

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SISTEMAS DE PRODUCCION DE SORGO (*Sorghum bicolor*
(L. Moench)) EN EL NORESTE DE TAMAULIPAS,
MEXICO: ESTUDIO TECNICO Y FINANCIERO
PARA LA REGION DE SAN FERNANDO.

POR:

LETICIA ALCALA SALINAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRIA EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

JUNIO, 2003

TM

Z5071

FA

2003

.A42



1020148468

m

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



SISTEMAS DE PRODUCCION DE SORGO (*Sorghum bicolor*
[L. Moench]) EN EL NORESTE DE TAMAULIPAS,
MEXICO: ESTUDIO TECNICO Y FINANCIERO
PARA LA REGION DE SAN FERNANDO

POR:

LETICIA ALCALA SALINAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRIA EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

JUNIO, 2003

97407


TM
E507
FA
2003
A42.



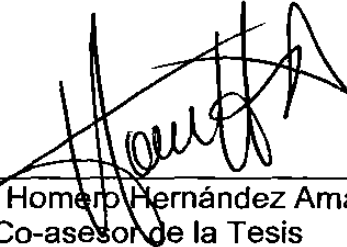
**FONDO
TESIS**

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SORGO (*Sorghum bicolor* [L. Moench])
EN EL NORESTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO: ESTUDIO TÉCNICO Y
FINANCIERO PARA LA REGIÓN DE SAN FERNANDO

Aprobación de la tesis

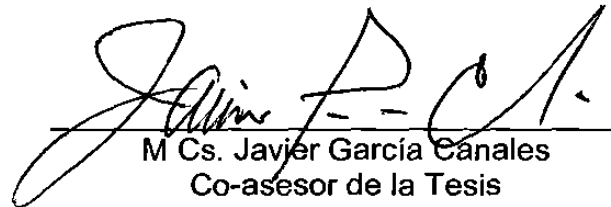


Ph. D. Francisco Zavala García
Asesor de la Tesis

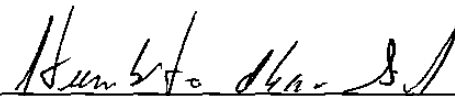


Ph. D. Homero Hernández Amaro
Co-asesor de la Tesis

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Co-asesor de la Tesis



M Cs. Javier García Canales
Co-asesor de la Tesis



Ph. D. HUMBERTO IBARRA GIL
Subdirector de Estudios de Posgrado, F.A.U.A.N.L.

AGRADECIMIENTOS

Recordando a W. Shakespeare, en "El Mercader de Venecia", (escena sexta-20, Gratiano a Salerio):

*¿Que caballo vuelve a hacer de nuevo
su difícil camino con la misma furia
que despegó al principio? Todo lo que hacemos
lo hacemos con más anhelo que deleite.
Semejante a un pródigo mancebo es
La nave engalanada que sale de su puerto de origen
Entre caricias y abrazos del lascivo viento;
Pues como hijo pródigo retoma
Lacerado el costado y con sus velas rotas.
Vencida harapienta y humillada por el viento lascivo.*

Después de trabajar por más de 20 años una región donde el cultivo principal es el Sorgo, decidí realizar esta investigación.

Es por eso que agradezco sinceramente a:

Primeramente a *Dios* por sus bendiciones, por ser lo que soy, y señalarme el camino para andar con acierto. Después a *mis padres*, que junto con *Dios* me dieron la vida y me enseñaron los primeros pasos.

Mis sobrinas (os) (*Ana Paula, Leiliani, Karla, Alejandro, Adolfo, Eduardo, Mauricio, Itzel, Itza, Yeli, Janett, Gloria y Joan*), por su cariño, que me dieron inspiración y fortaleza para continuar mi desarrollo profesional.

Mis querido hermanas (os), *Marilu, Kachis, Diana, Milí, Toño y Claudio*; y sus esposas (os) *Lulú, Lupita, Ricardo, Mauricio, Mario y Salvador* por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A El Cultivo de Sorgo por que, atravez de el, llegue a comprender más a quienes se dedican a producir alimentos, sobre todo en área con condiciones difíciles del ambiente.

A *Ph D. Francisco Zavala García* por su apoyo y asesoría para la elaboración de esta tesis. A *Ph. D. Emilio Olivares Sáenz* por sus aportaciones y orientaciones en esta investigación. A *Ph D. Homero Hernández Amaro*, por su asesoría para la elaboración del análisis financiero de este estudio. A *M C. Javier García Canales* por sus orientaciones para este estudio.

A *Ph D. Abelardo Saldivar F.* y *Ph D. Francisco Zavala G.*, por recordarme mi interés de continuar mis estudios académicos.

A SAGARPA (D.D.R. 157); particularmente a: *Ing. Eduardo Mancilla Gómez, MVZ J. Luis Zertuche Z., Ing. J. Antonio Banda G., Ing. Marte Hernández S. y el Ing. Hugo Alvarado*, por facilitarme la realización de estos estudios. Y muy especialmente a mi gran amigo *Jesús González G.* que siempre me brindó su apoyo, en las dificultades que me presentaron en el desarrollo de mis estudios de posgrado.

A los productores de San Fernando, especialmente: *Ing. Federico, Lic. Carlos Jaime, y Sr. Alfredo*, y demás que colaboraron con este estudio.

ÍNDICE

	Página
Lista de Cuadros.....	v
Lista de Cuadros del apéndice.....	vii
Lista de Figuras del apéndice.....	viii
Resumen.....	ix
Summary.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General.....	4
1.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Antecedentes históricos de la región noreste de Tamaulipas, México.....	6
2.2. La producción de Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> [L. Moench]) en la región noreste de Tamaulipas, México.....	8
2.3. Descripción del ambiente en la región noreste de Tamaulipas, México.....	9
2.4. Origen del Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> [L. Moench]).....	11
2.5. Clasificación del Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> [L. Moench]).....	16
2.6. Mejoramiento genético (<i>Sorghum bicolor</i> [L. Moench]).....	17

	Página
2.7 Características del cultivo de sorgo para grano.....	22
2.8. Enfoque de sistemas en estudios de sistemas de producción	
agropecuaria	26
2.8.1. La clasificación de estudios de sistemas	
agropecuarios.....	35
2.8.2. La economía en los sistemas de producción	
agropecuaria.....	37
2.8.3. La tipología en los sistemas de producción	
agropecuaria.....	40
2.8.4. El diagnóstico en los sistemas de producción	
agropecuaria.....	45
2.8.5. La caracterización en los sistemas de producción	
agropecuaria.....	47
2.8.5.1. Marco institucional de la regionalización de	
áreas productivas en México.....	50
2.8.6. Análisis y control de la producción agropecuaria.....	51
2.8.7. Clasificación climática.....	52
2.8.8. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e	
Informática).....	57
2.8.9. Mercado y comercialización.....	59
2.8.10. Tecnología y extensionismo.....	61
2.9. El Análisis financiero en empresas agrícolas.....	63

	Página
2.10. Metodologías de análisis financiero de empresas	
agrícolas.....	67
2.11. Análisis estadístico.....	72
2.12. Investigaciones de sistemas de producción	
agropecuaria.....	77
III. MATERIALES Y METODOS.....	82
3.1. Localización del área de estudio.....	82
3.2. Marco teórico.....	83
3.3. Identificación y caracterización de los sistemas de sorgo	
para grano en San Fernando, Tamaulipas, México.....	85
V. RESULTADOS.....	96
4.1. Caracterización general de los recursos naturales de San	
Fernando, Tamaulipas, México.....	96
4.2. Identificación y caracterización de los sistemas de producción	
de sorgo para grano en San Fernando, Tamaulipas, México....	102
4.2.1. Características del recurso "tierra" en San Fernando,	
Tamaulipas, México.....	103
4.2.2. Características del proceso de producción de sorgo	
para grano en San Fernando, Tamaulipas, México.....	104
4.2.3. Clasificación de los sistemas y estimaciones financieras	
de las empresas productoras de sorgo para grano	
en San Fernando, Tamaulipas, México.....	111

	Página
V. DISCUSIONES.....	116
VI. CONCLUSIONES.....	127
VII. RECOMENDACIONES.....	132
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	136
IX. APÉNDICE.....	144

Lista de Cuadros

	Página
Cuadro 1. Fisiografía, Geología y Edafología de la región noreste de Tamaulipas, México. Análisis Técnico y económico de la producción de sorgo en el área de San Fernando.	10
Cuadro 2. Superficie sembrada y producción de sorgo para grano en la región noreste de Tamaulipas, México, Ciclo Otoño-Invierno 1999-00.	82
Cuadro 3. Localización geografía de puntos de referencia, sobresalientes en el paisaje de San Fernando, Tamaulipas, México.	96
Cuadro 4. Temperatura media mensual en °C y precipitación total mensual en mm del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	98
Cuadro 5. Número de productores y superficie agrícola por Tenencia de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, México.	101
Cuadro 6. Estimaciones financieras de costos de producción en sistemas de sorgo para grano en la región noreste de Tamaulipas, México, particularmente en la zona de San Fernando.	105
Cuadro 7. Capacidad del tractor y superficie operada en sistemas de producción de sorgo para grano del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	107
Cuadro 8. Costos de labores mecanizadas en sistemas de producción de sorgo para grano del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	108
Cuadro 9. Uso de insecticidas, herbicidas y fertilizantes en sistemas de producción de sorgo grano del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	109

	Página
Cuadro 10. Estimaciones financieras de sistemas de producción de sorgo para grano, de las variables insumos y labores, San Fernando, Tamaulipas, México.	113
Cuadro 11. Estimaciones financieras de los sistemas de producción de sorgo para grano, de las variables costos y retornos, San Fernando, Tamaulipas, México.	114
Cuadro 12. Estimaciones financieras de sistemas de producción de sorgo para grano, de las variables medidas de eficiencia en San Fernando, Tamaulipas, México.	115

Lista de Cuadros del Apéndice

	Página
Cuadro 1 A. Antecedentes de superficie sembrada, Cosechada y producción del sorgo-grano en el noreste de Tamaulipas, México.	145
Cuadro 2 A. Variables de caracterización de sistemas de producción de sorgo para grano del área San Fernando, Tamaulipas, México.	146
Cuadro 3 A. Clasificación de los Grupos de predios ó ranchos, según las variables de caracterización de empresas productoras de sorgo para grano del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	147
Cuadro 4 A. Guía de entrevistas a productores de sorgo para grano, del área de San Fernando, Tamaulipas, México.	148
Cuadro 5 A. Modelo de análisis financiero para elaboración de presupuestos de costos y retornos, por hectárea y total del rancho ó predio, en sistemas de producción de sorgo para grano bajo condiciones de secano en San Fernando, Tamaulipas, México.	151

Lista de Figuras del Apéndice

	Página
Figura 1A. Fisiografía del área de San Fernando, Tamaulipas, (región noreste), México.	153
Figura 2 A. Clima del área de San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México.	154
Figura 3 A. Geología del área de San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México.	155
Figura 4 A. Hidrología del área de San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México.	156
Figura 5 A. Puntos de referencia de lugares sobresalientes del paisaje San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México.	157
Figura 6 A. Dendograma de variables clasificatorias de Insumos y Labores de sistemas de producción de sorgo para grano en San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México.	158
Figura 7 A. Dendograma de variables clasificatorias de Costos y Retornos de sistemas de producción de sorgo para grano en San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México	159
Figura 8 A. Dendograma de variables clasificatorias de medidas de eficiencia de sistemas de producción de sorgo para grano en San Fernando, Tamaulipas (región noreste), México	160

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar, analizar y evaluar económicamente los sistemas de producción sorgo-grano en la región noreste de Tamaulipas, México; particularmente en San Fernando, Tamaulipas; con la finalidad de encontrar alternativas productivas que ayuden a sostener e incrementar los índices de rentabilidad del sorgo y asegurar el ingreso familiar. Para lograr este objetivo se utilizó el enfoque de sistemas (Pillot, 1993), realizándose las siguientes etapas: (1) Delimitación del área de estudio, (2) Descripción del ambiente (fisiografía, clima, suelo, hidrología y vegetación, para esto se utilizó material cartográfico a base de imágenes de satélite (Pillot, 1993), (3) Identificación de productores, se estratificó en base a ejido y pequeña propiedad (Kaminski, 1986), (4) Se elaboró un formato de entrevistas programadas, (5) La identificación de los sistemas, se hizo mediante un modelo de financiero, para evaluar los costos y retornos, la rentabilidad y la eficiencia de cada predio productivo (Libbin, 1990). Posteriormente se agruparon los sistemas en base a: (1) Componentes de Producción, (2) Componentes financieros del análisis de costos y retornos, (3) Componentes de medición de la eficiencia productiva; para esto se utilizó el análisis de conglomerados utilizando el Statical Anaylisis System (SAS, Versión 8.2).

