

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-
ADMINISTRATIVAS

DISTRIBUCION DEL TRIGO EN MEXICO MEDIANTE EL MODELO DE TRANSPORTE

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESENTA:

ARTURO ROJAS ACOSTA

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO.
NOVIEMBRE DE 2013

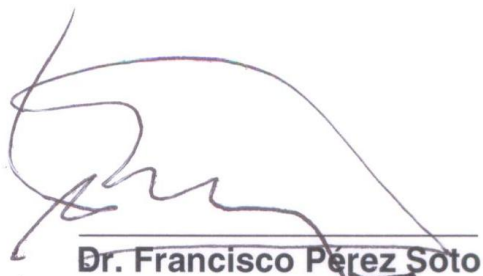


DISTRIBUCION DEL TRIGO EN MEXICO MEDIANTE EL MODELO DE TRANSPORTE

Tesis realizada por el M.C. ARTURO ROJAS ACOSTA bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMIA AGRICOLA

DIRECTOR:



Dr. Francisco Pérez Soto

ASESOR:



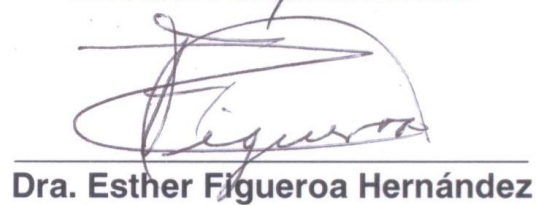
Dr. Marcos Portillo Vázquez

ASESOR:



Dr. Abel Pérez Zamorano

LECTOR EXTERNO



Dra. Esther Figueroa Hernández

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres Sr. Miguel Rojas Zamudio y Sra. María Acosta Aguilera, con cariño recuerdo los ejemplos dignos que me brindaron y ayudaron en mi formación personal y profesional, quienes siempre estuvieron motivando en los momentos más difíciles de mi profesión y confiaron en mi hasta el final. Gracias a ustedes puedo ver alcanzada mi meta.

A mis hermanos: Estela, José, Carmen, Micaela, Martin, María, Martha, Jesús, por su apoyo moral e incondicional; en especial a Miguel por haber fomentado en mí el deseo de superación por su buen criterio, su capacidad de esfuerzo y fortaleza.

A Ofelia: por el cariño especial que nos une y su apoyo incondicional que me brinda motivándome a ser mejor cada día.

A mis hijos: Oswaldo Miguel y Emanuel, siempre son el motivo de ser en mi vida.....gracias a ustedes puedo seguir superando retos día con día para alcanzar nuevos horizontes; cuantas enseñanzas han dejado en mi persona.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de poder cumplir otra meta en mi formación profesional.

De igual manera reafirmo mi mayor agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para finalizar con satisfacción mis estudios doctorales.

Con aprecio al Dr. Francisco Pérez Soto, por su valiosa dirección que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Con gratitud al Dr. Marcos Portillo Vázquez por su excelente conducción que permitió que se materializara este trabajo.

Con especial admiración y respeto por la precisión de sus comentarios al Dr. Abel Pérez Zamorano, por su excelente trato humano y por sus múltiples enseñanzas.

A mis compañeros y colegas de grupo, en especial a Roberto Hernández Navarrete, Octavio Toxqui Tlachino, María Oralia Ramírez Alcocer, David Martínez, Eduardo Cruz, Horacio González por brindarme la oportunidad de formar un equipo de trabajo, franqueza y rigor; gracias por su amistad sincera.

DATOS BIOGRAFICOS

El autor es originario del municipio de Uriangato, Estado de Guanajuato. Cursó sus estudios de bachillerato en el CBTIS Núm. 217 en la misma localidad. Realizó estudios de licenciatura en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo y de Maestría en Economía del Desarrollo Rural en la misma institución; actualmente es candidato a Doctor en Economía Agrícola por el mismo centro de estudios.

Ha impartido diversos cursos, asesorías y capacitación tanto en la iniciativa privada como en la pública, a la vez que ha participado en diversos seminarios y conferencias a nivel nacional.

A partir de 1997 a 1998 se desempeñó como profesionista en el campo del sector agropecuario. Ha dictado diferentes cursos en el área de economía, estadística y matemáticas.

Actualmente es Profesor-Investigador de Tiempo Completo en la Universidad de la Costa del Estado de Oaxaca y jefe de carrera de Ingeniería agroindustrial en la misma institución.

Los principales campos de conocimiento y de interés, son el área de la estadística, econometría, macroeconomía, microeconomía y programación matemática.

DISTRIBUCION DEL TRIGO EN MEXICO MEDIANTE EL MODELO DE TRANSPORTE

DISTRIBUTION OF WHEAT IN MEXICO THROUGH THE TRANSPORT MODEL

Arturo Rojas Acosta¹, Francisco Pérez Soto²

Resumen

El transporte es el movimiento de productos desde el punto donde se localizan, producen o cultivan, hasta el lugar donde se consume, distribuyen o almacenan. El problema del transporte en México radica en la distribución del producto de los centros productores a los centros de consumo, por falta de información oportuna. El objetivo es formular un modelo que optimice la distribución del trigo y minimice el costo de transporte. La herramienta empleada es la programación lineal, utilizando el programa LINDO; para ello se contemplaron treinta y dos estados de la República mexicana; el periodo de estudio es el año 2010 analizando una economía cerrada y un modelo de producción potencial. El valor de la función objetivo que minimiza el costo de transporte es de 3,105,081,000 y de 4,212,687,000 respectivamente. Para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla, se debe distribuir el trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo. Las zonas con mayor producción y que envían todo su volumen son Apizaco, Ciudad Obregón, Chihuahua y Mexicali; Apizaco, Celaya, Ciudad Obregón, Culiacán, Chihuahua y Zacatecas, considerando ambos modelos respectivamente.

Palabras clave: Programación lineal, transporte, optimización, trigo

Abstract

Transportation is the movement of products from the point where they are located, or grown, to where they are consumed, distributed or stored. The problem of transportation in Mexico lies in the product distribution from the production centers to consumption centers, for a lack of timely information. The aim is to formulate a model that optimizes the distribution of wheat and minimize transportation costs. The tool used is linear programming, using the LINDO program; for this, thirty-two states of the Mexican Republic were considered, the study period is in 2010 to analyze a closed economy and a potential production model. The value of the objective function that minimizes the cost of transport is 3,105,081,000 and 4,212,687,000 respectively. So that the optimum cost of the objective function be fulfilled, the wheat should be distributed through the paths chosen by the model. The areas with higher production, which are sending their entire volume, are Tlaxcala, Ciudad Obregon, Chihuahua and Mexicali, Tlaxcala, Celaya, Ciudad Obregon, Culiacan, Chihuahua and Zacatecas, considering both models respectively.

Keywords: Linear programming, transportation, optimization, wheat

INDICE

RESUMEN Y ABSTRACT	vi
INDICE	vii
INDICE DE CUADROS	x
SIGLAS UTILIZADAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2. Justificación e importancia	3
1.3. Planteamiento del problema	5
1.4. Objetivo general	6
1.4.1. Objetivos particulares	6
1.5. Hipótesis general	7
1.5.1. Hipótesis particulares	7
II. EL TRANSPORTE	8
2.1. El concepto de Transporte	8
2.2. Clasificación del transporte	8
2.2.1. Transporte marítimo	8
2.2.2. Transporte aéreo	10
2.2.3. Transporte terrestre	11
2.3. División del autotransporte	12
2.3.1. Transporte privado	12
2.3.2. Transporte público federal de carga	12
2.4. Definición de logística	12
2.4.1. Para qué sirve la logística	13
2.5. Investigación de Operaciones	15
2.5.1. Historia de la Investigación de Operaciones	16
2.6. Programación lineal	17
2.6.1. El problema dual y los precios sombra	18
2.6.2. Interés y posibilidades de la programación lineal	19
2.6.3. Ventajas de la programación lineal	19
2.6.4. Limitaciones en el uso de la programación lineal	20
2.6.5. Componentes de un modelo de programación lineal	21
2.6.6. Suposiciones del modelo de programación lineal	21
2.7. Estructura general de la programación lineal	23

2.7.1. Terminología de los modelos de programación lineal	24
2.8. El método simplex	25
2.9. El problema dual.....	25
2.10. Análisis de sensibilidad	26
2.11. La estructura del transporte	27
III. SITUACION ACTUAL DE LA PRODUCCION DE TRIGO.....	30
3.1. Historia.....	30
3.2. Características fisiológicas y morfológicas	31
3.2.1. Morfología.....	32
3.3. Producción mundial de trigo.....	33
3.4. Importaciones y exportaciones de trigo	37
3.5. Tratado de libre comercio con América del norte	40
3.6. Comercio internacional.....	41
3.7. Tendencia de los precios mundiales.....	44
3.8. Puntos de importación de trigo.....	44
3.9. Puntos de exportación de trigo.....	46
3.10. Producción de trigo en México	49
3.10.1. Trigo de riego y de temporal	54
3.10.2. Características de las áreas productoras de trigo de temporal	58
3.11. Mercado Nacional.....	63
3.11.1. Precio del trigo.....	66
IV. CARACTERISTICAS DEL TRIGO	67
4.1. Tipos y grupos de trigo	67
4.1.1. Habito de crecimiento y respuesta al fotoperiodo.....	68
4.1.2. Ciclo vegetativo	69
4.1.3. Altura de planta	70
4.1.4. Color de la espiga.....	70
4.1.5. Color de grano.....	70
4.1.6. Dureza de grano	71
4.1.7. Presencia de aristas	72
4.1.8. Fuerza del gluten.....	72
4.1.9. Por su uso industrial	73
4.2. Características de calidad industrial	73
4.2.1. Grupo I, variedades de gluten fuerte.....	75

4.2.2. Grupo II, variedades de gluten medio fuerte.....	75
4.2.3. Grupo III, variedades de gluten débil y endospermo suave	76
4.2.4. Grupo IV, variedades de gluten tenaz.....	76
4.2.5. Grupo V, variedades de gluten corto	76
4.3. Criterios de calidad.....	77
4.3.1. Calidad física	78
4.3.2. Calidad molinera.....	80
4.3.3. Calidad en las harinas	80
4.3.4. Calidad reologica de las masas	81
4.3.5. Calidad de panificación	82
4.4. Canales de comercialización.....	82
4.5. Capacidad instalada y ocupada de la industria molinera	90
V. MATERIALES Y METODOS	93
VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	95
6.1. La función objetivo.....	95
6.2. Rutas seleccionadas	95
6.2.1. Costo de oportunidad	100
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
7.1. Conclusiones	102
7.2. Recomendaciones.....	103
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
IX. ANEXOS	105
9.1. Anexo A. Modelo de transporte de trigo para una economía cerrada	105
9.2. Anexo B. Modelo de transporte de trigo con producción potencial	108
9.3. Anexo C. Oferta y demanda de trigo por entidad federativa	111
9.4. Anexo D. Estados oferentes de trigo para una economía cerrada.....	112
9.5. Anexo E. Estados demandantes de trigo para una economía cerrada.....	113
9.6. Anexo F. Matriz de distancias de las zonas oferentes a las zonas demandantes para el modelo de producción potencial	114
9.7. Anexo G. Oferta y demanda de trigo con producción potencial	115
9.8. Anexo H. Estados oferentes de trigo con producción potencial.....	116
9.9. Anexo I. Estados demandantes de trigo con producción potencial	116
9.10. Anexo J. Matriz de distancias de las zonas oferentes a las zonas demandantes para el modelo de economía cerrada.....	117
9.11. Anexo K. Salida de resultados para el modelo de una economía cerrada.....	118
9.12. Anexo L. Salida de resultados para el modelo de producción potencial	130

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de trigo a nivel mundial, 2012	35
Cuadro 2. Principales países consumidores de trigo en el mundo, 2011/2012 (Miles de Toneladas)	36
Cuadro 3. Importaciones de granos a nivel mundial, 2010	37
Cuadro 4. Principales países importadores de trigo a nivel mundial, 2010	38
Cuadro 5. Principales países exportadores de trigo, 2010	39
Cuadro 6. Importaciones de trigo de Canadá y E.U.A.	41
Cuadro 7. Proyecciones de oferta y demanda mundial de trigo para el ciclo 2011/2012 (Millones de toneladas métricas)	43
Cuadro 8. Importación de trigo por punto de entrada y país de origen. 2008-2010	45
Cuadro 9. Exportación de trigo por país de destino y punto de salida	47
Cuadro 10. Consumo de trigo y destino	48
Cuadro 11. Producción nacional de trigo, por año agrícola (Toneladas)	51
Cuadro 12. Producción, importación y exportación de trigo en México (Miles de Toneladas)	52
Cuadro 13. Estados productores, superficie sembrada, rendimiento y precio medio rural, 2011	53
Cuadro 14. Principales estados productores, superficie sembrada, cosechada, rendimiento y precio medio rural, 2011	54
Cuadro 15. Trigo bajo riego, 2008-2011	56
Cuadro 16. Trigo de temporal. Superficie sembrada, cosechada, producción, valor, rendimiento y precio, 2008-2011	57
Cuadro 17. Características de altitud, temperatura, precipitación y tipo de clima de localidades productoras de trigo de temporal	60
Cuadro 18. Precio del trigo nacional pagado al productor año agrícola (\$/T)	66
Cuadro 19. Molienda en Ton. Por empresa en México	87
Cuadro 20. Capacidad instalada y capacidad ocupada de la industria molinera de trigo, 2012	91
Cuadro 21. Comportamiento de la Industria molinera, 2007	92
Cuadro 22. Zonas productoras Tipo I	96
Cuadro 23. Rutas de distribución de las zonas productoras Tipo I	97
Cuadro 24. Zonas Productoras Tipo II	99
Cuadro 25. Rutas de distribución de las zonas productoras Tipo II	100

SIGLAS UTILIZADAS

AACC	Asociación Americana de Químicos Cerealeros
CANIMOLT	Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Por sus siglas en Ingles, Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
LINDO	Optimización Lineal Discreta e Interactiva (Por sus siglas en ingles Linear Interactive Discrete Optimization)
SIACON	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SHyCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El transporte es el movimiento de personas, mercancías o productos desde el punto donde se localizan, producen o cultivan, hasta el lugar donde se consume, distribuyen o almacenan. Este desempeña un papel vital en la vida social, económica y política del mundo y de las naciones o comunidades. Las empresas de transporte, sean de propiedad pública o privada existen para servir al público en forma directa y como parte integral de la distribución, proceso y manufactura de productos. La mayor utilidad que produce es el costo que se agrega a la mercancía por el hecho de moverla de su lugar de producción o a lugares donde falta. Sin los actuales sistemas de transporte las mercancías no podrían llegar a los centros de consumo y la escasez aumentaría su valor.

