONES

	<b>Página</b>
4.37 Ecuación defectos por millón de oportunidades.....	76
4.38 Ecuación costo de falta de medición de la preñez del hato.....	77

# GLOSARIO

Estro: Periodo de celo sexual de las hembras de los mamíferos.

Agostadero: Terreno donde se encuentran los pastizales y se producen de manera natural.

Libido: Es el periodo cuando una hembra presenta su proceso biológico para reproducirse o también llamado celo.

Preñada: Hembra que se encuentra en periodo de gestación.

Condición corporal: Es la evaluación que se lleva a cabo sobre la condición física de una res.

Ciclos–Vaca: Número de veces que ovula una vaca durante su periodo reproductivo normal (21 días).

vacas-vientre: Vacas adulta que están en edad de reproducción.

Hato ganadero: Grupo de animales que posee un productor.

Bestia: Animal cuadrúpedo que se utiliza para arrear ganado.

Gestación: Periodo del desarrollo del feto en el vientre de la res.

Ciclo ovárico: Tiempo en el que la hembra ovula.

Chute: Pasillo que tiene espacio para que pase solo una res.

Ciclo ganadero. - Periodo comprendido entre el inicio de las lluvias de una, con respecto al año siguiente.

Palpación rectal. - Método físico, el cual consiste en introducir la mano por el recto de la hembra bovina, para determinar la presencia o no de un feto.

Ultrasonido (Ecografía). – Equipo que emite ondas sonoras, las cuales se convierten en imágenes. Este es utilizado para diagnosticar preñez también.

Horro: Vientre que no entrego un becerro para la venta.

# 1. INTRODUCCIÓN

El estado de Sonora contribuye en el crecimiento económico del país a través de la ganadería como una de las principales actividades de la economía sonorensis, esta profesión ha sido apoyada por el gobierno del estado, buscando un mejor bienestar para la población, sin embargo, poco se analiza y cuestiona el efecto de las políticas en el uso de los recursos naturales y activos ambientales, así como su impacto en la economía de los productores que se dedican a esta tarea.

La ganadería bovina, es tal vez la actividad más diseminada en el medio rural, sin embargo, se ve afectada por ciertos factores, entre los que se mencionan: condiciones climatológicas como sequía, altas temperaturas, y otras no climatológicas como la falta de crédito, baja rentabilidad, escaso mercado nacional, precios bajos de los subproductos pecuarios, descontrol en el proceso de preñez del ganado, ignorancia en cuanto al impacto ambiental que se tiene por el ganado improductivo, trabajando así en las salidas del proceso de producción de becerro y no en las entradas, aumentos en los costos de los insumos y abandono de la actividad, entre otras.

En la actualidad el 84% del territorio de Sonora, se utiliza para la producción de becerros para exportación, 14.7 millones de hectáreas y 40 000 familias dependen de la ganadería, existiendo una población de 1'525,175 cabezas de bovinos en el año 2010 de las cuales el 80% están en manos de pequeños productores que poseen de 20 a 50 vacas y el resto está en manos de productores de 51 o más (CIADAC, 2010, p159).

En el proceso de producción de becerro el objetivo del productor es lograr una cría por vaca por año, considerando este tiempo como meta, con el fin de mantener la rentabilidad del negocio. Algunos aspectos que afectan el proceso de producción de becerro están interrelacionados, y son fuertemente afectados por los cambios climáticos y fluctuaciones drásticas en la calidad y cantidad de forraje disponible. Además de las siguientes situaciones:

La vaca tiene gestación en promedio de 282 días, lo cual deja un periodo de tiempo de solo 85 a 90 días para lograr una nueva gestación que permita obtener un becerro por vaca por año. Por otro lado, la vaca requiere de un tiempo razonablemente largo

de 30 a 45 días post-parto para reiniciar sus funciones reproductivas en forma regular y estar en condición de iniciar y sobretodo mantener una nueva gestación. Tomando en cuenta lo anterior y considerando que el ciclo ovárico de la vaca es de 21 días en promedio, solo se dispone de dos o máximo tres ciclos ováricos para lograr la concepción, es decir dos a tres oportunidades para que la hembra presente ciclos ováricos.

De ahí que se necesita una buena eficiencia reproductiva para conseguir que una alta proporción de las vacas-vientre logren quedar gestantes, dentro del periodo de tiempo meta, pues de otra manera se corre el riesgo de trabajar con una baja rentabilidad provocada por desperdicio en: pastura, agua, manejo, medicamentos y tiempo del productor. Si la vaca no queda gestante, se alarga el tiempo entre partos sin que la vaca produzca un becerro en el tiempo meta. Si la vaca tarda más de un año en producir la siguiente cría esto continúa siendo una pérdida de tiempo, y una ineficiencia en la reproducción de la vaca. Dos factores que son muy importantes para que se cumple el tiempo meta, es la disponibilidad de alimento para el ganado que está en función de las precipitaciones presentadas y la condición corporal del ganado.

Uno de los factores principales que determinan el éxito económico y un bajo impacto ambiental o sustentable en la ganadería en el estado de Sonora, es la eficiencia reproductiva. El estado nutrimental influye sobre la presentación y duración del periodo del calor o estro postparto y sobre la probabilidad de que la vaca se preñe en la época de empadre. El grado de condición corporal (GCC) 4 - 5 en escala de 1 al 9, desarrollado por Johnson and Otterby (1981), de las vacas al parto representa uno de los factores más importantes que afecta el intervalo entre el parto y la siguiente preñez.

## 1.1 Antecedentes

En la ganadería es muy importante medir la productividad con base en la preñez de los vientres, ya que con dicha información se puede cuantificar la pérdida de los recursos naturales y el incremento en los costos de producción.

“En ejidos del estado de Sonora se tiene una productividad del 35% al 50%” (CIADAC, 2010, p159). Se han realizado trabajos, para mejorar la productividad de los hatos ganaderos. Las principales entradas en el proceso de producción de becerro son: cantidad de vacas, cantidad de toros, fertilidad de los toros, condición corporal de las vacas y toros, así como medición de preñez (palpación). Un alto porcentaje de los pequeños productores no tienen medición de dichas entradas, usualmente el interés del pequeño productor son las salidas del proceso, es decir, para definir si una vaca producirá un cría durante el ciclo ganadero, el pequeño productor se tiene que esperar hasta que nazca el becerro, solo que cuando el ganado está pariendo se está reaccionando por la escasez de pasto y se le tiene que suplementar con alimento comprado a un costo elevado, siendo ambos eventos solo salidas del proceso.

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema y los recursos utilizados para obtener dicha producción. cuanto menor sean lo recursos que lleven a obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

La productividad de una vaca-vientre está sujeta en gran medida a la disponibilidad y calidad de forraje producido en el agostadero que deberá ser suficiente para llenar sus necesidades nutritivas.

En los ranchos de pequeños ganaderos se pueden dar los siguientes eventos significativos por los cuales una vaca no resulta preñada.

- No se encuentra en buenas condiciones físicas y biológicas por la falta de alimentación en el agostadero.
- En el momento de su fase de ovulación la vaca nunca se apareó con un semental, por no tener el número adecuado de 15 vacas por toro la región de la sierra alta de Sonora.
- La vaca tiene problemas en su aparato reproductor.

Otros estudios tienen relación con la productividad de la ganadería utilizando correctamente el uso de los pastizales, en donde se mide la carga animal que se puede utilizar en un potrero o terreno de agostadero, esto se puede dar midiendo la cantidad de pasto que se tiene en el terreno, y con ello definir la carga animal (Cotecoca, 1982). Este estudio, relacionado con la productividad del proceso de producción de becerro, a diferencia de los anteriores, se le dará un enfoque desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial en el área de producción, cuya definición de sistema es: “un conjunto de factores interrelacionados entre sí, para cumplir con un objetivo común”. Específicamente, este estudio se enfoca en buscar una medición de las entradas más significativas del proceso para poder cuantificar, su impacto económico en el aprovechamiento del pasto en el agostadero.

Cualquiera que sea la especialidad ganadera: Lechera, engorda, producción vaca-Becerro como es el caso de este trabajo, crianza para pie de cría; el objetivo primario de estas actividades productivas es generar utilidades económicas suficientes para satisfacer los objetivos de los ganaderos, mantener a la empresa rentable generando empleos, riqueza y ser sustentable a través de los años.

La única manera de maximizar las utilidades de la explotación es haciendo todo el tiempo mejor las cosas y corregir las cosas mal hechas; a esto se le llama “mejora continua”. La utilización de la información es la base para los procesos de mejora continua.

Bien se puede referir a la década de los noventa como aquella en que se consolidaron los sistemas de información, lo que facilitó el monitoreo, análisis y control de procesos productivos. La industria automotriz de países asiáticos y de Estados Unidos de Norteamérica, fueron pioneros en la gestación y aplicación al concepto de calidad, el cual tiene como principal objetivo estandarizar procesos de manufactura, lo que repercute en la obtención de resultados previsibles en menor grado de error que satisfacen los requerimientos de clientes y mercados. El control estadístico de procesos y el arduo y consistente manejo de la información fueron y son puntales para monitorear resultados, para prevenir y para corregir desviaciones.

Otra vertiente fueron las aplicaciones de programas y métodos que involucraron el análisis de criterios y variables financieras para evaluar proyectos de inversión, determinar costos de producción y para cuantificar el impacto en la rentabilidad al implementar o no determinada acción o estrategia productiva.

Con la utilización de estas herramientas de administración de las operaciones fueron mejor controladas y las tomas de decisiones objetivas y confiables.

La industria ganadera nacional no fue ajena a esta andanada de recursos tecnológicos y a la información derivada de ella. Computadoras personales, programas de manejo de información de hato, personal responsable en la captura de datos y eventos diarios bien capacitado, mejores y oportunos reportes de producción, reproducción y calidad de productos programas de control de suministro de alimentos carro mezclador, laboratorios de microbiología, suelos y análisis de alimentos más confiables y rápidos, entre otros, están presentes en un sinnúmero de explotaciones ganaderas, (Castillo,2016, p36).

## **1.2 Planteamiento del problema**

En visitas realizadas al terreno de agostadero del Rancho el Triunfo, se pudo observar que se encuentran varias vacas que no han producido un becerro durante el ciclo ganadero del estudio y que no producirán un becerro en el próximo ciclo por ser un vientre vacío, también se pudo observar que en ciertas partes del agostadero no existe pasto suficiente para la cantidad de vacas que se encuentran comiendo, dando como resultado altos costos de producción, ya que se tiene que adquirir la pastura con proveedores externos.

Con lo anterior se percibe una baja productividad en el proceso de producción de becerros.

Por otro lado, la falta de información y datos requeridos para medir la productividad es una de las malas prácticas en el ámbito de la ganadería. Desafortunadamente sólo una minoría de los ganaderos ha sabido aprovechar el potencial de la información que se puede generar con las herramientas tecnológicas de información actuales. Ellos

probablemente toman mejores decisiones, se equivocan menos y tienen mejores resultados productivos y financieros, tienen explotaciones más rentables.

El reporte ignorado, datos que se capturan por costumbre y solo son relevantes por el espacio en el disco duro que ocupan en la computadora, decisiones millonarias tomadas sobre las rodillas con los sabios consejeros del café, basculas de carros mezcladores mal calibradas, ausencia de medición de la preñez, parámetros de sementales fuera de control en agostaderos, asegunes y corazonadas, son reflejos de fallas graves en el manejo y dirección de numerosas explotaciones ganaderas: las menos eficientes. Esto sucede sin justificación alguna, no obstante, la bondad y facilidad que brindan los sistemas de información y datos disponibles que deberían estar bajo el control del ganadero o administrador, (Castillo,2016, p36).

### **1.3 Objetivo general**

Analizar la eficiencia reproductiva de la ganadería del Rancho el Triunfo a través de la definición y cuantificación de las variables de entrada más significativas que afectan el proceso de producción de becerro durante el ciclo ganadero que permita determinar su impacto económico.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

- 1.3.1.1** Aplicación parcial de la metodología DMAIC para definir, medir y analizar las variables de entrada del proceso de producción de becerro buscando satisfacer la necesidad de mejorar la productividad del pequeño productor.
- 1.3.1.2** Evaluar la productividad en el hato ganadero del rancho el Triunfo y con ello estimar la productividad para ranchos con condiciones similares.
- 1.3.1.3** Determinar el impacto económico que se tiene con la productividad actual de la ganadería en el Rancho el Triunfo.

## 1.4 Hipótesis

Es posible cuantificar el impacto económico del proceso de producción de becerro para exportación en el Rancho el Triunfo.

## 1.5 Alcance y delimitaciones

El estudio se realizará en la unidad de producción de becerro denominada Rancho el Triunfo con acceso complicado y ubicado en el municipio de Huásabas a 1400 metros sobre el nivel del mar, se requiere de un pick up con doble tracción. Las coordenadas del rancho son: 29°51'57.75" Norte y 109°24'37.19" Oeste como se muestra en la figura 1.1. Por las restricciones de acceso al ganado, se tomará una muestra de 88 vientres de la población, sin alterar el proceso actual. Otra limitante para llevar a cabo este trabajo es la resistencia al cambio de los pequeños productores para que se realicen estudios de este tipo. No hay corriente eléctrica en este rancho para el uso de instrumentos de medición.

De la metodología DMAIC solo se aplicará las etapas: definir, medir y analizar; para lograr los objetivos propuestos, quedando pendientes para trabajos futuros las etapas de mejorar y controlar.



*Figura 1.1. Ubicación Rancho el Triunfo.*

## **1.6 Justificación**

Este estudio permitirá que los pequeños productores puedan medir el impacto económico de su hato de producción de becerro, creando conciencia en ellos de su responsabilidad con el medio ambiente. Además, se creará conciencia sobre los beneficios de medir las entradas del proceso de producción para reducción de sus costos y mejora de la productividad y por ende su rentabilidad.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

En este trabajo se utiliza la metodología DMAIC para mejorar el proceso de producción de becerro en ranchos de la sierra de Sonora.

### 2.1 Metodología DMAIC

DMAIC es un acrónimo (por sus siglas en inglés: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. (*Harry and Schroeder, 2000*)

Seis Sigma es la más poderosa herramienta de gestión de mejora creada de todos los tiempos, prometiendo una mayor participación en el mercado, reducción de costos, y notable mejora en la rentabilidad de la línea de producción de las empresas de cualquier tamaño. (*Harry and Schroeder, 2000*)

Es el primero y más utilizado proceso de negocio que permite a las empresas mejorar sus beneficios dramáticamente por la estratificación de las operaciones, mejorando la calidad y la eliminación de los defectos y errores en todo lo que la empresa lleva a cabo desde las compras hasta las ordenes de manufactura para la producción de motores de aviones. Mientras que los programas de calidad tradicionales están enfocados en detectar y corregir problemas de calidad, seis sigma abarca algo más amplio, proporciona métodos específicos para recrear los procesos por si mismos para nunca volver a producir la mala calidad desde el origen de la producción.

La mayoría de las empresas opera en niveles de 3 y 4 sigma, donde los costos de los defectos van del 20 al 30 por ciento de los ingresos, pero llegando a seis sigmas se tendrá menos de un defecto por 3.4 millones de oportunidades el costo de la mala calidad se reduce a menos de un porciento de las ventas. Esto debido a que la mejor calidad da como resultado los más bajos costos. Cuando General Electric bajó sus

costos de 20 al 10 por ciento, ganó algunos billones de dólares en solo dos años, monto que va directamente a la línea de producción. Esta es la razón por la que Wall Street y diversas empresas como Ford, Nokia, Sony, Texas instruments, Canon, Hitachi, Lockheed Martin, American Express, Toshiba, Dupont y Polaroid emprendieron a nivel corporativo los programas Seis sigma. Esta metodología debe ser de suma importancia para todos los ejecutivos con visión de futuro y gerentes decididos a hacer de su empresa una de clase mundial en la industria.

Mikel Harry es el fundador y CEO de la Academia de Seis Sigma. Él era uno de los originales fundadores de Seis Sigma, mientras trabajaba en Motorola en el 1980. Luego se desempeñó como el vicepresidente corporativo de Asea, Brown, Boveri, Ltd. Recibió su Licenciatura y Maestría en tecnología de Ball State University, y un doctorado a Universidad del estado de Arizona.



**Figura 2.1.** Mikel Harry, fundador seis sigma.

Richard Schroeder es el presidente de la academia de seis sigma. Siendo vicepresidente de Motorola se unió en la creación de la academia. Hoy en día ambas personas se dedican a implementar programas de esta metodología en grandes corporativos en todo el mundo. En 1998 los contratos de consultoría corporativa alcanzó los 100 millones de dólares, actualmente se encuentran viviendo en Scottsdale, Arizona. (*Harry and Schroeder, 2000*)



**Figura 2.2.** Richard Schroeder presidente academia seis sigma.

Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

Pasos de la metodología:

**Definir:** Se refiere a definir los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados. Estos requerimientos se denominan CTQs (por sus siglas en inglés: Critical to Quality). Este paso se encarga de definir quién es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas. Además, se determina el alcance del proyecto: las fronteras que delimitarán el inicio y final del proceso que se busca mejorar. En esta etapa se elabora un mapa del flujo del proceso.

**Medir:** El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar. Se utilizan los CTQs para determinar los indicadores y tipos de defectos que se utilizarán durante el proyecto. Posteriormente, se diseña el plan de recolección de datos y se identifican las fuentes de los mismos, se lleva a cabo la recolección de las distintas fuentes. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos para determinar la magnitud de la mejora requerida.

**Analizar:** En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente se tamizan las oportunidades de mejora, de acuerdo a su importancia para el cliente y se identifican y validan sus causas de variación, así como los costos de calidad antes de las mejoras.

Los costos de calidad se considera que son costos por la mala calidad del producto. De acuerdo a James Harrington (1990), los costos de la mala calidad se clasifican en costos de prevención, evaluación y fallas (internas y externas)

Los costos de prevención son los gastos realizados para evitar que se cometan errores. Los costos de evaluación son resultado de la evaluación de la producción y las auditorías del proceso con los criterios establecidos. Los costos por fallas internas son los costos en que se incurre por las fallas de producción detectados antes de enviar el producto al cliente y los costos por fallas externas generados por reclamos del cliente.

Mejorar: Se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente. También se desarrolla el plan de implementación.

Controlar: Tras validar que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo. Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo. Solidez al proyecto a lo largo del tiempo.