Para esto se realizó un estudio de los sistemas de sorgo que se localizan entre las coordenadas geográficas aproximadas 25°27', 24°18' latitud norte y 97°31', 98°31' de longitud oeste. Con una superficie de sorgo de 258,144 ha. Comprende los municipios de San Fernando, Méndez, Cruillas y Burgos. Presenta una precipitación promedio acumulada al año de 656 mm, registrándose el máximo de lluvias en los meses de julio, agosto y septiembre, la temperatura mínima es de 8.4° C durante enero y la mínima de 35.6° C en agosto. Se identificaron dos zonas según las diferencias presentadas en fisiografía, suelo y clima (INEGI, 1995). El total de productores identificados fue de 8,000, con tamaños de predio de 8 ha hasta 2,000 ha. El rendimiento

promedio registrado fue de 2.78 ton ha⁻¹. La identificación de los sistemas se realizó mediante la aplicación de encuestas, distribuidas al azar en el área. Para el análisis del proceso de producción y el financiero, se determinaron las siguientes variables clasificatorias: (1) Superficie, rendimiento, semilla, insecticidas (semilla, planta), herbicida, fertilizante y laboreo del suelo; (2) Financieras, donde se incluyó costo total de producción, ganancia neta de la operación, ingreso neto rancho, tasa de retorno a la inversión; y (3) Medidas de eficiencia, que consideraron, punto de equilibrio, precio por tonelada, con y sin subsidio; punto de equilibrio en hectáreas, con y sin subsidio; eficiencia de la operación y eficiencia de la depreciación. Se encontraron dos zonas productivas, la zona costera donde los rendimientos son mayores debido sus condiciones más favorables en suelo y clima para el desarrollo de la planta; además las corrientes húmedas de aire húmedo provenientes de la Laguna Madre (3.7 a 4.0 ton ha⁻¹), por lo que en esta zona se realizan las labores de barbecho, bordeo y rastra, se siembra con mayor densidad de población de plantas, se utilizan más los agroquímicos para control de malezas y se fertiliza, La zona lomeríos presenta condiciones desfavorables de clima y suelo para el desarrollo del sorgo, registrando rendimientos de 2.0 a 2.6 ton ha⁻¹.

En las variables clasificatorias financieras de costos y retornos. Los sistemas del grupo 3 presentaron mayor ganancia neta de la operación y tasa de retorno a la inversión. En las variables de eficiencia de los grupos 1 y 2 no resultaron eficientes, lo recomendable de acuerdo al criterio de Libbin (1990), es que se tenga un valor lo mas cercano a 0.5, para obtener ganancias (si la eficiencia es de 1.0 no hay ganancias, debido a que por \$1.00 peso invertido se retorna \$1.00). Hay una relación directa entre los costos de producción óptimos y el máximo rendimiento de la producción, para obtener la mayor ganancia y el mejor índice de rentabilidad. Es posible mejorar la rentabilidad del sistema que presenta pérdidas, buscando el punto de equilibrio en hectáreas, tipo de laboreo, y semilla de más bajo costo, pero mejor adaptada a la región.

SUMMARY

This study tends to reach the objective of characterize, analyze and evaluate technically and economically the production systems of grain sorghum in the area of northeast part of Tamaulipas, Mexico, particularly in the area Tamaulipas, Mexico, in order to identify alternatives that may help to hold and increase the actual profitability indexes of sorghum.

To reach this objective, we use the system analysis approach (Pillot, 1993) by doing it in different stages: (1) Delimitation of the target area, (2) Description of the environment in terms of soil, climate, vegetation, etc by using satellite images, (3) Identification of the farms based on "ejido" and "pequeña propiedad", (4) Collecting technical and economically information based an financial model to evaluate costs, profitability and efficiency of each production system (Libbin, 1990).

It was carried out a study of the sorghum systems that are located in San Fernando's area, with coordinates geographical to the north $25^{\circ}27'$, and the south $24^{\circ}18'$ north latitude; and the east $97^{\circ}31'$, to the west $97^{\circ}31'$ of longitude west, with a of sorghum production area of 258,144 ha. This area included the municipalities of San Fernando, Mendez, Cruillas and Burgos. This area has a precipitation average accumulated to the year of 656 mm, registering the maximum of rain of July, August and September, the minimum temperature is of 8.4° during January and the maximum of 35.6° in August. Two areas were identified according to the differences presented in, soil characteristic climate (INEGI, 1995). The total of identified producers was of 8,000, with sizes of property from 8 ha up to 2,000 ha. The yield registered average was of 2.78 ton ha⁻¹. The identification of the systems was carried out by means of the application of surveys, distributed at random in the area. For the analysis of the production process and economic factors, the following variables were determined: (1) surface, yield, seed, insecticides (seed, plants), herbicide,

fertilizer and soil preparative; to make six groups; (2) financial, characteristics cost total production, net gain of the operation, entrance net ranch, appraises from return to the investment; and (3) measures of efficiency, considering Point of balance price for ton, with and without subsidy; balance point in hectares with and without subsidy; efficiency of the operation and efficiency of the depreciation to produce only two groups.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* [L. Moench]) es el quinto cereal más importante del mundo (FAO-ICRISAT, 1997); y según la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS), ocupa el segundo lugar en América Latina; los países más importantes debido por su producción y superficie son Estados Unidos de América y México, en donde existe un patrón muy definido para la producción del grano, que se destina a la comercialización para consumo animal en forma de alimento balanceado (Hawkins, 1985). En el estado de Tamaulipas, México, se siembran y cosechan 1'001,995.50 ha, de las cuales 951,960 ha se desarrollan bajo condiciones de secano y 50,035.50 ha en riego; la producción de grano es de 2'275,346.16 ton en temporal y 130,645.20 ton en riego. En la región noreste del estado de Tamaulipas se siembran y cosechan 680,807 ha (68 %) en condiciones de temporal. La producción de grano es de 1'871,412.60 ton, de las cuales son 1'764,865.60 ton (77.56 %) de temporal y 106,547 ton de riego. La mayor superficie y producción registrada en la región noreste corresponde al área de San Fernando, en donde se siembran 336,402 ha (50 %), obteniendo una producción de 754,426 ton que corresponden al 43 % de la región noreste; las unidades de producción registradas en esta localidad son 7,763 (INEGI, 2001).

Los cambios en las formas de mercado y las políticas de fomento agropecuario, el actual modelo económico de desarrollo neoliberal; además, por el desarrollo desigual que históricamente se ha dado en las áreas de secano con respecto a las de riego, ha originado una lenta evolución en los niveles de productividad agropecuaria, con los bajos ingresos y con las insuficiencias de mercado que probablemente provocan la inadaptación a las nuevas estructuras de desarrollo.

La falta de tecnologías adecuadas y el poco desarrollo de cultivos de alternativa, han limitado elevar sustancialmente y rápidamente los niveles de productividad en esta región. A pesar de los esfuerzos realizados para mejorar esta situación, aún se observa un limitado acceso al crédito por su problemática de rentabilidad, al seguro agrícola por su alto riesgo de siniestralidad; y en lo que se refiere a los servicios de extensionismo e investigación aplicada, han quedado rezagados en su transferencia a los agricultores. Un ejemplo claro del impacto de la anterior problemática en los sistemas de producción agropecuaria ocurre en La región noreste de Tamaulipas, México y específicamente en el municipio de San Fernando, donde el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* [L. Moench]) es una de las principales actividades económicas.

Debido a esto y la consecuente descapitalización sufrida en los últimos años, ha originado que la actividad agrícola pierda su capacidad de apoyar otra

actividad productiva; además, se ha constituido en factor de desequilibrio económico de las familias que la desarrollan, originando bajos niveles de ingreso y la falta de oportunidades de empleo, esto podría originar una inestabilidad social, si no se toman medidas adecuadas que mejoren la rentabilidad de la actividad agropecuaria.

Otro factor que limita la rentabilidad del sorgo es en relación a las desventajas que se presentan en los costos de producción de México con respecto a los E. U. A., donde existen políticas gubernamentales de protección del mercado (financiamientos, costos y calidad de los insumos y subsidios oportunos y más altos en combustibles, alta tecnología, mayor extensionismo). Ante esto es importante mencionar también que el precio de venta del grano del sorgo se define según el mercado internacional, cuyas cotizaciones se rigen por la bolsa de Chicago, E. U. A.; y están influenciados por las políticas de gobierno y las necesidades de importación del grano producido en el país vecino.

Ante esta situación, surge la necesidad de realizar un estudio sobre la problemática del cultivo del sorgo y proponer alguna modificación para mejorar su rentabilidad, lo cual implica conocer los sistemas de producción actuales de este cultivo, su relación con otros sistemas de la misma empresa y de la región, así como también caracterizar al productor y su ambiente. Además, hacer estimaciones de las ganancias que ayuden a identificar alternativas productivas

rentable que generen mayor ingreso a las empresas, determinar el punto de equilibrio entre costos y precios de venta y tamaño de la empresa, para optimizar los recursos y que garanticen la recuperación de la inversión, obtener ganancias que permitan el ahorro y capitalización de las empresas agropecuarias y contribuir al desarrollo económico de esta región.

1.1. Objetivo General

Identificar y caracterizar los sistemas de producción de sorgo para grano en la región noreste del estado de Tamaulipas, México, con énfasis en la región de San Fernando, así como analizar y evaluar su rentabilidad, con el fin de optimizar el proceso de producción del grano, eficientizar la administración de los recursos económicos; y mediante un uso adecuado y racional de los recursos del ambiente existentes, estar en posibilidad de sostener y desarrollar la actividad económica productiva establecida en esta región.

1.2. Objetivos Específicos

1. Caracterización general de los recursos naturales y económicos utilizados en la producción del sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)

en la región noreste del estado de Tamaulipas, México, particularmente en la región de San Fernando, Tamaulipas.

2. Analizar, identificar y caracterizar los sistemas de producción del cultivo de sorgo en la región noreste del estado de Tamaulipas, México, particularmente en la región de San Fernando, Tamaulipas.
3. Analizar técnicamente y financieramente los sistemas de producción del cultivo de sorgo en la región noreste del estado de Tamaulipas, México, particularmente en la región de San Fernando, Tamaulipas.
4. Identificación de las opciones más viables que puedan mejorar la rentabilidad de los sistemas agropecuarios que involucren al sorgo.