El transporte permite que grandes núcleos de población distribuidos en zonas muy extensas dispongan en abundancia de productos (Mercado, 1994:189,190).

El trigo es consumido por la industria de la molienda; es decir, la industria productora de harina de trigo y ésta a su vez por las industrias del pan, productos horneados, pastas alimenticias, cereales para desayuno y botanas (FIRA, 2008).

Numerosos trabajos se han desarrollados en cuanto a la modelación de costos de transporte para diferentes productos agropecuarios, entre ellos caben destacar los siguientes:

Se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue estimar el valor económico del agua para riego de bombeo y gravedad para dar recomendaciones de política que contribuyan a hacer un uso más eficiente del recurso en el sector agrícola de la Comarca Lagunera. Hace uso de los conceptos de precio sombra y productividad marginal para estimar el valor económico del agua de riego. Dichos conceptos los calcularon con dos modelos:

a) Un modelo de programación lineal que asigna recursos escasos (mano de obra, tierra y agua) entre distintas actividades y b) una función de producción que relaciona el beneficio neto de la producción agrícola con el volumen de agua de bombeo y gravedad. Los resultados del modelo de programación lineal indican que si los recursos disponibles se usarán de manera óptima, el ingreso de los productores sería superior en 17% al ingreso que se obtiene utilizando el patrón actual de cultivos (Godínez, et al. 2007:51-59).

Otro estudio utiliza un modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades especificadas por planeadores de una empresa manufacturera que consistió en órdenes de trabajo de una sola operación, además se catalogó dentro del tipo de máquinas multipropósito. Las prioridades no estuvieron basadas en la velocidad de las máquinas; ya que ésta característica no fue significativa en este caso, sino más bien en las características técnicas de la máquina que la hacen idónea para llevar a cabo un trabajo dado con calidad y con los mejores ajustes. El modelo proporciona una tabla óptima de asignación de trabajos sin hacer una inversión de un

software especializado ya que funciona en base a los requerimientos especificados al utilizarse Premium Solver de Excel (Medina et al, 2007:52-54).

1.2. Justificación e importancia

Para el año 2011 se tuvo una superficie sembrada de 714,864 hectáreas de trigo a nivel nacional, obteniendo una producción de 3,627,510 toneladas de grano, con un valor que ascendió a 13,043,285,282 pesos; de igual modo destaca la importancia del rendimiento por hectárea, ya que para el mismo periodo fue de 5.48 ton/ha a nivel nacional (Siacon, Sagarpa, 2011).

Un aspecto importante de este estudio es la distribución óptima de la producción obtenida de los centros oferentes a los centros demandantes, para que ésta se lleve a cabo, se aplica como técnica la programación lineal a través de un modelo de transporte. Un modelo de programación lineal está compuesto de tres partes, una función objetivo, un conjunto de restricciones y un conjunto de desigualdades. La estructura del transporte se expresa suponiendo que “ m ” orígenes tienen que surtir a “ n ” centros de consumo con un cierto producto. La capacidad de oferta del origen “ i ” es a_i ($i=1, \dots, m$) y la demanda en el centro consumo “ j ” es b_j ($j=1, \dots, n$). Se supone que c_{ij} es el costo de enviar una unidad del producto del origen “ i ” al centro de consumo “ j ” ($i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$). El problema se reduce a determinar cuántas unidades del producto deben enviarse del origen “ i ” al centro de consumo “ j ”, tal que minimicen los costos totales de distribución, se satisfaga la demanda del centro de consumo “ j ” y no se exceda la capacidad de oferta del origen “ i ”. La investigación de operaciones es un método que permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen

un sistema, dado un objetivo específico. Ésta se utiliza en tres tipos de problemas, determinísticos, con riesgo y bajo incertidumbre. Los problemas determinísticos son aquellos en los que cada alternativa del problema tiene una y solo una solución. Como hay varias alternativas, hay también varias soluciones, cada una con una diferente eficiencia y/o efectividad asociada a los objetivos del sistema. Por lo tanto, existe el problema de decisión. Los problemas con riesgo son aquellos en los que cada alternativa del problema tiene varias soluciones. Cada solución puede ocurrir con una cierta probabilidad. La distribución de estas probabilidades se conoce o se puede estimar. Los problemas bajo incertidumbre son aquellos en los que cada alternativa del problema, tiene varias soluciones. Sin embargo se ignora con que probabilidad o distribución probabilística ocurrirán estas soluciones (Prawda, 1999:3, 33).

La programación lineal es una metodología que se utiliza en la solución de problemas en los que se desea maximizar o minimizar una función lineal de una o más variables, llamada función objetivo, sujeta a ciertas limitaciones (restricciones) que se pueden representar como desigualdades o igualdades de funciones lineales de las variables (Bueno de Arjona, 1987:11).

Se aplica exitosamente en el ejército, la agricultura, la industria, la transportación, la economía, los sistemas de salud e incluso, en las ciencias conductuales y sociales. El modelo de transporte es una clase especial de problema de programación lineal. Trata la situación en la cual se envía un bien de los puntos de origen a los puntos de destino. El objetivo es determinar las

cantidades enviadas desde cada punto de origen hasta cada punto de destino, que minimicen el costo total del envío, al mismo tiempo que satisfagan tanto los límites de la oferta como los requerimientos de la demanda. El modelo supone que el costo de envío en una ruta determinada es directamente proporcional al número de unidades enviadas en esa ruta (Taha, 1997:165).

Por otro lado, el segundo grano más importante en México, el trigo principalmente se destina al consumo humano, y los productos finales más importantes son pan, productos horneados (galletas, pastel, pizzas, etc.), pastas, cereales para desayuno, botanas y tortilla; para obtener estos productos la primer fase que se realiza es la producción de harina mediante el proceso de molienda (FIRA, 2008).

La importancia de esta investigación, radica en encontrar el plan óptimo de transporte para el abasto de este grano, con el fin de encontrar las rutas óptimas de distribución que evite costos innecesarios, empleando la programación lineal a través del modelo de minimización de costos de transporte.

1.3. Planteamiento del problema

El trigo es uno de los principales granos empleados para la alimentación, el cual junto con el maíz y el arroz, se producen en una gran cantidad de países. Después del maíz, el trigo es muy importante para la dieta alimenticia del pueblo mexicano, pues es la base para la elaboración de productos que consume en grandes volúmenes tales como pan, tortillas, pasteles y galletas.

La producción agrícola nacional tiene dos ciclos de cultivo claramente definidos por las condiciones agroclimáticas, las cuales no se ajustan a las demandas de la industria pecuaria y alimentaria, lo que provoca en la práctica, la presencia de picos de producción con una oferta que logra exceder la demanda por algunos espacios temporales en el año, y grandes vacíos con disponibilidad de granos por debajo de la demanda. Estas “lagunas” o “vacíos” son cubiertos mediante importaciones (FIRA, 2008:49).

El problema del transporte en México radica en la distribución del producto de los centros productores a los centros de consumo, a consecuencia de la falta de información eficaz y oportuna. Esta falta de información limita a los productores a ofrecer sus productos en lugares adecuados, haciendo que la mayoría de las ocasiones el producto recorra grandes distancias cuando puede venderse en un lugar más cercano incrementando así la utilidad al disminuir los costos de transporte. Este problema cobra importancia en la medida en que representa un gran porcentaje de los costos de comercialización.

1.4. Objetivo general

Aplicar un procedimiento metodológico para formular un modelo de optimización de la distribución del trigo en México, que permita minimizar el costo de transporte.

1.4.1. Objetivos particulares

- Identificar las principales áreas productoras en el país, volumen de producción, así como las áreas consumidoras y el volumen demandado.

- Identificar la magnitud del déficit o superávit que se tiene en cada una de sus áreas.
- Calcular las distancias recorridas para transportar el trigo de cada origen a cada uno de los destinos.
- Formular un modelo de distribución del producto que minimice el costo de transporte, identificando qué cantidades de producto enviar de cada centro productor a cada centro de consumo.

1.5. Hipótesis general

La producción nacional del trigo no está planeada de acuerdo a las necesidades de la demanda.

1.5.1. Hipótesis particulares

- La distribución de la producción se realiza de manera deficiente, generando aumento en el precio final del producto.
- Se puede tener una mejor planeación en la producción y distribución nacional de trigo, identificando los lugares mejor ubicados para la producción de éste.
- Las políticas gubernamentales de apoyo a la producción tendrán mejor sustento al conocer el efecto del costo de transporte al planear la producción y conociendo las cantidades demandadas en los centros consumidores y la forma más económica de la distribución del producto.

II. EL TRANSPORTE

2.1. El concepto de Transporte

Este es definido en distintas acepciones, se considera como un medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hasta otro; o bien, es el movimiento de personas, propiedades o productos desde el punto donde se localizan, producen o cultivan, hasta el lugar donde se consume, distribuyen o almacenan. Este desempeña un papel vital en la vida social, económica y política del mundo y de las naciones o comunidades (Mercado, 1994:189).

2.2. Clasificación del transporte

Existen diferentes clasificaciones del transporte, atendiendo al medio físico en que se desarrolla, puede clasificarse en marítimo, aéreo o terrestre.

2.2.1. Transporte marítimo

El transporte marítimo de mercancías ha mantenido un papel preponderante en el comercio a lo largo de la historia de la humanidad y previsiblemente se mantendrá así por muchos años. Es el medio del transporte más económico y con las tecnologías actuales se ha hecho muy versátil. La historia de la navegación podría haber visto sus inicios hace más de cinco mil años cuando surgieron los primeros buques pequeños de fondo plano para navegar en las costas del Mediterráneo y Medio Oriente. Transportaban diferentes productos que se intercambiaban en esa época, seguramente textiles, especias y alfarería entre otros. La contribución de la tecnología en el diseño y la construcción de buques, sistemas de propulsión, la invención de herramientas de navegación y

el conocimiento de la ciencia náutica permitieron a los navegantes salir del Mediterráneo y entrar a los océanos Atlántico e Indico, para más tarde llegar a costas de América y la cuenca del Pacífico, abriéndose los horizontes del comercio mundial.

Según datos arqueológicos, los mayas fueron los primeros en surcar los mares, ríos y lagunas de México y tras un largo proceso de experimentación, no solo fueron capaces de construir embarcaciones eficientes, sino también desarrollaron un complejo sistema de navegación.

Las fuentes históricas del tiempo de la conquista española indican que los mayas tenían una amplia red de rutas marítimas comerciales, que se extendían desde Veracruz hasta Honduras. Por lo general eran navegantes costeros y siempre que ello era posible, aprovechaban rutas protegidas por bahías y arrecifes (Ruiz, 2007:47).

Un elevado porcentaje de la mercancía mexicana se transporta por vía marítima. La importancia que tiene para México el transporte marítimo es mayor de lo que se cree, alrededor de la mitad de la carga global de su comercio exterior (exportación e importación) se mueve por este medio (Mercado, 1994:190).

La navegación en nuestro país se clasifica en tres categorías:

a) Interior. Dentro de los límites de los puertos o en aguas interiores mexicanas, como lagos, lagunas, presas, ríos y demás cuerpos del mar territorial, de agua tierra adentro, incluidas las aguas ubicadas dentro de la línea base del mar.

b) De cabotaje. Operación entre puertos o puntos situados en zonas marinas mexicanas y litorales mexicanos.

c) De altura. Entre puertos o puntos localizados en territorio mexicano o en las zonas marinas mexicanas y puertos o puntos situados en el extranjero, así como entre puertos o puntos extranjeros (Ruiz, 2007:68).

Dentro del mundo marítimo los países en desarrollo participan con el 50% de todas las exportaciones marítimas y con el 31% de las importaciones, sin embargo, poseen menos del 20% de la flota mundial. En cambio, los países desarrollados generan el 40% de las exportaciones y el 62% de las importaciones pero operan el 73.8% de toda la flota mundial (Ruiz, 2007:59).

2.2.2. Transporte aéreo

México cuenta con amplio servicio de transporte aéreo que, por su rapidez y por los lugares que conecta, permite tenerlo en cuenta como medio eficaz para exportar diversos productos, particularmente de los que requieren un envío rápido y los que, por su densidad económica, pueden absorber los fletes aéreos que, aun cuando son más caros que los marítimos, tienden a reducirse día con día (Mercado, 1994:191).

El transporte por avión ayuda a vencer los principales obstáculos que han impedido el avance de muchos exportadores potenciales, ya algunos de ellos se encuentran apartados de las principales rutas comerciales, mal provistos de servicios marítimos, o muy retirados de mercados importantes (Mercado, 1994:191).

La rapidez es la principal ventaja del transporte aéreo, pudiendo así ampliar el número de mercados en que opera el exportador, procurándole ventas adicionales mediante rápidos reajustes a las variaciones de la demanda y aumento en su capacidad para hacer frente a la competencia, pues reduce el tiempo que tarda la mercancía en llegar del exportador al consumidor (Mercado, 1994:192).