#### Resultados de la Fase de Definición

- Definir el problema con una declaración del problema de alto nivel
- Identificar específicamente a los clientes del proceso o producto afectados por el problema
- Definir las CTQs (características críticas para la calidad) desde la perspectiva del cliente
- Alcance del proyecto en un nivel específico manejable
- Desarrollar una declaración del problema refinada.
- Documentar las actividades de la fase de definición en una asignación del proyecto
- Conceptos clave

- La fase de definición está basada en cinco conceptos clave. Cada concepto se discutirá en detalle durante este trabajo. Dichos conceptos representan un paso base para las fases siguientes del modelo DMAIC.
- Definir la declaración del problema proporciona el enfoque para el proyecto mediante la descripción de la situación que se debe mejorar.
- Definir las CTQs (características críticas para la calidad) asegura que el proyecto esté concentrado en mejorar las características del proceso/producto que el cliente considera "críticas para la calidad". Ayuda a relacionar el proyecto con la satisfacción del cliente interno/externo.
- Definir el alcance del proyecto asegura que el proyecto no sea demasiado grande ni demasiado pequeño para su terminación como un proyecto 6-Sigma.
- Definir el mapa del proceso proporciona una comprensión de como se está realizando el trabajo bajo estudio, identificando las áreas donde se puede mejorar.
- Definir el proyecto ayuda a tener la documentación necesaria para comunicar sobre el proyecto al responsable del proyecto y el equipo del proyecto.

#### Declaraciones del Problema.

- Propósito
  - Definir y cuantificar claramente el problema.
  - Identificar las posibles medibles y fuentes de medición.
  - Identificar los atributos negativos, el desempeño actual y su relación con el cliente.

#### Declaraciones del problema – Propósito.

La declaración del problema es una forma de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la naturaleza del problema? ¿Cuáles son los problemas que se están solucionando: defectos, retrasos, re-trabajo, errores, entre otros?

- ¿Cuándo y/o dónde ocurre?
- ¿Cuál es el grado del problema en términos de magnitud (cantidad) o tendencias (cambios en magnitud)?
- ¿Puede el equipo recolectar datos sobre el problema?
- ¿Se ha definido el problema demasiado, ampliamente?
- ¿Contiene la declaración del problema de alto nivel inicial suposiciones y soluciones prematuras?

Durante el transcurso de la fase de definición, el equipo del proyecto responderá estas preguntas y refinará la declaración del problema de alto nivel.

- Elementos
  - Una declaración específica del problema que se está tratando de resolver.
  - Declaraciones descriptivas delimitando ubicaciones y/o incidencias de los eventos problemáticos.
  - Declaración inicial del "alcance del problema".

Declaraciones del problema – Elementos.

Una buena declaración del problema debe incluir los elementos anteriores.

Problemas comunes relacionados con una declaración del problema ineficiente incluyen:

- El problema está pobremente definido o no es cuantificable.
- El problema no se relaciona con las expectativas del cliente.
- La cuantificación del problema se basa en información anecdótica.
- No se indica la fuente de la información para cuantificar el problema.
- La cuantificación del problema no se sustenta en información del cliente.
- La declaración del problema está enunciada como una solución predeterminada.

Identificar al Cliente.

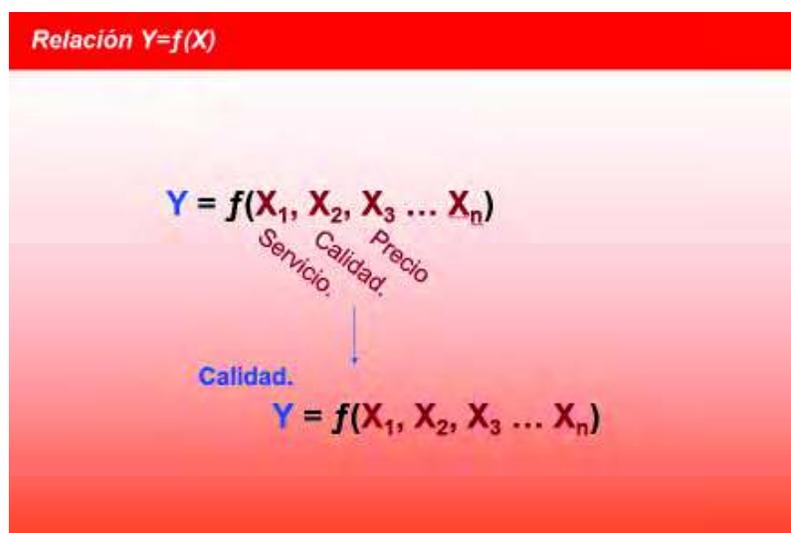
Teniendo una declaración del problema de alto nivel, el siguiente paso es identificar al cliente.

En el paso de Identificar al cliente, el equipo del proyecto determinará quien resulta directamente afectado por el problema. El equipo de proyecto considerará lo siguiente:

- ¿Existen subgrupos de clientes (algunos más afectados que otros)?
- ¿Se benefician los clientes con la eliminación del problema (valor de la satisfacción del cliente)?

Durante el paso de Identificar al cliente, el equipo de proyecto intenta enfocarse a un grupo específico de clientes "más afectados". Corregir el problema para este grupo de clientes genera el mayor beneficio, y la mejora puede ser elevada subsecuentemente a grupos mayores de clientes.

Para poder conocer más a fondo al cliente es necesario conocer las variables de entrada que afectan la salida o producto recibido. Estas variables quedan definidas después de elaborar el mapa de proceso, el diagrama de flujo y el diagrama de Ishikawa. Ver la siguiente figura número 2.3.



**Figura 2.3.** Variables definidas con mapa de proceso.

Relación  $Y=f(X)$  - Ejemplo

En este caso de ejemplo, la “Y” es una buena comida. Una “buena comida” es el resultado (según lo percibido por el cliente) influenciado por una variedad de entradas o “Xs.”

Descubrir esas "Xs" debe revelar aspectos de una comida que son importantes para el cliente desde el punto de vista del cliente. En este caso, la investigación muestra que los clientes están interesados en el Servicio, la Calidad de la Comida y el Precio. Con la ayuda de los clientes estas "Xs" (aspectos de una buena comida) pueden clasificarse en lo que es más importante, lo segundo más importante y lo menos importante, figura 2.4.

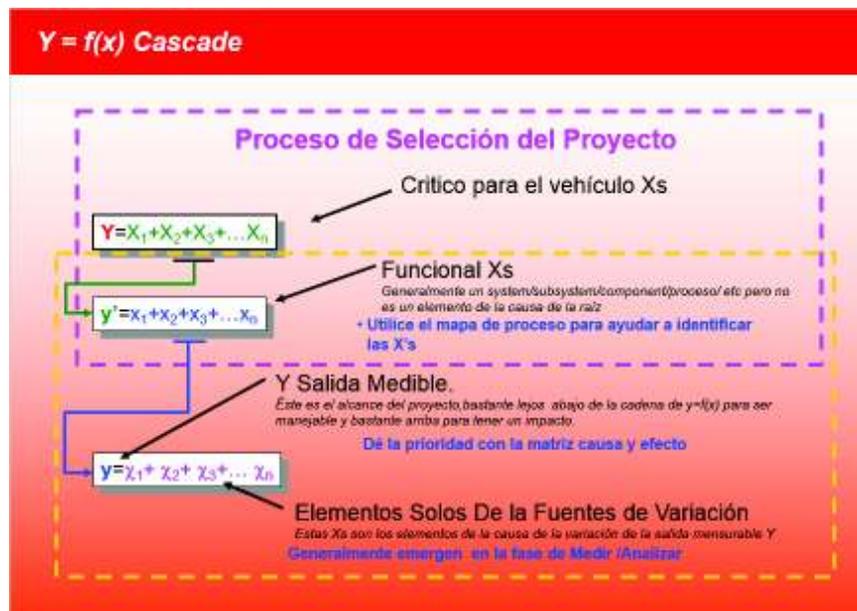


Figura 2.4. Variables definidas de cada entrada.

Relación  $Y=f(X)$  - Ejemplo

Otro elemento importante de la relación  $Y=f(X)$  es que cada "X" se convierte en "Y" en el siguiente nivel de detalle.

El siguiente paso en el proyecto de 6 Sigma Enfocado al Consumidor es aplicar la Relación  $Y=f(X)$  a un nivel de detalle que ofrezca un problema específico que pueda ser la base de un proyecto de 6-Sigma.

### "Cascada" $Y=f(X)$

Algunas veces cuando se refiere a poner en cascada la relación  $Y=f(X)$ , el proceso empieza con una extensa área de mejora deseada y baja hacia el nivel de un problema específico.

### Criterios para la Selección del Proyecto.

Esta lista de verificación contiene elementos vitales para los proyectos 6 Sigma Enfocado al Consumidor con éxito. Sin una respuesta "Si" a cada uno de los puntos en la lista de verificación, la cinta verde o la cinta negra probablemente encontrará dificultades para completar el proyecto.

- Eventos Recurrentes - Si el problema no es de naturaleza recurrente, el proyecto tomará mucho tiempo, no tendrá suficiente información y no tendrá una repercusión significativa en la "Y" de alto nivel.
- Alcance estrecho - Los problemas demasiado altos en la cascada  $Y=f(X)$  serán demasiado grandes para manejarse como proyectos.
- Medibles Existentes - Sin información de medición, no se pueden determinar o verificar las mejoras.
- Control del Proceso - Los proyectos dentro del área de trabajo de los cinta verde o cinta negra son mejores porque se pueden ver y monitorear los beneficios de la mejora.
- Satisfacción del Cliente - Mejorar la satisfacción del cliente es la meta principal de 6 Sigma enfocado al consumidor.

### Mapa del Proceso

En este paso el equipo de proyecto crea una representación visual de "alto nivel" o "mapa del proceso" de los pasos actuales del proceso que llevan a la satisfacción de

la CTQ identificada. Este mapa del proceso "como es" será útil a través del proceso como:

- Un método para segmentar procesos complejos en porciones manejables.
- Una forma de identificar las entradas y salidas del proceso.
- Una técnica para identificar las áreas de retrabajo.
- Una forma de identificar cuellos de botella, paros y operaciones sin valor agregado.
- Un punto de referencia para comparar las mejoras futuras con el proceso original.

### **2.1.1. Puntos de definición**

Un diagrama de flujo es una representación visual con símbolos que representa diferentes tipos de actividades. La secuencia de estas crea un proceso. Los símbolos conectados por flechas crean un "mapa" del proceso.

Beneficios de hacer el mapa del proceso

- Proporciona una representación visual del proceso.
- Permite flexibilidad en los niveles.
- Exige verificación y objetividad.

Exposición de primera mano a las actividades locales.

- Identifica las curvas de retrabajo y las redundancias.
- Proporciona información interna sobre cuellos de botella, tiempos de ciclo e inventarios.
- Sirve como herramienta de orientación y entrenamiento.
- Identifica pasos sin valor agregado.
- Ayuda a identificar cuándo y dónde recolectar la información.

- Identifica donde los diferentes equipos de trabajo utilizan diferentes procesos

Hacer un mapa del proceso proporciona muchos beneficios al equipo del proyecto 6 Sigma Enfocado al Consumidor.

Los beneficios adicionales por hacer un mapa de proceso incluyen:

- Una estructura para pensar a partir de un proceso complejo a una forma visual y simple.
- La capacidad de "ver" como equipo el proceso completo.
- La capacidad de "ver" los cambios que afectan a todo el proceso.
- El crecimiento de las áreas o pasos sin valor agregado.
- La habilidad para identificar los tiempos de ciclo para cada paso del proceso.

Componentes de un Proceso.

- Proveedor: El que proporciona las entradas del proceso.
- Entradas: Materiales, recursos e información requerida para ejecutar el proceso.
- Proceso: Las actividades y recursos aplicados a las entradas para convertirlas en salidas.
- Salidas: Los productos o servicios tangibles que resultan del proceso.
- Cliente: El que recibe las salidas del proceso – interno o externo componentes de un proceso.
- A fin de crear un mapa del proceso, es necesario definir una serie de elementos del proceso. Estos se refieren a los "obligados" para que se considere completo cualquier mapa del proceso.

## **2.2 Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)**

El diagrama de causa - efecto es conocido también como el "diagrama de las espinas de pescado" por la forma que tiene o bien con el nombre de Ishikawa por su creador,

fue desarrollado para facilitar el análisis de problemas mediante la representación de la relación entre un efecto y todas sus causas o factores que originan dicho efecto, por este motivo recibe el nombre de “diagrama de causa – efecto” o diagrama causal. Este diagrama fue desarrollado por K. Ishikawa y por su forma recuerda a una espina de pescado (de ahí su otro nombre), el objetivo de Ishikawa era obtener un gráfico de fácil interpretación que pusiera de manifiesto las relaciones entre un efecto y las causas que lo producen, de manera que quedasen expuestas visualmente todas las causas que contribuyen a un efecto hasta el nivel que se deseara, aunque en la mayoría de los casos la intención es llegar hasta las causas raíces. Así pues, el diagrama de causal es una forma gráfica, ordenada y sistemática para representar el complejo entramado de causas posibles que hay detrás de un efecto. Se emplea para poner de manifiesto las posibles causas asociadas a un efecto, facilitando de esta forma la tarea de identificar los factores verdaderos. Sus aplicaciones son muy variadas, tal y como se pone de manifiesto a continuación.

- Identificar las causas verdaderas, y no solamente sus síntomas, de una determinada situación y agruparlas por categorías.
- Resumir todas aquellas relaciones entre las causas y efectos de un proceso.
- Promover la mejora de los procesos.
- Consolidar aquellas ideas de los miembros del equipo sobre determinadas actividades relacionadas con la calidad.

Otra aplicación es favorecer el pensamiento del equipo, lo que conllevará a una mayor aportación de ideas.

- Obtener una visión más global y estructurada de una determinada situación ya que se ha realizado una identificación de un conjunto de factores básicos.

Con el objeto de realizar correctamente un Diagrama de Causa – Efecto, a continuación, se exponen los pasos a seguir:

- Definir claramente el efecto cuyas causas van a identificarse y ponerlo por escrito.

- Dibujar una flecha horizontal larga y colocar en la punta el efecto definido con anterioridad.
- Identificar los factores primarios a través de una tormenta de ideas. Colocarlos alrededor de la flecha horizontal y unirlos a éstos mediante líneas inclinadas.
- Escribir los factores secundarios, terciarios, entre otros, también a través de una tormenta de ideas.
- Para ayudar a determinar las posibles causas se pueden responder las siguientes preguntas, ¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo? ¿Cuánto?.
- Analizar y seleccionar las causas reales.
- Probar la validez de la secuencia causal, es decir, empezando desde la causa raíz seguir el razonamiento hasta el efecto investigado y comprobar que tiene sentido lógico.

Si al terminar un diagrama se descubre que una rama tiene pocas causas en comparación con las demás, se puede decir, que esta requiere un estudio más en profundidad, debido, tal vez a que el equipo no conoce suficientemente bien alguna parte del problema investigado. Se recomienda estudiar detenidamente esta ramificación, por si en ella se encontrase la causa raíz.

Uno de los fallos más comunes a la hora de usar el diagrama causa-efecto es tomar como reales las causas que aparecen, sin contrastarlas con información del problema objeto de estudio. El diagrama causa-efecto es una herramienta útil para el análisis de causas, pero no sustituye a la comprobación de las mismas con datos reales. Por último, se recomienda no comenzar la construcción de este diagrama hasta no haber analizado datos reales del problema.

## 2.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

El AMEF nace en las fuerzas armadas de los Estados Unidos específicamente en la fabricación de cohetes (Challenger), con el objeto de anticipar las fallas tanto de los diseños, procesos y sistemas. Es una herramienta que previene los problemas antes que sucedan.

Ford Motor Company fue la primera empresa automotriz que empleó la herramienta en la década de los 70s. El AMEF o Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) es un acercamiento sistemático utilizado para examinar errores potenciales y prevenir su ocurrencia.

Mejora la capacidad para predecir problemas y proporciona un sistema de clasificación, o priorización, pues probablemente la mayor parte de los modos de error pueden ser atendidos. El AMEF es aplicado generalmente durante las etapas iniciales de un proceso o diseño de un producto. La lluvia de ideas se utiliza para determinar modos de falla potenciales, sus causas, su severidad, y su probabilidad de ocurrir.

Términos del AMEF:

- Modo de error o falla. Cualquier modo en el cual un proceso puede fallar para lograr alguna expectativa medible.
- Severidad. El nivel de seriedad de un error. 10 representa el peor caso, 1 representa el caso menos severo.
- Ocurrencia. Es una escala de la probabilidad de ocurrencia del error. 10 representa certeza, 1 representa solamente una probabilidad remota de ocurrencia.
- Controles Actuales. Todos los medios para detectar el error antes de que el producto llegue al usuario final se enlistan bajo los controles actuales.
- Detección. La capacidad para detectar y de ese modo prevenir una falla, se clasifica con una escala de 1 a 10. Un 10 implica que el control no detectará la presencia de una falla; un 1 sugiere que la detección es prácticamente segura.

Entradas para la herramienta AMEF:

- Mapa del Proceso. Utilizando la simbología convencional.
- Despliegue de la Función de Calidad (QFD).
- Historia del Proceso. Una breve reseña del antecedente del proceso de producción.

Salidas para la herramienta AMEF:

- Índice Prioritario de Riesgo (IPR) (RPN - Risk Priority Number). Lista de acciones para prevenir causas o detectar modos de error.
- Historia de acciones tomadas y actividad futura.

Existen varios tipos de AMEF que a continuación se muestran en la siguiente figura 2.5.



**Figura 2.5.** Tipos de AMEF.

- Sistema: un conjunto de subensambles o componentes.
- Diseño: normalmente llevado a cabo sobre un componente o sobre un subensamble.
- Proceso: un paso individual de un proceso o el proceso de producción completo.

A continuación, se presentan los encabezados del cuadro del AMEF en donde el RPN o IPR es el resultado de la multiplicación de la severidad por la ocurrencia por la detectabilidad Figura 2.6.

Función del proceso	Modo potencial de falla	Efecto potencial de falla	SEV	Causa(s) potencial de la falla	OCURR	Controles actuales del proceso	DET	RPN o IPR	Acciones recomendadas	Responsable
---------------------	-------------------------	---------------------------	-----	--------------------------------	-------	--------------------------------	-----	-----------	-----------------------	-------------

**Tabla 2.6.** Encabezado de AMEF.

Cálculo de los Índices Prioritarios de riesgo.