1.3. Hipótesis

Bajo las condiciones socioeconómicas actuales, el cultivo de sorgo presenta condiciones de no rentabilidad en los sistemas de producción del cultivo de sorgo en la región noreste de Tamaulipas, México. Por lo que es posible identificar, caracterizar y analizar los factores que determinen la productividad de este cultivo; para aplicarlos y adecuarlos a los sistemas que presentan problemas de rentabilidad. Además, mejorar y sostener la producción de dichos sistemas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes históricos de la región noreste de Tamaulipas, México

Los antecedentes sobre la región noreste de Tamaulipas, México, surgen de la conformación del territorio del estado en tiempos de la Nueva Colonia, los datos más antiguos sobre la formación de los territorios datan del 22 de febrero de 1819 del Tratado Adams-Onís ó Tratado Transcontinental entre España y Estados Unidos de América, donde se fija la frontera entre Estados Unidos de América y las Provincias internas, apareciendo el territorio de Tamaulipas como La Provincia del Nuevo Santander. El 17 de noviembre de 1821, como resultado de convocatorias a cortes y los artículos 8, 10 y 11 para las elecciones de los diputados al Congreso, el territorio de Tamaulipas se constituyen en provincia independiente con el nombre de Santander; continuado así hasta el 31 de enero de 1824 con el decreto del Acta Constitutiva de la Federación, artículo 7º, como estado de la federación con el nombre de las Tamaulipas (INEGI, 1996). El 22 de agosto de 1846, se declaró a Tamaulipas como un estado libre y soberano. A consecuencia del tratado de Guadalupe-Hidalgo, firmado en 1848, se fijaron los límites de la República

Mexicana con los Estados Unidos de América, perdiendo Tamaulipas parte de su territorio reduciéndose de 6,800 a 2,300 leguas cuadradas, quedando sus límites de la siguiente manera: por el oriente el Golfo de México (desde el Puerto de Tampico hasta el de Bagdad); por el norte la línea internacional del Río Bravo (desde Bagdad hasta Nuevo Laredo); por el poniente el estado de Coahuila (con la Municipalidad de Nuevo Laredo) y el estado de Nuevo León; por el sur con el estado de San Luis Potosí y Veracruz (dividido por el Río Panuco).

Los primeros ayuntamientos que se formaron en la región noreste del estado de Tamaulipas fueron San Fernando y Cruillas dentro del departamento Santander; Matamoros, se menciona como Refugio, con la Ley del Congreso de la diputación Provincial del Nuevo Santander, el 8 de octubre de 1823. San Fernando antiguamente existía como Villa, registrado en 1749 en el Archivo General de la Nación; y Matamoros registrado como Congregación desde 1823 (Gil, citado por INEGI, 1996). San Fernando fue fundado por el General José de Escandón en 1749, quien entregó el asentamiento del pueblo, caballos, vacas, granos de maíz, y alguna herramienta (azadones, palos y picos), a los primeros pobladores (12 familias) que se establecieron en una región aledaña al río Conchos, a una distancia aproximada de 50 km de la Laguna Madre, que se encuentra en el Golfo de México, y a 115 km del río Bravo. La primera actividad fue la ganadería extensiva, produciendo pie de cría de ganado bovino para carne, lo

comercializaban hacia los estados de Nuevo León, en México y Texas, en E.U.A.; además, destinaban pequeñas áreas a la agricultura cultivando maíz y frijol de autoconsumo. Al crecer la población, se fueron distribuyendo las tierras y algunos ranchos introdujeron el cultivo del algodón, teniendo gran auge por el alto ingreso y uso de mano de obra. Posteriormente en los años 70's, debido a problemas fitosanitarios (*Anthonomus grandis* y *Phymatotrichum omnivorum*), este cultivo disminuyó su superficie hasta casi desaparecer. Algunos productores interesados por introducir nuevos cultivos, sembraron sorgo con semilla (híbridos de Texas, E.U.A.), proporcionada por "Empresas Longoria". Otros predios se sembraron con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) el cuál se encuentra actualmente establecido.

2.2. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en la región noreste de Tamaulipas, México

El desarrollo de la producción de sorgo se observa en los registros de los años 1980 al 2000; los datos de superficie sembrada, cosechada, y el rendimiento promedio de producción se encuentran en el Cuadro 1 A. Se presenta la información para los distritos de Desarrollo Rural Control y San Fernando, comprenden las localidades de la región noreste del estado:

Matamoros, Río Bravo y Valle Hermoso para el primero y San Fernando, Méndez, Cruillas, para el segundo.

En la región noreste, el ciclo agrícola más importante para el cultivo del sorgo es el Otoño-Invierno. En el estado de Tamaulipas, se obtiene una producción de grano de sorgo de 2'275,346.16 ton; de las cuales 130,645.20 ton bajo condiciones de riego y 2'144,700.96 ton bajo condiciones de secano; La producción de la región noreste es de 1'764,865.60 representa el 82 % de la producción en temporal; en San Fernando, durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2000-01, se sembró y cosechó una superficie de 269,974 ha, con una producción de 571,803 ton que representan el 49.39 % con respecto a la producción de la región noreste de estado (INEGI, 2001), el rendimiento promedio fue de 2.12 ton ha⁻¹.

2.3. Descripción del ambiente en la región noreste de Tamaulipas, México

El clima en la región noreste de Tamaulipas, México, responde a la influencia de tres condiciones geográficas, latitud, cercanía al Golfo de México y altitud. La influencia marítima se deja sentir durante los meses de verano, los vientos húmedos penetran en el continente registrándose buena parte de la precipitación anual. Los huracanes son frecuentes y causan lluvias

intensas. Además, durante los meses de invierno llegan masas de aire polar ó “nortes” que provocan precipitaciones y condiciones de alta humedad atmosférica que inciden sobre todo en la parte noreste del estado. La descripción de Fisiografía, Geología y Edafología para los municipios de Matamoros, Valle Hermosos, Río Bravo y San Fernando está contenida en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fisiografía, Geología y Edafología de la región noreste de Tamaulipas, México. Análisis Técnico y económico de la producción de sorgo en el área de San Fernando.

FISIOGRAFÍA		GEOLOGÍA		CARACTERÍSTICAS
Provincia	Subprovincia	Era	Período	DEL SUELO
Llanura Costera del Golfo norte	Llanura Costera Tamaulipeca	Cenozoico	Cuaternario (suelo)	Vertisol Crómico Vertisol Pélico
	Llanuras y Lomeríos	Cenozoico	Terciario (sedimentaria)	Molisol Gleyco Moliso Renzydinas

Fuente: INEGI 2001

Esta región presenta la siguiente clasificación del clima (INEGI, 2001): (1) Subtipo Acx, semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año; (2) Subtipo BS1(h'), semiseco muy cálido y cálido, el primero se encuentra en mayor proporción hacia el este, en la zona costera y el segundo en menor proporción hacia el oeste. La descripción es la siguiente:

- Cx, de los grupos con climas A calientes y húmedos, con temperatura media del mes más frío superior a los 18° C., lluvias uniformes pero escasas, un coeficiente precipitación/temperatura de 43.2 en el menos húmedo, con temperaturas medias mensuales

entre 7° C y 14 ° C, con dos máximos de lluvias separadas por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa (canícula).

- BS1 (h'), pertenece al grupo de los menos secos de los BS, con temperatura anual mayor de 22° C y menor de 18° C, con lluvias uniformes pero escasas, con un coeficiente precipitación/temperatura menor de 43 (el menos húmedo), temperaturas medias mensuales entre 7° C y 14° C extremos y dos máximos de lluvias separadas por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa (canícula).

La vegetación en la región noreste de Tamaulipas es de tipo Mezquital, las especies más importantes son: Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Ébano (*Pithecellobium flexicaule*), Granjeno (*Celtis pallida*) Nopal (*Opuntia sp*); y tipo Matorral, las especies son: Gavia (*Acacia rigidula*), Cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y Amargosos (*Castella texana*).

2. 4. Origen del sorgo (*Sorghum bicolor* [L.]Moench)

Es probable que el sorgo sea originario del África Oriental (Etiopía, Sudán) en tiempos prehistóricos entre los años 5,000 y 7,000 a.C. El testimonio más

antiguo se encuentra en una escultura del palacio del rey Senerequerib en Ninive, Asiria (actualmente Mosul, Iraq) posiblemente en el año 700 a. C. Al inicio de la era cristiana se le conoció en la India y Europa. Plino, El Joven, lo mencionó en el siglo I (Martín, 1975). Los bantúes lo llevaron del sur de Camerún a África Oriental y Austral, utilizándolo para hacer cerveza. La máxima variación del género *Sorghum* se encuentra en la región nororiental de África (Etiopía, Sudán en África) (FAO, 1991). Fue llevado a la India durante el primer milenio a. C.; el sorgo hindú está emparentado con los del noreste de África y los de la zona costera localizada entre Guardafui y Mozambique. La difusión de este cultivo hacia la China pudo ser al inicio de la era cristiana ó a través de las rutas de comercio para la seda; se introdujo en el siglo XIII desde el sudeste de Asia ó la India, después de que aparecieron los tipos Kaoliang (característicos de China, Anchuria y Japón) (Martin, 1975).

Posiblemente el sorgo se llevó a América Latina (A. L.) en el siglo XVI. Se introdujo desde el sudeste de Asia ó la India, por tratantes de esclavos que provenían de África occidental ó por navegantes que comercializaban entre Europa y América Latina Se adaptó a los sistemas de producción del sur de E.U.A., El Caribe y Centro América (Purseglove, citado por Jambunathan y Subramaian, 1995). Es posible también que se introdujo desde África occidental y Australia alrededor del siglo XVI por comerciantes que seguían la ruta Europa-África-América Latina (A. L.) (Dogget, citado por citado por Jambunathan y Subramaian, 1995). Ciertas variedades, un tipo kafir

denominado en A. L. como “maíz guinea” se cultivó ha mediados del siglo XX, posteriormente se consideró como una maleza, debido a que sus semillas caen fácilmente conservando su capacidad de germinación aún en el invierno, hoy se le conoce como “caña silvestre ó quebradiza” (Martin, 1975).

En los Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A.) inicialmente el cultivo de sorgo se utilizó para producir jarabe, melaza ó forraje. En 1853 se introdujo desde China, por intervención de Francia, el sorgo ámbar chino. En 1857, Leonardo Wary (productor de caña de azúcar) trajo de Sudáfrica quince variedades, algunas de estas variedades dieron origen al sorgo dulce (orange, white african y honey). La producción de sorgo grano se incrementó con la introducción de dos tipos durras de Egipto en 1874; dos kafires de Sudáfrica en 1876; Shallo de la India en 1890; y el milo de Colombia en 1879 (de origen africano) (Ball *et al.* citados por Martin, 1975). El Balckhull kafir, de origen desconocido, se cultivó después de 1890. El sorgo pasto ó hierba del Sudán (forrajero), se introdujo de Sudán en 1909 por personal del Departamento de Agricultura de E.U.A. (Martin, 1975).

Entre las primeras publicaciones donde se mencionó al sorgos se encuentra un reporte sobre kafir y milo en 1882, en la revista “Progreso de México” (1896, 1897 y 1898), donde se publican los métodos de manejo del cultivo, registra un rendimiento de 800 kg ha⁻¹ (Romero citado por Zavala, 1984). El sorgo no era conocido dentro de la agricultura tradicional en México.