2.2.3. Transporte terrestre

El transporte de mercancías por carretera, juega un papel importante en las exportaciones mexicanas. La situación geográfica de los principales centros de producción se localiza en zonas distantes de puertos y fronteras del norte y sur de México. El autotransporte, aunque tiene una menor capacidad de arrastre, y es más caro que el ferrocarril, cada día se utiliza más para el desplazamiento de artículos exportables debido a las deficiencias del servicio y la irregularidad de los horarios con que trabaja los ferrocarriles nacionales (Mercado, 1994:196).

El transporte ferroviario

Otro tipo de transporte para la exportación es el ferrocarril, el cual está perfectamente adaptado para largos recorridos y además presenta varias clases de servicios, según la cantidad, peso o volumen que se desee exportar; no obstante los muchos servicios que prestan los ferrocarriles, la realidad del mercado es que el transporte aéreo, por carretera y acuático, irán desplazando cada vez más al ferrocarril (Mercado, 1994:204).

2.3. División del autotransporte

El servicio del autotransporte de carga en México se divide en dos categorías

2.3.1. Transporte privado. Trabaja para sus propias necesidades, utiliza sus vehículos para transportar únicamente lo que produce, de tal manera que el transporte representa una actividad más para la empresa. El exportador envía sus artículos a la frontera o los puertos con sus propias unidades de carga, obteniendo la autorización de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Es decir, debe registrar sus unidades como de servicio de carga particular (Mercado, 1994:197).

2.3.2. Transporte público federal de carga. Es aquel que tiene permiso del gobierno federal para transitar por caminos nacionales. Cuando existe una compañía de transporte de carga que opera del punto de expedición de las mercancías hasta el lugar de arribo, solo se utilizara esa línea. Pero como las empresas de autotransporte tienen rutas específicas y no deben salirse de ellas, en ocasiones el exportador, necesita a recurrir a dos o más empresas para que la mercancía llegue a la aduana o puerto de destino (Mercado, 1994:197).

2.4. Definición de logística

Con el desarrollo y aplicación de la ciencia al transporte, esta actividad pasó a formar parte de la logística; La primera vez que se utilizó el término de “logística” fue cuando un oficial del ejército de Napoleón resumió en la palabra “logistique” las tareas necesarias para acuartelar las tropas, suministrar

municiones para las armas y conseguir alimento tanto para los soldados como para los caballos.

La logística es el proceso de planeación, instrumentación y control eficiente y efectivo en costo del flujo y almacenamiento de materias primas, de los inventarios de productos en proceso y terminados, así como del flujo de la información respectiva desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de cumplir con los requerimientos de los clientes. De esta forma la logística en si es un proceso de procesos que engloban actividades e información entre sus ejecutantes (Ruiz, 2007: 31,32).

Esta se encarga de la gestión de stocks. El transporte se debe adecuar a la logística, por lo que cada empresa tendrá su política de logística.

Se entiende por logística el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución.

La logística es fundamental para el comercio, las actividades logísticas conforman un sistema que es el enlace entre la producción y los mercados que están separados por el tiempo y la distancia.

2.4.1. Para qué sirve la logística

Los procesos productivos han alcanzado estándares de eficiencia y calidad, que hoy en día se dan por descontado en los mercados globales. Las mercancías cumplen con las exigencias del consumidor, independientemente de su

ubicación. La logística sirve para hacer eficientes los costos de inventarios en la red de producción y distribución, sin ella, se pueden efectuar muchos procesos pero no se tendrá la certeza de realizarlos de la manera más eficiente. Los sistemas logísticos proporcionan el puente eficiente e indispensable entre las áreas de producción y los mercados separados por el tiempo y la distancia. Para determinar si la logística estuvo adecuadamente aplicada a un proceso o conjunto de procesos, siempre se tendrá como resultado un ahorro en costos o bien una mayor productividad con los mismos recursos (Ruiz, 2007:34).

Así entonces, esta permite aplicar procesos que lleven a las empresas a costos cada vez más eficientes y efectivos, impactando positivamente la rentabilidad de las empresas. El análisis de las diferentes opciones basado en costos/tiempo permite al empresario o bien al transportista seleccionar la ruta y las condiciones que mejor se adapten a su producto y a las necesidades tanto comerciales como industriales en cada caso.

La meta es la maximización de utilidades y se logra a través de las siguientes estrategias:

Minimizando los costos, o sea, reducir los costos variables asociados al movimiento y almacenaje de los bienes. La mejor estrategia es usualmente formulada mediante la evaluación de las alternativas de acciones como escoger entre diferentes ubicaciones de los almacenes o seleccionar entre alternativas de modos de transporte; minimizando el capital, o sea, reducir el nivel de inversiones en el sistema logístico; mejorando el servicio, estas estrategias

reconocen que los ingresos dependen del nivel de servicios logísticos provistos (Ruiz, 2007:36).

2.5. Investigación de Operaciones

Cualquier teoría económica es necesariamente una abstracción del mundo real. Entre otras cosas, porque la inmensa complejidad de la economía imposibilita comprender a la vez todas las interrelaciones; y tampoco, para el caso, todas estas interrelaciones son de igual importancia para la comprensión del fenómeno económico particular de estudio. Esta clase de marco analítico simplificado de forma deliberada se llama modelo económico, puesto que solo es una estructura o representación aproximada de la economía real. Un modelo económico es simplemente un marco teórico, y no hay razón inherente de por qué debe ser matemático. Sin embargo, si el modelo es matemático, por lo general consistirá en un conjunto de ecuaciones diseñadas para describir la estructura del modelo. Al relacionar cierta cantidad de variables entre sí en ciertas maneras, estas ecuaciones dan forma matemática al conjunto de suposiciones analíticas adoptadas (Chiang y Wainwright, 2006:5).

La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización (Prawda, 1999:20).

La investigación de operaciones es la aplicación de la metodología científica a través de modelos, primero para representar al problema real que se quiere

resolver en un sistema y segundo para resolverlo. Los modelos que utiliza son matemáticos y toman la forma de ecuaciones. Los modelos matemáticos de decisión permiten calcular los valores exactos o aproximados de las componentes controlables del sistema para que pueda comportarse mejor, de acuerdo con ciertos criterios establecidos (Prawda ,1999:20).

2.5.1. Historia de la Investigación de Operaciones

Los inicios de lo que hoy se conoce como Investigación de Operaciones se remonta al año 1759 cuando el economista Quesnay empieza a utilizar modelos primitivos de programación matemática. Más tarde, otro economista de nombre Walras, hace uso, en 1874, de técnicas similares. Los modelos lineales de la Investigación de Operaciones, tienen como precursores a Jordan en 1873, Minkowsky en 1896 y a Farkas en 1903. Los modelos dinámicos probabilísticos tienen su origen en Markov a fines del siglo pasado (Prawda, 1999:23).

El desarrollo de los modelos de inventarios, así como el de tiempos y movimientos, se lleva a cabo por los años veinte de este siglo, mientras que los modelos de línea de espera se originan con los estudios de Erlang, a principios del siglo XX. Los problemas de asignación se estudian con métodos matemáticos por los húngaros Konig y Egervary en la segunda y tercera décadas de este siglo. Los problemas de distribución se estudian por el ruso Kantorovich en 1939. Von Neuman cimienta en 1937 lo que años más tarde culminará como la Teoría de Juegos y la Teoría de Preferencias (esta última desarrollada en conjunto con Morgenstern). Hay que hacer notar que los modelos matemáticos de la Investigación de Operaciones que utilizaron estos

precursores estaban basados en el Cálculo Diferencial e Integral (Newton, Lagrange, Laplace, Lebesgue, Leibnitz, Reimman, Stieltjes, por mencionar algunos), la Probabilidad y la Estadística (Bernoulli, Poisson, Gauss, Bayes, Gosset, Snedecor, etc.).

No fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial, cuando la Investigación de Operaciones empezó a tomar auge (Prawda, 1999:23).

2.6. Programación lineal

La programación lineal es una metodología que se utiliza en la solución de problemas en los que se desea maximizar o minimizar una función lineal de una o más variables, llamada función objetivo, sujeta a ciertas limitaciones (restricciones) que se pueden representar como desigualdades o igualdades de funciones lineales de las variables (Bueno, 1987:11).

Es un método de planificación que es a menudo muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas (Ocaña, 1984:7).

La programación lineal representa uno de los avances más importantes en la teoría de la producción en los últimos 30 o 35 años. Es una técnica matemática para resolver problemas de maximización o minimización cuando existe más de una restricción.

En los problemas de programación lineal, la función que debe optimizarse se le conoce como la función objetivo. Esto incluye por lo general la maximización de

la ganancia o la minimización del costo. Las restricciones se determinan mediante las desigualdades que señalan las cantidades máximas y específicas que se pueden utilizar de algunos insumos, o algunos requisitos mínimos que deban satisfacerse. También existen restricciones para impedir valores negativos en la solución.

Los pasos para solucionar en forma gráfica los problemas de programación lineal son:

Expresar los datos del problema en forma de ecuaciones o desigualdades.

Tratar como ecuaciones las restricciones de desigualdad y presentarlas en forma gráfica para determinar la región de soluciones factibles.

Graficar la función objetivo como una serie de líneas paralelas que se refieren a los diferentes niveles del objetivo.

Determinar la solución óptima, que se encontrará donde un punto extremo o un punto de esquina de la región de soluciones factibles toque la línea de isogranancia mas alta o la línea de isocosto más baja.

2.6.1. El problema dual y los precios sombra

Todo problema de programación lineal conocido como el problema principal tiene su problema correspondiente denominado el problema dual. Así entonces, si el problema principal es la maximización de las ganancias, su problema dual es la minimización del costo y viceversa. Las soluciones para problema dual son los precios sombra. Estos dan el cambio en el valor de la función objetivo por un cambio unitario en cada restricción. Por ejemplo, el precio sombra en un

problema de maximización de ganancias indica cuanto aumentarían las ganancias por aumento unitario en la utilización de cada insumo. Por lo tanto, los precios sombra proporcionan el valor marginal imputado o el valor de cada insumo para la empresa. Si un insumo en particular no se emplea por completo, su precio sombra es cero porque el aumentar este insumo no produciría cambios en las ganancias. Una empresa debe tratar de ampliar la utilización de un insumo mientras el valor marginal o su precio sombra exceda el costo adicional de contratar el insumo (Salvatore, 2007:214,217).

2.6.2. Interés y posibilidades de la programación lineal

La programación lineal es una técnica de la matemática aplicada que aborda problemas de optimización, ya sea de maximizar o minimizar, de una determinada función lineal, tal que se cumplan ciertas relaciones, también lineales, sujetas a unas limitaciones (Marotto, 1996:23).

En efecto, la programación lineal es un modelo matemático y como tal es una simplificación de la realidad, lo que exige un gran rigor en el planteamiento de las relaciones seleccionadas; pero si este es correcto, permite efectuar predicciones y/o aproximaciones, imposibles de conseguir con otros métodos.

2.6.3. Ventajas de la programación lineal

La explotación agrícola dispone de un conjunto de mano de obra, capital y tierra que puede ser dedicado a numerosos cultivos o producciones ganaderas. Cada elemento puede ser aplicado en distintas posibilidades de producción. La principal ventaja de la programación lineal como método de planificación no es

tanto la conducción a un plan esquemático y sencillo, sino la consecución de un método para analizar una variedad de decisiones alternativas (Marotto, 1996:35).

2.6.4. Limitaciones en el uso de la programación lineal

Los aspectos del proceso de planificación en los cuales los esfuerzos de programación no ayudan y las áreas en las cuales su uso está sujeto a importantes limitaciones, son las siguientes:

a) La programación lineal no puede ayudar al dirigente en la determinación de la expectativa de precios. El proceso solo puede indicar la mejor manera para usar los recursos una vez que el juicio de los futuros precios ha sido hecho. Un plan basado en unos precios que retrospectivamente se demuestran como muy bajos puede hacer que sea menos aprovechable de lo que sería uno basado en unas mejores perspectivas de precios.

b) Ofrece poca ayuda en la estimación de las relaciones entre las entradas y las salidas. El método puede solo especificar el tipo y la cantidad de datos necesarios.

c) El proceso de programación actúa como si el precio y las expectativas de entradas y salidas fueran igualmente seguras para todos los productos de la explotación. Como consecuencia, todas las empresas se tratan como si todos ellos actuaran sin riesgo.

d) Uno de los hechos que se asumen en la programación lineal es que cada unidad adicional de producto requiere la misma cantidad de entradas.

e) Las actividades que encierran costos decrecientes no pueden ser tratadas adecuadamente con los métodos de programación actuales (Ocaña, 1984:13).

2.6.5. Componentes de un modelo de programación lineal

Un modelo no es más que la representación matemática de un problema real, descrito a través de las variables, la función objetivo y las restricciones (Maroto, et al). La formulación de un modelo de programación lineal, se conforma por los siguientes elementos:

Variables. Las variables representan aquellos aspectos que son controlables. En programación lineal se asume que las variables pueden tomar cualquier valor real (Marotto, 1996:46).

La función objetivo, que tratará de maximizar o minimizar dicha función.

Las restricciones o las limitaciones que se tendrá en cuanto a los recursos (Rojas, 2001:35)

2.6.6. Suposiciones del modelo de programación lineal

Proporcionalidad

La contribución de cada actividad al valor de la función objetivo Z es proporcional al nivel de actividad x_j , como lo representa el término $c_j x_j$ en la función objetivo. De manera similar, la contribución de cada actividad al lado izquierdo de cada restricción funcional es proporcional al nivel de la actividad x_j , en la forma en que lo representa el término $a_{ij} x_j$ en la restricción. En consecuencia, esta suposición elimina cualquier exponente diferente a uno para

las variables en cualquier término de las funciones (ya sea la función objetivo o la función en el lado izquierdo de las restricciones funcionales) en un modelo de programación lineal (Arreola J, 2003:14).