Tabla de criterios del AMEF de proceso Figura 2.7:

Efecto	Criterio de severidad	Calificación
<b>Ninguno</b>	Sin efecto.	1
<b>Mínimo</b>	Interrupción menor de la línea de producción. Una porción (menos del 100%) del producto tuvo que ser revisado en línea, pero dentro de la estación. Ajuste y Terminación/Rechinado y Vibración con inconformidad. Defecto notado por clientes exigentes.	2
<b>Menor</b>	Interrupción menor de la línea de producción. Una porción (menos del 100%) del producto tuvo que ser revisado en línea, pero fuera de la estación. Ajuste y Terminación/Rechinado y Vibración con inconformidad. Defecto notado por clientes promedio.	3
<b>Muy Bajo</b>	Interrupción menor de la línea de producción. El producto tuvo que ser clasificado y una porción (menos del 100%) revisado. Terminado y ajustado/Rechina y vibra más allá de lo que se conforma el producto. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
<b>Bajo</b>	Interrupción menor de la línea de producción. 100% del producto tuvo que ser revisado. Vehículo/Unidad operable, pero su nivel de confort/convivencia operan a un nivel reducido de desempeño. Clientes experimentan algo de insatisfacción.	5
<b>Moderado</b>	Interrupción menor de la línea de producción. Una porción (menos del 100%) del producto tuvo que ser desechado (no clasificado). Vehículo/unidad operable, pero con elemento(s) de confort/convivencia inoperable. Clientes experimentan incomodidad.	6
<b>Alto</b>	Interrupción menor de la línea de producción. El producto tuvo que ser clasificado y una porción (menos del 100%) desechada. Vehículo/unidad operable, pero con un reducido nivel de desempeño. Clientes insatisfechos.	7
<b>Muy alto</b>	Interrupción mayor de la línea de producción. 100% del producto tuvo que haber sido desechado. Vehículo/unidad inoperable, con pérdida de funciones primarias. Clientes muy insatisfechos.	8
<b>Peligroso con aviso</b>	Puede poner en peligro maquinaria u operador de ensamble. Clasificación de muy alta severidad cuando un potencial modo de falla afecta a la seguridad de operación del vehículo y/o involucra inconformidades con su requerimiento de funcionalidad con aviso de falla.	9
<b>Peligroso sin aviso</b>	Puede poner en peligro maquinaria u operador de ensamble. Clasificación de muy alta severidad cuando un potencial modo de falla afecta a la seguridad de operación del vehículo y/o involucra inconformidades con su requerimiento de funcionalidad sin aviso de falla.	10

**Tabla 2.7.** Ponderación de riesgo.

Criterio de ocurrencia de AMEF para proceso Figura 2.8:

Efecto	Criterio de ocurrencia	Cpk	Calificación
<b>Remoto: Falla poco probable.</b>	$\leq 1$ de 1,500,00	$\geq 1.67$	1
<b>Muy bajo: Solamente fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.</b>	1 de 150,000	$\geq 1.5$	2
<b>Bajo: Fallas aisladas asociadas con procesos similares.</b>	1 de 15,000	$\geq 1.33$	3
<b>Moderado: Generalmente asociado con procesos similares previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en grandes proporciones.</b>	1 de 2,000	$\geq 1.17$	4
	1 de 400	$\geq 1.00$	5
	1 de 80	$\geq 0.83$	6
<b>Alto: Generalmente asociado con procesos similares previos que han fallado a menudo.</b>	1 de 20	$\geq 0.67$	7
	1 de 8	$\geq 0.51$	8

*Tabla 2.8. Ponderación de ocurrencia.*

Criterio de detección o detectabilidad para AMEF de proceso Figura 2.9:

Efecto	Criterio de detección	Calificación
Casi seguro	Es casi seguro que los controles actuales detectarán el modo de falla. Controles de detección confiables se conocen para procesos similares.	1
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	2
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	3
Alta moderada	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	4
Moderado	Moderada probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	5
Bajo	Baja probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	6
Muy bajo	Muy baja probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	7
Remoto	Remota probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	8
Muy remoto	Muy remota probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla.	9
Casi imposible	No se conocen controles disponibles que detecten el modo de falla.	10

*Tabla 2.9. Ponderación de detectabilidad.*

**Índice prioritario de riesgo:**

- El índice prioritario de riesgo (IPR) es el producto de la Severidad (S), la ocurrencia (O), y la Detección (D): **RPN = S x O x D.**
- El valor del RPN estará entre 1 y 1000.
- El RPN puede ser utilizado de acuerdo al principio del Pareto, o puede ser comparado con criterios objetivos basados en pérdida económica.
- Se debe tener un extremo cuidado para asegurar que los criterios objetivos (umbrales) no influyan en las entradas anteriores del AMEF.

**Interpretación del IPR: Figura 2.10.**

Ocu	Sev	Det	Resultado	Acciones
1	1	1	Situación ideal	No acción
1	1	10	Dominio asegurado	No acción
1	10	1	Error no llega al usuario	No acción
1	10	10	Error llega al usuario	Si
10	1	1	Errores frecuentes, detectables, costosos	Si
10	1	10	Errores frecuentes, llegan al usuario	Si
10	10	1	Errores frecuentes con impacto mayor	Si
10	10	10	¡Gran problema!	¡Si!

*Tabla 2.10. Interpretación de número de prioridad de riesgo.*

**Ejemplo:**

A continuación, se presenta el ejemplo de la aplicación de un AMEF, éste se lleva a cabo en una planta productora de cubiertas de piel para vestiduras de automóviles:

Función del proceso	Modo potencial de falla	Efecto potencial de falla	SEV	Causa(s) potencial de falla	OCU	Controles actuales del proceso	DET	RPN
El paso del proceso con el valor más alto de la matriz causa-efecto.	De que maneras puede fallar potencialmente el proceso.	Cuál es el efecto de cada modo de falla en las salidas o los requerimientos del cliente.	Qué tan severo es el efecto para el	¿Cómo puede ocurrir la falla? Describirlo en términos de algo que se pueda corregir o controlar.	¿Qué tan frecuentemente ocurre el modo o la causa de la falla?	¿Cuáles son los controles o procedimientos existentes que previenen o detectan la ocurrencia?	Qué tan bien se puede detectar la causa	$SEV \cdot OCU \cdot DET$

			cliente					
Estado de los cueros.	Alto contenido de defectos naturales y de manejo.	Demasiados puntos en el cuero (poca utilización).	8	La materia prima es de baja calidad.	9	Inspección inicial del cuero.	6	432
Reentrenamiento del inspector.	Reentrenamiento o inadecuado, lapso del reentrenamiento o inadecuado.	Dots colocados fuera de defectos, dots colocados con diferencia de criterio.	8	El reentrenamiento es insuficiente.	6	Aplicación de R&R cada mes.	6	288
Ayuda visual.	Ayuda obsoleta. Ayuda inexistente. Ayuda poco clara.	Dots colocados fuera de defectos. Dots colocados con diferente criterio. Dots colocados sin considerar zona.	8	Falta de coordinación entre las áreas involucradas para la publicación.	5	Supervisión de la publicación por parte del área de ingeniería.	5	200
Vista.	Vista cansada. Falta de lentes.	Insuficiente detección de defectos. Colocación de puntos fuera de defectos.	8	Falta de continuidad en los exámenes de la vista. Demasiado tiempo para surtir los lentes	7	Se hace un examen de la vista al ingresar, pero no se hacen periódicamente, a menos que lo solicite el operario.	10	560
Iluminación.	Luz insuficiente. Color inadecuado. Temperatura de la luz alta.	Insuficiente detección de defectos. Colocación de puntos fuera de defectos. Alta temperatura ambiente.	8	Lámparas inadecuadas. Lámparas insuficientes. Lámparas mal coloreadas.	7	No hay ningún control o programa para la medición periódica de la iluminación, ni para la limpieza de lámparas.	10	560

*Tabla 2.11. Ejemplo de AMEF.*

Como se observa, los valores más altos del IPR resultan en las dos últimas situaciones que es donde se tendrá que poner énfasis para reducir este índice, haciendo las acciones correctivas y dándoles el seguimiento adecuado.

## 2.4 Minitab

Minitab es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. En 1972, instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pensilvania (Pennsylvania State University) desarrollaron MINITAB como una versión ligera de OMNITAB, un programa de análisis estadístico del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos. pero una versión para estudiantes y académicos se ofrece como complemento de algunos libros de texto.

Minitab es frecuentemente usado con la implantación de la metodología de mejora de procesos Seis Sigma, presenta varias ventajas. En primer lugar, se trata de un software especialmente diseñado para los cálculos estadísticos. En segundo lugar, su utilización es sumamente sencilla y fácilmente asimilable por el lector al encontrarse en su entorno habitual, por cuanto se trata de un programa de entorno Windows, que funciona a base de cuadro de diálogos. Por último, se trata de un programa con más posibilidades estadísticas.

En los últimos años, el uso de Internet -la red de redes- ha causado una revolución en lo que a transmisión de datos e información se refiere, creando además un nuevo paradigma comunicativo. Por ello, con cada vez mayor frecuencia, nos encontraremos con la necesidad de analizar estadísticamente grandes volúmenes de datos -a los cuales tenemos acceso gracias a Internet, con la finalidad de obtener información y, eventualmente, conocimiento. En dicho análisis, el uso de un paquete estadístico -como Minitab, SAS, SPSS, S-Plus, Statgraphics, Statistica, etc.- resulta fundamental. Con 25 años de experiencia, Minitab es uno de los líderes mundiales por lo que a la docencia de la estadística se refiere, estando hoy en día presente en las más prestigiosas empresas (Motorola, Toshiba,...) y universidades nacionales (Universitat Oberta de Catalunya, Universidad Politécnica de Cataluña,...) e internacionales (Harvard, MIT, ...). Además, Minitab es una herramienta compacta, versátil y de fácil manejo. La confiabilidad de sus

algoritmos estadísticos y la sólida combinación de potencia y amigabilidad le han hecho merecer la confianza de usuarios de todo el mundo.

## **2.5 Estudio sobre la productividad en la producción de becerros**

Sonora se caracteriza por una clara vocación ganadera, dada su extensión territorial, sus condiciones ecológicas y su tradición histórica. La ganadería es factor de arraigo para la población rural del estado y una de las actividades económicas más importantes del sector agropecuario.

De acuerdo con Retes *et al.* (2010), durante el ciclo 1º de septiembre de 2009 al 30 de agosto de 2010, se exportaron 987 mil 988 becerros y 103 mil 290 vaquillas. El estado de Chihuahua encabeza la lista de entidades exportadoras con 37.7 por ciento, 400 mil 860 cabezas de ganado comercializadas en el exterior; le sigue Sonora con el 26.55 por ciento del total, es decir 281 mil 785 cabezas de ganado. Coahuila colocó 8.89 por ciento, es decir, 94 mil 367 becerros y Tamaulipas 8.33 por ciento, con 88 mil 485 cabezas.

Históricamente se ha inclinado por la cría de ganado bovino mediante la explotación extensiva de los agostaderos donde la fuente de alimentación para el ganado es la vegetación silvestre natural. En el estado, el clima predominante es cálido árido, con precipitaciones escasas y largos períodos de estío, por lo que la vegetación natural difícilmente puede sostener un nivel nutricional adecuado para los hatos ganaderos.

La cría extensiva de bovinos para carne es la principal actividad del sector pecuario del estado y agrupa a más de 40 000 productores, la mayoría de los cuales pertenece a estratos de diferentes niveles que van desde ejidatarios, minifundistas y pequeños propietarios y que practican un sistema de explotación de pastoreo en donde el sistema vaca-cría es el más común de ellos.

Dentro del sector ganadero el 76.7 % de los productores posee el 33.7 % del inventario ganadero mientras que el 9 % cuenta con el 42.4 % del pie de cría; a pesar de la

importancia de este sector, el mismo afronta grandes retos entre los cuales está la rentabilidad, la competitividad, así como la preservación de los recursos naturales.

La cría y engorda de ganado se puede llevar a cabo en dos sistemas: extensivo que es el aprovechamiento de las condiciones naturales y se requiere una gran extensión de superficie y pastizales donde se tiene al pie de cría durante todo el año y en el cual se obtienen ganancias de peso y calidad inferiores a los otros sistemas. Dentro de este sistema se encuentra el repasto de becerros el cual consiste en dejar los animales durante un tiempo razonable en donde se tiene un aumento de peso por cabeza estimado en 0.350 kg/día (Retes *et al.*, 2010).

## **2.6 Pasto buffel para mejorar la producción de becerros**

Extensas áreas de agostadero que una vez fueron productivas y sostuvieron densidades importantes de ganado y fauna silvestre se encuentran actualmente deterioradas y presentan problemas de suelo desnudo, erosión y una reducción considerable de la cubierta vegetal.

De acuerdo con Heady y Child (1994), Holechek *et al.*, (2004) e Ibarra *et al.*, (2005), factores tales como el sobrepastoreo, sequías prolongadas, reducción en la intensidad y frecuencia de fuegos naturales, desmontes excesivos para siembras de cultivos de temporal, tala inmoderada, falta de infraestructura en los ranchos y la sobreexplotación de otros recursos naturales, entre otros, han sido considerados los principales.

La ganadería en México atraviesa actualmente por problemas difíciles relacionados con severas sequías, crecimiento desmedido de la población, traslado excesivo de la población rural hacia las áreas urbanas, sobrepastoreo, bajos precios del ganado y altos costos de los principales insumos para el ganado y mantenimiento de los ranchos, mercados inciertos e inestables que agudizan el problema de la baja producción y consecuentemente de la baja rentabilidad de los ranchos (SAGARPA, 2002; FAO-UNESCO, 2003; Ibarra *et al.*, 2005; Quintana, 2006; Aguirre, 2008). Se estima que el porcentaje de parición de las vacas en los sectores ejidales y comunales fluctúa del 35 a 50% y en el sector privado del 40 al 75%, con pesos promedio al destete entre 150 y 175 kg. y sólo un estrato muy pequeño de la población presenta

porcentajes anuales de parición entre 75 y 90%, con pesos promedios al destete superiores a los 200 kilogramos.

El problema es aún más serio si se considera que, además de las bajas pariciones del ganado y del crecimiento acelerado de la población que causa que los predios se sigan fragmentando, la mayoría de los productores son pequeños y cuentan con predios de escasa superficie y productividad, que resultan generalmente insuficientes para soportar el número de ganado con el que cuentan para sobrevivir. Ante esta situación, la mayoría de ellos han optado erróneamente por sobrecargar los predios buscando incrementar el número de nacimiento de crías y la ganancia neta, lo que no sólo ha fallado, sino que ha resultado en una fuerte sobrecarga del agostadero y en un alto riesgo de erosión de suelo y pérdida de vegetación. Se ha demostrado que la rentabilidad de los ranchos está directamente influenciada por el potencial de producción de forraje de los mismos (Ibarra *et al.*, 2005) y que es económicamente impráctico hacer ganadería en predios deteriorados.

El concepto del destete precoz, consiste en separar a una edad temprana al becerro de la madre para cuidarlos en forma separada, es una herramienta que nace en el siglo XX, con el fin de producir más becerros, mantener en buena condición a las vacas y salvarlas durante la sequía, ahorrando alimento y asegurando que produzcan una cría anualmente. Bajo este esquema es posible incrementar significativamente el número de crías producidas en los predios con problemas de baja producción y consecuentemente incrementar la rentabilidad y las ganancias en el rancho. Sin embargo, se ha demostrado que para que esto funcione adecuadamente se requiere de una muy buena disposición de comida, en cantidad y calidad, tanto para las vacas como para las crías a través del año (Myers *et al.*, 1999; Weder *et al.*, 2004; Galli *et al.*, 2005), de trabajar más de cerca con los animales (Callejas *et al.*, 1999; Felkamp, 2006) y de proporcionar mejores atenciones y cuidados sanitarios (Bagley *et al.*, 1997; Lardy *et al.*, 2004).

Las ventajas más importantes del destete precoz incluyen: salvar vacas y crías ante una severa sequía, amansar al ganado, inducir estros e incrementar la fertilidad de las vacas, reducir el periodo abierto, mejorar el porcentaje de pariciones y la producción

anual de becerros de un 50 a 97%, reducir los requerimientos nutricionales, extender la vida productiva de los vientres, mejorar la condición corporal de las vacas, reducir la demanda de forraje e incrementar la capacidad de carga en el rancho de 10 a 25%, mejorar la eficiencia de ganancia de peso en las crías, la calidad de los becerros destetados precozmente y darle un mayor valor agregado al producto (McSweeney *et al.*, 1993; Weder, 2004). En trabajos realizados en Sonora, por Rodríguez *et al.*, (1983) se obtuvo una fertilidad del 76% en vacas destetadas precozmente, mientras que en vacas con destete tradicional se logró sólo un 37%.

A pesar del adelanto científico y del desarrollo de tecnología alcanzados recientemente, ni el destete precoz ni otras prácticas de manejo y reproducción de ganado han sido suficientes para incrementar los porcentajes de parición en los ranchos, ya que los actuales son similares a los reportados oficialmente en los 70's (SAGARPA, 2002). Los resultados muestran que los índices de parición del ganado a nivel nacional varían del 40 al 60%. Otros estudios más recientes realizados por Ibarra *et al.*, (2007) y León (2008) indican que el porcentaje de parición del ganado en Sonora es del 60%, que menos del 25% de los productores del estado han aplicado alguna versión de la práctica del destete precoz en sus predios y que solamente el 12% la están aplicado actualmente en sus ranchos con resultados muy variables. El 90% de los productores admite haberla aplicado solamente como medida de emergencia en los años secos para salvar al ganado, pero no la realizan como una práctica normal en el rancho y desconocen otras ventajas asociadas con su implementación.

## **2.7 Diagnóstico sobre la ganadería en el estado de Sonora**

En esta parte del trabajo, se utiliza la información que realizó la dependencia SAGARPHA Estatal en el año 2010, sobre la ganadería en el estado de Sonora.

### **2.7.1 Ganadería Extensiva e Intensiva**

De acuerdo con CIAD (2010), en Sonora existen dos sistemas de producción ganadera. La extensiva que se practica en el 84% del territorio estatal y la intensiva, caracterizada por sustentarse en el confinamiento de los animales. La primera, utiliza

14.7 millones de agostadero natural y 771,925 hectáreas de praderas de temporal, principalmente zacate buffel. En el año 2010 el inventario era de 1'423,024 cabezas de bovinos, además de otras especies, que inciden en que la carga animal superior a la capacidad de mantenimiento del agostadero, existiendo una sobre demanda de la cubierta vegetal, lo que se agrava cuando se prolonga el estiaje. Esta situación provoca la pérdida de las mejores especies forrajeras y en el caso de las praderas, demanda la rehabilitación constante para lograr mantenerlas en producción.

La ganadería extensiva beneficia directamente a más de 40,000 familias entre productores y trabajadores involucrados, caracterizándose por ser una actividad que requiere de un bajo nivel de insumos, sobre todo de importación, y es una fuente generadora de divisas por concepto de exportación. Otra particularidad de esta actividad es que, a través de los rumiantes, principalmente bovinos, los productores aprovechan los rebrotes de la vegetación para convertirla en carne y leche, contribuyendo con ellos, a mantener el reconocimiento de Sonora como fuente generadora de alimentos de origen animal.

La ganadería bovina extensiva presenta una deficiente integración vertical, dado el número y heterogeneidad de sus productores que son del sector ejidal, colonos, comuneros y propietarios privados de diversos estratos. El 34.7 % de la tierra pertenece al sector social y el 61% corresponde a pequeños propietarios, dando como resultado que el promedio de hectáreas que posee cada productor sea de 500, en las cuales pueden tener capacidad para mantener entre 20 y 40 unidades animales. Ello representa un gran reto para los productores que se encuentran en estos niveles, para solucionar sus problemas económicos e invertir en mejoras de sus ranchos.

El esquema de producción sigue siendo rudimentario y extensivo. Desde hace cincuenta años la tendencia ha sido criar becerros para el mercado estadounidense, sin una clara intención, o condiciones, para agregar más valor al producto, antes de enviarlo al mercado externo. El peso promedio de los becerros exportados varía entre 110 y 150 kilogramos por cabeza.