En 1944 la Oficina de estudios especiales de la Secretaría de Agricultura y la Fundación Rockefeller, realizaron experimentos del cultivo para resolver problemas de productividad en las áreas marginales de este país (De Walt, 1984). Posteriormente, Ángeles y Vega introdujeron 150 variedades de polinización libre originados en E.U.A. (Zavala, 1984). Los resultados no fueron de interés de los productores; siendo hasta los años cincuenta que se realizaron algunas siembras en el norte del país. En 1956, mediante la aplicación de encuestas, se estimó una superficie sembrada de 100,000 a 150,000 ha, observando que se ampliaba hacia los trópicos secos y húmedos. La Productora Nacional de Semilla (PRONASE) en 1960, reporta una superficie sembrada de 116,000 ha y una producción de semilla de sorgo de 54 toneladas en el ciclo 1956-57, con materiales del Colegio de Agricultura de la Universidad de Texas, RS-608 y RS-610, que fueron sustituidos por RS-625 y RS-606 debido a su resistencia al carbón de la panoja (*Sphaceotheca reliana*). El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) publicó en 1976, guías técnicas sobre el manejo del cultivo, en las cuales, informa sobre un estudio de fechas de siembra y ataque de la plaga mosca midge (*Contarinia sorghicola*), en Valle de Santiago, encontrando que las siembras que se realizan en el mes de abril son susceptibles al ataque de dicha plaga. En 1982, publicó algunas recomendaciones técnicas para riego y temporal en la región de las Huastecas. En 1983, estableció recomendaciones para el Valle de Culiacán, en Sinaloa. En 1985, hizo públicas recomendaciones para la zona norte del estado de Tamaulipas.

La producción de sorgo prospera con la introducción de híbridos desarrollados en Texas, E.U.A., induciendo una apertura a un nuevo mercado de las empresas trasnacionales (Ralston y Purina) productoras de alimento balanceado avícolas y porcícolas principalmente, las cuales realizaron la difusión sobre las bondades del cultivo de sorgo (De Walt y Barkin, 1984). Las empresas productoras de semillas en México fueron y en la actualidad son las mismas que en los E.U.A. (Dekalb, Pioneer, Northrup-King, Asgrow, Funk; etc.).

En la región noreste de Tamaulipas, México la agricultura se inició con la apertura de áreas para el cultivo de algodón en los años 1950's y se obtuvo un gran desarrollo hasta los 1960's, año en que se vio afectado severamente debido a problemas fitosanitarios que hicieron cambiar las áreas a cultivos como maíz y sorgo. Para el cultivo de sorgo se utilizó las variedades Hegari y Martin Combine originarias de E.U.A., siendo preferido el sorgo en las áreas de temporal, debido a sus características de resistencia a sequía (Williams, 1984).

2.5. Clasificación del sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)

Planta anual que pertenece a la familia de las gramíneas, subfamilia andropógonea, género *Sorghum*. Los primeros botánicos determinaron la afinidad entre diversos sorgos y los clasificaron en: *Millium*, *Mellica* (*Melica*), *Panicum*, *Saggina* (*Sagina*) y *Hareomen*. Posteriormente se denominaron: *Holcus sorghum* y *Notholcus*. Estudios genéticos y citológicos de sorgos silvestres y cultivados, determinaron que son una sola especie del género *Sorghum*. Los tipos hallados en Europa, sur de Asia y África, aparecen en el noreste de África. Los progenitores de variedades actualmente cultivadas pueden ser uno ó más tipos herbáceos silvestres del género *Sorghum* u otros extinguidos (Clyton, citado por Martín, 1975). También pueden ser de origen de *S. Verticilliflorum*, *S. Arundinaceum*, *S. Aethiopicum* (tienen 10 pares de cromosomas). Los primeros cultivadores seleccionaron las plantas por su utilización; en el caso del sorgo de grano, se buscó la cantidad y calidad de sus granos, tamaño y fácil separación de la gluma (Martín, 1975).

El sorgo se conoce como Mijo grande ó Maíz de guinea en África occidental, Kafir en África austral, *Duró* en el Sudán, Mtama en África oriental, Iowá en la India, Kaoliang en China, Milo ó Milo maíz en E.U.A. También se conoce como: Zahina, Shallu, Alcandia, Panizo Moruno, Feterita, Sorgo de escoba, Maicillo, Masambará y Aroza. En 1936, Snowden lo clasificó en forma

detallada y completa. Clayton (citado por Martín, 1975), propuso el nombre de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (nombre actual). En 1972, Harlan y Wet (citados por FAO-ICRISAT, 1997), propusieron modificaciones y adaptaciones del sistema, publicando una clasificación simplificada; dividieron el sorgo cultivado en *bicolor*, *guinea*, *caudatum*, *kafir* ó *durra*. Los tipos silvestre y caña de azúcar se consideraron como dos tipos de espiguillas del *S. bicolor* (Purseglove, citado por FAO-ICRISAT,1997). Martin (1975), distinguió el género *Sorghum* del género *Holocus*. Posteriormente, un estudio de polimorfismo con 11 enzimas ayudó a clasificar el sorgo en tres grupos enzimáticos: (1) Variedades guinea del África Oriental; (2) Cinco razas de África Austral; (3) Tipos Durra y Caudatum de África Central y Oriental (Ollitrault *et al.*; citados por FAO-ICRISAT, 1997).

2.6. Mejoramiento genético (*Sorghum bicolor* [L.]Moench)

Debido al rápido crecimiento de la población, se desarrolló en los años 50's y 60's programas de mejoramiento genético de los cultivos que producían alimentos, entre ellos el sorgo (Smith *et al.*, 1984). A fines del siglo XIX y principios del XX se seleccionaron variedades de sorgo considerando sus características de precocidad, insensibilidad al fotoperiodo, porte bajo y resistencia a enfermedades (Hawkins, 1984). El descubrimiento de la

androestérilidad genética citoplasmática en 1956 facilitó el desarrollo de los híbridos (Quinby y Schertz, 1975).

La mayoría de los cultivos en A. L. son híbridos que tienen parentesco con los de E.U.A. (Hawkins, 1984). Los primeros ensayos y selecciones de sorgos estadounidenses se realizaron en 1970, con variedades utilizadas para producir azúcar; esta industria no se consolidó, solo funcionó un tiempo con ayuda de subsidios. El sorgo para grano incremento su producción después de la aparición de variedades mejoradas (Martin, 1975).

A fines del siglo XIX, H. Leiding, A. B. Conner, C. R. Ball y B. E. Rothgeb reunieron y seleccionaron variedades locales e introducidas y las probaron en diversas localidades; obtuvieron entre las mejores, el Milo amarillo enano, mutante del Milo amarillo común. Ball y Leidigh seleccionaron los Kafires, Sunrise y Dawn, todas por resistencia a sequía y precocidad. En 1912 se realizaron las primeras cruzas, cruzaron feterita con blackhull kafir. En 1925 los productores utilizaron las variedades Premo y Chiltex, que presentaban los mejores rendimientos. Al mismo tiempo, R. E. Dickson de la Estación Experimental de Texas, desarrollo dos nuevas variedades: las Feteritas supry y Dwarf. Durante ese período se destacaron algunos productores que contribuyeron al mejoramiento del sorgo en los E.U.A.; H. W. Smith (en Kansas) seleccionó cruzas naturales de Milo y Kafir para obtener líneas uniformes y plantas de porte bajo que facilitaron la cosecha mecánica. J. B.

Sieghiner en 1931 cruzó los milos amarillos enano y blanco precoz, logrando las variedades Soony y Colby (Martin, 1975).

J. C. Stephens inició las investigaciones en 1926 sobre sorgo híbrido cuando descubrió en el pasto sudan un carácter sin anteras. Ayyangar en la India; Stephen y Kuykendall en Texas aislaron otros ejemplares androestériles. En 1952, Stephen y Holland descubrieron la androesterilidad genética citoplasmática, que facilitó la obtención de híbridos. La Asociación agrícola Deckalb fue la primera empresa productora de semillas, contrató a Kuykendall en 1949 y a Holland en 1954 (Stephens y Holland citados por Martin, 1975).

Los híbridos desarrollados en E.U.A. se adaptaron a diferentes sitios y fueron aceptados en áreas semiáridas y subhúmedas de México y Argentina, la mayoría del sorgo latinoamericano son híbridos que tienen parentesco con los obtenidos en E.U.A. (Guiragossian, 1984) .

En México, los primeros trabajos de mejoramiento genético se iniciaron por medio de la hibridación cuando se introdujeron los primeros cinco híbridos en 1951. Se logró incrementar los rendimientos de 1,304 kg ha⁻¹ en 1958 a 3,500 kg ha⁻¹ en 1984 (Castillo y Vega citados por Zavala, 1984). En 1956 se realizaron las primeras cruces y en 1959 se formaron las líneas hembras mantenedoras; En 1960 se obtuvieron sorgos mejorados resultado de las

cruzas con sorgo de Etiopía. Con la creación del INIA en 1961 se continuó con los trabajos iniciados por la Oficina de Asuntos Especiales (De Walt y Barrkin, 1984). De 1962 a 1969, la Universidad de Chapingo realizó investigaciones sobre materiales de África identificando 1300 líneas prometedoras (Mendoza, 1984). Anteriormente, en 1949 se introdujeron 15 variedades de sorgo de las cuales solo 11 formaron grano. En 1966, el CIMMYT y el ICRISAT desarrollan las primeras líneas A, B y R, evaluando los primeros seis híbridos que fueron entregados a PRONASE para su reproducción y utilización en la región del Bajío, entre ellos se destacan el Purépecha y Chichimeca (tardío) se adaptaron a regiones de temporal de 750 mm anuales; Olmeca y Otomí (intermedio) y Tepehua y Nathual (precoces) se adaptaron a regiones de 600 mm anuales de precipitación. Con excepción de Purepecha, estas variedades desaparecieron por su susceptibilidad a enfermedades (Tijerina, 1984).

En 1977, el INIA entregó a PRONASE 29 híbridos mexicanos, entre ellos Pame, Jonas, Mazhua, Cora, Tecual, Coanop y Maztelco para riego en Sinaloa; y Malinche, Tarasco y Cotoname para competir con las comerciales. En 1978 se liberó el RB-2000, RB-2010 (susceptibles a enfermedades) y RB-3030, RB-3006 resistentes a enfermedades obtenidas por el Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas (Tijerina, 1984).

En 1979-80, el INIA, ICRISAT e INTSORMIL iniciaron proyectos en México sobre un vivero de todas las enfermedades e insectos del sorgo y el ensayo de adaptación de sorgos tropicales.

En la región noreste de Tamaulipas, México, el Campo Experimental del INIFAP en Río Bravo, Tamaulipas, inició en 1973 el programa de mejoramiento del sorgo con materiales de Celaya, Guanajuato y E.U.A, obteniendo los híbridos RB-3030 y RB 3006 para condiciones de temporal y el RB-4000 para riego (Willimas *et al.*, 1989). En 1979, el mejoramiento de sorgo bajo condiciones de temporal, realizó cruzas con líneas proporcionadas por las universidades de Texas A&M, Nebraska y Oklahoma de E.U.A.; de la India, y de Morelos, México (Montes, 1989).

En 1977 la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, inició sus actividades de mejoramiento genético de sorgo. Sin embargo, en 1993 extiende el Programa de Mejoramiento de Sorgo en coordinación con la Universidad de Nebraska, con germoplasma exótico de tipo tropical y fotosensible con alto contenido de forraje, buscando mejorar la calidad del grano, que contenga menos taninos. Las primeras cruzas de este proyecto se realizaron en coordinación con la Universidad de Nebraska en la región de Ébano, S.L.P. (1993-1994), evaluando los materiales obtenidos en las localidades de Marín, N.L.; San Fernando, Tamaulipas. México y Lincoln, Nebraska, E.U.A. (Zavala *et al.*, 2000).

Actualmente, algunas variedades seleccionadas no consideran los sistemas de producción, por lo que no son utilizadas por los productores. Por ejemplo, no tienen características del grano de calidad alimenticia (grano blanco) y la cantidad de forraje necesaria para el ganado, cualidades de las variedades criollas altas y fotosensibles (Smith *et al.*, 1984).