Aditividad

Establece que la entrada y salida de un recurso en particular al conjunto de actividades, deben ser la misma cantidad; o sea, que las actividades transforman los recursos y no los crean o destruyen. Esta suposición garantiza que la contribución total tanto a la función objetivo como a las restricciones, es igual a la suma de las contribuciones individuales. Cuando en un problema dado no se tenga la aditividad puede recurrirse al empleo de otras técnicas de la programación matemática, dependiendo de cada caso en particular.

Cada función en un modelo de programación lineal (ya sea la función objetivo o el lado izquierdo de las restricciones funcionales) es la suma de las contribuciones individuales de las actividades respectivas (Arreola, 2003:14,15).

Divisibilidad

Las variables de decisión en un modelo de programación lineal pueden tomar cualquier valor, incluyendo valores no enteros, que satisfagan las restricciones funcionales y de no negatividad. Así, estas variables no están restringidas a sólo valores enteros. Como cada variable de decisión representa el nivel de alguna actividad, se supondrá que las actividades se pueden realizar a niveles fraccionales (Arreola, 2003:15).

2.7. Estructura general de la programación lineal

La programación lineal es una técnica matemática que permite resolver problemas del tipo siguiente: determinar los valores de las variables $X_1, X_2, \dots, X_n$, con el objetivo de optimizar una determinada función y tal que se verifiquen otro conjunto de ellas, todas lineales por definición. Los problemas de programación lineal pueden expresarse de la manera siguiente:

- Obtener los valores de $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$

Con el objetivo de optimizar (maximizar o minimizar) la función:

- $f(X) = Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_jX_j + \dots + C_nX_n$
- Tales que se cumplan:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2j}X_j + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

.....

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ij}X_j + \dots + a_{in}X_n \leq b_i$$

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mj}X_j + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

Y además que:

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

Todo ello expresado en forma matemática, quedaría un sistema de la estructura siguiente:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b; i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

Es importante conocer la expresión de este sistema en forma matricial porque es a través de la teoría de las matrices como se plantean los algoritmos matemáticos más corrientes de resolución de estos modelos de programación lineal.

2.7.1. Terminología de los modelos de programación lineal

La terminología dependerá de cada problema concreto, dada la diversidad de tipos sobre los que se aplica el modelo de programación lineal, existen una serie de términos que caracterizan una forma más habitualmente utilizada para referirse a los distintos elementos y componentes de esta clase de problemas.

Esta terminología es la siguiente:

Z: Función objetivo o función económica a maximizar o minimizar

$\sum a_{ij}x_j$: Restricción o línea i (recurso, factor, etc.)

x_j : Variable o columna j (actividad, producto, etc.)

a_{ij} : Coeficientes o parámetros técnicos, de la variable j en la restricción i (v.gr.: cantidad de recurso i necesario para producir una unidad de producto j ; rendimiento del factor i en la actividad j ; etc.)

b_i: Limite o valor de la restricción (v.gr.: disponibilidad de recurso o factor, etc.)

C_j: Coeficientes de la variable j en la función objetivo

2.8. El método simplex

El método simplex siempre empieza en una solución básica factible y después trata de encontrar otra solución básica factible que mejorará el valor del objetivo. Esto es posible solo si un incremento en una variable cero actual (no básica) conduce a un mejoramiento del valor objetivo (Taha, 1998:74).

El método simplex fue desarrollado separadamente por Dantzing, Marshall Wood y sus asociados del departamento de la Fuerza Aérea de Estados Unidos y por L. V. Kantorovich en Rusia. Se basa en el hecho de que el óptimo de un problema de programación lineal siempre deberá ocurrir en un punto extremo debido a la linealidad y convexidad de las restricciones; de ahí que basta analizar los puntos extremos para conocer el punto que produce el óptimo. El método se inicia en un punto extremo factible (en muchos casos el origen es un punto factible) y se mueve a otro punto extremo factible adyacente que incremente la función objetivo. Cuando no es posible moverse a otro punto adyacente mejorando la función objetivo, se ha alcanzado el óptimo (Taha, 1998:75).

2.9. El problema dual

El problema de programación lineal.

Maximizar $z = cx$

Sujeta a $Ax \leq b$

$x \geq 0$, que se puede reescribir como:

Maximizar $z = cx$

Sujeta a $y = A(-x) + b \geq 0$

$$\text{ó } y_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}(-x_j) + b_j \geq 0 \quad \dots\dots\dots i=1, \dots, m$$

$x \geq 0$,

Se le conoce como el problema primal. Asociado a él existe un problema que es el problema dual, que es el siguiente:

Minimizar $w = bu$

Sujeta a $A'u \geq c$

$u \geq 0$,

que se puede reescribir como:

Minimizar $w = bu$

Sujeta a $v = A'u - c \geq 0$

ó

$$v_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}u_j - c_i \geq 0 \quad \dots\dots\dots j=1, \dots, n$$

$u \geq 0$,

Este problema se llama dual por ser una forma diferente de ver el problema primal. Estos dos problemas están íntimamente relacionados. La principal relación que tienen es que uno de los problemas tiene solución, si y solo si el otro tiene solución y, en este caso, ambos óptimos son iguales.

2.10. Análisis de sensibilidad

Una de las limitaciones de la programación lineal es consecuencia de la hipótesis de certidumbre en el modelo. Si la solución óptima solo es válida para

las condiciones establecidas y estas pueden cambiar en el problema real, es preciso realizar un análisis post-optimal o análisis de sensibilidad. Este análisis informa de lo que ocurre con la solución óptima cuando varían los parámetros del modelo (Marotto, 1996:56).

Se pueden dar los siguientes casos:

a) Variaciones en los coeficientes de la función objetivo. Es el caso más común, ya que la función objetivo suele ser económica y eso se produce cuando hay una modificación del precio.

b) Cambios en los límites de las restricciones. Es el caso cuando se produce una variación del límite del recurso.

c) Modificaciones en los coeficientes técnicos.

2.11. La estructura del transporte

El modelo de transporte busca determinar un plan de envío de una mercancía de varias fuentes a varios destinos. Los datos del modelo son el nivel de oferta en cada fuente la cantidad de demanda en cada destino y el costo de transporte unitario de la mercancía a cada destino. Como solo hay una mercancía, un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es el de determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total. La suposición básica del modelo es que el costo del transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas. La definición de unidad de transporte variará dependiendo de la mercancía que se transporte.

El problema del transporte consiste en tomar decisiones con respecto a la selección de rutas de distribución entre los centros productivos y los almacenes regionales. Requiere determinar cuánto debe producirse en cada planta y cuanto de lo producido debe mandarse a cada almacén o centro de distribución (Prawda, 1999:252).

Se supone que m orígenes tienen que surtir a n centros de consumo con un cierto producto. La capacidad de oferta del origen i es a_i ($i = 1, \dots, m$) y la demanda en el centro de consumo j es b_j ($j = 1, \dots, n$). Se supone que c_{ij} es el costo de enviar una unidad del producto del origen i al centro de consumo j ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$). El problema se reduce a determinar cuántas unidades del producto deben enviarse del origen i al centro de consumo j , tal que se minimicen los costos totales de distribución, se satisfaga la demanda del centro de consumo j y no se exceda la capacidad de oferta del origen i . Sea X_{ij} esta variable de decisión, entonces la formulación del problema lineal es:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \dots\dots\dots 3.1$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i \quad i = 1, \dots, m \dots\dots\dots 3.2$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j \quad j = 1, \dots, n \dots\dots\dots 3.3$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \dots\dots\dots 3.4$$

$$j = 1, \dots, n$$

Con la adición de variables de holgura y superfluas, el problema anterior puede escribirse como:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sujeto a:} \quad & \sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i & i = 1, \dots, m \\
(\text{PT}) \quad & \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j & j = 1, \dots, n \\
& X_{ij} \geq 0 & i = 1, \dots, m \\
& & j = 1, \dots, n
\end{aligned}$$

Esta última formulación lineal (PT) se denomina una estructura de transporte. La restricción (3.2) indica que todo el flujo del producto que emana del origen i y que se envía a todos los posibles m destinos, no puede exceder a la oferta del origen i que es a_i . Existe una restricción de ese tipo por cada origen. La restricción (3.3) indica que todo el flujo del producto que llega al centro de consumo j de todos los posibles n orígenes debe satisfacer la demanda del centro de consumo b_j . Existe una restricción de este tipo por cada centro de demanda. Por último las restricciones de no-negatividad (3.4) indican que el sentido del flujo del producto es de los orígenes a los destinos, únicamente (Prawda, 1999: 254).

III. SITUACION ACTUAL DE LA PRODUCCION DE TRIGO

3.1. Historia

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Irak. Hace alrededor de 8 milenios, una mutación o una hibridación ocurrió en el trigo silvestre, dando por resultado una planta tetraploide con semillas más grandes, la cual no podría haberse diseminado con el viento. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero (*Triticum dicoccoides*) y huellas de granos en barro cocido en Jarmo (Irak septentrional), que datan del año 6700 a. C. El trigo produjo más alimento al ser cultivado por iniciativa de los seres humanos, pues de otra manera éste no habría podido tener éxito en estado salvaje; este hecho provocó una auténtica revolución agrícola en el denominado *creciente fértil* (Sánchez, 1995:123). Simultáneamente, se desarrolló la domesticación de la oveja y la cabra, especies salvajes que habitaban la región, lo cual permitió el asentamiento de la población y, con ello, la formación de comunidades humanas más complejas, como lo demuestra también el surgimiento de la escritura, concretamente la escritura cuneiforme, creada por los sumerios, y, por tanto, el principio de la historia y el fin de la prehistoria. La agricultura y la ganadería nacientes exigían un cuidado continuo, lo que generó una conciencia acerca del tiempo y las estaciones, obligando a estas pequeñas sociedades a guardar provisiones para las épocas menos generosas, teniendo en cuenta los beneficios que brinda el grano de trigo al facilitar su almacenamiento durante temporadas considerables. La semilla de trigo fue introducida a la civilización del antiguo Egipto para dar inicio a su

cultivo en el valle del Nilo desde sus primeros periodos y de allí a las civilizaciones griega y romana. La diosa griega del pan y de la agricultura se llamaba Deméter, cuyo nombre significa 'señora', por derivación latina se transformó en Ceres y de allí surge la palabra cereal. La molienda y la cocción eran actividades que se realizaban en forma conjunta, de tal forma que se diseñaban en la antigua Roma molinos - hornos con una alta capacidad de producción. Hasta el siglo XVII no se presentaron grandes avances en los métodos de cultivo y procesamiento del trigo (Guzmán, 1990:59). En casi toda Europa se cultivó el grano de trigo, aunque en algunas regiones fueron preferidos el centeno y la cebada (especialmente en el norte). A finales del siglo XVIII se presentaron algunos desarrollos mecánicos en el proceso de molinería como aventadores, montacargas y métodos modernos para transmisión de fuerza, con lo cual se aumentó la producción de harina. En el siglo XIX aparece el molino de vapor con rodillos o cilindros de hierro que representó un cambio radical en la molienda. El cultivo del trigo fue aumentando a la par con estos y muchos otros desarrollos tecnológicos que permitieron mejorar el rendimiento de la planta y llegar a diversas regiones del planeta como Norteamérica y Oceanía (Osorio, 1989:72).

3.2. Características fisiológicas y morfológicas

El trigo crece en ambientes con las siguientes características: Una temperatura mínima de 3 °C y máxima de 30 a 33 °C, siendo la óptima entre 10 y 25 °C.; requiere una humedad relativa entre 40 y 70%; desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto, ya que

exige una humedad relativa entre el 50 y 60% y un clima seco para su maduración. Tiene unos bajos requerimientos de agua, ya que se puede cultivar en zonas donde caen precipitaciones entre 25 y 2800 mm anuales de agua, aunque un 75% del trigo crece entre los 375 y 800 mm. La cantidad óptima es de 400-500 mm/ciclo. Los mejores suelos para su crecimiento deben ser sueltos, profundos, fértiles y libres de inundaciones, y deben tener un pH entre 6.0 y 7.5; en terrenos muy ácidos es difícil lograr un adecuado crecimiento (Román, 1999:23).

3.2.1. Morfología

Las partes de la planta de trigo se pueden describir de la siguiente manera:

Raíz. El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Tallo. Es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,5 a 2 metros de altura, es poco ramificado (Román, 1999: 26).

Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélulas. Los granos son cariósides que presentan forma

ovalada con sus extremos redondeados. El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82% del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. El gluten facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, que son necesarias en la panificación (Román, 1999:28).

3.3. Producción mundial de trigo

El trigo es el cultivo con mayor superficie destinada a la producción mundial y el volumen de su cosecha es mayor que la de cualquier otro alimento. Su cultivo se extiende prácticamente a todo el mundo, desde áreas relativamente secas como la cuenca mediterránea, hasta ambientes lluviosos como el Cono Sur de América y Norte de Europa (Villaseñor, 2000:7).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos estima que la producción mundial de trigo 2013/13 será de 708.89 millones de toneladas, cerca de 3.51 toneladas más de lo estimado el mes pasado.

El año pasado la producción mundial de trigo fue de 655.2 millones de toneladas. Los 708.89 millones de toneladas estimados este año podrían significar un incremento de 53.7 millones de toneladas o un 8.2% en la producción de trigo alrededor del mundo (economía virtual, 2013).

La producción mundial de trigo al 2019 será de 746 millones de toneladas; Se estima un consumo mundial de trigo al 2019 de 740 millones de toneladas, debido a un aumento en la demanda de los países en vías de desarrollo, provocado por el incremento de su población, del ingreso y de la urbanización.

El consumo de trigo para alimentación humana alcanzará los 514 millones de toneladas al año 2019, lo que implicará un crecimiento anual del 1.1%. El consumo de trigo para alimentación animal (forraje) será de 140 millones de toneladas, con un crecimiento anual del 1.2%, lo doble que en el periodo 2000-2009 y es mayor que la tasa de crecimiento del consumo humano. Se presentará una caída en el área cultivada del 0.3% anual.