Es importante mencionar que, en el esquema actual de la ganadería bovina sonorensis, buena parte de la producción local de becerros forma parte del primer eslabón de la

cadena productiva de la industria cárnica norteamericana; ello impone límites muy precisos a la transformación de la actividad. Buena parte de los criadores de becerros pertenecen al estrato de productores de bajo perfil, con un hato inferior a los 30 vientres; con una producción inferior a las 5 cabezas de ganado al año y con una oferta, además de atomizada, dispersa, situación que de suyo complica el acopio y comercialización de su producción. La Unión Ganadera Regional de Sonora está realizando grandes esfuerzos para establecer sistemas de comercialización directa y aun cuando no se ha obtenido el crecimiento deseado, ha servido para sentar las bases de un nuevo proyecto de comercialización con la participación de los productores y además, para proporcionar precios de referencia a otros ganaderos.

Por otra parte, la ganadería intensiva que se practica en el estado es de gran significado debido a que aporta grandes cantidades de alimento para el abasto y consumo, como carne, leche, huevo y otros productos de origen animal. Su importancia radica, además, en que el consumo de granos facilita a los agricultores su comercialización, ya que éstos se transforman en productos pecuarios, dando un valor agregado que concurre a los mercados nacionales e internacionales de exportación, generando demanda de mano de obra para los sonorenses y mejorando la economía de la actividad estatal y nacional.

La ganadería intensiva incluye la engorda en corral de ganado bovino, porcicultura, avicultura y producción de leche con ganado especializado. Cada una de estas actividades representa autosuficiencia en el consumo estatal con excepción de la producción de leche, que importa el 57 % de leche fresca para cubrir la demanda interna de consumo de este producto.

### **2.7.2. Industria Engordadora**

La engorda de ganado bovino en corral ha disminuido su producción principalmente por problemas del alto costo financiero, insumos, costos de producción altos, sistemas deficientes de comercialización y competencia de carne importada. Para revertir los efectos anteriormente señalados y lograr desarrollar este sector, es necesario la participación de los productores primarios en la integración de la cadena productiva,

diseñar sistemas de engorda rentables, acordes a las condiciones de la entidad. La carne de res empieza a tener posibilidades en los mercados internacionales, en particular en los asiáticos, aprovechando la buena reputación alcanzada por la oferta de carne de cerdo sonoreense.

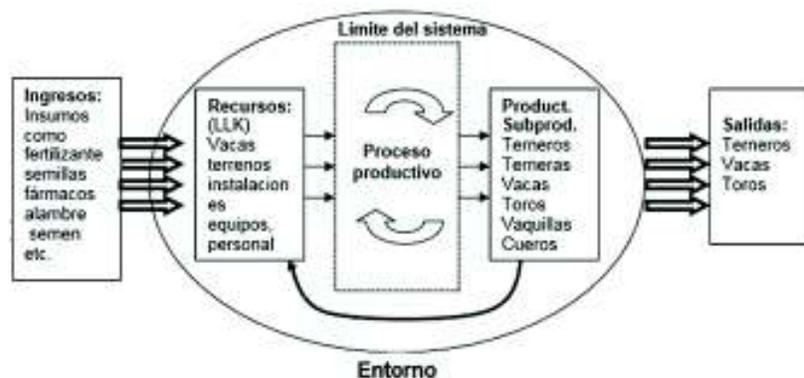
## 2.8 Sistemas de producción vaca-ternero en Chile

El concepto de sistema de producción se basa en la Teoría General de Sistemas que fue desarrollada por el biólogo alemán Von Bertalanffy y que en esencia es una perspectiva integradora y holística (referida al todo).

Una de las definiciones de la teoría general de sistemas dice que los sistemas son conjuntos de componentes que interaccionan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa.

Otra definición dice que los sistemas se identifican como conjuntos de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo.

Para describir y en general para entender un sistema, es común el uso de diagramas, los que, si bien no dan una visión completa, facilitan la visualización de las interrelaciones, como se indica en la figura siguiente.



**Figura 2.12.** Sistema de producción vaca-ternero.

Para poder entender y aplicar esta teoría al ámbito de la producción animal y de la producción de carne bovina en particular, se requiere saber qué es y qué no es un

sistema. Para este efecto y utilizando como ejemplo un sistema de carne tipo vaca-ternero, se puede identificar los siguientes aspectos que definen un sistema:

1. Objetivo o propósito del sistema. La producción de carne en forma comercial y rentable.
2. Límites: Para definir qué está dentro y qué está fuera del sistema. Estaría definido por el perímetro de la explotación.
3. Contexto: Entorno externo en el que opera un sistema. Considera la zona agroecológica (ej. secano de pre cordillera de la VII Región), el mercado donde transa productos y el entorno social y político.
4. Componentes: Elementos de un sistema que se relacionan entre sí. Pradera, animales, infraestructura, personal (ej: 70 ha físicas, con 65 hectáreas de praderas naturales mejoradas, con un rebaño criancero de 75 vacas, 17 vaquillas vírgenes y 20 terneras).
5. Interacción: Relaciones entre los componentes del sistema. Serían de tipo biológicas, físico químicas y económicas (Ej carga animal, pastoreo, fertilización, ciclo anual pradera y ciclo estral, época de partos, genotipo, suplementación, inseminación artificial, manejo ciclo estral, entre otros.)
6. Recursos: Componentes que se usan dentro del sistema. Son naturales (tierra) y adquiridos (trabajo y capital), expresados en maquinaria, instalaciones, ganado, capital disponible. Usos alternativos.
7. Aportes. Ingresos al sistema desde el medio externo, definidos como cantidad de alimento concentrado, uso de fertilizantes, mano de obra, entre otros.
8. Producto. Es la realización principal del sistema que para el sistema criancero es terneros/as, vacas eliminación, toros.
9. Subproductos. De menor importancia como cueros, heno y que no constituyen el propósito del sistema.

Los sistemas agrícolas se clasifican de diferentes formas. Una de ellas es según el o los productos(s) principal(es), siendo esta una de las más utilizadas en ganadería y como consecuencia de ello es frecuente que hablemos de sistemas de carne bovina, de leche bovina, de carne ovina, entre otros.

Los sistemas complejos, como son los sistemas ganaderos se caracterizan por:

1. Cambio: Ningún sistema permanece estático durante largo tiempo. Se puede decir que lo que el sistema es ahora, es la consecuencia de lo que fue o pasó en el pasado y a su vez, lo que será en el futuro, será consecuencia del hoy.
2. Medio: Cada sistema tiene su medio y es su vez un subsistema de otro sistema. El medio en donde se encuentra el sistema puede influir en el sistema si sufre modificaciones.
3. Comportamiento intuitivo opuesto: Debido a que los efectos pueden aparecer con posterioridad a las causas de origen y como consecuencia de realizar intervenciones sin un adecuado conocimiento, es frecuente que las soluciones obvias a menudo intensifiquen los problemas.
4. Tendencia al bajo rendimiento: Sistemas complejos tienden con el tiempo a un estado de bajo rendimiento.
5. Interdependencia: Nada ocurre en forma aislada. Cada evento se ve influido por los anteriores y afecta a los posteriores. Todo se influencia entre sí.
6. Organización: Prácticamente todos los sistemas complejos consisten en componentes altamente organizados. Subsistemas y partes interactúan para llevar a cabo la función del sistema.

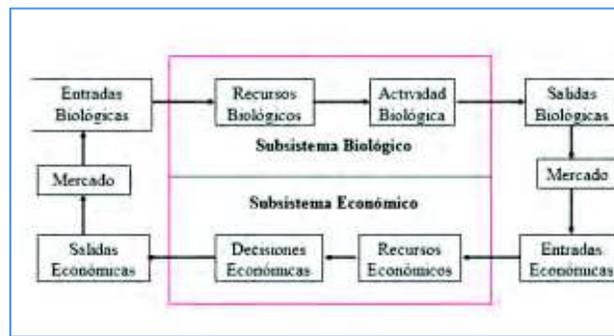
Un concepto importante de tener en cuenta, es que, al optimizar una parte del sistema, no siempre se obtiene la optimización del sistema propiamente tal.

En agricultura y en particular en ganadería, los sistemas pueden definirse en base a cualquier propósito para el que se han definido. Al tratarse de sistemas productivos, cualquier apreciación completa del sistema debe incluir el aspecto económico y por lo tanto es necesario incorporar además los elementos que contribuyen a los ingresos y costos del sistema.

Como profesionales del agro nos hemos dedicado mucho tiempo a entender el funcionamiento biológico de los componentes del sistema, sin embargo, las interacciones biológicas ocurren en explotaciones del mundo real, con una finalidad productiva económica. Por ende, no sólo es importante saber que un determinado fertilizante incrementa la producción, sino que interesa saber también a qué costo, en

cuanto se incrementa la producción, el incremento en las ventas, el valor de esa producción y en consecuencia el beneficio en el sistema.

Es necesario entender que el sistema tiene una parte biológica y una contraparte económica, así las salidas biológicas o físicas se convierten en dinero en la venta, considerándose una entrada en el sistema económico. Con posterioridad este dinero su vez se transforma en algo físico al comprar insumos y por ende pasa a ser un ingreso del sistema biológico, generándose una permanente actividad de transformación. En esta transformación, el mercado es donde se produce esta transformación y el dinero es la base del sistema Figura 2.13.



**Figura 2.13.** Representación de las relaciones biológicas y económicas de un sistema.

El recurso fundamental de la mayor parte de los sistemas de producción animal (sin tomar en cuenta sistemas de subsistencia), es el capital. Por esta razón el productor debe tomar en cuenta las consideraciones económicas. Si bien no en todos los sistemas la máxima rentabilidad es el objetivo principal, siempre es necesario al menos rentar para asegurar la subsistencia del sistema en el tiempo.

### 2.8.1 Enfoque de sistemas

El enfoque de sistemas es el abordamiento de los problemas utilizando la visión de sistema que hemos visto previamente. Esta conceptualización integradora y este enfoque son interesantes, pero cabe preguntarse su utilidad. ¿Para qué sirve?, ¿Qué utilidad tiene profesionalmente?, la respuesta es que el enfoque de sistema permite abordar problemas de sistemas complejos, cuya naturaleza requiere de la integración de elementos y conceptos de naturaleza amplia, como lo son los sistemas ganaderos y de otras disciplinas agrícolas.

Entender las partes involucradas en un determinado sistema y su funcionamiento, permite realizar intervenciones ya sea para realizar mejoras o correcciones como para lograr una mayor eficiencia. Así considerar una explotación bovina en términos de sistema, mejora la calidad de las decisiones de manejo necesarias para asegurar que este siga o transite hacia un estado de mayor eficiencia Figura 2.14.

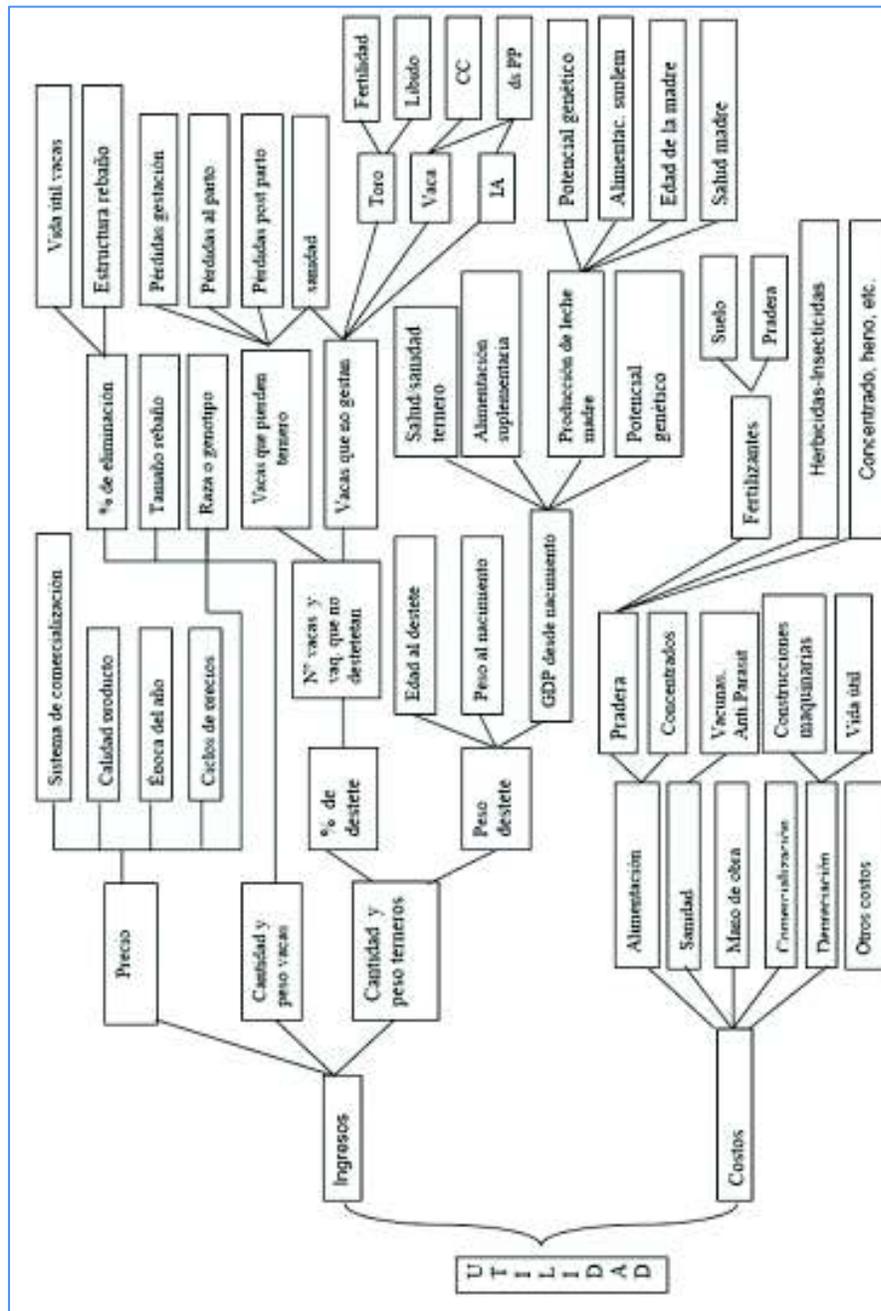
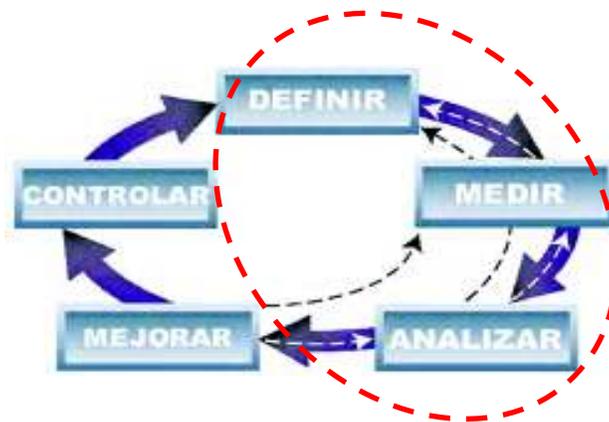


Figura 2.14. Factores que están relacionados al resultado económico del sistema vaca - ternero.

### 3. METODOLOGÍA

En el presente estudio se utilizará solo las etapas definir, medir y analizar de la metodología DMAIC que se aplica en la industria, para solución de problemas de calidad enfocados al cliente. A continuación, la figura 3.1 muestra las etapas empleadas para esta tesis dentro del ovalo punteado. En las siguientes páginas del trabajo el lector podrá encontrar la importancia de conocer y medir las entradas del proceso de producción de becerro y su impacto en caso de no medirlas a través de un modelo matemático para determinar el costo de mala calidad en caso de no hacerlo.



*Figura 3.1. Etapas del proceso DMAIC utilizadas.*

#### 3.1 Elementos de la fase de definición

Definir es la primera fase del modelo DMAIC. El propósito de la fase de definición es enfocar en lo posible el problema para tener aún más la comprensión del problema por el equipo del Proyecto 6 Sigma enfocado al consumidor.

En esta fase, el equipo del proyecto definirá lo que se necesita para tener un proyecto exitoso.

Esto incluye:

- Identificación de los clientes.
- Identificación de las necesidades de los clientes.
- Metas del proyecto.
- Alcance del proyecto.

La fase de definición comienza con la definición del problema y termina con una asignación completa del proyecto como se muestra en la figura 3.2.



*Figura 3.2. Elementos de la fase de definición.*

### 3.1.1 Definición del problema

Comienza con una declaración de problema que ayuda a definir la verdadera naturaleza del mismo describiendo sus síntomas o características. Comenzar con una buena declaración del problema ayuda a evitar suposiciones falsas.

### 3.1.2 Identificación del cliente

Teniendo la declaración del problema, el siguiente paso es identificar al cliente. Se debe determinar quién resulta directamente afectado por la no conformidad, para esto se hacen dos cuestionamientos, ¿existen subgrupos de clientes afectados? ¿Algunos clientes se benefician con la eliminación de problema? (valor de la satisfacción del cliente). Se debe de enfocar los esfuerzos en el grupo de clientes más afectados para obtener mayor beneficio. En este punto se debe identificar las variables de entrada que afectan a la salida o producto recibido por el cliente.

### **3.1.3 Mapa del proceso**

En este paso se crea una representación visual de alto nivel, también llamado mapa del proceso o diagrama de flujo, siendo este uno de los pasos que llevan a definir las variables críticas para la calidad (ctq's por sus siglas en ingles). Los beneficios que se tienen con el diagrama de flujo son esquematizar y segmentar procesos complejos en porciones manejables, también es una forma para identificar las entradas y las salidas del proceso, al igual define las áreas de trabajo de todo el proceso, también facilita la identificación de cuellos de botellas, paros, operaciones que no agregan valor al producto o proceso, el hecho de estar revisando las estaciones o áreas de trabajo permite definir de manera esquemática las mejoras del proceso,

### **3.1.4 Identificación de las CTQ`S (critical to quality)**

Una vez definido el usuario final, es importante conocer y determinar lo que es importante para él, desde su punto de vista. En la terminología DMAIC se denomina identificación de las ctq's. Esto ayuda a tener una idea más clara hacia donde tienen que estar enfocados los esfuerzos para mejorar la calidad del producto o servicio.

Las definiciones de las ctq's son importantes porque permiten, que el proyecto esté enfocado a variaciones importantes para el usuario final. Si el proyecto no se enfoca a estas variables que son críticas para el cliente, se necesitará redefinir adicionalmente para tener más claro el problema o conocer un grupo o clientes específico.

Una vez identificadas las ctq's se tiene que desarrollar definiciones operativas para las mismas.

### **3.1.5 Alcance del proyecto**

El alcance del proyecto es el grado en el que se medirán y analizarán las variables o factores a fin de enfocarse en áreas específicas para el mejoramiento del proceso de producción de becerro.