2.7. Características del cultivo de sorgo para grano

Este cultivo posee algunas características que confieren cierta resistencia a la deshidratación, su sistema radicular es muy extenso, tiene un ritmo de transpiración eficaz y características foliares de las xerófilas, que ayudan a retardar la pérdida de agua de la planta. Se adapta bien a regiones cálidas subhúmedas y semiáridas, con temperaturas medias mayores a los 20° C y con una estación sin heladas de 125 días ó más; suelos cuyo pH se encuentra en los 5.5 y 8.5, tolera salinidad, alcalinidad y drenaje deficiente. Se maneja generalmente mecanizado, se siembra en hileras para poder arroparlo y la semilla que más se utiliza son híbridos obtenidos de los programas de mejoramiento genético de las empresas productoras de semillas (Wall y Ross, 1975). Los granos de sorgo tienen un nivel proteico más alto que el del arroz, trigo y cebada. Con el desarrollo de variedades mejoradas e híbridos, el grano

ha aumentado su tamaño y el contenido amiláceo, reduciendo el proteico. Los factores (suelo, clima) influyen sobre el desarrollo de la planta, su composición química; y por lo tanto en el rendimiento de los cultivos (Martín, 1975).

En la producción mundial de sorgo se distinguen dos sistemas de producción y utilización. En los E.U.A., Australia, Argentina y México, predomina la producción intensiva cuyo producto se utiliza como alimento animal. Este sistema utiliza semilla híbrida, tecnología mejoradas presentado rendimientos promedio de 3 a 5 ton ha⁻¹, la superficie sembrada de este sistema equivale al 15 % del total y su producción representa el 40 % del total mundial (De Walt, 1984).

En países de Centro América y El Caribe (Salvador, Guatemala, Nicaragua) se siembra en asociación con maíz y frijol, se utilizan variedades mejoradas, y menos tecnificación del cultivo, el producto se utiliza como alimento humano (Tripp, 1984). La Comisión Investigadora de Sorgo (CLAIS) señaló que parte de la harina de trigo ha sido remplazada por harina de sorgo y que los productos elaborados con esta mezcla no cambian de calidad (De Walt, 1984). En África, como en la India y otros países, se siembran materiales criollos cuyo objetivo es la alimentación humana. Por lo que el sorgo es una fuente importante de energía, proteína, vitaminas y minerales.

El sorgo cultivado para alimento puede dividirse en Kafir, Hegari, Feterita é híbridos comerciales (Purseglove, citado por FAO-ICRISAT, 1997). El grano varía de tonos blancos, rojos, pardos ó amarillo pálido. Los colores más comunes son blanco, bronce y pardo, son esféricos (varían en dimensión y tamaño), puede estar parcialmente cubierto de glumas. Para consumo humano se prefieren los granos largos con endospermos corneo. El endospermo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo. El grano, que tiene testa, contiene taninos y depende de la variedad.

FAO-ICRISAT (1997) señalaron que el sorgo es el quinto cereal importante en el mundo, su producción se destina a la alimentación humana y animal. Aproximadamente el 90 % de la superficie sembrada de sorgo se encuentra en países en desarrollo (África y Asia), bajo condiciones agro-ecológicas que presentan escasez de precipitaciones y sequía; estas áreas son inadecuadas para la producción de otros cereales.

Estudios desarrollados y publicados por FAO-ICRISAT (1997), determinaron usos alternativos del sorgo. Es posible utilizar un 80 % de cereales no trigueros en mezclas con un 20 % de trigo para la fabricación de galletas con un calidad aceptable. Por lo que es posible la utilización de sorgo ó mijo para hacer galletas (Badi y Hosney, citado por FAO-ICRISAT, 1997). En Senegal se preparan alimentos: laax, conus y beignets (panes y buñuelos).

En México y específicamente en la región Noreste de Tamaulipas, desde su origen se dio una tendencia en el uso del grano del sorgo para la elaboración de alimento balanceado, se desarrolló con intervención de empresas transnacionales, que actualmente comercializan el producto. El INIA realizó un estudio en 1984 para definir las regiones para potencial climático para el crecimiento del sorgo con las localidades Celaya, Guanajuato; Guadalajara, Jalisco; Culiacán, Sinaloa y San Fernando, Tamaulipas. Se determinó para la región San Fernando, una estación de crecimiento con duración de humedad en el suelo de 74 a 148 días para el desarrollo de la planta. La radiación solar promedio para el mes de diciembre fue de 283 cal cm^{-2} día⁻¹ y para el mes de julio de 587 cal cm^{-2} día⁻¹. Las unidades calor acumuladas por año fue de 3, 149; lo que determinó que se puede cultivar sorgo de origen tropical. La oscilación térmica diaria fue menor durante los meses más calientes. Esta condición acelera el desarrollo de sorgo de origen templado, causando que el ciclo se acorte y el potencial de rendimiento disminuya. Este estudio determinó que es importante realizar una caracterización en cada una de las regiones donde se desarrolle este cultivo, con el fin de definir el tipo de planta ideal de acuerdo a las condiciones climatológicas particulares regionales (Villalpando, 1984).

2.8. Enfoque de sistemas en estudios de la producción agropecuaria.

Los sistemas agrícolas se definen como un conjunto de factores que interaccionan entre sí de tal manera que cada conjunto se comporta como una entidad completa con un propósito agrícola (Speeding, 1979). Se clasifican según el producto principal, recursos utilizados y disponibles (clima, suelo, etc.). Se les denomina según su objetivo, contenido ó estructura. Se describen según lo que hacen utilizando algún diagrama que incluya los rasgos diagnósticos esenciales y excluya los detalles triviales. Dentro de un sistema hay grupos de componentes que se relacionan en forma integral y operan independientemente del resto y se llaman subsistemas. Muchos procesos biológicos pueden ser sistemas de producción ó componentes.

•

Dentro de las primeras definiciones, Hopeman (1976) describió el sistema de producción como una armazón ó esqueleto de actividades productivas, dentro del cual ocurre la creación del valor y está formado por: (1) Subsistemas. Producción de insumos, almacenamiento, supervisión y productos, se consideran como el esqueleto del proceso productivo; (2) Sistemas paralelos. Proporciona una serie de canales por medio de los cuales se transmite información entre los implicados en las operaciones de la producción (semejante al sistema nervioso), lo cuál es importante para la toma

de decisiones, es un enlace necesario entre las personas y las operaciones de la producción.

Los estudios de sistemas se han desarrollado con el fin de conocer los modos de producción agropecuaria en las sociedades rurales y orientan las acciones de quienes buscan su transformación con el fin de mejorarlos. Una de sus bases, señala que las técnicas y prácticas utilizadas por los productores son, en gran medida, determinadas por el medio físico y socioeconómico en el que se encuentran y dependen en gran medida de la cultura social y el nivel de conocimiento de los que intervienen en el proceso productivo (Pillot, 1993).

Kamisnki (1986) denominó al enfoque de sistemas como un proceso que estudia un universo, que describe lo relevante de un subuniverso, su desarrollo y las variables de su entorno; además, determina las interrelaciones entre esas variables y su relación con el ambiente ó sistema superior y ayuda a proyectar adecuaciones del sistema para que funcione de manera más óptima de acuerdo a sus objetivos de producción. El estudio y la aplicación de este proceso, implica el desarrollo de un modelo de investigación, interpretación de información, formulación de modelos corregidos y síntesis de información relevante al desempeño de modelos formulados.

Hart (1986) definió el sistema de producción agrícola como un conjunto de componentes interactivos, que son acumulaciones no aleatorias de materia y energía organizadas en espacio y tiempo; están formados por subsistemas y componentes, que se interrelacionan según sus propiedades estructurales. Los criterios de clasificación son: Tenencia de la tierra, productividad biológica, valor de biomasa producida y número y tipo de niveles de subsistemas. Señaló que lo fundamental es conocer, explicar, tipificar y clasificar las relaciones entre ambiente – estructura ó entre rancho – productor.

Gastellu (1993) definió los sistemas de producción agrícola, como una combinación de producciones vegetales y animales, asociada a medios técnicos y desarrollada en el marco de una unidad familiar en zonas diferentes con fines económicos. Por tanto, es un concepto de interpretación que ayuda a diferenciar las unidades de observación. Se plantea a nivel unidad agrícola, como una combinación de las fuerzas de trabajo y medios de producción para obtener producción de biomasa vegetal y/o animal.

Los primeros estudios que utilizaron el enfoque de sistemas iniciaron en Francia (medio francófono) en los años 60's, con estudios efectuados por geógrafos (Pelissier y Sautter) a escala local sobre campos específicos de sociedades rurales africanas. Al mismo tiempo, una corriente denominada Antropología Económica (marxista etnológica), desarrolló investigaciones

utilizando una perspectiva dinámica considerando las relaciones de producción e intercambio, que permitía conocer los conflictos de interés y las relaciones de poder que se reflejaban en el proceso de producción agropecuaria. Estos estudios utilizaron las ciencias sociales y económicas, aportaron una visión Marxista y humanista que originó una revalorización de los conceptos y teorías de la producción agropecuaria (Pillot, 1993).

A fines de los 70's, algunos agrónomos realizaron ensayos simples y multifactoriales, combinando variedades, laboreo y fertilización, buscando adaptarlas mejor a las necesidades de los productores. Estos trabajos fueron reconocidos hasta los años 80's por el Departamento de los Sistemas Agrarios en Francia. Actualmente estos estudios se conocen como *Recerches sur les Systèmes Agrícolas* (investigaciones sobre sistemas agrícolas), *Recerches sur les Systems de Prouduction*, *Les Systèms de Culture*, *les Systèms Aagraries*, *Recerches-Système*, *Recherche-Developpement*.

En E.U.A. (medio anglosajón), los estudios sobre sistemas buscaron una representación cuantificada de los flujos de intercambio entre los subsistemas (trabajo, capital, tenencia de la tierra, energía). Los primeros estudios sistémicos en este país fueron desarrollados por el CIRA (Centro de Investigaciones Agronómicas), el IRRI y el CIMMYT sostenidos por fundaciones y realizados en campos experimentales de las Universidades. Su evolución rápida se basó en la difusión de los progresos genéticos de la

“revolución verde”. Sin embargo, algunos economistas y agrónomos del CIMMYT, efectuaron sus estudios en campos de productores para ajustar las recomendaciones técnicas, originando el Farming Systems Research (FSR). Algunos de estos pioneros eran investigadores ingleses que trabajaban en Instituciones de investigación con influencia estadounidense (Pillot, 1993).

Posteriormente se formaron programas de investigación multidisciplinarios; el ICARDA en Siria; el IITA en Nigeria; el CIAT en Colombia y el ILCA en Etiopía. El CIRA integró equipos de agrónomos, economistas y sociólogos. El CIMMYT y el IRRI desarrollaron los “cropping systems” (a escala local). En Nigeria, se evaluó la productividad, determina el margen bruto de la jornada de trabajo; encontró que algunos sistemas tradicionales son superiores a los modelos propuestos por los investigadores. Collison (1982) en África, estudió la diversidad de las funciones económicas de los sistemas y observó la capacidad de aceptación de los productores de las innovaciones propuestas, propuso que el criterio de evaluación económica, considere las categorías de los productores y el factor que cada categoría busca optimizar. Conway (1993), formalizó el análisis de sistemas de producción agropecuaria y buscó el desarrollo de sistemas sustentables determinando las características para centrar el análisis: (1) Productividad de los factores de producción (tierra, capital, trabajo); (2) Estabilidad de un sistema. Capacidad para mantener su nivel de productividad frente a las variaciones del medio ambiente natural y económico; (3) Estrategias antialeatorias de minimización de riesgos; y (4)

Reproductividad. Capacidad de reproducción ante el efecto acumulado de la evolución (erosión, sequía).