El crecimiento en los rendimientos del cultivo será menor y cada vez más limitado hacia el futuro (0.8% en contraste del 1.3% de la década anterior). Para México, durante el periodo 2010-2019 se estima un crecimiento anual de la producción de trigo de apenas 0.25%, mientras que Rusia, Argelia, Irán, Argentina, Brasil y Uruguay superarán el 2%.

EUA, Canadá, Rusia, UE, Australia y Argentina, serán quienes dominen el mercado de exportación. La producción de Rusia para el año 2019 será de 26 millones de toneladas, superando a EUA (OCDE-FAO: 122-126).

Los diez principales países productores de trigo en el mundo, en orden de importancia son China, India, E.U.A, Francia, Rusia, Australia, Canadá, Pakistán y Alemania (Cuadro 1). China produce cerca del 20% del volumen mundial, sin embargo, importa poco más de 8 millones de toneladas para cubrir sus necesidades como consecuencia de su alto consumo per cápita y de su elevada población (FAO, 2013).

Cuadro 1. Principales países productores de trigo a nivel mundial, 2012

País	Producción en toneladas	Valor de producción (\$miles)
China	120,580,320	14,183,073.71
China continental	120,580,000	14,183,023.98
India	94,880,000	14,318,943.65
E.E.U.U	61,755,240	8,868,279
Francia	40,300,800	5,329,617.2
Federación de Rusia	37,719,640	2,653,836.44
Australia	29,905,009	41,182,69.4
Canadá	27,012,900	3,621,238.9
Pakistán	23,517,000	3,432,008.89
Alemania	22,432,000	1,983,882.31

Fuente: FAO, 2013.

Se presenta el consumo de trigo a escala mundial para los principales países, el inventario inicial de cada uno de ellos, su producción, importación, exportación así como el inventario o reserva final. El consumo mundial se obtiene como la suma de las columnas representadas por las variables $B+C+D-E-F$; donde B expresa el inventario inicial, C la producción, D importaciones y E denota las exportaciones. Destaca la participación de México que ocupa el lugar número dieciocho en cuanto a los indicadores citados, debido a que recurre a la demanda de volúmenes muy fuertes de trigo que necesita la industria nacional para la producción de los diferentes productos que se obtienen de la transformación del cereal; de igual forma sobresale La Unión Europea en cuanto a consumo de este grano para los distintos procesos productivos, siguiendo ese orden China, India, Rusia y Los E.E.U.U, ocupando los primeros cinco lugares; lo anteriormente expuesto lo muestra el cuadro 2.

Cuadro 2. Principales países consumidores de trigo en el mundo, 2011/2012 (Miles de Toneladas)

País	Consumo (A=B+C+ D-E-F)	Inventario inicial (B)	Producción (C)	Importación (D)	Exportación (E)	Inventario final (I)
Mundo	689,904	197,234	694,049	142,763	148,582	195,560
UE-27	126,750	11,675	137,383	7,500	16,200	13,608
China	120,500	59,091	117,400	3,000	1,000	57,991
India	81,555	15,360	86,870	25	750	19,950
Rusia	38,500	13,736	56,231	200	21,000	0,667
E.E.U.U	32,618	23,466	54,413	3,266	28,712	19,815
Pakistán	23,100	3,306	24,200	200	1,150	3,456
Egipto	18,900	5,508	8,400	11,000	200	5,808
Turquía	18,100	2,184	18,800	3,400	3,600	2,684
Irán	15,500	2,766	13,500	800	100	1,466
Ucrania	14,950	3,340	22,124	100	5,000	5,614
Brasil	11,200	1,862	5,800	7,300	2,000	1,762
Canadá	10,400	7,176	25,260	400	17,300	5,136
Kazajstán	9,000	2,883	22,732	10	11,000	5,625
Argelia	8,950	2,893	2,800	6,100	25	2,818
Marruecos	8,850	1,959	5,800	3,500	150	2,259
Uzbekistán	8,100	841	6,300	2,300	500	841
Australia	7,825	8,824	29,500	100	22,500	v
México	7,508	390	3,582	4,902	726	640
Japón	6,700	1,057	742	6,400	300	1,199
Indonesia	6,350	1,616	0	6,400	225	1,441
Iraq	6,274	850	2,574	3,700	0	850
Argentina	5,950	3,007	14,500	5	10,100	1,462
Otros	102,324	23,444	35,138	72,155	6,044	22,369

Fuente: Canimolt, 2012 con datos de USDA.

3.4. Importaciones y exportaciones de trigo

El cuadro 3 muestra los granos con los mayores volúmenes de importación a escala mundial, rompiendo record de participación el trigo con un volumen de 143,533, 699 toneladas y un valor de 36,304, 920 dólares.

Cuadro 3. Importaciones de granos a nivel mundial, 2010

Producto	Cantidad (Toneladas)	Valor en (\$ Miles)	Valor unitario (\$/Toneladas)
Trigo	143,533,699	36,304,920	252.9365595
Maíz	107,634,889	26,149,038	242.942026
Soja	95,949,975	43,825,080	456.7492592
Arroz	31,211,604	20,190,023	646.8755339
Cebada	25,357,569	5,587,883	220.3635136

Fuente: FAO, 2013.

Las importaciones de este cereal a escala mundial están representados por una veintena de países, destacando Egipto como uno de los principales países que importan un volumen considerable para satisfacer su demanda interna; México ocupa la décima tercera posición como país importador a nivel mundial con un volumen de 3,495,480 toneladas, el cual representa un valor equiparable a \$ 847,172,000; mientras que los países que destacan y son representativos en cuanto a los menores volúmenes son Estados Unidos de Norteamérica, China y Viet Nam; Italia reporta un volumen de 7477216 toneladas con un valor unitario por tonelada de \$250, obteniendo un valor de 1873013 miles de unidades monetarias; Brasil como potencia emergente ocupa el tercer lugar en ese orden con un volumen de 6323216 toneladas, teniendo como valor general de 1702319 miles de unidades monetarias. Así entonces, los principales cinco

países con el mayor volumen de importación a nivel mundial están representados por Egipto, Italia, Brasil, Japón y Los países bajos. El cuadro 4 presenta los volúmenes en toneladas, el valor unitario por tonelada y el valor del volumen en miles de unidades monetarias para los veinte principales países importadores de esta gramínea.

Cuadro 4. Principales países importadores de trigo a nivel mundial, 2010

	País	Volumen (Toneladas)	Valor (Miles)	Valor unitario (\$/Toneladas)
1	Egipto	10593506	2598263	245
2	Italia	7477216	1873013	250
3	Brasil	6323216	1702319	269
4	Japón	5475586	1665791	304
5	Países Bajos	5262085	1078614	205
6	Argelia	5057377	1182266	234
7	Indonesia	4810539	1424275	296
8	España	4595206	1054479	229
9	República de Corea	4384386	1066839	243
10	Alemania	3992310	896209	224
11	Nigeria	3971861	1044982	263
12	Bélgica	3813394	803447	211
13	México	3495480	847172	242
14	Marruecos	3243380	881594	272
15	Bangladesh	3210008	812449	253
16	Yemen	2756294	659469	239
17	Turquía	2554189	655044	256
18	EEUU	2494598	584382	234
19	China	2394644	674025	281
20	Viet Nam	2086235	531437	255

Fuente: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

La importancia que se tiene con las exportaciones de los granos, y en el caso específico del trigo es que permite llevar a cabo la comercialización de esta

gramínea entre los países con menor grado de desarrollo o simplemente que presentan déficit en su producción interna, relación que se lleva con aquellos que son superavitarios en la producción del mismo, o sencillamente que se encuentran mucho más desarrollados que los otros. El cuadro 4 muestra el volumen exportable por país, además el valor de las exportaciones. En primer lugar perfila Estados Unidos de Norteamérica por su volumen generado, representando el máximo volumen que puede exportar a diferentes naciones; en orden de importancia se ubica de igual manera Francia, Canadá, Australia y Rusia ocupando el quinto lugar como potencia en producción y exportación, ocupando el penúltimo y último lugar Lituania y Letonia, destacando en el vigésimo lugar este último.

Cuadro 5. Principales países exportadores de trigo, 2010

País		Volumen (Toneladas)	Valor (Miles)	Valor unitario (\$/Toneladas)
1	E.E.U.U	27629318	6751010	244
2	Francia	21081540	4651982	221
3	Canadá	18394492	4535427	247
4	Australia	15888042	3845505	242
5	Federación Rusa	11848321	2069121	175
6	Alemania	8915328	1967475	221
7	Kazajstán	5066453	911491	180
8	Ucrania	4302773	763997	178
9	Argentina	4038997	901823	223
10	Reino Unido	3334768	702867	211
11	Rumania	2480144	503065	203
12	Bulgaria	2293123	476141	208
13	Hungría	2110818	436256	207
14	Dinamarca	1578127	321758	204
15	Brasil	1324208	226872	171
16	Republica Checa	1296430	254931	197
17	Uruguay	1284680	316519	246
18	Turquía	1174014	201392	172
19	Lituania	1123107	274936	245
20	Letonia	1043413	236829	227

Fuente: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

Para lograr esos volúmenes de cosecha será importante considerar el crecimiento de la producción mundial a través del tiempo, la que ha estado en función del incremento del área sembrada y de la productividad.

3.5. Tratado de libre comercio con América del norte

El tratado de libre comercio con Norteamérica es un canal de oportunidades que al complementarse con otros acuerdos comerciales amplía el espectro de posibilidades de posicionamiento de productos mexicanos en los mercados internacionales y, a su vez, de acceder a esos mercados para la adquisición de productos que permitan atender con suficiencia la demanda interna lo cual eleva la competencia interna que la industria había enfrentado hace una década. La gran variedad de productos y el tratamiento preferencial entre los países socios, abren la posibilidad de que la región se consolide como un entorno de complementariedad comercial. El comercio exterior de trigo en México se caracteriza por un mayor volumen de importaciones en relación a las exportaciones, lo que obedece a los niveles requeridos del grano panificable que no se produce internamente con suficiencia y a que la producción nacional es excedentaria en grano duro o cristalino, cuyo destino es la fabricación de pastas, espaguetis y macarrones (SAGARPA, 2005:12). En los últimos años el volumen promedio de las exportaciones ha representado el catorce por ciento del comprado en el exterior. Cabe mencionar que las importaciones de trigo se refieren principalmente al tipo panificable, mientras que las exportaciones son de trigo duro o cristalino, cuyo destino es la fabricación de pastas y macarrones. Sin embargo, la cercanía con uno de los mayores productores del mundo

impone un gran reto para el país; toda vez que la estrecha relación comercial que guarda con los Estados Unidos hace imprescindible la búsqueda real de esquemas de complementariedad en la producción (SAGARPA, 2007:15).

Cuadro 6. Importaciones de trigo de Canadá y E.U.A

Año	Canadá	E.U.A	Total
2000	777,000	1,945,500	2,722,500
2001	824,800	2,204,600	3,029,400
2002	679,000	2,469,000	3,148,000
2003	722,900	2,816,100	3,539,000
2004	803,100	2,782,300	3,585,400
2005	798,100	2,919,500	3,717,600
2006	1,252,100	2,194,500	3,446,600
2007	840,800	2,412,500	3,253,300

Fuente: Canimolt, 2010

3.6. Comercio internacional

De acuerdo a las cifras internacionales existe una tendencia al alza en el consumo de trigo y sus derivados a nivel internacional. En China, se espera que el consumo de 83 Kg. anuales por habitante reportado en 1993 crezca hasta 88 Kg. por año para el año 2020; por otra parte, en India se espera un incremento de aproximadamente 9 kilogramos por persona, pasando de 55 a 64 Kg. anuales el consumo per cápita. Dada la magnitud de la población de estos dos países, la proyección sugiere un importante crecimiento en la demanda de trigo mundial; no obstante el sistema trigo mexicano no puede traducir directamente el incremento como un beneficio directo hacia el sistema mexicano puesto que ambas naciones son los dos principales productores de trigo del mundo; para beneficiarse del impacto de dicho crecimiento requeriría

asegurarse que la producción mexicana en tiempo, calidad, especie y precio puede proveer de grano a éstos países. Necesariamente se requiere un cambio estructural en la producción mexicana que permita alcanzar los niveles de competitividad que el mundo mantiene si se decide fortalecer a este sistema producto puesto que en la actualidad no tiene garantizada el abastecimiento con producción interna para el consumo nacional y las alternativas de nuevos mercados implican cambios estructurales (SAGARPA, 2005:15).

Sin embargo, aunque la expectativa sobre la demanda de trigo sea a la alza, no está claro que esta expansión de la producción doméstica vaya a ser competitiva en los países en desarrollo; motivo por el cual inducirán a un mayor comercio internacional concentrado de este cereal. Los exportadores tradicionales de trigo como son Argentina, Australia, Canadá y los Estados Unidos definitivamente se verán beneficiados con el incremento en la demanda mundial de trigo y se espera que nuevos exportadores emerjan de América Latina y África, en la medida en que logren desarrollar sistemas de producción más competitivos (SAGARPA, 2006:19).

Principalmente por efectos de las sequías presentadas en Estados Unidos, Europa del este, Asia central y parte y la Agricultura la FAO prevé que al cierre de 2012/2013 se presente una caída en la producción mundial de trigo de 5,5% ubicándose en 661,2 millones de toneladas métricas.

Así mismo, la FAO espera que la utilización y/o consumo mundial de trigo se ubique en 687,5 millones de toneladas en la campaña 2012/2013, 1,4% menos que lo demandado en 2011/2012, por efectos de la disminución en el uso piensos de trigo en la alimentación animal y la disminución de suministros exportables.