La actividad de definir el alcance del proyecto utiliza la relación  $Y=f(X)$  y varias herramientas de análisis para lograr resultados. Además, se confirman los criterios

identificados en la etapa de la definición del problema y se asegura que éste sea manejable.

### **3.1.6 Asignación del proyecto**

En este paso final de la fase de definición, todo lo conocido sobre el proyecto se combina en la asignación del proyecto. La declaración del problema representa el comienzo. Esto es un registro de lo que se conoce y se ha planeado sobre un proyecto seleccionado.

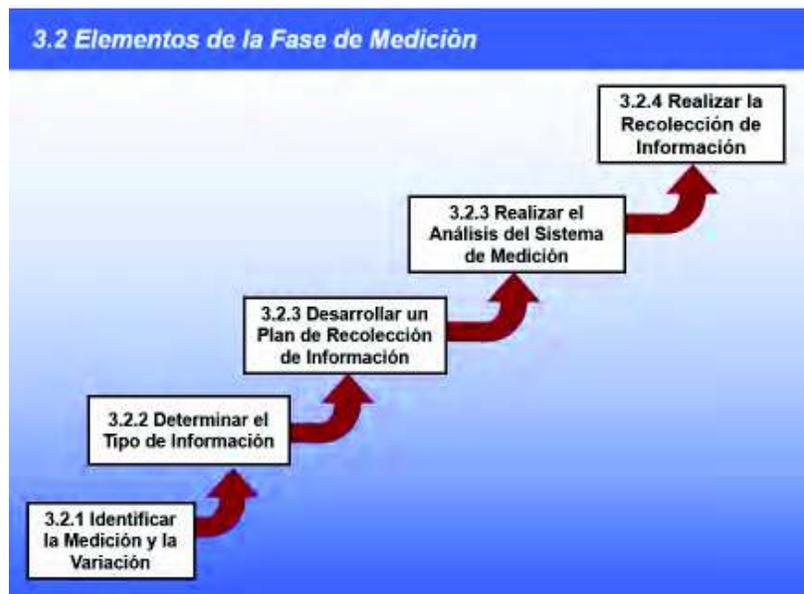
## **3.2 Elementos de la fase de medición**

La fase de medición establece técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del proceso, (ver figura 3.3). Esta etapa del proyecto comienza con la identificación del tipo de información que se va a recolectar, terminando una vez que el desempeño actual o inicial se ha determinado, al término de esta fase se puede obtener lo siguiente:

- Un plan para recolectar la información que especifique el tipo que se necesita, las medidas claves para proporcionar y las técnicas para recolectarlas.
- Suficientes datos para análisis del problema.

En esta fase se tienen ciertos objetivos descritos a continuación:

- Definir los medibles (indicadores) del proceso.
- Identificar los tipos, fuentes y causas de variación en los procesos.
- Desarrollar un plan de recolección de información.



*Figura 3.3. Elementos de la fase de medición.*

### **3.2.1 Identificar la medición y la variación**

Antes de trabajar con la información, el equipo necesita desarrollar una comprensión de la medición y la variación incluyendo:

- Tipos y fuentes de variación y la repercusión de esta en el desempeño del proceso.
- Diferentes tipos de medidas para la variación y los criterios para establecer buenas medidas del proceso.
- Los diferentes tipos de información que se pueden recolectar, y las características importantes de cada tipo de información.

### **3.2.2 Determinar tipo de información**

Para determinar el tipo de información que se va a recolectar, el equipo del proyecto debe ser capaz de responder a esta pregunta “¿Qué es lo que se quiere saber?” El tipo de datos puede ser de dos tipos, por atributos o variables. Para los proyectos DMAIC, ambos se refieren a información cuantitativa y pudiera darse el caso que se tengan las variables anteriores en forma cualitativa, la cual a menudo se expresa en palabras o fotografías.

En este caso debe buscarse que sea de forma cuantitativa para que sea medible y poder facilitar su análisis.

### **3.2.3 Desarrollar un plan de recolección de información**

En este paso se desarrollan y documentan los planes de recolección de datos, siendo este un paso importante, el cual requiere invertirle el tiempo necesario para obtener datos confiables, considerando los siguientes puntos para la información:

- Lo que el equipo quiere saber acerca del proceso (recolección).
- Las posibles fuentes de variación (Xs) en el proceso (porque se necesita).
- Si existen ciclos en el proceso y por cuánto tiempo se debe recolectar para obtener un panorama real del proceso (cuando se realizará).
- Quien elaborara el levantamiento.
- Como se mostrará la información una vez terminado el trabajo.
- Donde se recolectará.
- Definir todo lo necesario para la recolección maquinas, personas, móvil, entre otros.

### **3.2.4 Recolectar la información**

La recolección de datos es un proceso por el cual se reúne suficiente información para identificar la posible causa raíz del problema, para asegurar que se tenga la mejor calidad de información posible se debe:

- Entrenar adecuadamente al (los) recolector(es) de información.
- Monitorear el proceso de recolección de datos con la suficiente frecuencia como para detectar cuándo pasa de ser bueno a ser malo.
- Verificar si la información se ve razonable y si no es así justificar los resultados de ésta.
- Se recolectan varias muestras pequeñas a través del tiempo, en lugar de recolectar una muestra grande en un punto determinado.
- Asegurarse que las mediciones permanezcan estables y consistentes.

### 3.3 Elementos de la fase de análisis

La etapa de análisis es la identificación de fuentes de variación a partir de los objetivos de desempeño que permite determinar la situación actual del proceso, utilizando sus elementos como lo muestra la figura 3.4.

Permite al equipo del proyecto concentrarse más a fondo en las oportunidades de mejora al observar de cerca la información.



*Figura 3.4. Elementos de la fase de análisis.*

#### 3.3.1 Herramientas de análisis

Las herramientas recomendadas para hacer análisis gráficos de la información recabada en etapas anteriores, son las 7 herramientas básicas estadísticas, las cuales deben ser combinadas para analizar adecuadamente la información.

#### 3.3.2 Aplicar las herramientas de análisis gráfico

De las 7 herramientas básicas seleccionar aquellas se seleccionaron conforme a la necesidad de este trabajo:

- Consideren que es lo que se necesita descubrir y que herramientas pueden funcionar mejor.
- Apliquen varias herramientas a fin de obtener diferentes perspectivas de un problema.
- Ninguna herramienta por sí sola proporcionará todas las respuestas.

### **3.3.3 Identificar las fuentes de variación**

El propósito de encontrar las fuentes de variación es identificar aquellas variables X's que influyen en la variable que se busca mejorar. También se les conoce como factores, causas raíz o las X's vitales. Se pueden detectar por medio de un análisis a fondo del problema por parte del equipo de trabajo, utilizando técnicas como el diagrama de causa efecto y Pareto o metodologías como diseño de experimentos y regresión múltiple.

La adecuación de la metodología para desarrollar este trabajo, es hasta este punto para cumplir con la prueba de hipótesis.

Una vez identificadas las fuentes de variación es importante cuantificar el costo de la mala calidad antes de realizar la mejora del proceso, para así comparar los resultados deseados después de la mejora

El análisis de los costos, es un proceso estructurado para determinar los costos en las diferentes etapas del modelo DMAIC, en este caso será en la etapa de análisis donde evaluaremos los costos de la mala calidad del proceso. El beneficio debe ser más grande que el costo de la aplicación de la mala calidad. Se deben considerar todos los costos iniciales asociados a la mala calidad.

Los costos que deben considerarse en la aplicación del proceso de producción de becerro son: Pastura consumido por vientre, Agua consumida por vientre, Manejo por uno o varios vaqueros, costo por mantener un toro con buena genética o calidad, suplementos, vacunas, desparasitante, gastos administrativos, infraestructura, seguros para ganados, entre otros.

El costo de no preñez del hato se determina mediante una ecuación que considera la cuantificación de cada uno de los costos mencionados anteriormente, por vientre multiplicado por el número de vientres del hato por la fracción de vientres no preñados.

Una vez mostradas las tres etapas, se aplicará cada una de ellas al caso de estudio.

## 4. RESULTADOS

### Como se implementa la metodología

Para dar seguimiento a la metodología se sigue la misma numeración de temas y subtemas presentada en el capítulo 3 con el fin de relacionar la teoría con la práctica.

#### 4.1 Elementos de la fase de definición

##### 4.1.1 Definición del problema

Es la selección de características de desempeño que son críticas para satisfacer las expectativas de los clientes.

La declaración del problema es una forma de responder a las siguientes preguntas, Tabla 4.1.

Pregunta	Respuesta
1.-Cuál es la naturaleza del problema?	Se desconoce la productividad y la rentabilidad del proceso de producción de becerro.
2.- Cuáles son los problemas que están ocurriendo?	Agostaderos degradados, bajos porcentaje de parición, costos de producción desconocidos.
3.- Cuando y donde ocurre?	En el rancho el Triunfo ocurriendo en cada ciclo de producción.
4.-Cuál es el grado del problema en términos de magnitud y tendencia?	Se ve un número considerable de hembras sin crías, condición corporal baja.
5.- Se ha definido el problema con suficiente amplitud?	Sí, se ha definido ampliamente.
6.- Contiene la declaración del problema de alto nivel inicial suposiciones y soluciones futuras?	No las contiene

*Tabla 4.1. Preguntas y respuestas para declarar el problema: Elaboración propia.*

Con base en las respuestas encontradas se lleva a cabo la declaración de alto nivel.

Declaración de alto nivel del problema:

Se desconoce la productividad y rentabilidad del proceso de producción de becerro, de cada ciclo de producción, viéndose un número considerable de hembras sin crías y con condición corporal baja, en el Rancho el Triunfo municipio de Huásabas, Sonora.

Para la selección del proyecto se tienen que hacer ciertos cuestionamientos que a continuación se definen y se describe su respuesta para este estudio, tabla 4.2.

Pregunta	Respuesta
1.- El proyecto tiene eventos recurrentes?	Sí, cada ciclo ganadero (año).
2.- El alcance del proyecto es estrecho?	Si en el Rancho el Triunfo
3.- Existen variables medibles?	Sí existen, posteriormente se definen.
4.-Se pueden establecer variables medibles en tiempo adecuado?	Sí existen, posteriormente se definen.
5.- Tiene control el proceso?	Si, ciertas variables, posteriormente se definen.
6.- El proyecto mejora la satisfacción del cliente?	Si.

**Tabla 4.2.** Tabla para la selección del proyecto: *Elaboración propia.*

Habiendo contestado si a todos los cuestionamientos anteriores el estudio es un excelente candidato como proyecto DMAIC.

### 4.1.2 Identificación del cliente

En este caso de estudio el productor del Rancho el Triunfo es el cliente objetivo. El cliente final sería, la empresa engordadora de ganado en USA.

### 4.1.3 Mapa del proceso

Cabe mencionar que la necesidad del cliente final en este caso es la industria engordadora de ganado de USA, debe ser la salida del proceso de producción de becerro y esta, a su vez debe de cumplir, satisfacer y exceder con dicha necesidad o expectativa, siendo una necesidad explícita o implícita del cliente, como lo muestra la figura 4.3. en el mapa SIPOC (por sus siglas en ingles).

<i>SUPPLIER</i>	<i>INPUTS</i>	<i>PROCESS</i>	<i>OUT PUT</i>	<i>CUSTOMER</i>
*VACUNAS	*COMPORTAMIENTO DE TOROS	*PERIODO DE GESTACION	*BECERRO VIVO AL NACER Y 150 KG AL DESTETE	*BECERRO SANO
*SUPLEMENTOS	*CANTIDAD DE VACAS POR TORO	*ALIMENTACION	*BECERRO CLASE EUROPEO	*NO MAYOR A 150 KG
*MANEJO	*CONDICION CORPORAL DE LA VACA	*NACIMIENTO	*NO MAYOR A 150 KG	
	*CONDICION CORPORAL DEL TORO			
	*CANTIDAD DE LLUVIA			
	*MANEJO DE AGOSTADERO			
	*CAPACITACION DEL PRODUCTOR			
	*SALUD DE LA VACA			
	*ESTATUS REPRODUCTIVO			

**Figura 4.3.** Mapa de proceso de producción de becerro.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo en la figura 4.4 para dar una idea de cómo se encuentra el ciclo del proceso de producción de becerro.

La definición de las entradas del proceso debe revelar aspectos que son importantes desde el punto de vista del cliente. En este estudio el cliente está interesado en mejorar e incrementar el porcentaje de productividad y conocer cuánto le cuesta la improductividad de su hato, esto se representa en la siguiente ecuación:

$$Y = f(X_1(\text{medición preñez}), X_2(\text{manejo}), X_3(\text{alimento}) \dots X_n).$$

En este caso, una X puede ser la medición de preñez (0,1), pero a su vez la preñez se convierte en otra función Y' que a su vez tienen otras variables que actúan para que se dé dicho resultado, esto se muestra en la ecuación siguiente:  $y' = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ .

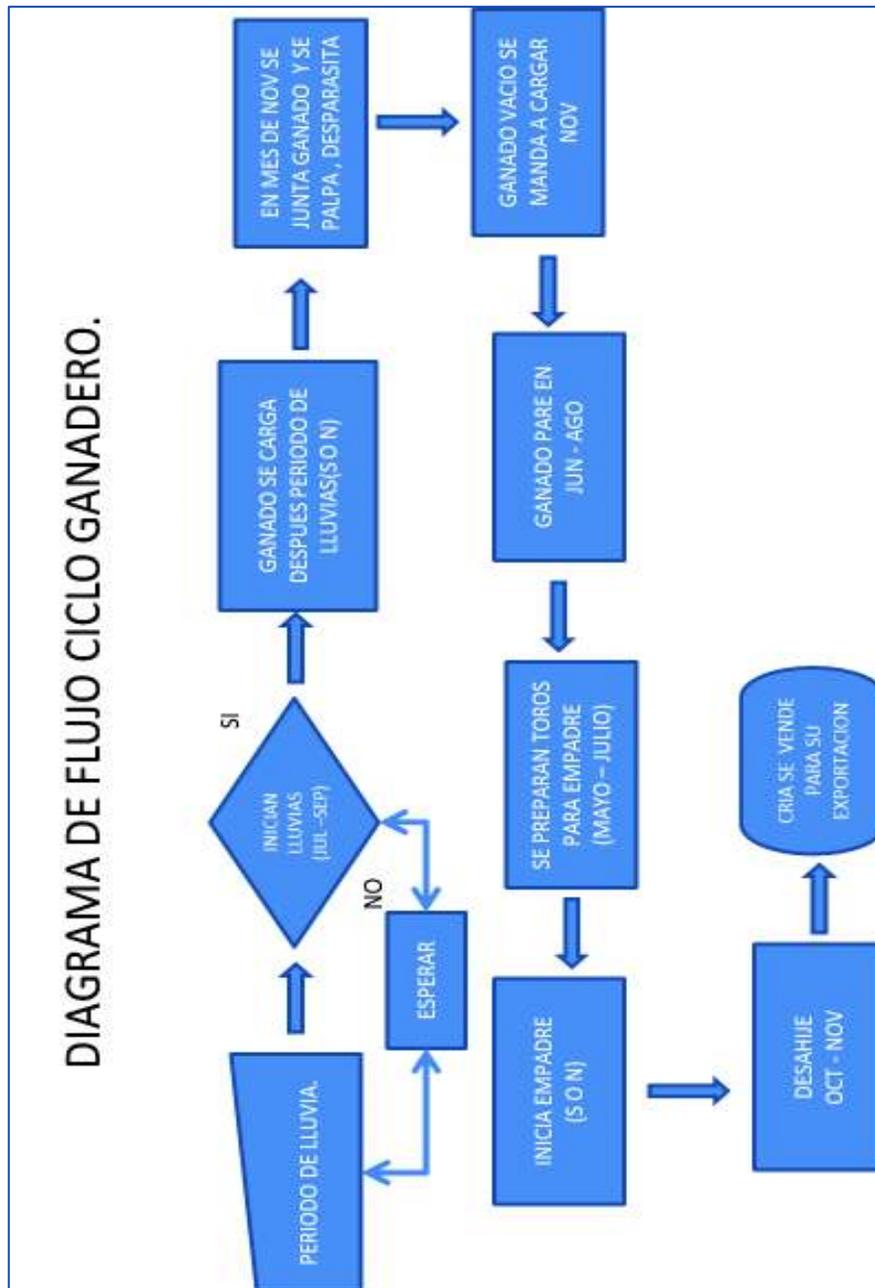


Figura 4.4. Diagrama de flujo del ciclo ganadero.

Se recomienda utilizar un diagrama de Gantt para conocer las actividades con respecto al tiempo, de ciclo de producción de becerro, como continuación se presenta figura 4.5.



Figura 4.5 Diagrama de Gantt del ciclo ganadero.

#### 4.1.4 Identificación de las CTQ`s

En específico para este estudio la CTQ es la siguiente:

CTQ = “La vaca debe producir una cría en cada ciclo de producción”.

La definición operativa es: “La vaca debe llegar sana y con una condición corporal óptima al periodo de reproducción para que pueda reproducirse”.

Regularmente los clientes externos buscan las tres mejores características de un producto de clase mundial siendo estas:

- 1.- Calidad del Producto: Becerro de buena genética.
- 2.- Calidad del Servicio: Becerro que llega a la frontera norte.
- 3.- Precio: Con el precio definido por el mercado.