Los estudios desarrollados por CIMMYT en África del este, es uno de los métodos más conocidos del FSR, cuya hipótesis se basa en:“.....los productores tienen poco interés en desarrollar las innovaciones propuestas del resultado de las investigaciones económicas debido a sus limitaciones de capital disponible...” ya que no buscan más disminuir el riesgo que aumentar la producción”, por lo que es importante crear técnicas que se adapten a la situación particular de cada grupo de agricultores y dar a conocer a los políticos la información y el análisis de las imposiciones que afectan a los productores (Pillot, 1993).

Para estudiar una sociedad agrícola y entender como funcionan sus sistemas de producción, debe tomarse en cuenta las diferentes escalas de trabajo en forma dinámica, con el propósito de identificar todos los actores sociales, sus estrategias productivas y resultados económicos en función del proceso productivo (Colin, citado por Pillot, 1993). El análisis de sistemas debe de iniciar contando la fuerza de trabajo y los medios de producción disponibles en la explotación; deben de describir sus características, formas de adquisición, períodos de disponibilidad y su utilización efectiva. La historia de los predios productivos permite entender como se ha introducido el sistema, describe las condiciones de sus instalaciones, la secuencia de sus

inversiones, los cambios técnicos, la evolución de la productividad y los mecanismos de acumulación de capital. Las observaciones de las parcelas y de los hatos del ganado, permiten estudiar más en detalle los diversos sistemas de cultivo y ganadería utilizados en la producción agropecuaria (Dufumier, 1993).

Posteriormente, se identifican los factores que limitan la producción y se realiza un cálculo económico que ayude a conocer el producto bruto anual por hectárea, el valor agregado, la productividad del trabajo, las ganancias del agricultor y su familia (una vez pagado los salarios de trabajadores) y la tasa beneficio. Al terminar esta fase, es posible comparar los tipos de sistemas de producción de acuerdo a la lógica de sus evoluciones y sus resultados económicos. Generalmente se verifica si los agricultores tienen interés en optimizar los mismos parámetros económicos. Las diferencias que se encuentren son por la diversidad de las condiciones en que se encuentran los sistemas: localización geográfica, condiciones ecológicas, acumulación inicial de capital, disponibilidad de fuerza de trabajo y medios de producción, forma de tenencia de la tierra, condiciones de abastecimiento de insumos y comercialización, así como el precio de venta (Dufumier, 1993).

Una de las mayores críticas al análisis de sistemas es que dan una imagen estática de las realidades. La interpretación neoclásica del comportamiento de los productores es criticada porque consideran como datos externos fijos las

relaciones sociales de producción y de intercambio, aunque interpreten ciertas características de los procesos observados. Si se utilizan análisis históricos de las transformaciones del sistema y se analiza las interrelaciones entre los elementos del sistema, se puede interpretar adecuadamente las transformaciones sucesivas que pudieron afectar al sistema en un ambiente físico particular, cultural, económico y social. Esta forma de análisis es más utilizada entre aquellos investigadores que utilizan herramientas del Marxismo (esto es poco frecuente entre los agrónomos); permite comprender las imposiciones que influyen en la organización de los sistemas.

Sin embargo, el sistema de producción es un concepto de interpretación, que hay que diferenciar con cuidado de las unidades de producción (parcela, rancho) observadas, se sitúa junto a otros conceptos de interpretación, como son: modos de producción, estructuras del parentesco, organización política. Cada uno corresponde a diferentes momentos del proceso de investigación.

Al realizarse una investigación sobre sistemas de producción, se puede evidenciar que ante el desarrollo de ciertas unidades de producción, ocurre el deterioro de las condiciones de producción de otras. Por ejemplo, las sociedades agrarias que originaron una agricultura diversificada, donde se encontraba la agricultura y la ganadería en forma asociada, hoy se encuentran dirigiendo su producción a una especialización que les garantice obtener ganancias buscando integrarse al mercado nacional ó internacional. Las

políticas de desarrollo agrícola y la difusión de tecnología (del gobierno ó empresas agroindustriales), acentúan este proceso a través de los precios de concertación, políticas de equipamiento, etc. (Orstrom, 1993).

Esta situación genera transformaciones espaciales y temporales. El conocimiento de la evolución de las condiciones de reproducción de los sistemas de producción agrícola, ayuda a identificar los polos de acumulación y de diferenciación; así como también los cuellos de botella y la conformación de los grupos dominantes. Además, se puede localizar las rupturas manifestadas en el balance de la actividad productiva, a nivel organización del trabajo; esto permite estructurar y orientar el estudio de los sistemas de producción. Para estudiar la dinámica de los sistemas de producción, se debe ampliar este concepto, tomando en cuenta las dinámicas observadas en su dimensión macroeconómica, regional, nacional ó internacional (Orstrom, 1993).

Este concepto agrario de Marcel Mazoyer permite integrar en la investigación de unidad productiva, los factores macroeconómicos que determinan la evolución de los sistemas de producción. El uso de análisis en dimensiones espaciales y temporales, permite realizar la investigación a diferentes escalas de unidades de producción, comunidad agraria y región; también enriquece el estudio de los procesos de producción, ya que las

observaciones del proceso en cierto nivel, pueden corresponder a intervenciones de factores definidos en otros niveles.

2.8.1. Clasificación de estudios de sistemas agropecuarios

El enfoque sistémico plantea los problemas científicos de acuerdo a la finalidad del conjunto, ayuda a comprender como se gobierna y organizan las partes y elementos que lo constituyen. Además, combina otros instrumentos de análisis para explicar los hechos observados. Se pueden clasificar según el objetivo de estudio:

- Los estudios de sistemas con fines cognoscitivos, se interesan en producir un conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas existentes. En el medio francófono, se considera el modo de acceso, la distribución de los medios de producción, las relaciones de producción y de intercambio. Con el fin de describir las transformaciones, modificaciones del medio económico, ajustes estructurales ó proyectos de desarrollo, que inducen sobre el comportamiento de los productores. En el medio anglófono, se busca una representación cuantificada de los flujos de intercambio (trabajo, capital, tenencia de la tierra, energía) entre los subsistemas (Pillot, 1993).

- En los estudios para la investigación-acción, se tiene como fin la transformación progresiva de los sistemas establecidos sobre la base del conocimiento de su lógica de funcionamiento, utilizan las bases teóricas, hipótesis, herramientas y métodos de la investigación cognoscitiva, se apoyan en el conocimiento de los sistemas de producción agropecuaria establecidos. Las operaciones de estos estudios se integran en tres fases que pueden encontrarse imbricadas y no significa que haya una sucesión cronológica entre ellas.

1. Fase diagnóstico. Se basa en el análisis de los diferentes niveles de organización de la sociedad rural (parcela, explotación agrícola, región) que permite la visualización diferenciada de producción agrícola en función al medio físico (zonificación) y de la situación socioeconómica de los agricultores (tipologías). Sobre esta fase se centran la investigación de innovaciones y el esfuerzo de desarrollo.
2. Fase establecimiento y experimentación de innovaciones que pueden tomarse de entre las técnicas ya conocidas y practicadas por otras sociedades rurales, ó el conjunto de referencias de las estaciones de investigación.
3. Fase difusión de las innovaciones seleccionadas, entre los agricultores no involucrados en los ensayos de la segunda fase ó fuera de la región estudiada desde el diagnóstico inicial.

- Los estudios para la investigación-desarrollo, tiene como fin la investigación aplicada ó el desarrollo. Estos estudios se basan en un diagnóstico inicial de los sistemas de producción que incluye una zonificación agroecológica de la región y en la construcción de una tipología de las unidades de producción. En relación a estos, el CIMMYT pone énfasis en la dinámica de los procesos, la estructura agraria y las relaciones sociales (Pillot, 1993).

Los estudios sobre sistemas se pueden orientar según su finalidad (conocimiento, desarrollo ó promoción de técnicas); y según las instituciones que gobiernen los programas de investigación. Por lo tanto, se debe considerar la finalidad de la investigación y la institución que lo genera. Por lo tanto se debe profundizar en la relación dialéctica entre el conocimiento de cada disciplina y su aplicación. Las acciones que llevan a la transformación social y económica sin previo conocimiento de los sistemas que están establecidos, no son recomendables.

2.8.2. La economía en los sistemas de producción agropecuaria

Existen dos corrientes de economistas según los estudios de sistemas de producción: (1) Una corriente de adaptación en su campo de análisis; (2) Otra

que adopta una definición sistémica traducida en términos de investigación-desarrollo para el mundo rural. Ambas presentan dificultades de comunicación cuando los economistas se integran con otros grupos de disciplinas. En Francia, las universidades preparan economistas generales y polivalentes aptos para todos los sectores y ramas de la economía, y las escuelas superiores de ingenieros (agronomía), preparan agroeconomistas especializados en asuntos rurales que poseen formación técnica centrada en la producción agrícola, sin considerar las otras etapas del proceso económico (Gastellu, 1993).

La corriente economista de adopción, definió el sistema como un conjunto de elementos en interacción dinámica, organizados hacia la obtención de un objetivo. Al aplicar estos conceptos a la agricultura de los países tropicales, dió origen a dos escuelas: (1) "Farming System Research" (de los países anglosajones) y (2) La investigación-desarrollo de los franceses. Los principios generales en la primera son que la investigación no es el objetivo final, sino que debe buscar el mejoramiento de una situación rural a partir de un diagnóstico debidamente elaborado. En la segunda, se especializaron en estudios de producción solamente, por lo que el enfoque de sistemas les ayudó a considerar las interacciones en sus estudios (Gastellu, 1993).

La teoría del comportamiento adaptativo se elaboró por un equipo del INRA, cuya teoría se originó en Francia; el objetivo de su investigación fue la

unidad agrícola, la consideraron como un sistema, plantearon como postulado la racionalidad de los productores, ya que estos ajustan sus proyectos en función a la información recibida; por lo tanto, realizan un proceso de adaptación permanente y van adecuando sus objetivos a las diferentes situaciones que se le presentan. Para conocer los proyectos, decisiones y objetivos de los productores se pueden realizar estudios de las prácticas, sincrónicos y diacrónicos a la vez. Esta escuela estudió el pasado para comprender el estado actual de los sistemas agrícolas, consideraron la intervención de agrónomos y sociólogos para la realización del diagnóstico. Sin embargo, no consideró la etapa de modelización (Gastellu, 1993).

En las corrientes de adaptación y adopción, más que ser opuestas, se complementan. Sin embargo, la especialización que se da en ellas origina problemas de comunicación por su diversidad. Por lo que surge la necesidad de establecer relaciones entre grupos de trabajo de las diferentes disciplinas. Lo importante es señalar que bajo el término de sistemas de producción, se tienen varios significados que generan confusiones entre los economistas y los grupos de investigadores, por lo que habría que realizar análisis sobre las investigaciones realizadas y comprender los criterios que diferencian los grupos de disciplinas y sus finalidades, para que surjan coincidencias entre ellos.

2.8.3. La tipología en los sistemas de producción agropecuaria

La tipificación en producción agrícola utiliza estrategias de muestreo estratificado. Es una técnica que consiste en dividir una población heterogénea en grupos ó estratos lo más homogéneos posibles. Se selecciona en forma aleatoria una muestra independiente de cada uno de los estratos, bajo un plan de muestreo definido específicamente para el área que se estudia. La primera etapa de construcción de los estratos consiste en la elección de un criterio de estratificación, definido como variable estratificadora de las unidades del ambiente presente. Estas se delimitan con ayuda de imágenes de satélite. La definición del tamaño de muestra se basa en los objetivos de la investigación, buscando maximizar la precisión del muestreo (Miranda, 1986).