Cuadro 7. Proyecciones de oferta y demanda mundial de trigo para el ciclo 2011/2012 (Millones de toneladas métricas)

Región	Oferta				Demanda		Inventario final
	Inventario inicial	Producción	Importación	Forrajera	Total	Interna exportaciones	
Mundial	182.20	669.55	124.02	124.17	670.4	127.34	181.26
EE.UU	22.84	55.61	2.99	5.99	33.75	28.58	19.12
Resto del mundo	159.36	613.94	121.03	118.18	636.7	98.76	162.14
Principales exportadores	26.05	202.62	6.51	63.63	147.3	59.50	28.35
Argentina	1.00	13.50	0.01	0.03	5.03	8.00	1.57
Australia	6.16	24.50	0.10	5.40	8.50	15.00	7.26
Canadá	6.20	26.00	0.40	3.20	7.90	18.50	6.20
U.E	11.71	138.62	6.00	55.00	125.0	18.00	13.32
Principales importadores	88.74	185.07	64.15	22.01	242.2	5.36	90.32
Brasil	1.22	4.80	6.70	0.10	10.80	0.50	1.42
China	59.93	115.50	1.00	15.00	111.0	1.00	64.43
Medio Este	9.10	17.29	13.65	1.00	31.33	0.71	8.00
África del Norte	10.53	19.13	10.80	2.70	30.73	0.28	0.46
Pakistán	3.46	23.50	0.20	0.40	23.40	1.20	2.56
Sureste Asiático	2.71	0.000	14.20	2.26	13.74	0.57	2.61
Otros países							
India	14.45	84.00	0.30	0.20	84.70	0.30	13.75
ExURSS	15.96	100.60	5.75	26.53	79.02	26.31	16.97
Rusia	5.63	53.00	0.20	18.00	40.80	10.00	8.03
Kasajastan	1.81	15.00	0.03	2.70	7.50	7.50	1.84
Ucrania	4.15	10.00	0.05	3.00	11.80	8.50	2.00

Fuente: USDA, 2010.

El excedente en la producción de trigo por parte de algunos países y en específico en lo referente al tratado comercial que se tiene con los socios del norte, permite que estos países importen parte de su producción, como se muestra en el siguiente cuadro 6.

3.7. Tendencia de los precios mundiales

El endurecimiento del mercado en los últimos años se ha visto acompañado no sólo por un aumento en el nivel de los precios agrícolas, sino también por el resurgimiento de la volatilidad de los precios de los productos básicos y de los alimentos. La producción mundial sigue respondiendo a señales cambiantes del mercado, que aumentan cuando suben los precios y disminuyen cuando los precios caen, pero que sostienen una tendencia a la alza con el paso del tiempo (OCDE/FAO, 2013:24).

Se estima que los precios del trigo en el periodo 2012-2021 se sitúen en un promedio mundial de 263 dólares por tonelada, nivel menor al registrado en los años 2007 y 2008, pero muy por encima del promedio histórico (Canimolt, 2013:8).

3.8. Puntos de importación de trigo

Para el año 2010 los puntos por donde entró un mayor volumen de trigo importado proveniente de Estados Unidos Americanos fue por el Golfo, sobresaliendo Veracruz con un volumen record de 1,346,783 toneladas, algo muy parecido ocurrió en el año 2008 y 2009; en cambio Coatzacoalcos tuvo la menor cantidad de trigo intercambiable. De igual manera, las fronteras que movieron el mayor volumen fueron Nuevo Laredo, Tamaulipas y en menor escala Mexicali. Cabe destacar que para dicho año se importó tan solo de la Unión Americana 2,608,259 toneladas. En menor medida se importó este grano de Canadá por tres rutas, el Golfo, la frontera y el Pacifico una cantidad de 862,449 toneladas. Con quien México tuvo poca participación fue con Francia, país del cual importó 27,000 toneladas por el Golfo. El total de importaciones

para el año 2010 por parte de estos tres países fue de 3, 497,708 toneladas. En el cuadro 7 se observan los puntos de internación del trigo por los diferentes puertos, para el año 2010, lo que representa los volúmenes mayores de los países que comercializan el producto.

Cuadro 8. Importación de trigo por punto de entrada y país de origen. 2008-2010

Estados Unidos de América		Toneladas		
Aduana		2008	2009	2010
Golfo	Veracruz, Ver.	814,076	967,990	1,346,783
	Progreso, Yuc.	118,556	97,961	134,889
	Tuxpan, Ver.	122,408	118,110	131,770
	Coatzacoalcos, Ver.	92,153	15,598	29,064
	Total Golfo	1,147,193	1,199,659	1,642,506
Frontera	Nvo. Laredo, Tamps.	845,930	451,099	512,683
	Cd. Juárez, Chih.	463,518	131,323	238,333
	Piedras Negras, Coah.	172,732	85,085	129,557
	Nogales, Son.	89,216	63,803	62,503
	Matamoros, Tamps.	13,516	10,315	18,121
	Mexicali, B.C		1,434	4,556
	Total Frontera	1,584,912	743,059	965,753
	Subtotal	2,732,105	1,942,718	2,608,259
Francia				
Golfo	Veracruz, Ver.			27,000
Canadá				
Golfo	Tuxpan, Ver.		137,735	149,475
	Veracruz, Ver.	5,499	49,411	45,928
	Total Golfo	5,499	187,146	195,403
Frontera	Piedras Negras, Coah.	78,586	114,077	105,794
	Nvo. Laredo, Tamps.	158,567	37,103	60,670
	Nogales, Son.	6,688	9,012	6,730
	Matamoros, Tamps.	898		
	Total Frontera	244,739	160,192	173,194
Pacífico	Lázaro Cárdenas, Mich	234,675	478,869	466,237
	Manzanillo, Col.		8,000	27,615
	Total Pacífico	234,675	486,869	493,852
	Subtotal	484,913	834,207	862,449
Total		3,217,018	2,776,925	3,497,708

Fuente: Canimolt, 2010.

A pesar de que México es un importante productor de este cereal, existe la necesidad de importar trigos panificables debido a que hay un déficit en su producción, ya que el tipo de trigo que más se cultiva es el durum o cristalino, que se destina a la fabricación de pastas para sopa, y que tiene tal nivel de excedentes, que se exportan y/o se destinan al sector pecuario (Canimolt, 2010).

3.9. Puntos de exportación de trigo

Entre los principales puntos de exportación de trigo a diferentes naciones, se encuentran Ensenada, B.C; Guaymas, Son; Topolobampo, Sin y Mexicali, B.C. Del total exportable quien reportó el mayor volumen fue Ensenada, B.C con 244,483 toneladas y en menor medida Mexicali, B.C. El cuadro 8 muestra los países de destino y puntos de salida del trigo de los diferentes puertos y fronteras del país del año 2008 al 2010.

Cabe señalar la importancia que tiene México con los países con quienes mantiene un intercambio comercial muy activo, principalmente con los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá con la firma del Tratado Comercial de Libre Comercio manteniendo una actividad muy amplia de los diferentes productos existentes, el trigo no es la excepción ante tal situación. Nuestro país realiza intercambios en importaciones y exportaciones por la fuerte cercanía que existe entre ambas naciones, realizando solamente con EEUU cerca del 81% de los movimientos; mantiene en menor medida dicha relación con Canadá, sin embargo con los países europeos y China mantiene una relación más

distanciada. Con la firma de los diferentes tratados que tiene con el mundo y de manera unilateral con diferentes naciones, México lleva a cabo relaciones directas de comercio internacional, mostrándose los siguientes puntos de salida del trigo hacia esas naciones.

Cuadro 9. Exportación de trigo por país de destino y punto de salida

País de destino	2008	2009	2010
Italia	167,312	412,111	217,223
Perú	32,630	9,900	69,300
Túnez	27,507	16,500	54,080
Guatemala	44,933	23,616	35,800
Argelia	888,457	610,668	27,500
Turquía	0	0	15,649
Canadá	0	0	6,615
Cuba	21,967	0	5,500
Estados Unidos de América	73,793	12,923	5,323
Chile	10,302	9,920	0
España	25,000	0	0
Libia	72,008	26,360	0
Países Bajos	27,500	0	0
Venezuela	6,218	14,313	0
Otros	6	5	5
Volumen total	1,397,633	1,136,316	436,995
Punto de salida	2008	2009	2010
Ensenada, B.C	413,015	447,274	244,483
Guaymas, Son	888,404	676,095	180,569
Topolobampo, Sin	22,195		6,615
Mexicali, B.C	73,793	12,922	5,323
Otros	226	25	5
Volumen total	1,397,633	1,136,316	436,995

Fuente: Canimolt, SH y CP.

La disminución del 61% en las exportaciones de trigo para el año 2010 fue consecuencia, primero, de un aumento en el consumo del grano por parte del

sector pecuario, limitando así al trigo disponible para exportación; y segundo, del precio internacional. Las exportaciones han tenido como principal destino Italia y Argelia, saliendo principalmente de los puertos de Ensenada y Guaymas.

El cuadro 9 muestra el consumo de trigo y destino, para el año molinero 2010, considerando los distintos tipos de grano de trigo, tales como el duro, suave y cristalino requeridos como materia prima por la industria molinera nacional para transformarlo en sus diferentes procesos.

Cuadro 10. Consumo de trigo y destino

Tipos de trigo	(Miles de Toneladas)			
	Total	Duro	Suave	Cristalino
Sector Consumidor/Origen				
Total	7,202	3,917	1,225	2,060
A) Molinero(Consumo Humano)	5,702	3,904	1,093	705
Producción Nacional	2,204	991	508	705
Importado	3,498	2,913	585	0
Estados Unidos	2,608	2,050	558	0
Canadá	862	862	0	0
Francia	27	0	27	0
B) Pecuaria(Producción Nacional)	1,063	13	132	918
C) Exportación(Producción Nacional)	437	0	0	437

Fuente: Canimolt, 2010.

Durante el año 2010 se comercializó en México un volumen de 7 millones 202 mil toneladas de trigo, de las cuales el 79% correspondió al consumo del sector molinero (para consumo humano), 15% para el sector pecuario y 6% para la exportación a otros países. En cuanto al sector molinero, su consumo fue de 5 millones 702 mil toneladas: 68% del trigo que adquirió fue de tipo duro, para la

elaboración de pan y pasteles; 19% fue suave, para la fabricación de galletas, tortillas y coberturas; y 12% durum o cristalino, para la manufactura de pastas para sopa.

3.10. Producción de trigo en México

Los españoles introdujeron el trigo a México en el siglo XVI, a principios de la década de los veinte, poco después de su llegada. No obstante, el maíz que ya era cultivado extensamente por los indígenas cuando llegaron los españoles, el trigo se mantuvo como el único cereal para la elaboración de pan. Esa cualidad le permitió ampliar el área sembrada durante los siglos XVII al XIX, debido a que la demanda de su grano por la población, sobre todo de origen europeo, se incrementó con el paso del tiempo. Fue así como las áreas temporaleras de los Valles Altos de México y de la región de El Bajío se convirtieron en la principal zona productora de trigo durante el tiempo de la colonia (Villaseñor y Espitia, 1994:15).

El trigo es el segundo cereal más importante en la alimentación de la sociedad mexicana, en la medida en que es la base para la elaboración de productos finales como pan, pasteles, tortillas, galletas y pastas, entre otros. Aunque en menor proporción que otros granos, se utiliza como alimento para la ganadería, principalmente para las actividades porcícola, avícola y engorda de ganado. En términos del contenido de nutrientes y valor energético, el trigo es superior a los demás granos siendo solamente comparable con la avena en éste aspecto. El contenido de proteínas del trigo es de 10.6 gramos, del maíz de 7.9 gramos y

del arroz de 7.4 gramos. A su vez, el contenido de calorías del trigo es de 337 kilocalorías, superior al frijol con 332 kilocalorías e inferior al maíz y arroz, con 362 y 364 kilocalorías, respectivamente. En cuanto al contenido de grasa y carbohidratos, el trigo es superado por el maíz (Sagarpa, 2005:6). En el norte del país la falta de lluvias afectó la producción de trigo del año agrícola 2010/2011 disminuyendo 1% con relación al año anterior y cayendo 12% respecto al 2008/2009. Entre las entidades federativas que resultaron más afectadas se encuentran Sonora, -7%; Baja California, -22%; Chihuahua, -34%; y Nuevo León, -50%. Por otra parte, los estados que aumentaron significativamente sus niveles de producción para este mismo año respecto a 2010 fueron Guanajuato, 96%; Michoacán, 100%; y Jalisco, 77%. Aún no se recuperan sus niveles habituales de producción, que ha rondado las 900 mil toneladas. La sequía perjudicó en mayor medida la producción del ciclo Primavera-Verano 2011 (-68%), entre los estados más afectados se encuentran Tlaxcala, -91%; Estado de México, -7%; Durango, -91%; y Puebla, -21%. Este ciclo primordialmente de temporal, tradicionalmente no supera el 10% de la producción total, sin embargo contribuye al abasto local de algunas regiones del país (Canimolt, 2012).

Ante la disminución en la producción nacional de trigo y dadas las necesidades de la industria molinera, se ha tenido que importar un mayor volumen de trigos panificables para abastecer la demanda del mercado nacional, por lo que la importación de trigo aumentó 11.4% para el año agrícola 2010/2011, mientras que el ciclo 2011/2012 fue el de mayor nivel histórico de importación (4.9

millones de toneladas), lo que significó un crecimiento del 44.9% con relación al periodo anterior (Canimolt, 2012).