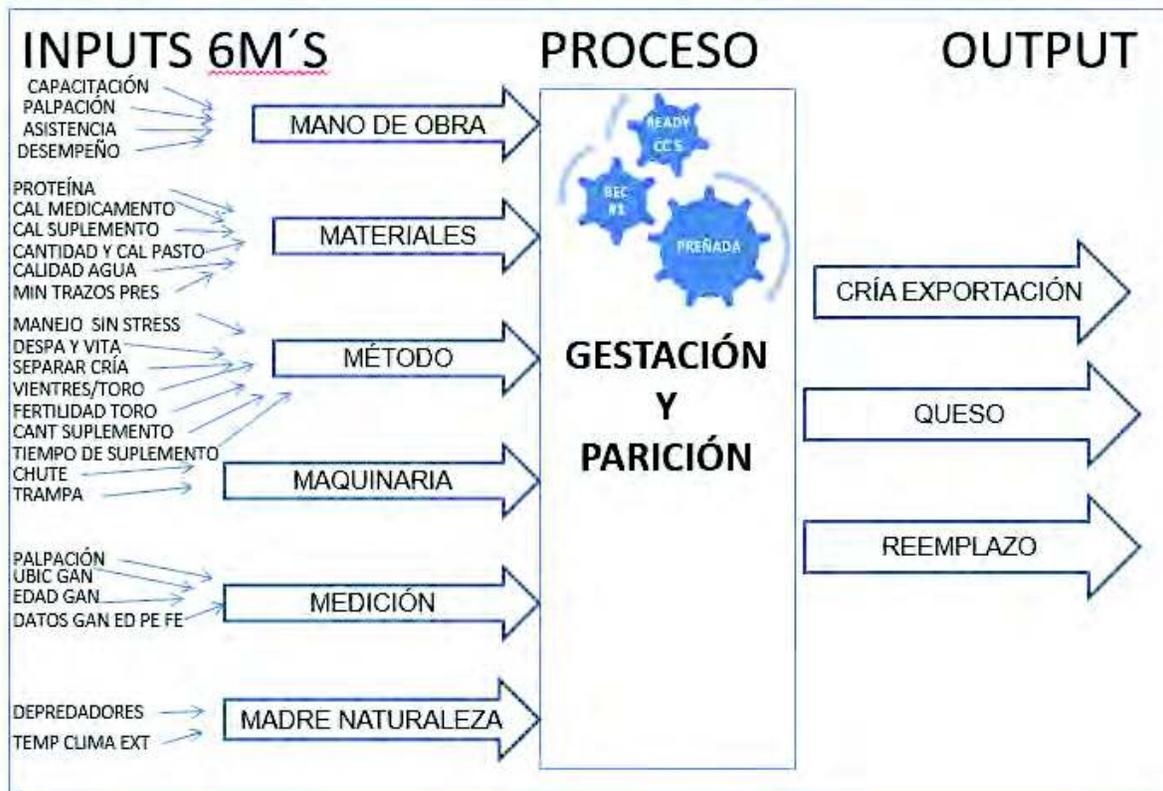
Cuando ya se tiene la voz del cliente es importante convertirla en ctq's para poder llevar a cabo las mejoras en el proceso. Haciéndolo mediante una matriz para tener una visión más clara de los puntos a revisar, figura 4.6.

Voz del cliente	Puntos Claves	Requerimiento de CTQ	
		Bueno	Malo
Ciertas vacas no producen una cría en el año.	Función: La vaca debe producir un becerro al ciclo.	Medir preñez	Dejar al azahar
Beceros con poca genética	Europeo: El becerro debe ser de raza Europea	Mejorar genética en hato	Dejar becerros criollos para toros

**Tabla 4.6.** Voz del cliente a CTQ's.



Con base en los resultados obtenidos con el diagrama de Ishikawa el sistema de producción de becerro tendría las siguientes entradas y salidas. Figura 4.8.



*Figura 4.8. Variables del sistema de producción de becerro.*

Utilizando el diagrama de pescado o de Ishikawa identificaremos los factores más significativos, la función de las x's (causas) que están detrás del problema de la baja productividad de la ganadería. Primero se identifican todas las variables que entran en el proceso, siendo estas la **X's** iniciales del proceso.

Al igual que las entradas significativas se hace un listado de las salidas del proceso que se desean tener.

Se utilizó una matriz que se encuentra en la parte inferior, para relacionar las entradas con las salidas del proceso, ponderando 9, 6 y 3 siendo 9 la que tiene mayor influencia, esta ponderación se hizo con base en la voz del cliente, figura 4.9.

En este caso de estudio la relación de las variables de entrada (X's) y salida (Y) del proceso se representan por:  $Y=f(X)$ , donde la Y es la medición de la producción del

proceso de becerro, medido por el cliente, influenciado el resultado por una variedad de entradas (X's).

Para definir cuáles son las X's del proceso de producción de becerro, se utiliza un diagrama de flujo el cual se desarrolla en (subtitulo 4.1.3) y posteriormente se elabora un diagrama de Ishikawa con una lluvia de ideas (subtitulo 4.1.5).

Matriz de causa y efecto para el proceso de producción de becerro.

Rango de importancia para el cliente	9	6	3	6	3	
Prioridad de Salidas	1	2	3	4	5	
	Vaca Preñada	Servicio en calor de la vaca	Mayor número de montas efectivas	Vaca con buena CC	Vaca presente Calores	TOTAL
Palpación Ganado	9	9	9	9	9	243 
Prueba Fertilidad	6	9	9	3	3	162
# Vacas por toro	9	9	9	3	3	189
Comida adecuada para vaca parida	9	9	3	6	6	198
Suplementación Minerales	9	3	3	6	9	171

**Figura 4.9.** Matriz de ponderación.

Los resultados obtenidos se obtuvieron entrevistando al cliente y llevando a cabo los siguientes pasos de ponderación con valores 9,6,3:

- 1.- Se ponderan las salidas deseadas de la más importante a la menos importante de las variables de salida.

2.- Se colocan en orden de importancia para el cliente según sea la prioridad de la salida en las columnas de la matriz.

3.- Se anotan las variables de entrada en los renglones.

4.- Después se le realiza la pregunta al cliente, según su conocimiento que tanto puede aportar cada variable de entrada con respecto a cada salida.

5.- Una vez ponderadas todas las variables de entrada con respecto a la salida, se lleva a cabo la multiplicación del valor del renglón con respecto a la columna, y se multiplica por la ponderación que tiene la salida y se suman los valores.

6.- La variable de entrada que más alto tenga el número, será la variable que se deben tomar para empezar a evaluar o realizar este trabajo de investigación.

La variable de entrada que mayor ponderación tuvo fue la variable de **medición de la preñez**.

La declaración refinada del problema con base en los resultados de la matriz y tomando en cuenta la voz del cliente es:

“La productividad de la Ganadería no se conoce debido a que no se lleva a cabo la medición del estado de preñez del ganado o palpación”.

#### **4.1.6 Asignación del proyecto**

Se tiene que tener una declaración del alcance del proyecto, definiéndose a continuación:

“El proyecto estará enfocado a la medición de la palpación del ganado en el Rancho el Triunfo”

Es importante tener un diagrama de Gantt de cómo se llevará a cabo el proyecto para definir los tiempos y las responsabilidades, presentándose gráficamente, figura 4.10.

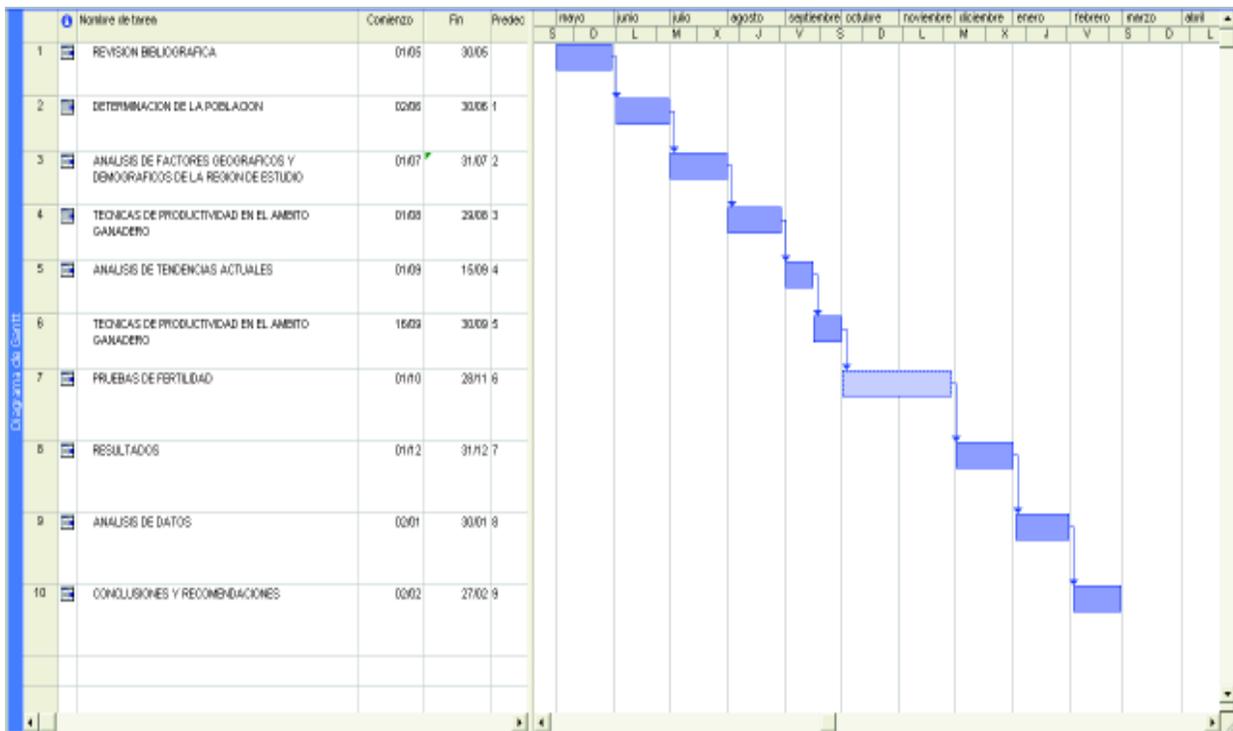


Figura 4.10. Diagrama de Gantt del proyecto.

## 4.2 Elementos de la fase de Medición

La fase de medición establece técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del proceso identificado en la fase de definición. La información recolectada como parte de esta fase se utilizará para determinar las fuentes de variación y servirá como benchmarking para evaluar las mejoras.

Esta fase inicia con la identificación del tipo de información que se va a recolectar y termina una vez que el desempeño inicial se ha determinado y el proyecto puede avanzar a la fase de análisis.

### 4.2.1 Identificar la medición y la variación

En el presente estudio la entrada más importante según el cliente es la “medición de la preñez de la vaca”, en la cual se conjugan las diversas variables significativas del proceso de producción de becerro y con base en ella se pueden tomar las mejores

decisiones en el proceso para mejorar la productividad de un rancho, a continuación, se describen los tipos de variables (variación).

Causas comunes: En esta investigación el problema está considerado como una causa común por ser un problema que tiene años en estarse presentando en el ámbito ganadero en el rancho.

Causas especiales: una de las causas especiales para este trabajo fue la presencia de animales depredadores, los cuales disminuyeron en el proceso producción de becerro.

A continuación, se presenta la herramienta AMEF para el proceso de producción de becerro, definido en el subtítulo 3.2.1 ver tabla 4.11.

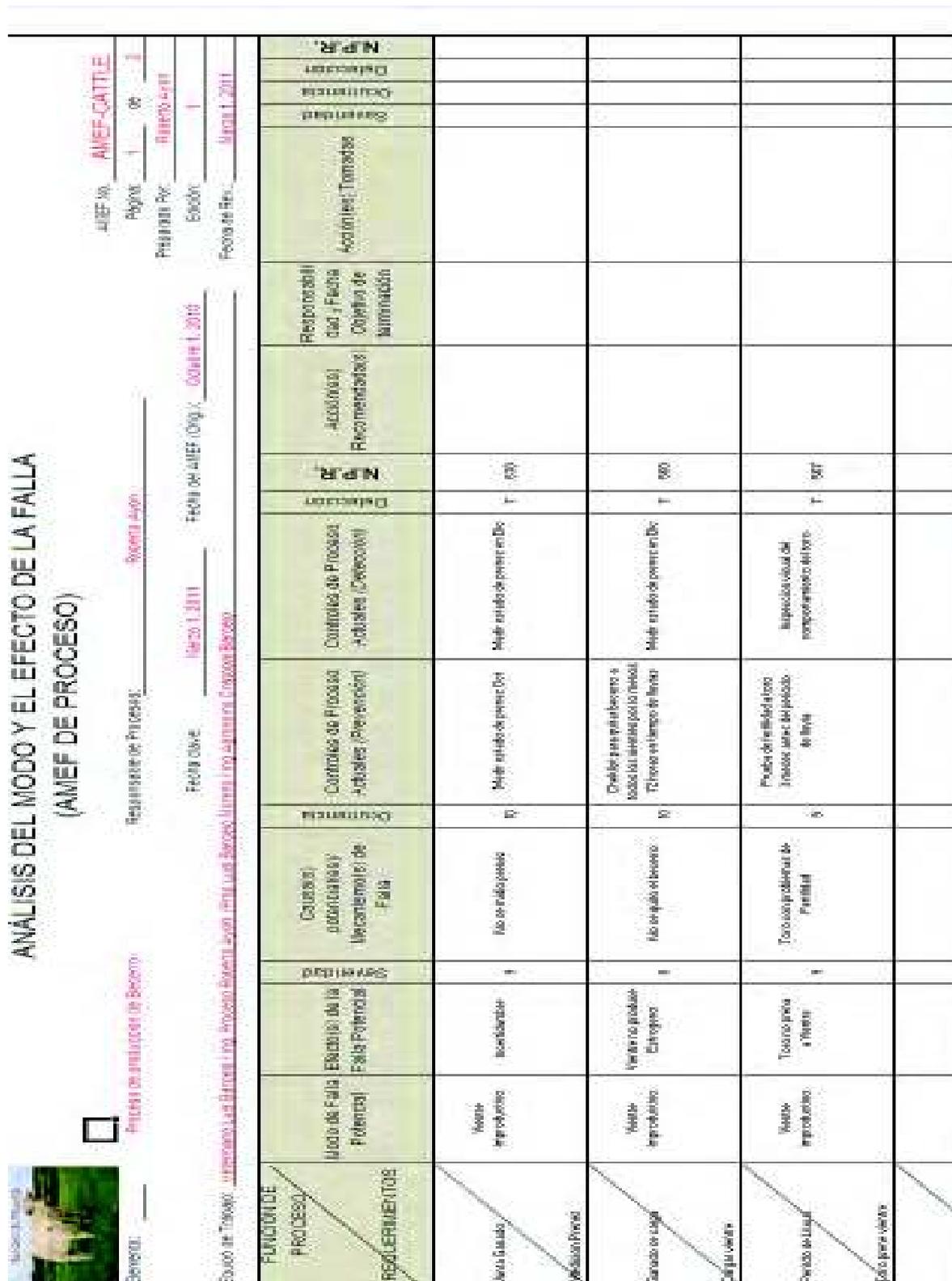


Figura 4.11. AMEF de proceso de producción de becerro.

### **4.2.2 Determinar tipo de información**

En este caso de estudio una de las CTQ's es la determinación de la preñez del vientre, siendo esta una variable por atributo "cargado o vacía", la cual no se puede subdividir, entre otra información, también es necesaria la edad del vientre, siendo esta una información de dato por variable, la cual se define por tiempo utilizando una escala continua, o sea en tiempo de edad, esta variable si se puede dividir.

Para determinar el tipo de información que se va a recolectar, se debe responder a la pregunta; "¿Qué es lo que quiere saber?" el tipo de información que se determinará por lo que se medirá, pueden ser de dos tipos, por atributos o variables. Los datos recolectados dan información valiosa sobre si pasó o no (Por Atributo) o algo sobre lo que paso (Por Variables). Para los proyectos DMAIC, ambos tipos de información se refieren a información cuantitativa, aunque buscando información podría darse el caso que no se tengan ninguna de las dos variables anteriores, sino información cualitativa, la cual a menudo se expresa en palabras o fotografías. Esta información debe convertirse en variable cuantitativa para poder llegar a realizar una medición y poder realizar un análisis.

### **4.2.3 Desarrollo de un plan de recolección de información**

En este paso de la fase de medición, se desarrolló y se documentaron los planes de recolección de datos, siendo este un paso crítico, el cual necesita invertirle el tiempo necesario para obtener la mejor información considerando los siguientes puntos.

- Lo que el equipo quiere saber: En este trabajo de investigación, lo que se busca es conocer el estado de preñez del vientre.
- Las posibles fuentes de variación en el proceso (Xs): Los resultados que se obtuvieron con la matriz de la ponderación de las variables, dio como resultado las siguientes x's, id del vientre, condición corporal, raza, estado de preñez, el tiempo de gestación, edad de la vaca, si se encontraba con toro, si produjo un becerro el ciclo pasado, tipo de empadre.

- Si existen ciclos en el proceso y por cuánto tiempo se debe recolectar: El ciclo ganadero se lleva a cabo cada inicio de lluvias, la información se debe recolectar en el periodo empadre o sea en septiembre- noviembre con una muestra significativa.
- ¿Quién recolectará la información?: Para la recolección de datos se tiene que hacer con el médico veterinario, técnico ganadero, y el ingeniero del proceso.
- ¿Cómo se va a mostrar la información?: La información se presentará en un formato diseñado para las variables definidas, después de juntar el ganado en el lugar donde se va a realizar la medición de la preñez. El formato ayudará a organizar las actividades de recolección de datos y asegurar que las personas comprenden las metas.
- ¿Dónde se recolectará la información?: La información se recolectará en el corral donde se acopia el ganado y se encuentra instalado un pasillo especial para llevar a cabo la medición de la preñez se le llama “chute” de ganado.

Con base en las necesidades descritas anteriormente, se diseñó el formato para la recolección de datos identificándose cada vientre con un arete que tiene su número de control, enseguida se muestra el diseño, tabla 4.12.

#### FORMATO DE BASE DE DATOS

RECOLECCION DE DATOS DE LA MEDICION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE BECERRO

NUM ARETE	CONDICION CORPORAL	RAZA	PREÑADA OK (1)/ NO OK(0)	TIEMPO DE GESTACION (MESES)
0106	6	SIMENTAL	1	4
HOSKA	5	CRIOLLO	0	0
CABEZONA	6	CRIOLLO	1	6
7923	6	CRIOLLO	1	2
8174	6	CRIOLLO	0	0
2498	3	CRIOLLO	0	
8075	6	CEBU	1	2
4068	6	CHARBAY	1	5
2099	4	CHARBAY	1	7
8172	6	SIMENTAL	0	0
2679	5	CHARBAY	1	4
0107	4	CEBU	0	0
2393	5	SIMENTAL	1	5

**Tabla 4.12.** Formato de recolección de datos.

Luego de desarrollar una herramienta de recolección de información, es importante considerar como se recolectará la información. Una técnica estándar para recolectar información se denomina “muestreo”. El muestreo es un proceso por el cual se obtiene información que permite hacer algunas estimaciones acerca de parámetros de la

población. El muestreo se utiliza para determinar el desempeño del proceso cuando no es razonable examinar cada punto a través del proceso. Se puede utilizar una menor cantidad de términos importantes:

- Población: se refiere a todas las unidades que forman un grupo en particular, algunas veces la población es demasiado grande o complicado para medirse toda la población en este trabajo la población se encuentra muy dispersa en el agostadero del rancho.
- Muestra: Se refiere a algunas de las unidades de ese grupo en particular. La parte crítica de la población debe tener una oportunidad igual e imparcial de ser seleccionada para la medición, o sea al azar, para este estudio se obtuvo una muestra de 88 vientres. Siendo datos por atributos los cuales deben de ser entre 50 y 100 mediciones.

#### **4.2.4 Recolección de la información**

La recolección de datos para un proyecto es uno de los pasos más importantes de DMAIC enfocado al consumidor. Para que sea exitosa debe ser resultado de un plan bien definido para este propósito. La importancia de la planeación se torna evidente cuando el equipo empieza a revisar la información recolectada. No es suficiente con planear cuidadosamente antes de recolectar la información y después suponer que todo marchara con fluidez. Es importante asegurarse de que la información continúe siendo consistente y estable mientras se recolecta. La regla número uno para esta etapa es: “Esté ahí” no delegue el trabajo de la recolección a otras personas. Haga un plan de recolección de datos, diseñe las hojas para esta recolección, entrene a los recolectores, defina todo lo necesario para la realización en la recolección de datos, maquinas, herramientas, móviles, recurso humano, infraestructura y después sígase involucrando a través del proceso de todo el proceso de recolección.