La tipificación puede utilizarse para la investigación. Se forman grupos de sistemas homogéneos que permitan la construcción de un modelo típico representativo. También se utiliza en la planificación para evaluar la viabilidad y resultados de practicas tecnológicas innovadoras. En los servicios de extensión, sirve para la entrega de recomendaciones correspondiente a cada grupo de agricultores tipificados. La determinación de los límites del sistema, constituye uno de los factores más importantes del avance e intensidad del trabajo de investigación. Es aquí donde la tipificación juega un papel

importante para revitalizar el enfoque de los estudios de sistemas de producción (Kaminski, 1986).

Cada rancho representa un sistema de producción que a la vez se integra a un sistema económico social agregado. Por esta razón, se necesita la tipificación de productores de acuerdo a sus condiciones productivas y su comportamiento según los factores económicos que son la base para aumentar la eficiencia de políticas que pretenden modificar las actuales formas de producción. Los factores de diferenciación entre los sistemas de producción son: (1) Grado de desarrollo económico y social de la región; (2) Tipo de relaciones de producción dominante; (3) Aptitud de los recursos naturales del área y su acceso; (4) Dotación de factores productivos; (5) Naturaleza y características de la producción; (6) Vinculación a los mercados y (7) Forma de tenencia de la tierra (Suárez, y Escobar, 1986). Debido a la existencia de diferentes tipos de productores, se recomendó cuantificar variables sobre la tenencia de la tierra, fisiografía y destino de la producción; con el fin de establecer la tipología de los productores y determinar la adversión al riesgo o a cambios en el proceso productivo (Gil y Caballero, 1986).

El análisis de métodos y conceptos sobre clasificación de empresas agropecuarias, para reducir la heterogeneidad, determina las técnicas de clasificación que se deben de utilizar: los siguientes puntos pueden ayudar en

esta tarea: (1) Marco teórico, (definición conceptual); (2) Clasificación general, (modelos agro-ecológicos); (3) Clasificación específica, (modelos específicos, ambiente socioeconómico, herramientas estadísticas); (4) Datos específicos, (encuestas, estudios imágenes de satélite); (5) Investigación específica de sitio y (6) Tipos de sistemas de producción agropecuaria. También, es importante contar con una revisión extensiva de literatura que incluya un inventario de variables que contribuyan a simplificar la aplicación de las técnicas de clasificación. Se recomienda el uso combinado de múltiples variables seleccionadas *a priori* y aquellas que se encuentren estadísticamente significativas de acuerdo al marco teórico y la clasificación realizada. Debido a que la clasificación es un proceso dinámico y costosa, se plantea como una alternativa la aplicación de encuestas múltiples que contengan indicadores de la estructura de los ranchos y de los sistemas de producción seleccionados.

El conocimiento de la función objetivo del productor es importante en el diseño de alternativas tecnológicas y en su transferencia. Cada tipo de rancho representa un sistema de producción, el cual se integra a un sistema económico-social; por lo tanto, en las tipificaciones requeridas en la economía agrícola, investigación tecnológica y extensión, se debe realizar de acuerdo a las condiciones productivas y a su comportamiento con factores económicos. Debido a que existen diferencias en el grado de desarrollo económico y social

de la región donde se ubica la finca, se recomienda recolectar la información en las unidades de producción.

La tipificación en estudios de sistemas, permitió el aislamiento de grupos de sistemas homogéneos para la construcción y evaluación de un modelo representativo de las unidades productivas. Además, ayudó a definir el tipo y tamaño de muestra base del estudio, por lo que deben de mostrar los siguientes resultados: (1) Importancia y descripción del sistema y subsistemas; (2) Conformación total ó parcial de hipótesis; (3) Selección de las variables que contribuyan determinantemente en la diferenciación de los productores (Hart, 1986). Los criterios de selección dependen de los objetivos propios del proyecto o del investigador. Los criterios para clasificar los ranchos son: (1) Superficie (tamaño de la unidad productiva), tenencia, mano de obra y capital; (2) La productividad biológica (peso seco, unidad de área y tiempo), comparada con la de los ecosistemas naturales del mismo ambiente; (3) El valor total de la biomasa producida en el rancho (ingreso bruto, unidad de área y tiempo), comparada con el rancho de mayor producción en la misma región; (4) Número y tipo de sistemas y componentes de la finca (Hart, 1986). Esta clasificación no considera el tipo de agroindustria, mercado y formas de comercialización, siendo importantes de considerar ya que es ahí donde se da el valor de la comercialización y las épocas de producción.

El enfoque sistémico plantea los problemas científicos según la finalidad del conjunto y ayuda a comprender como se organizan y gobiernan las partes y elementos que lo constituyen. El concepto de sistemas se combina con otros instrumentos de análisis para explicar los hechos observados. El concepto teórico consta de tres niveles: (1) Sistema de cultivos. Combinación de productos vegetales y animales; (2) Sistemas de producción. Combinación de los factores de producción, ambiente, el trabajo, capital e insumos; (3) Sistemas de explotación. Modo de funcionamiento de las unidades de producción (Gastellu, 1993).

Durante el proceso productivo, los productores establecen relaciones con otros agentes productivos (vecinos, comerciantes, transportistas, funcionarios de gobierno). Estas relaciones condicionan el tipo de producción y las técnicas practicadas en las explotaciones; los productores solo utilizan las técnicas adecuadas a sus intereses y según la disponibilidad de sus recursos económicos. En una región, los agricultores no producen bajo las mismas condiciones socioeconómicas, por lo que es importante diferenciar los tipos de agricultores, sus intereses, recursos, el marco de relaciones en las que trabajan y como reaccionan ante la evolución tecnológica (Dufumier, 1993).

Los sistemas de producción utilizados por los diferentes tipos de productores, combinan varias actividades que son condicionadas por los recursos disponibles y las limitaciones agro-ecológicas y socioeconómicas.

Las experiencias obtenidas al realizar diagnósticos han demostrado, que para obtener las tipologías más adecuadas, es necesario tomar en cuenta las condiciones generales de los predios productivos. El uso de documentos cartográficos (mapas topográficos, morfopedológicos, fotografías aéreas e imágenes de satélite, mapas de vegetación, etc.) permite la división de la región en zonas relativamente homogéneas de acuerdo a sus potencialidades productivas y sus limitaciones agronómicas (Pillot, 1993). No hay que olvidar que los agricultores no practican los mismos sistemas de producción en una misma zona ecológica. La mayor dificultad se presenta en la jerarquización de los elementos que condicionan la elección de las técnicas y formas de producción. En América Latina se da mayor importancia a las oportunidades y a las condiciones de acceso al mercado de los productos agrícolas y la fuerza de trabajo relacionada con la superficie disponible.

2. 8. 4. El diagnóstico en los sistemas de producción agropecuaria

Es necesario conocer todo sobre un agro-sistema para producir un análisis real y útil para la acción. Se inicia con el conocimiento que tienen los productores para transformar su realidad, a través de acciones colectivas organizadas. Es por eso que se recomienda un diagnóstico participativo, para producir conocimientos que se puedan aplicar. Se encuestan a los

productores para identificar los factores limitantes, después de haber caracterizado el medio físico (Pillot, 1993).

El diagnóstico que elabora CIMMYT, requiere de cuando menos un agrónomo y un economista agrícola, se apoya en una zonificación del medio, en una encuesta informal y una formal para cuantificar los mecanismos de funcionamiento de los sistemas. Los agricultores se clasifican en grupos homogéneos, según las condiciones edafológicas y climáticas y su situación socioeconómica; se establece para cada grupo, un posible número de innovaciones que posteriormente serán aceptadas por los agricultores. Este procedimiento pone mayor interés a los procesos dinámicos, las relaciones sociales y la historia agraria. Por lo que la tipología que resulta distingue solamente a los "grandes de los "pequeños " agricultores, si tienen ó no acceso al capital (Pillot, 1993).

El diagnóstico participativo de experimentación negociada y planeación, concertada para la acción, utiliza medios de animación colectiva como son: reuniones con productores, cartografía del territorio, etc. Tanto en Europa como en el medio anglosajón, se utilizan estos procesos. De esta manera, el investigador se preocupa por producir un conocimiento y realizar alguna acción. En estos trabajos raramente se encuentran con la intervención de universidades ó instituciones de investigación (Farrington, Ileia, Groupe de Travail Copération Francaise, citado por Pillot, 1993).

2.8.5. La caracterización en los sistemas de producción agropecuaria

Se debe realizar una zonificación, la cuál tiene como objetivo ubicar las potencialidades agro-ecológicas y las limitaciones socioeconómicas que condicionan la diversidad y evolución de los sistemas de producción agrícola. Este trabajo empieza con la recolección de material cartográfico existente como fotografías aéreas ó imágenes de satélite (Dufumier, 1993). Los registros agro-ecológicos en la experimentación agrícola, tienen como objetivo relacionar las condiciones de área ó región donde se quiere aplicar los resultados, ya que la mayoría de la investigación agrícola se basa en el concepto de transferencia por analogía (Hawkins, 1984).

Para describir las condiciones ecológicas se utilizan cartográficos, mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas de vegetación, etc. Estas ayudan a dividir las regiones en zonas relativamente homogéneas de acuerdo a potenciales y limitaciones agronómicas. Además, facilita la obtención de conocimientos básicos sobre el medio rural; además, tiene como propósito: (1) Describir los elementos claves del sistema de producción; (2) Identificar problemas particulares y las prácticas que ofrecen oportunidades de investigación; (3) Entender las causas que conducen a estos problemas; (4) Explorar la viabilidad de las posibles soluciones (Tripp, 1984).

El proceso de identificación de agro-sistemas, comprende las siguientes etapas de recolección de información: (1) Región. Se basa en datos generados por estudios de identificación de zonas agro-ecológicas y agro-económicas; (2) Subregión. Parte de la información se obtiene a través de encuestas. Permite determinar los tipos de productores y sistemas de producción prevalentes. (3) Nivel de rancho agrícola, proviene del análisis de información recabada en encuestas ó entrevista a productores, permite conocer los problemas y limitaciones específicas de la producción (Gil y Caballero, 1986).

Las encuestas deben ser suficientes para abarcar la variabilidad de los resultados económicos. Sitúa los extremos dentro de cada grupo de productores que correspondan a un sistema de producción dado; este grupo se define en función de los criterios económicos que los productores buscan optimizar y su coherencia con respecto a los recursos disponibles. Debido a su cobertura espacial y los pocos recursos que requiere, permite un diagnóstico rápido y el análisis de una realidad agraria. Sin embargo, presenta ciertos límites a la hora de evaluar la representatividad de cada sistema de producción, pero ofrece una base sólida y confiable para lanzar una segunda encuesta estadística que permite evaluar los criterios. Este protocolo resulta ser una herramienta valiosa de diagnóstico, constituye un antecedente indispensable para la realización de cualquier proyecto de desarrollo. Sin embargo, investigadores y extensionistas se interesan más por desarrollar una

técnica de producción que propone acciones de desarrollo de los productores (Orstom, 1983).

Una vez caracterizados los tipos de sistemas de producción, se plantea el problema de conocer su número y cuantificar la importancia relativa de los fenómenos observados. Además, se debe verificar que los resultados obtenidos en los estudios de caso, son realmente características de los diferentes tipos de agricultores; y se pueden extrapolar al conjunto de las explotaciones de igual categoría. Para esto, las encuestas deben considerar un número importante y características que rápidamente se puedan identificar, escogidas entre los elementos estructurales y las variables que más se adecuen a la explicación de las diferencias entre las explotaciones (Dufumier, 1993).