Cuadro 11. Producción nacional de trigo, por año agrícola (Toneladas)

Año agrícola	2009/2010			2010/2011		
Entidad federativa	Total	O-I 09/10	P-V 10	Total	O-I 10/11	P-V 11
Total	3,676,708	3,469,335	207,372	3,627,511	3,560,694	66,817
B.C.	623,865	623,565	300	485,071	485,071	0
B.C.S	17,007	17,007	0	17,127	17,127	0
Chiapas	132	27	105	138	20	118
Chihuahua	261,490	261,365	125	173,544	173,484	60
Coahuila	20,264	20,264	0	22,390	22,390	0
Durango	33,972	23,377	10,596	21,025	20,112	912
Guanajuato	303,576	297,627	5,949	596,220	593,148	3,072
Hidalgo	4,764	3,377	1,387	5,020	3,960	1,060
Jalisco	102,830	100,922	1,909	182,135	181,599	537
México	23,568	346	23,223	21,735	88	21,647
Michoacán	97,801	94,827	2,975	195,684	193,079	2,605
Morelos	1,165	0	1,165	1,095	0	1,095
Nvo León	66,764	65,695	1,069	33,557	33,197	360
Oaxaca	13,332	2,299	11,033	17,887	2,376	15,511
Puebla	5,180	407	4,773	4,033	249	3,784
Querétaro	1,104	1,027	77	582	452	130
S.L.P	735	105	630	54	0	54
Sinaloa	36,942	36,942	0	56,606	56,606	0
Sonora	1,917,983	1,917,983	0	1,776,724	1,776,724	0
Tamaulipas	182	180	2	0	0	0
Tlaxcala	133,195	57	133,138	12,295	0	12,295
Veracruz	818	123	695	272	231	41
Zacatecas	10,037	1,814	8,223	4,317	783	3,535

Fuente: Siap-Sagarpa, 2012.

La situación de sequía que afectó en promedio al 61% del territorio mexicano durante el año 2011, la mayor en los últimos 70 años, ha provocado importantes

caídas en la producción de trigo, en especial del tipo panificable (duros y suaves), implicando caídas del 10.7% para el ciclo agrícola 2009/2010, del 1.3% para el 2010/2011 y del 15.2% para el 2011/2012. Un factor adicional que agravó dicha situación, fueron los bajos niveles de agua en las presas, lo que impidió aumentar la producción. Ante la disminución en la producción nacional de trigo y dadas las necesidades de la industria molinera, se ha tenido que importar un mayor volumen de trigos panificables para abastecer la demanda del mercado nacional, por lo que la importación de trigo aumentó 11.4% para el año agrícola 2010/2011, mientras que el ciclo 2011/2012 fue el de mayor nivel histórico de importación (4.9 millones de toneladas), lo que significó un crecimiento del 44.9% con relación al periodo anterior. Es importante señalar que la industria de alimentos balanceados (forrajes) ha tenido un mayor incentivo para importar trigo, debido a la menor producción nacional de maíz y a que el precio internacional del trigo se ha situado por debajo de este en los últimos meses.

Cuadro 12. Producción, importación y exportación de trigo en México (Miles de Toneladas)

Año agrícola	Producción			Importaciones			Exportaciones		
	Miles de toneladas	de Variación anual (%)		Miles de toneladas	de Variación anual (%)		Miles de toneladas	de Variación anual (%)	
2006/2007	3,515	4.1%		3,348	-5.8%		442	-17.3%	
2007/2008	4,214	19.9%		2,884	-13.9%		880	99.1%	
2008/2009	4,116	-2.3%		3,087	7.0%		1,170	32.9%	
2009/2010	3,677	-10.7%		3,036	-1.6%		1,065	-9.0%	
2010/2011	3,628	-1.3%		3,383	11.4%		516	-51.6%	
2011/2012	3,076	-15.2%		4,902	44.9%		726	40.8%	

Fuente: Canimolt, 2012.

Para el año 2011, considerando información estadística de Siacon, se tuvieron veintitres estados productores de trigo a nivel nacional, con sus diferentes niveles de producción, rendimiento, precio medio rural, así como lo indica el cuadro 13. Destacando Sonora como la entidad con mayor superficie cultivada y volumen de producción, ya que cuenta con suelos planos donde se puede introducir maquinaria en las labores de la gramínea bajo estudio.

Cuadro 13. Estados productores, superficie sembrada, rendimiento y precio medio rural, 2011

Estado	Superficie sembrada(has)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	PMRural (\$/Ton)
B.C	85,258	485,070.99	5.905	3,572.83
B.C.S	3,289	17,127	5.50	3,722.55
Coahuila	8,237.88	22,390.17	2.782	3,546.69
Chiapas	130	138.25	1.063	5,459.58
Chihuahua	39,019.32	173,543.72	4.565	3,361.44
Durango	9,003	21,024.57	3.285	3,312.82
Guanajuato	97,309.16	596,220.10	6.79	3,604.61
Hidalgo	2,395	5,019.72	2.27	3,182.08
Jalisco	37,911.20	182,135.34	5.70	4,130.79
México	10,377	21,734.85	2.189	2,925.25
Michoacán	34,672.08	195,684.38	5.645	3,769.78
Morelos	375	1,095.21	2.921	3,091.82
N.L	16,711.01	33,556.95	2.692	3,718.78
Oaxaca	16,167.23	17,887.25	1.11	4,598.03
Puebla	4,363	4,032.76	1.006	2,839.34
Querétaro	235	581.50	2.74	2,928.89
S.L.P	520	54	0.60	3,684.72
Sinaloa	16,984.50	56,605.80	4.34	3,790.54
Sonora	289,789.27	1,776,724.05	6.18	3,545.40
Tamaulipas	50	0	0	0
Tlaxcala	32,288	12,295.05	0.73	3,419.51
Veracruz	304	272	0.90	3,389.71
Zacatecas	9,475.54	4,317.17	0.66	3,250.98

Fuente: Siacon-Sagarpa, 2011.

Entre los principales estados productores de trigo a nivel nacional, destacan los que se presentan en el cuadro 14. En México se tendrá que realizar mayores esfuerzos para incrementar los niveles de producción y lograr la autosuficiencia en trigo. Para lograr esa soberanía, se contempla la producción de trigo en riego y en temporal.

Cuadro 14. Principales estados productores, superficie sembrada, cosechada, rendimiento y precio medio rural, 2011

Estado	Superficie sembrada (has)	Superficie cosechada (has)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	PMRural (\$/Ton)
B.C	85,258	82,149	485,070.99	5.905	3,572.83
Chihuahua	39,019.32	38,015.88	173,543.72	4.565	3,361.44
Durango	9,003	6,400.50	21,024.57	3.285	3,312.82
Guanajuato	97,309.16	87,838.16	596,220.10	6.79	3,604.61
Jalisco	37,911.20	31,941.70	182,135.34	5.70	4,130.79
Michoacán	34,672.08	34,665.08	195,684.38	5.645	3,769.78
N.L	16,711.01	12,466.01	33,556.95	2.692	3,718.78
Sinaloa	16,984.50	13,030.34	56,605.80	4.34	3,790.54
Sonora	289,789.27	287,643.27	1,776,724.05	6.18	3,545.40
Tlaxcala	32,288	16,969	12,295.05	0.73	3,419.51
Zacatecas	9,475.54	6,513.30	4,317.17	0.66	3,250.98

Fuente: Siacon-Sagarpa, 2011.

3.10.1. Trigo de riego y de temporal

El mayor volumen de producción se obtiene con la aplicación de riego, en el caso de la producción de temporal siempre es mucho menor el volumen dado ya que los rendimientos se ven afectados toda vez que no se emplea infraestructura hidráulica.

Trigo de riego

El trigo de riego corresponde al cultivo al cual es necesario proporcionarle el agua en el momento oportuno para que complete su ciclo biológico y logre buena productividad, independientemente de la época del año en que se siembre. Generalmente el trigo de riego en nuestro país se cultiva durante los meses que corresponden al ciclo de otoño-invierno en áreas donde la precipitación es rara durante estas estaciones, como lo es el Noroeste, Norte y parte del Bajío. El trigo irrigado durante las cuatro últimas décadas ha aportado el mayor volumen de la producción nacional. También se siembra trigo durante el otoño-invierno en algunas partes relativamente pequeñas y aisladas que se ubican principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, pero bajo condiciones de temporal, ya que durante esas estaciones del año se presenta la época de lluvias (Huerta y González, 2000:40).

La producción de trigo bajo condiciones de riego durante los años 2008 al 2011 ha mostrado el siguiente comportamiento, se observa un incremento en la superficie sembrada en los años 2008 y 2009. Para el siguiente año presenta una reducción gradual de la misma con una superficie cultivada de 563,261 hectáreas; ya para el año 2011 presenta una recuperación del 6% con respecto al año anterior. El nivel producción que ha presentado es de manera paralela a la superficie sembrada; de igual manera, los rendimientos fueron incrementando en los años 2010 y 2011 en 6.154 y 6.024 respectivamente. El trigo sembrado bajo condiciones de riego presenta más estabilidad sobresaliendo de los cultivos llevados a cabo a cielo abierto teniendo mayores rendimientos.

Cuadro 15. Trigo bajo riego, 2008-2011

Resumen Nacional	2008	2009	2010	2011
Sup.sembrada(has)	650,541	699,276	563,261	599,373
Sup.Cosech.(has)	646,759	697,131	558,046	589,866
Producción(Ton)	3,832,309	3,873,989	3,434,373	3,553,390
Valor (\$)	14,510,770,440	11,275,448,543	9,232,552,142	12,785,201,769
Rend. (Ton/has)	5.925	5.557	6.154	6.024
Precio/Ton	3,786.43	2,910.55	2,688.28	3,598.03

Fuente: Siacon-Sagarpa, 2011.

La perspectiva de las siembras irrigadas de trigo será tratar de mantener el nivel actual de producción, a expensas de mantener la misma superficie sembrada y productividad, pero bajo la concepción de ser más eficientes en torno al menor gasto de energía en el acondicionamiento del terreno y en menor suministro de insumos como semilla, fertilizantes, agua, pesticidas, etc., con el objeto de producir grano que sea rentable y competitivo con el trigo importado (Villaseñor, 2000:19).

Trigo de temporal

El trigo de temporal que es importante en México, es aquel que se cultiva durante el ciclo primavera-verano y que en muchas regiones coincide con la época de lluvias, es decir, es un cultivo que está supeditado en 100% a la cantidad y distribución de las lluvias para cumplir su ciclo biológico y lograr buena productividad. Dentro de las áreas destinadas al trigo de temporal, existen algunas con una baja y errática precipitación, otras con precipitación intermedia y áreas con temporal favorable que se distinguen por su mayor precipitación (Huerta y González, 2000:41).

El crecimiento de la superficie sembrada, cosechada, producción, valor de la producción, rendimiento y precio medio rural bajo condiciones de temporal durante el periodo 2008 al 2011 se presenta en el cuadro 16.

Cuadro 16. Trigo de temporal. Superficie sembrada, cosechada, producción, valor, rendimiento y precio, 2008-2011

Resumen Nacional	2008	2009	2010	2011
Sup.sembrada(has)	194,544.12	166,746.65	137324.25	115491.47
Sup. Cosech. (has)	181,967.37	131,276.92	120,507.50	72,355.83
Producción(Ton)	381,236.64	242,172.08	242,334.96	74,120.67
Valor (\$)	994,670,716.28	629,613,546.90	676,865,376.46	258,083,512.63
Rend. (Ton/ha)	2.095	1.845	2.011	1.024
Precio/Ton	2,609.06	2,599.86	2,793.10	3,481.94

Fuente: Siacon-Sagarpa, 2011.

El trigo ha sido en la región de los Valles Altos de México una alternativa para el agricultor cuando el maíz se siniestra en etapas tempranas de crecimiento. Las perspectivas del cultivo de trigo bajo temporal son amplias para lograr incrementos importantes en la producción nacional y por consiguiente la autosuficiencia, según los indicadores siguientes: Se puede cultivar trigo en poco más de un millón de hectáreas en 16 estados del país, en donde las condiciones de precipitación y/o temperatura no son favorables para los cultivos que actualmente se siembran, como maíz y frijol (Villaseñor y Espitia, 1994:26). La inversión bajo temporal es menor con respecto a la de riego y las tierras son más baratas y el agua no cuesta, situación que permitirá alcanzar niveles adecuados de rentabilidad (Byerlee y Longmire, 1986:35). La reducción de costos por concepto de flete y almacenamiento permite que el trigo sembrado durante el verano en la región centro de México sea más accesible que el importado, (Contreras et al., 1993:29).

3.10.2. Características de las áreas productoras de trigo de temporal

México es un país con gran variabilidad climatológica debido a su orografía, a la distribución de tierras y aguas y a la circulación del aire. Es considerado como un país tropical, de acuerdo con su ubicación geográfica y por la mayor participación en el mercado internacional de productos agropecuarios originarios de clima tropical y subtropical. Sin embargo, la realidad es que esos factores que determinan su clima en su conjunto propician, a excepción de algunas partes del Sureste y Golfo de México, que predomine en casi dos terceras partes del territorio clima de regiones áridas o semiáridas (Musiño, 1966; Valenzuela, 1994), con dos déficits hídricos para la producción de los cultivos. El primero se presenta durante la temporada de lluvias, se manifiesta durante el verano, se conoce como canícula y es el que afecta más a la producción, ya que durante esta época se siembra la mayor superficie a nivel nacional. El otro se conoce como gran sequía, y a pesar de que el déficit de humedad en su momento es mayor para los cultivos y más prolongado, su efecto en la producción es menor, ya que durante su ocurrencia las siembras que se realizan son bajo condiciones de riego (Muñoz, 1996:97).

En general, el relieve en México es poco benéfico para la agricultura intensiva y mucho menos mecanizada, ya que de los casi dos millones de kilómetros cuadrados de superficie del territorio nacional, el 64% son áreas montañosas con pendientes mayores del 10%, y solamente 30 millones de hectáreas tienen pendientes del 2% o menos, las que se catalogan aptas para la agricultura sin graves riesgos de erosión.

No obstante, el inconveniente de esta superficie es que en su mayoría se encuentra distribuida en las regiones del país que cuentan con menos agua, en donde la lluvia apenas rebasa los 400 milímetros al año, como lo es el Norte y Noroeste; es decir, tierras con alto potencial productivo pero sin agua para practicar agricultura rentable (Valenzuela, 1994:12).