El resultado de este paso debe ser un grupo de datos adecuado para llegar a la Fase de análisis. La recolección de datos es un proceso por el cual se acumuló suficiente información para identificar la causa raíz del problema. Además de enfatizar las oportunidades de mejoramiento, la información recolectada le permite al equipo

establecer una base para el proceso que se puede utilizar para monitorear los mejoramientos subsecuentes. Un concepto clave que se debe tener presente al recolectar información es hacerlo en la cantidad correcta. La cantidad de información necesaria se debe de especificar en su plan de recolección de datos. Demasiada información puede agregar complejidad a la revisión de análisis de la misma y muy poca información puede forzar al equipo a comprometerse en innecesarios y costosos esfuerzos secundarios de recolección de datos.

El plan de recolección de datos para este caso de estudio se definió los siguientes puntos:

- La información que se va a recolectar son las variables más significativas definidas en la matriz de ponderación.
- La herramienta de recolección de datos, son los formatos mostrados en la tabla 4.12.
- Los materiales y recursos necesarios se describen a continuación.
  - Un ultrasonido para verificar preñeces menores de 60 días.



*Figura 4.13. Ultrasonido.*

- Convertidor de 12v a 110v porque no hay energía eléctrica.



*Figura 4.14. Convertidor.*

- Dos caballos para juntar el ganado.



*Figura 4.15. Caballos.*

- Un carro para transportarse y para tomar el voltaje de 12v.



*Figura 4.16. Unidad móvil.*

- Una computadora e impresora para producir los formatos.



*Figura 4.17. Computadora e impresora.*

- La estrategia de recolección de datos:
  - 1.- Quien recolectará la información es el veterinario.



*Figura 4.18. Médico veterinario.*

- 2.- El ingeniero del proceso



*Figura 4.19. Ingeniero de procesos.*

3.- El técnico o vaquero.



**Figura 4.20.** Vaquero.

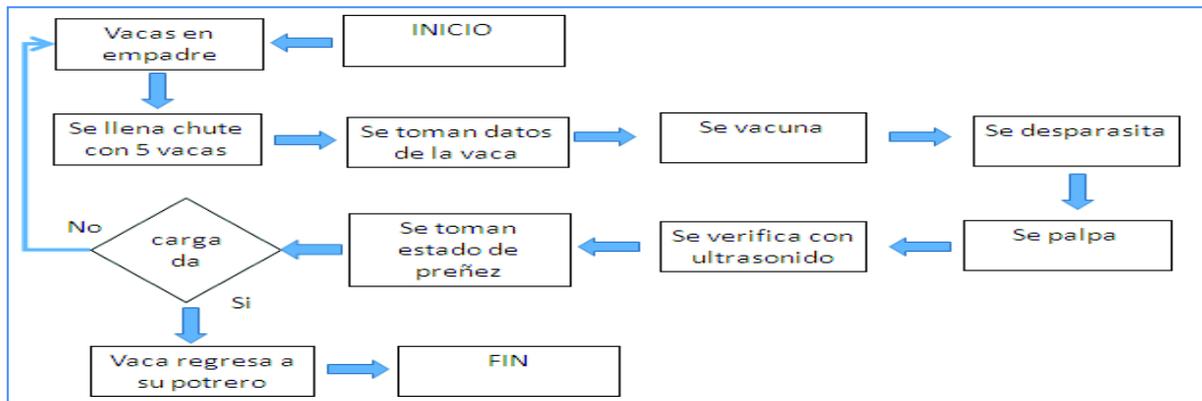
4.- Cuando se recolectará la información es en el momento que se junta el ganado para aprovechar el manejo del mismo.

5.-Donde se recolectará la información es en el Rancho el Triunfo en el municipio de Huásabas. Figura 4.21.



**Figura 4.21.** Ubicación donde se recolectarán los datos.

Estrategia de muestreo se presenta con diagrama de flujo del proceso de recolección de datos, figura 4.22.



**Figura 4.22.** Diagrama de flujo de la recolección los datos.

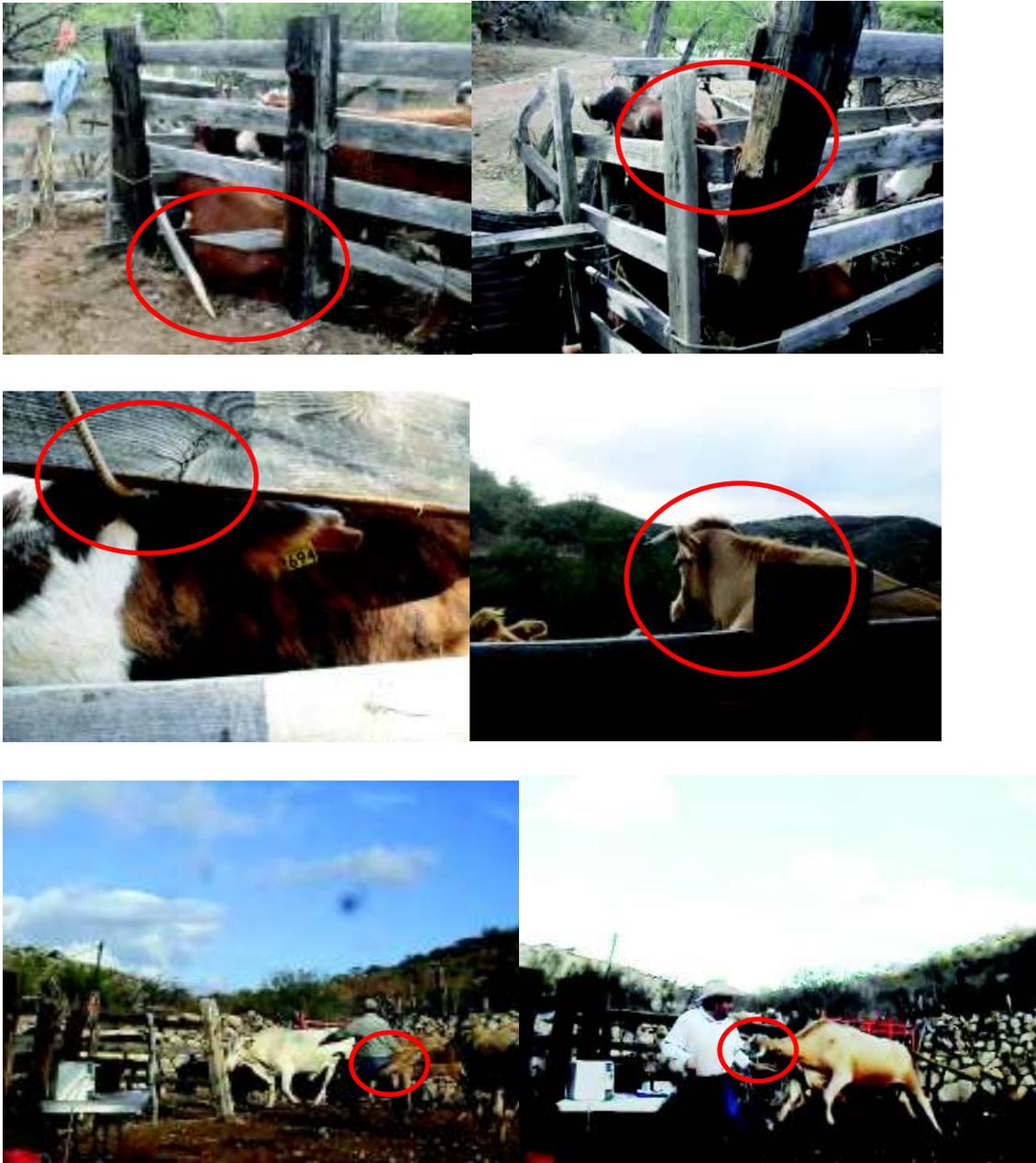
A continuación, se muestran los datos que se obtuvieron en la recolección, tabla 4.23.

RECOLECCION DE DATOS DE LA MEDICION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE BECERRO

#	TAG VACA	CONDICION CORPORAL	RAZA	PREÑADA OK (1)/ NO OK(0)	TIEMPO DE GESTACION (MESES)	EDAD VACA (AÑOS)	ESTABA CON TORO OK(1)/ NO OK(0)	ENTREGO BECERRO SI(1) NO(0)	MONTA NATURAL O INSEMINACION	VITAMINADA	DESPARACITADA
1	0106	6	SIMENTAL	1	4	5	1	0	N	1	1
2	HOSKA	5	CRILLO	0	0	7	1	1	N	1	1
3	CABEZONA	6	CRILLO	1	6	8	1	1	N	1	1
4	7923	6	CRILLO	1	2	7	1	1	N	1	1
5	8174	6	CRILLO	0	0	4	1	1	0	1	1
6	2498	3	CRILLO	0		14	1	1	0	1	1
7	8075	6	CEBU	1	2	4	1	0	N	1	1
8	4068	6	CHARBAY	1	5	8	1	1	N	1	1
9	2099	4	CHARBAY	1	7	8	1	1	N	1	1
10	8172	6	SIMENTAL	0	0	3	1	1	N	1	1
11	2679	5	CHARBAY	1	4	10	1	1	N	1	1
12	0107	4	CEBU	0	0	2	1	1	N	1	1
13	2393	5	SIMENTAL	1	5	6	1	0	N	1	1
14	CHUCHINA	6	CHARBAY	1	3	5	1	1	N	1	1
15	2662	5	CHARBAY	1	2	5	1	1	N	1	1
16	8167	4	CRUZA	0	0	4	1	1	N	1	1
17	8177	5	CHARBAY	0	0	3	1	1	N	1	1
18	4059	4	CHARBAY	0	7	1	1	1	N	1	1
19	8175	5	CHARBAY	1	4	3	1	1	N	1	1
20	4077	5	CHARBAY	1	5	6	1	1	I	1	1
21	8183	4	CHARBAY	1	2	3	1	1	N	1	1
22	8179	5	CHARBAY	0	0	4	1	1	N	1	1
23	8189	6	CHARBAY	0	0	4	1	1	N	1	1
24	8171	5	CHARBAY	1	2	3	1	0	N	1	1
25	0108	4	CRUZA	0	0	8	1	1	N	1	1
26	4072	5	CRUZA	1	6	8	1	1	I	1	1
27	4041	5	CHARBAY	1	4	8	1	1	N	1	1
28	2667	5	CHARBAY	1	5	5	1	1	N	1	1
29	8186	1									
30	8173	5	SIMENTAL	ABORTO	0	2	1	0	N	1	1
31	0105	5	CRUZA	1	4	5	1	1	N	1	1
32	8166	5	CRUZA	1	4	3	1	1	N	1	1
33	4075	5	CHARBAY	1	2	8	1	1	N	1	1
34	8180	5	CRUZA	0	0	2	1	0	I	1	1
35	2669	5	CRUZA	1	5	10	1	1	N	1	1
36	8168	6	CHARBAY	1	2	2	1	0	N	1	1
37	4032	5	CHARBAY	1	2	6	1	1	I	1	1
38	8162	5	CRUZA	1	3	3	1	0	N	1	1
39	4035	5	CRUZA	1	3	5	1	1	N	1	1
40	MANCA	5	CRUZA								
41	4036	5	CHARBAY	1	5	7	1	1	N	1	1
42	4055	5	CRUZA	1	5	9	1	1	N	1	1
43	2670	4	CHARBAY	1	3	10	1	1	N	1	1
44	2683	4	CRUZA	1	2	10	1	1	N	1	1
45	8184	4	CHARBAY	0	0	3	1	0	N	1	1
46	2391	5	SIMENTAL	1	3	5	1	0	N	1	1
47	8165	4	SIMENTAL	1	4	3	1	1	N	1	1
48	8186	4	CHARBAY	0	0	2	1	0	N	1	1
49	8169	4	CHARBAY	1	1	2	1	0	N	1	1
50	4074	5	CHARBAY	1	5	8	1	1	N	1	1
51	0140	4	CHARBAY	1	4	3	1	1	N	1	1
52	8170	4	CHARBAY	0	0	3	1	1	N	1	1
53	8191	4	CHARBAY	0	0	3	1	1	N	1	1
54	8165	4	ANGUS	1	3	3	1	1	N	1	1
55	8195	4	ANGUS	1	3	3	1	1	N	1	1
56	8190	4	CHARBAY	1	5	3	1	1	N	1	1
57	PLOMA	4	CHARBAY	0	0	3	1	1	N	1	1
58	4069	5	CHARBAY	1	5	8	1	1	I	1	1
59	0110	4	CRUZA	0	0	2	1	1	N	1	1
60	4007	4	CRUZA	1	6	9	1	1	N	1	1
61	2677	4	CHARBAY	1	4	8	1	1	N	1	1
62	4030	5	CRUZA	1	5	10	1	1	N	1	1
63	2693	5	CRUZA	1	3	5	1	1	N	1	1
64	2666	5	CHARBAY	1	3	5	1	1	N	1	1
65	LEPAPELONA	5	CHARBAY	1	3	5	1	1	N	1	1
66	4056	4	CRUZA	1	4	6	1	1	N	1	1
67	4044	4	CHARBAY	1	5	9	1	1	N	1	1
68	8176	4	SIMENTAL	0	0	2	1	1	N	1	1
69	8160	4	CHARBAY	1	2	3	1	0	N	1	1
70	2684	5	CHARBAY	1	6	10	1	1	N	1	1
71	8191	4	CHARBAY	0	0	3	1	1	N	1	1
72	4061	6	CEBU	1	4	10	1	1	N	1	1
73	2694	4	CRUZA	ABORTO	0	8	1	1	N	1	1
74	PEL PLOMIT	5	CHARBAY	1	6	5	1	1	N	1	1
75	4091	5	CHARBAY	1	4	5	1	1	N	1	1
76	2689	5	CHARBAY	1	5	5	1	1	N	1	1
77	PRIETA	4	CEBU	0	0	4	1	1	N	1	1
78	2665	5	CHARBAY	1	5	5	1	1	N	1	1
79	4008	5	CRUZA	1	6	8	1	1	N	1	1
80	2658	5	CRUZA	1	4	8	1	1	N	1	1
81	4054	5	CHARBAY	1	4	8	1	1	N	1	1
82	8176	5	SIMENTAL	0	0	6	1	1	N	1	1
83	8169	5	CHARBAY	0	0	4	1	1	N	1	1
84	8195	5	ANGUS	0	0	8	1	1	N	1	1
85	2666	5	CHARBAY	1	7	6	1	1	N	1	1
86	CHUCHINA	4	CHARBAY	1	7	7	1	1	N	1	1
87	COVOTA	6	CHARBAY	1	3	5	1	1	N	1	1
88	HORMIGA	5	SIMENTAL	0	0	7	1	1	N	1	1

Tabla 4.23. Resultados de la medición.

La recolección de los datos se llevó a cabo en 3 días en el rancho el Triunfo, donde se encontraron algunas situaciones fuera de control como lo muestra la figura 4.24, donde se muestra, en la primera foto la vaca intenta brincar la puerta del corral (chute) y al no lograrlo quebró el corral y quedo atorada con sus patas. En la última foto la vaca intenta envestir al ingeniero de procesos, haciendo difícil la medición de la preñez en el rancho.



**Figura 4.24.** Dificultades encontradas al realizar la medición de preñez.

### 4.3 Elementos de la fase de análisis

La Fase de Análisis de este caso de estudio permitirá concentrarse más a fondo en las oportunidades de mejora al observar de cerca la información, así como su cuantificación inicial.

#### 4.3.1 Herramientas de análisis

Una de las herramientas que producen una representación gráfica de la información es el diagrama de barras para analizar si existe alguna tendencia o algún sesgo en la información que se recolecto en la fase de medición.

Este diagrama figura 4.25 es para visualizar el porcentaje vientres en estado de preñez y los que se encuentran vacíos.

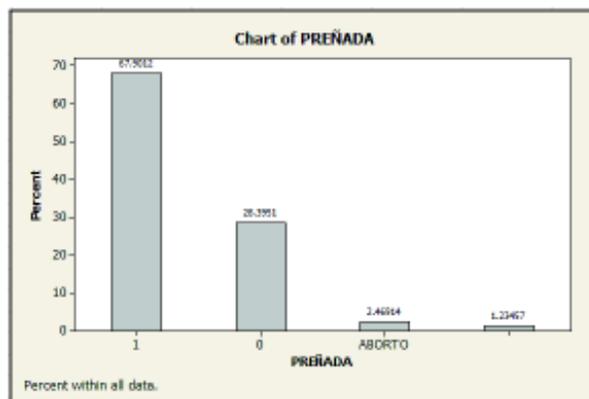


Figura 4.25 Grafica de estado de preñez.

Este diagrama de boxplot figura 4.26 y un diagrama de pastel figura 4.27 se utilizó para conocer la edad promedio del ganado, así como para visualizar si existen datos fuera del rango de la muestra.

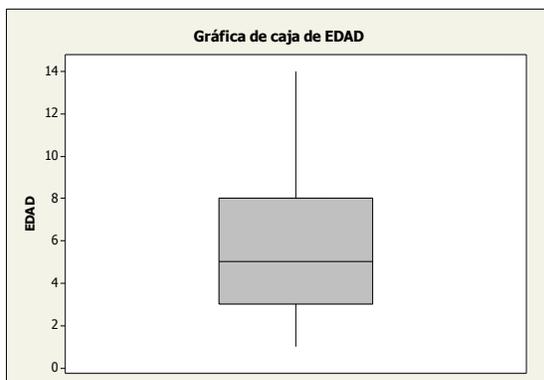


Figura 4.26 Boxplot edad del ganado

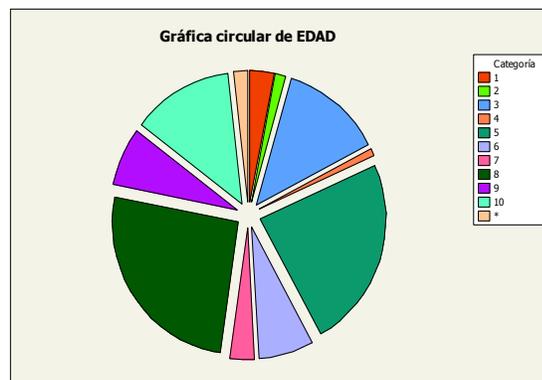
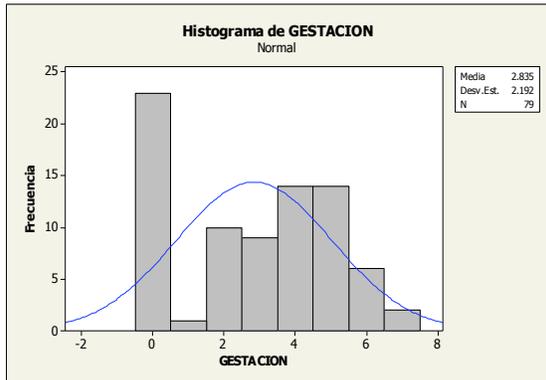


Figura 4.27 Diagrama de pastel de edad de ganado.