La caracterización de los sistemas de producción debe señalar la diversidad de actividades y técnicas agrícolas utilizadas según los tipos de explotación; además, debe de explicar las diferencias observadas de acuerdo a los medios materiales y financieros de que disponen los productores, considerando los parámetros económicos que desean mejorar bajo las condiciones existentes (Suárez y Escobar, 1986). Por lo tanto, se pueden concebir posibles soluciones adecuadas a la situación de cada tipo de agricultor. Este proceso supone el “estudio de casos”, en el que se estudian los diversos sistemas de cultivo y ganadería utilizados por algunas unidades

de producción previamente seleccionadas al azar, de acuerdo a la tipología obtenida posteriormente al análisis regional.

2.8.5.1. Marco institucional de regionalización de áreas productivas agropecuarias en México.

En el Diario Oficial de la Federación, órgano del gobierno constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, publicado con fecha 16 de julio de 1987. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, publicó el acuerdo por lo que se establecen Distritos de Desarrollo Rural, los cuales comprenden zonas con características ecológicas y socio-económicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, acuícola y agroindustrial bajo condiciones de riego, de temporal y de acuacultura con el objeto de planear, fomentar y promover el desarrollo rural integral. Dentro de los puntos que se refieren a continuación se señalan los más relevantes para el presente estudio:

- Que es evidente que en el territorio nacional existen grandes extensiones donde se realizan o puedan realizarse actividades agropecuarias, forestales, agroindustriales y acuícolas que requieren del apoyo adecuado por parte de las instituciones del sector público.

- Que las obras de infraestructura básica y los servicios tales como la investigación agropecuaria, forestal y acuícola, la asistencia técnica y la capacitación, la organización y el crédito; son factores indispensables para elevar la productividad y el aprovechamiento de la potencialidad de los recursos humanos y naturales de estas zonas.
- Que con criterios de jerarquización económica, pero sin soslayar los problemas que prevalecen, resulta necesaria una programación y realización de acciones concretas y ordenadas en las zonas de riego, drenaje, temporal y acuicultura, para incrementar los factores que determinan los índices de producción y productividad agropecuarias, forestales, acuícolas y agroindustrial; configurando además, un estado general de bienestar económico y social de quienes se dedican a estas actividades.

2. 8.6. Análisis y control de la producción agropecuaria

El análisis y control de los sistemas de producción agropecuaria, se refiere a la programación cronológica de las actividades que debe de utilizarse para obtener los productos agropecuarios. Un diseño adecuado del proceso de producción impacta en el nivel de eficiencia del sistema, logrando un manejo

eficaz de los materiales utilizado (para lo cuál se debe de conocer el principio de manejo eficiente y los costos más bajos); y que además, considere la capacidad operativa del recurso humano y calidad del producto (Hopeman, 1976).

2.8.7. Clasificación climática

Para observar y clasificar el clima se utiliza la agrometeorología; la cuál se encarga del estudio de la adaptación de los cultivos agrícolas al clima y estudia la capa superficial del aire del nivel del suelo hasta una altura aproximada de 5 m (Torres, 1984). También se define como una ciencia que estudia las características físicas del medio en el cuál se efectúa el crecimiento de las plantas y los animales; relaciona el estudio de los procesos físicos en el medio y su utilización e influencia en los procesos concernientes a la agricultura. También analiza los movimientos horizontales y verticales del aire en la atmósfera, y el régimen de humedad y desarrollo de los fenómenos que en ella ocurren, así como la energía solar que reciben las plantas de cultivo y su utilización. Además, busca los métodos para influir en el clima y el estado físico de esta capa como vía para combatir la sequía, los vientos secos y otras condiciones desfavorables. Analiza si las posibilidades de cambiar el estado físico del aire cercano al suelo, con el fin de mejorar el clima en una

localidad y poder crear condiciones favorables para las plantas. Otra tarea importante es en el estudio de aire, balance térmico y humedad de la superficie del suelo; en relación con su composición, relieve, microclimas, latitud y otros factores. También ayuda a tomar medidas agronómicas orientadas a influir en estos procesos, por ejemplo: arrope, laboreo profundo, calentamiento y riego. La agrometeorología busca el desarrollo de sistemas para la delimitación de zonas agroclimáticas y la utilización racional del suelo y el clima de un país.

La radiación solar es un elemento importante del clima debido a que es la fuente principal de energía en la tierra; origina todos los procesos físicos, químicos y demás fenómenos naturales. La diferencia de calentamiento de la tierra y el aire adyacente, por la acción de la radiación solar, producen movimientos en las masas de aire que dan origen a los vientos, también se produce la evaporación del agua, la cual al condensarse, forman las nubes y precipitaciones. También ejerce influencia sobre los procesos fisiológicos fundamentales, ya que regula el desarrollo normal y diferencia los tejidos vegetales, las reacciones de las plantas ante los efectos de la duración del día y la noche (días cortos y largos), determinan su época de floración; por lo tanto, es importante conocer las características regionales y épocas del sistema de producción.

Otro elemento del clima es la temperatura del aire y del suelo; influye en la respiración y transpiración de las plantas y evaporación del agua contenida en el suelo; por lo tanto, controla la germinación de las semillas, el desarrollo vegetal, presencia de insectos plaga ó predadores. En relación a contenido de humedad en el aire (absoluta y relativa), influye en todos los procesos físicos que se efectúan en la atmósfera y el suelo, influye en la transpiración de las plantas como consecuencia del déficit de presión de vapor de agua entre humedad exterior e interior de la planta.

Los macroclimas se refieren a las diferencias climatológicas que presenta el aire desde una altura de dos metros sobre la superficie del suelo, puede abarcar regiones ó provincias. Se consideran las variantes del clima: temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, etc., para formar grupos de climas claramente definidos y fácil de distinguir. No es posible definir zonas climáticas que formen zonas territoriales. Sin embargo, en base a las condiciones de vida de los vegetales se pueden distinguir cierto grupos climáticos, que se sitúan en forma de manchas sobre la superficie terrestre. Köpen tomó como base los dos elementos climáticos principales: temperatura y precipitación pluvial, para establecer lo siguientes grupos:

- Grupo A (tropical húmedo), consta de dos subgrupos: tórrido y lluvioso; ardiente y seco en invierno.

- Grupo B (seco), se divide en: períodos de precipitaciones breves e irregulares y constantemente secos.
- Grupo C (templado húmedo), seco en verano; seco en invierno, abundantes precipitaciones.
- Grupo D (frío húmedo), en invierno con abundantes precipitaciones y seco en invierno (Silverio y Pérez, 1988).
- Grupo E (polar), constante con helada perpetua y sin helada perpetua (Silverio y Pérez, 1988).

Los microclimas, son aquellas características climáticas que se producen en una zona que comprende, desde la superficie terrestre hasta dos metros de altura, que es donde habitan plantas y animales; aquí es donde se producen la mayor alteración de las variables meteorológicas. Esta capa, se calienta durante el día; y por las noches se enfría en forma significativa, por lo tanto, las oscilaciones diarias de temperatura son muy grandes; este gradiente disminuye cuando aumenta la altura sobre el nivel del suelo, relieve y la orientación de la pendiente influyen sobre ella.

El viento presenta la velocidad más baja cuando se producen temperaturas altas durante el día y bajas en la noche; además, ocurren frecuentemente nieblas y rocíos. El calor del suelo influye en las condiciones microclimáticas; en suelos claros la temperatura es menor que en los oscuros, esto se determina por la mayor reflexión en los suelos claros; por lo

tanto, las plantas que crecen en estos suelos reciben mayor iluminación, este efecto contiene rayos ultravioleta que influyen en los procesos bioquímicos de los organismos (Silverio y Pérez, 1988).

Suelo (Foth, 1987), es una palabra que se deriva del latín *solum*, significa piso ó superficie de la tierra. La primera clasificación más antigua se realizó en China hace 4,000 ó 5000 años, se basaba en la capacidad del suelo para producir cosechas, y se utilizó para estimar los impuestos. La definición agronómica lo determina como el medio en el que se desarrolla una planta, con diferentes capacidades de producir una cosecha determinada, lo que hace que se desarrollen diversos usos y prácticas de manejo de ellos. Las propiedades físicas más importantes son: (1) Rigidez ó capacidad de sostén, (2) Drenaje y (3) Capacidad de almacenamiento de humedad, (4) Plasticidad, (5) Facilidad de penetración de las raíces,(6) Aereación, (7) Retención de nutrientes. De estas características se derivan los términos, Textura que es la relación del tamaño las partículas contenidas en un suelo y Estructura, que se refiere a la agregación de las partículas primarias del suelo (arena, arcilla y limo).

En 1980 Dokuchaev (citado por Foth, 1987), sugirió una clasificación genética de los suelos, que fue desarrollada posteriormente por otros investigadores; esta teoría, se basa en que, el suelo tiene una morfología (forma y estructura) definida, y que está relacionada con otros factores de

formación del suelo. Después en E.U.A., se da más importancia a la morfología; se modifica a través de la publicación Soil Taxonomy en 1960 y 1975, En base a esta clasificación se menciona lo relevante para este estudio: (1) Vertisoles, son suelos ricos en arcilla, que se han invertido debido a la alteración de expansión y contracción y los suelos Molisoles, son de las praderas con horizontes superficiales gruesos, suaves de color oscuro,

2.8.8. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática)

Tiene como objetivo proporcionar el servicio público de información, estadística y geografía, en forma eficiente, confiable y oportuna, mediante la capacitación, procesamiento y divulgación de datos para responder a las necesidades de usuarios del sector público, privado y social. Para analizar las características ambientales de una región se puede utilizar la siguiente herramienta elaborada por INEGI:

- Cartografía básica, conjunto de procedimientos que permite reunir, analizar, generalizar y sintetizar datos de la superficie terrestre y presentarla a escala reducida.

- Cartografía censal. Conjunto de mapas y planos diseñados para apoyar actas de censo y encuestas que faciliten la planeación y ejecución de las actividades.
- Carta topográfica. Se elabora utilizando fotografía aérea y sirve para conocer la configuración orográfica e hidrológica de nuestro país.
- Cartografía temática. Presenta en cartas con posición métrica de los recursos naturales del territorio nacional, como son: uso del suelo, edafología, hidrología (Salinas, 1998).

Un análisis realizado en la comunidad Pozo Balderas, Guanajuato, se estudió las relaciones entre productores agrícolas, la tecnología y el ambiente, para el manejo del sistema agropecuario (Morales *et al.*, 1987), ellos utilizaron técnicas para recabar y sistematizar la información (censos, informes, resultados de investigación y cartografía, recorridos de campo y entrevistas). Los resultados determinaron que la tecnología es utilizada por los campesinos como parte de su estrategia de adaptación ante las condiciones del medio ambiente natural, y limitaciones del medio ambiente socioeconómico; se observó que estas últimas presentaron mayor peso en el proceso de selección y adopción de tecnologías externas.

2.8.9. Mercado y comercialización

En la comercialización del sorgo-grano (ASERCA, Apoyos a la Comercialización Agropecuaria, 1988), se observan dos tipos de situaciones: la región productora y la temporalidad del producto. La zona en México que presenta mayor problema es el estado de Tamaulipas; esta producción representa casi el 90% de la cosecha nacional durante el ciclo otoño-invierno. Esta ventaja se reduce debido a su período corto de trilla de 45 días durante los meses de junio y julio.

El período de consumo abarca cuatro meses, los principales centros de consumo, solo compran lo suficiente para consumir los meses de julio, agosto, septiembre y un período corto de octubre, ya que en ese mes se inicia la trilla en los estados de Guanajuato, Jalisco, Morelia, Morelos y Sinaloa, zonas productoras más cercanas, cuya cosecha se realiza en 90 días y en forma escalonada, originando un consumo continuo de las empresas industrializadoras. Por lo que, la producción y el precio de venta del sorgo en el noreste de Tamaulipas, se vean afectados por los costos financieros y almacenaje; originando problemas de rentabilidad a quienes participan en la actividad, ya sea comercializadores ó productores.