En este histograma figura 4.28 así como diagrama de pastel figura 4.29 se utilizó para visualizar el periodo de gestación si existió algún empadre o cómo se comporta el tiempo de gestación de los vientres preñados.

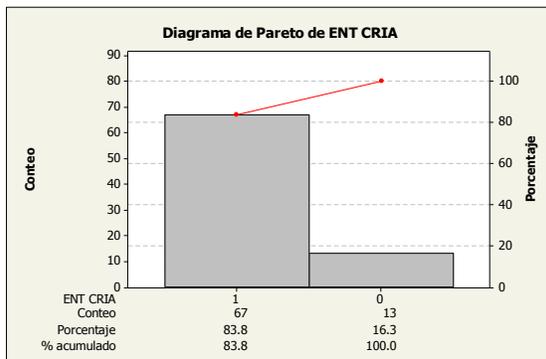


**Figura 4.28** Histograma de gestación.

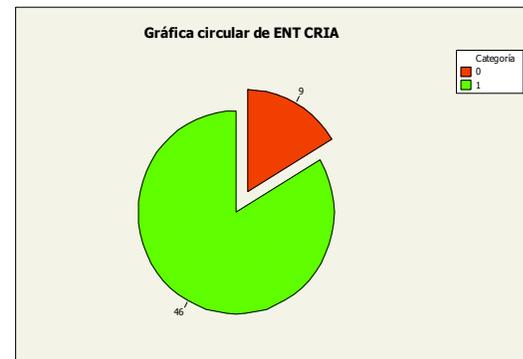


**Figura 4.29** Diagrama de pastel de gestación.

En este diagrama de Pareto figura 4.30 así como diagrama de pastel figura 4.31 indica el número de vientres que entregaron o produjeron una cría en el ciclo ganadero anterior



**Figura 4.30** Pareto de vientre que entrego cría.



**Figura 4.31** Diagrama de pastel de vientre que entrego cría

Este diagrama de pastel figura 4.32 es para conocer el tipo de raza que se encuentra en el rancho.



**Figura 4.32** Diagrama de pastel de tipo de raza.

### 4.3.2 Aplicar las herramientas de análisis gráfico

Aplicar las herramientas de análisis gráfico el interpretar lo que se pudo observar en los resultados de cada herramienta.

### 4.3.3 Identificar las fuentes de variación.

El último paso en la fase de análisis es establecer las fuentes de variación y la capacidad del proceso que se está investigando. El resultado de este paso será una declaración de la capacidad inicial del proceso expresada como un valor sigma. En DMAIC enfocado al consumidor, la capacidad del proceso se declara como un valor de sigma para poder hacer comparaciones entre procesos.

El Análisis de Capacidad es el estudio de que tan bien un proceso satisface las expectativas de los clientes (CTQ's).

Existen diferentes formas de calcular la capacidad del proceso con base en los tipos de información, ya sea por variables o por atributos. En este caso de estudio la variable de la preñez es un dato por atributo.

En la metodología DMAIC el desempeño del proceso se evalúa utilizando el valor sigma ( $\sigma$ ). Para obtener este valor, se deben determinar los defectos por millón de oportunidades (DPMO).

$DPMO = [D / (N \times O)] \times 1'000,000$ .

- N: Número de elementos de la población.
- D: Defecto, un evento o salida del proceso que no satisface la expectativa del cliente (CTQ), en este caso son los vientres no preñados.
- O: oportunidad, cualquier evento o salida que pueda medirse y proporcione una oportunidad de no satisfacer un requerimiento del cliente.
- DPMO: Defectos por millón de oportunidades.

Una vez que han comprendido los términos, el siguiente paso es definir los términos para obtener el resultado deseado en DPMO.

N: número de vientres a medir 88.

O: Número de defectos posibles: 4. De la figura 4.25 a la 4.28.

D: número de vientres que no tuvieron cría. (vientre no preñado 22, vientre horro por depredador 2, vientre horro por enfermedad 2, vientre horro por aborto 2).

1.- Vientre no preñado **22**.



*Figura 4.33 Vientres vacíos.*

2.- Vientre horro por depredador **2**.



*Figura 4.34. Cría comida por depredador.*

3.- Vientre horro por enfermedad de cría por frio 2



**Figura 4.35.** Cría enferma por frio.

4. - Vientre horro por aborto 2



**Figura 4.36.** Vientre con infección en sistema reproductivo.

Con base en los resultados encontrados en la medición de la preñez, como entrada del proceso, se utiliza la fórmula para calcular el DPMO.

$$\text{DPMO} = [D / (N \times O)] \times 1'000,000. \quad (4.37)$$

$$\text{DPMO} = [28 / (88 \times 4)] \times 1'000,000.$$

$$\text{DPMO} = 79,545.45.$$

Una vez definido el DPMO el siguiente paso es convertir este valor a número de sigmas, utilizando la tabla del valor de z (variable normal estándar), siendo este el paso final.

$\sigma = 2.8$  sigma.

Con base en este resultado es necesario mejorar en el proceso continuamente para lograr los niveles de 6 sigmas esperados.

Otra de las opciones que se pueden utilizar para obtener información con base a los resultados y adecuarlo a cualquier tamaño de hato es la elaboración de una ecuación matemática que permita cuantificar el costo por no llevar a cabo la medición de la preñez en un hato, considerando este costo como de falla interna de acuerdo a las categorías de costo de la mala calidad.

$$Ct = [CpP + CaA + \dots Yn] * x * Gp. \quad (4.38)$$

Ct = Costo por falta de medición de la preñez del hato (costo de mala calidad).

Cp = Costo de la pastura que se consume un vientre.

P = Cantidad de pasto promedio que consume un vientre en un año.

Ca = Costo del agua que se consume un vientre.

A = Cantidad de agua promedio que se toma un vientre en un año.

X = Cantidad de vientres con que cuenta el hato ganadero.

Gp = Grado de No preñez encontrado.

$$Ct = [(500 * 5.5) + (.10 * (35 * 365))] * 88 * .32$$

	costo de pasto (\$/ton)	3.5 % diario del peso vaca (ton/año)	Costo pasto vaca/año	costo litro agua	Agua/vaca año	Costo pasto vaca/año
Ct/viente/año	\$500.00	5.5	<b>\$2,750.00</b>	\$0.10	12775	<b>\$1,277.50</b>
Ct/viente/año	<b>\$4,027.50</b>					
Gp=		32%				
X=			88			
Ct=	<b>\$112,770.00</b>	Costo de oportunidad de la baja productividad				
Total de pastura no productiva del hato en este ciclo del caso de estu					<b>154 Toneladas</b>	
Total de pastura no productiva del hato en este ciclo del caso de estu					<b>357700 Litros de agua</b>	

Los resultados que se obtuvieron al aplicar la ecuación para cuantificar el costo de los vientres vacíos o improductivos, son los siguientes:

- 1.- El costo por cada tonelada de pasto es: \$500.00
- 2.- La cantidad de pasto consumido por cada vientre en un año es 5.5 toneladas/año consumiendo el 3.5% de su peso, teniendo en promedio vientres de 400kg.
- 3.- El costo de la pastura por vientre por año es: \$2,750.00
- 4.- El monto por litro de agua consumido es: \$0.10 m.n.
- 5.- El total de litros consumidos por un vientre en un año es 12,775 litros.
- 7.- Partiendo que el Grado de no preñez encontrado (Gp) es del 32 % y que la muestra es de 88 vientres.
- 8.- El costo total del costo de la pastura y agua que no fue productivo durante el ciclo ganadero anterior es de \$112,770.00

Existen otros gastos que se pueden agregar a la ecuación como lo son: Costo del manejo por uno o varios vaqueros, costo de tener un toro de calidad, suplementos, vacunas, desparasitante, gastos administrativos, infraestructura, seguros para ganado, entre otros. Estos no se incluyeron por su facultad de cuantificación.

## 5. Conclusiones

Si es posible cuantificar el impacto económico del proceso de producción de becerro en el rancho El Triunfo.

Teniendo como base esta cuantificación, se puede desarrollar un programa de mejora continua enfocado en medir las entradas del proceso de producción de becerro más significativas, para reducir los costos de la mala calidad del proceso de producción de becerro.

El uso de la metodología DMAIC fue apropiado, porque ayudó a realizar el trabajo de una manera ordenada, permitiéndonos seguir una estructura basada en lo que realmente le interesa al cliente y así buscar mejoras en el proceso de producción de becerro, enfocadas al usuario final de nuestro producto.

La aplicación de estas metodologías de la ingeniería industrial, en las áreas pecuarias puede coadyuvar a obtener parámetros de diferentes variables, que permitan elaborar diagnósticos más eficientes, desarrollando métodos adecuados de manejo para buscar ser más productivos en los hatos.

En el rancho el triunfo existen variables de entrada del proceso productivo que no se pueden controlar como lo son los aspectos ambientales, y por lo cual es importante tener el mayor número de variables de entradas posibles controladas para poder así tener un proceso robusto que se adapte a las circunstancias buscando tener sustentabilidad en el rancho.

## 5.1 Recomendaciones

Ajustar la carga animal a la capacidad de sostenimiento del agostadero.

Utilizar un método de detección de preñez lo más cercano a la fecha de concepción del vientre y que esté al alcance del productor.

Que se desarrolle un mercado de una industria donde se pudieran utilizar los vientres que no son productivos, para que el pequeño productor pueda venderlos. Seleccionar las crías más productivas a través de pruebas genómicas para reducir los costos de crecimiento de crías poco productivas.

Este trabajo se hizo para un rancho con cierto número de vientres, una recomendación sería, que los productores apliquen herramientas de la ingeniería industrial, para el mejoramiento del proceso de producción de becerro de una manera sistémica.

Se deben utilizar nuevas tecnologías de información y metodologías disponibles para apoyar estadísticamente, en la toma de decisiones en los ranchos del estado de Sonora.

Apoyar la investigación para el proceso de producción de becerro y así tener más control sobre las variables de entrada del proceso de producción de becerro.

Es recomendable que se evalúe el impacto ambiental, por ser alto el número de los vientres improductivos en el Estado de Sonora, buscando tener el mayor número de ranchos sustentables posibles.

Es importante implementar capacitación dirigida a los pequeños productores del Estado de Sonora buscando mejorar los niveles de conocimiento del proceso de producción de becerro.

## 6. REFERENCIAS

Ornelas, D. Jaime, 2006. La política de combate a la pobreza en México 1982-2005, en *Papeles de Población*, enero-marzo, No. 047, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 85-114.

Johnson, D.G. and Otterby, D.E., 1981. *Influence of dry period diet on early postpartum health, feed intake, milk production, and reproductive efficiency of Holstein cows*. Journal of Dairy Science. Vol 64, pp290-295.

Acosta, G. R. A. y R. D. Randel. 1992. Primer celo postparto en vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* pastoreando pasto Yaragua (*Hyparrhenia rufa*) (Nees) (Stapt) en los llanos del estado Guarico. *Zootecnia Tropical* 10(1):5-35.

Fernando A. Ibarra Flores, Cyrenne Y. Moreno Álvarez, Martha H. Martin Rivera, Salomón Moreno Medina, Francisco Denogean Ballesteros, 2 2 Arturo Baldenegro Campa y Fernanda L. León Montijo “El destete precoz como una herramienta para incrementar la rentabilidad en los ranchos ganaderos de sonora, México”

Aguilar, V. A. y G. E. Guerra. 2001. El riesgo y la incertidumbre en los agronegocios.

Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria, A/C. Torreón, Coahuila, Méx.102p.

Aguirre, M. R. 2008. La ganadería en Sonora y sus recursos naturales, el origen y su historia al presente. [en prensa]. Hermosillo, Sonora, México. 170p.

Bagley, C. V., N. J. Stenquist and D. L. Snyder. 1997. Early weaning calves may be economical. Animal health fact sheet. Utah State University Extension. Utah State

University. Logan Utah, USA.

Callejas, S., H. Cauhepé y M. Otero. 1999. Efectos del destete precoz sobre la performance reproductiva de la vaca de cría pluríparas. Revista Argentina de Producción Animal 19(2):323-329.

Cruz, Z. A. 2006. Principales factores que afectan la prolificidad del ganado vacuno en Latinoamérica. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET 7(10): 1-11.

Coppo, J. A. 2007. ¿El destete precoz produce estrés en los terneros cruza cebú? Revista Electrónica de Veterinaria REDVET 8(2):1-28.

COSTAT. 2002. Costat Statistical Software. Versión 6.101. Monterey, California 93940, U.S.A. 442 p.

COTECOCA. 1982. Metodología de tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 370 p.538 REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS

DiCostanzo, A., J. C. Meiske and B. W. Woodward. 1996. Factors affecting profitability of the cow/calf enterprise. Beef cattle management update. University of Minnesota, USA. 12p.

FAO-UNESCO. 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Livestock Sector Report-México. Condiciones estructurales, evolución (1990-2000) y perspectivas (2010, 2020, 2030). 56p.

Feldkamp, C. R. 2006. Producción y comercialización de la carne bovina: visión global y acción local. Día del Ganadero 2006. Hermosillo, Sonora, México. Revista

Rancho 28:5-10.

FIRA-Banxico. 2003. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.

Banco de México. Sistema Único de Evaluación de Proyectos. Versión Windows 1.0.

Galli, I. O., A. Monje, S. Vittone, D. Sampedro y C. Busto. 2005. Destete precoz en cría vacuna. Volumen 2. Instituto Nacional de Tecnología Agropec. Argentina. 94p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía.

Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Heady, H. F., and R. D. Child. 1994. Rangeland ecology and management. Westview Press, Inc. Boulder, Colorado, USA. 519p.

Holechek, J. L., R. D. Pieper and C. H. Herbel. 2004. Range management; principles and practices. Ed. Prentice Hall. Fifth Ed. New Jersey, USA. 607p.

Ibarra, F. F., Moreno, M. S., Martín, R. M., Denogean, B. F, y L. E. Gerlach B. 2005. La siembra del zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. Téc. Pecu. Méx. 43(2):173-183.

Ibarra, F. F., León, M. L. F., Martín, R. M., Denogean, B. F. G., Moreno, M. S., y C. Moreno, A. 2007. Destete precoz, su percepción y aplicación en los ranchos de Sonora. Resumen. XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Culiacán, Sinaloa, México. 276 p.

INEGI, 2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Síntesis de información geográfica del estado de Sonora. Ed. INEGI. México, DF.

Lardy, G., D. Landblom and K. Sedivec. 2004. Early weaning, drought management and more. NDSU Extension Service. ND Agricultural Experimental Station. North Dakota State University. 2p.

La Torre, W. 2001. Métodos de reducción de los días abiertos en bovinos lecheros. Rev. Inv. Vet. Perú 12(2):179-184.

León, M. L. F. 2008. Uso de la práctica del destete precoz por los ganaderos de Sonora. Tesis Profesional (En prensa). Universidad de Sonora-Campus Santa Ana. Santa Ana, Sonora, México. 58p. 539 Quinta Época. Año XV. Volumen 28. Enero-junio del 2011.

Loy, D. and D. Maxwell. 1999. Effect of early weaning of beef calves on performance and carcass quality. 1999 Beef Research Report. Iowa State University. A.S. Leaflet R1632. USA.

McSweeney, C. S., P. M. Kennedy, M. J. D'Occhio, L. A. Fitzpatrick, D. Reid and K.W. Entwistle. 1993. Reducing post-partum anoestrus interval in first-calf *Bos indicus* crossbreed beef heifers. II. Response to weaning and supplementation. Aust. J. Agric. Res. 44:1079-1092.

Morrison, D. G., J. C. Spitzer and J. L. Perkins. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. Journal of Animal Science 77:1048-1054.

Myers, S. E., D. B. Faulkner, F. A. Ireland, L. L. Berger and D. F. Parrett. 1999. Production systems comparing early weaning with or without creep feeding for beef steers. Journal of Animal Science 77:300-310.

Quintana, S. V. M. 2006. Adiós a los farmers: El Tlcan y los agricultores de la frontera norte de México. Programa de las Américas del International Relations Center (IRC). Silver, City. New México. USA. 6p.

Ramsey, R., D. Damona, W. Clement, McGrann J. et al., 2005. Factors affecting beef cow-herd costs, production and profits. Journal of Agricultural and Applied Economics. 8p.

Riley, D. G., S. W. Coleman, C. C. Chase, T. A. Olson, A. C. Hammonds. 2007. Genetic parameters for body weight, hip height, and the ratio of weight to hip height from random regression analyses of Brahman feedlot cattle. Journal of Animal Science 85:42-52.

Rodríguez, R. O. L. R. Zambrano y E. González P. 1983. Efecto de la suplementación predestete a la vaca y al becerro y destete precoz en la fertilidad de un ható mantenido en pastoreo. Téc. Pec. Méx. 45:36-42.

SAGARPA. 2002. Diagnóstico de los agostaderos del estado de Sonora. Coordinación General de Ganadería. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. 52p.

Selk, K. 2004. Body condition scoring of beef cows. Oklahoma Cooperative Extension Service. F-3283. Division of Agric. Sci. and Natural Resources. Oklahoma State University. 4p.

Short, R. E., E. E. Grings, M. D. MacNeil, R. K. Heitchmidt, M. R. Haferkamp and D.C. Adams. 1996. Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow-calf performance. Journal of Animal Science 74:1701-1710.

Stalker, L. A., L. A. Ciminski, D. C. Adams, T. J. Klopfenstein and R. T. Clark. 2007. Effects of weaning date and prepartum protein supplementation on cow performance and calf growth. *Rangeland Ecology Management* 60:578-587.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, Book Co. New York. U.S.A.

UGRS. 2008. Unión Ganadera Regional de Sonora. Reporte de mercado nacional de ganado y precios de subasta durante la primera semana de abril del 2008. Hermosillo, Sonora, México.

Vera, R. R. 1997. Reproducción del Ganado de carne en pasturas de la altillanura de los llanos orientales de Colombia: Elementos para la toma de decisiones. *Pasturas tropicales* 19(2):2-11.

Weder, C. E., M. A. Price, E. Okine and J. Undersholz. 2004. Effects of early weaning on production efficiency in a cow-calf system. *Proc. Am. Soc. An. Sci.* 55:117-121.

Castillo,R.,2016, “La ganadería y la cultura del numero”,no. ed. 43, Revista Sonora Ganadera, Hermosillo, Sonora,Mexico.

“Diagnostico sectorial agropecuario, pesquero y recurso naturales del Estado de Sonora” Ciad, 2010.

INEGI. (2009). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2008, Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI. (2009). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2009-III, 2008-III, 2007-III, 2006-III y 2005-III. Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2007). Resultados definitivos del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Tomo I. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI. (2009) Anuario Estadístico Sonora 2009.