Características climatológicas

La producción de trigo temporalero en México se realiza en pequeñas áreas aisladas y contrastadas hasta en quince estados del país que se ubican desde el Sureste, como la Mixteca Oaxaqueña, hasta el Norte Centro, como es el caso de Zacatecas y Durango.

Las características climatológicas son muy variables, incluso dentro de una misma entidad, lo cual se hace notar en el cuadro 17, en donde se presenta la altitud, temperatura media, precipitación y tipo de clima de localidades representativas de áreas productoras en los diferentes estados (Villaseñor y Espitia, 2000:86-87).

Se observa que las localidades citadas de las diferentes regiones productoras se ubican en altitudes por arriba de los 1700 msnm, con tendencias hacia los 2100 a 2400 msnm. En algunas áreas se llega a cultivar este cereal en alturas por arriba de los 2600 hasta cerca de los 3000 msnm, como lo son el Valle de Toluca y la región de Juchitepec en el estado de México, respectivamente. El cultivo del trigo durante el verano en sitios de menor o mayor altitud con respecto al rango indicado, tiene como limitante fundamental para lograr buen

nivel de productividad y rentabilidad a la temperatura, ya que en alturas por debajo del mismo el exceso de calor limita el rendimiento, mientras que en áreas con alturas por encima de ese rango las heladas tempranas afectan seriamente el llenado de grano (Villaseñor y Espitia, 2000:87).

Cuadro 17. Características de altitud, temperatura, precipitación y tipo de clima de localidades productoras de trigo de temporal

Estado	Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura Media(0°c)	Precipitación Anual Jun-Oct		Clima
Veracruz	Perote	2465	12.7	525	403	Árido
Oaxaca	Nochixtlán	1958	17.6	448	353	Árido
Puebla	Libres	2442	14.9	659	466	Templado Subhúmedo
Puebla	Oriental	2345	16.8	608	418	Árido
Tlaxcala	Huamantla	2553	15.5	670	466	Templado Subhúmedo
Tlaxcala	Apizaco	2408	13.9	859	647	Templado Subhúmedo
Tlaxcala	Tlaxco	2444	13.8	677	509	Templado Subhúmedo
Hidalgo	Apan	2501	15.0	624	450	Templado Subhúmedo
Hidalgo	Pachuca	2435	14.2	387	273	Árido
México	Amecameca	2470	14.4	1001	811	Templado
México	Teotihuacán	2294	14.8	559	418	Árido
México	Polotitlán	2100	16.7	617	471	Templado Subhúmedo
México	Toluca	2675	12.7	800	638	Templado Húmedo
México	Atlacomulco	2500	13.7	755	619	Templado Subhúmedo
Querétaro	Amealco	2175	15.3	633	515	Templado Subhúmedo
Guanajuato	Sn Felipe	2100	16.5	462	357	Árido
Michoacán	Morelia	1941	17.6	760	650	Templado Subhúmedo
Michoacán	Pátzcuaro	2132	16.4	1041	914	Templado húmedo
Jalisco	Arandas	1790	20.8	1000	884	Semicálido húmedo
Jalisco	Tepatitlán	1960	19.4	881	791	Semicálido Subhúmedo
Aguascaliente	Pabellón	2217	16.9	475	405	Árido
Zacatecas	Fresnillo	2238	16.8	419	355	Árido
Durango	F.I. Madero	1951	16.5	486	428	Árido
Chihuahua	Cuauhtémoc	2210	15.6	398	356	Árido
Promedio					525	

Fuente: García, 1981.

La precipitación media anual oscila de cerca de los 400 mm hasta poco más de 1000 mm, y la temperatura media varia de 12.7 a 20.8°C. Estos factores climatológicos conjuntamente interaccionando con otros más, arrojan diferentes tipos de clima para las áreas productoras de trigo como lo son: árido, templado subhúmedo, templado húmedo, semicálido húmedo y semicálido subhúmedo (Villaseñor y Espitia, 2000:89).

En todas las localidades presentadas el régimen de lluvias es durante el verano. En los climas de tipo templado, en sus dos modalidades, este se manifiesta con tendencia fuerte hacia una distribución bimodal, presentando dos picos con un periodo corto de sequía (Ortiz, 1987:132), que es reconocido como “sequia intraestival” o “canícula” y que ocurre generalmente a la mitad de la temporada de lluvias (durante julio y agosto); mientras que en los climas áridos, la canícula no es de importancia debido a que el déficit hídrico ocurre en varias etapas durante el periodo de lluvias (García, 1981:43), el que se manifiesta con una distribución de manera modal (Ortiz, 1987:34). También en los climas semicálidos, en sus dos manifestaciones, el comportamiento de las lluvias tiene una tendencia modal, ya que por lo general son ambientes lluviosos con buena distribución de la precipitación.

Para lograr buena productividad en este cereal durante el verano es de importancia la cantidad de lluvia ocurrida durante la estación de crecimiento, que en general está comprendida de junio a octubre. En el cuadro 17 se aprecia que de las 24 localidades presentadas, solamente en ocho la precipitación es mayor a los 600 mm, en 14 llueve menos de 500 mm y en cinco se registran

menos de 400 mm. De acuerdo con esas tendencias, se estima que en aproximadamente el 60% del área destinada al cultivo de trigo de temporal en México se registra deficiencias hídricas en la planta en una o más etapas de desarrollo (Garza, 1996:125).

La temperatura también es un factor importante para lograr buen rendimiento, y en general, es limitante en todas las áreas productoras, incluso en las de clima semicálido. Los efectos de las temperaturas extremas al rango óptimo fisiológico de la planta para su crecimiento en las diferentes etapas de desarrollo puede causar pérdidas de diferente magnitud; sin embargo, por las características de las áreas productoras indicadas, realmente son de importancia y reducen significativamente la productividad las temperaturas bajas a finales de la temporada de lluvias (Villaseñor y Espitia 2000:89). En el territorio nacional se distinguen las regiones Noroeste y Bajío por su preponderancia en la producción de trigo, siendo los principales estados productores. Sonora, Sinaloa, Baja California, Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

Estacionalidad de la producción

El cultivo presenta una marcada estacionalidad, definida por la fenología y las zonas donde se produce. Para el trigo, el 90% de la producción se concentra fuertemente entre los meses de abril a junio, y proviene del ciclo Otoño/Invierno del Noroeste de México y del Bajío (FIRA, 2008:63).

La mayor demanda del cereal en nuestro país la tiene la industria harinera, la que a su vez provee de materia prima a los fabricantes de la industria del pan, en donde la calidad del producto es determinada por la cantidad y la calidad de la proteína del grano (Claridades agropecuarias, 2006:54).

3.11. Mercado Nacional

En México, compiten por los granos la alimentación pecuaria y la alimentación humana, y tradicionalmente el mayor consumo de granos estaba destinado a lo segundo, pero esta tendencia cambió en el año 2003, cuando el principal consumidor de granos en México pasó a ser la industria pecuaria. Entre 2000 y 2006, la Tasa Media Anual de Crecimiento para el consumo humano fue de 1.0%, mientras que para el consumo pecuario fue de 3.8%. La tendencia es que este sector se mantenga como el motor del consumo de granos (FIRA, 2008:84).

La demanda nacional de granos es creciente, principalmente por el sector pecuario, que necesita para mantener un desarrollo similar a 2007 de 17.5 millones de toneladas de maíz, 8.2 millones de toneladas de sorgo y 400 mil toneladas de trigo. Dicho sector se ha consolidado como el principal consumidor de granos; en el año 2007 el consumo de estos tres granos por este sector fue de 26.1 millones de toneladas de las cuales el 64% proviene de importaciones. La expansión de la actividad pecuaria ha estado sustentada en la disponibilidad y accesibilidad interna y externa de granos (FIRA, 2008:45).

La oferta nacional está influida por una marcada estacionalidad con dos picos de producción durante los meses de abril a julio y de noviembre a enero.

Para satisfacer su consumo, el país requiere importar grandes cantidades de granos que en 2007 representaron el 32% del total disponible para el consumo; esta dependencia del exterior hace vulnerable las industrias alimentaria y principalmente la pecuaria, que además es altamente dependiente del

aprovisionamiento externo de granos forrajeros, llegando a representar el 70% del grano disponible para la ganadería. En el trigo se observan dos destinos de consumo claramente definidos; la industria de harinas, pastas y galletas, que requiere 6 millones de toneladas de trigos suaves y; la industria de pastas, que demanda cerca de 500 mil toneladas de trigos duros. En el primer caso, el país es deficitario en trigos suaves o panificables, por lo que se importa el 65% del consumo y, en el segundo caso, se tienen excedentes por 1 millón de toneladas de trigos duros que pueden ser destinados a la ganadería o a la exportación (FIRA, 2008:85).

Las importaciones de trigo representan el 72.4% en relación con la oferta nacional y el 38.9% del consumo nacional del producto. Las exportaciones alcanzan el 13.3% de la producción en el país, y particularmente se refiere a trigos duros; el 24.3% del consumo nacional de trigo se destina a usos como alimento para animales. La producción para uso como semilla y las mermas se estiman en menos de 1% cada una (FIRA, 2008:27). En cuanto al valor de la producción a precios corrientes, el trigo aporta en promedio el 2.3 por ciento de la producción agropecuaria nacional, el 3.8 por ciento del Subsector Agrícola y el 6.1 por ciento de los cultivos cíclicos. El cultivo del grano se realiza en más de 20 estados de la República Mexicana, de los cuales sobresalen Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa y Michoacán, por la concentración de las superficies de cultivo y el nivel de producción. Sonora es el principal estado productor y su contribución en el volumen y valor total de producción fue de 36%; seguido por Baja California que contribuyó con el 17% y Guanajuato con el 15%. La región Noroeste aporta en promedio el 56 % de la producción

nacional del cereal y el Bajío el 22 %, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes. Esta preponderancia se basa en su mayor participación en el Otoño-Invierno, de tal manera que en este ciclo el Noroeste produce un nivel promedio de 2,009 miles de toneladas, que equivalen al 61 por ciento, y el Bajío genera una producción promedio de 755 miles de toneladas, que representa el 23 por ciento de la nacional (Claridades agropecuarias, 2006:36). La superficie cultivada de trigo en México asciende a 658 miles de hectáreas, de la cual el 86 por ciento corresponde al ciclo Otoño-Invierno y 14 por ciento restante al Primavera-Verano. De una superficie sembrada de 658 miles de hectáreas, el 73 por ciento corresponden a la cultivada con sistemas de riego y en el ciclo Otoño-Invierno, el más importante por su contribución, la participación es de 92 por ciento sobre una extensión promedio de 605 miles de hectáreas. Caso contrario sucede en el Primavera-Verano, en donde la superficie de riego promedio representa el 2 por ciento. El rendimiento promedio del Otoño-Invierno se sitúa en 4.80 toneladas por hectárea cosechada, mientras que en el Primavera-Verano es de 1.93 toneladas por unidad de superficie, que con relación al Otoño-Invierno representa el 40 por ciento. El trigo que predomina en la producción nacional es el duro o cristalino, cuyos niveles permiten atender la demanda de sectores industriales específicos e incluso para exportar; no así en los trigos panificables, por lo que en forma continua se recurre al mercado internacional para su adquisición (SAGARPA, 2002:67).

3.11.1. Precio del trigo

Durante el año agrícola 2010/2011, el precio del trigo pagado al productor (Precio Medio Rural) presentó un incremento del 33% al alcanzar los 3,596 pesos/tonelada, siendo el trigo suave el que tuvo un mayor aumento (39%). El trigo suave de la región del Bajío es de gran valor para la industria molinera mexicana, debido a que, a pesar de tener un gluten suave se utiliza para la elaboración de galletas, a diferencia de otros trigos suaves en el mundo, también sirve para elaborar panes de menor volumen, además de que permite equilibrar o mejorar harinas de mucha fuerza mediante la mezcla de trigos, dependiendo de las diferentes calidades de harina que se requiera elaborar (extrafina, fina y semifina).

Cuadro 18. Precio del trigo nacional pagado al productor año agrícola (\$/T)

	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Total	2,073	3,680	2,892	2,695	3,596
Cristalino	1,968	3,941	3,088	2,673	3,475
Duro	2,539	3,390	3,081	2,629	3,619
panificable					
suave	2,200	3,471	2,673	2,726	3,800

Fuente: Canimolt, 2012.

Este aumento en el precio está directamente relacionado con el incremento que se ha presentado en la cotización del trigo en las bolsas agropecuarias norteamericanas, que está determinado, principalmente, por la oferta y la demanda, y por el costo de las Bases, principalmente por la movilización del grano a destino (Canimolt, 2012; 36).

IV. CARACTERISTICAS DEL TRIGO

4.1. Tipos y grupos de trigo

En México, cuando se habla del cultivo del trigo generalmente se está haciendo referencia al trigo harinero que corresponde al género *Triticum* y a la especie *aestivum*. Sin embargo, el trigo se puede clasificar en diferentes tipos y grupos, en especies silvestres y cultivadas. Las especies cultivadas se pueden clasificar de acuerdo a caracteres hereditarios que determinan cualidades morfológicas de la planta y espiga, incluyendo el hábito de crecimiento, altura de planta, ciclo vegetativo, color de la espiga e inclusive por la presencia o ausencia de aristas en la espiga. El trigo también se puede clasificar por su época y condición de siembra, por su uso industrial y/o por el producto final que se elabora con la harina obtenida de los diferentes grupos (Huerta y González, 2000:40).

Una variedad de riego se caracteriza principalmente por su alto potencial de rendimiento, su resistencia al acame y su buena respuesta a la aplicación de insumos. Dentro de estas se pueden encontrar variedades precoces, intermedias y tardías que se adaptan bien a los diferentes sistemas de siembra de cada región. Una variedad para temporal crítico, aparte del buen nivel de rendimiento, debe ser de ciclo precoz, responder satisfactoriamente bajo condiciones de sequía y debe ser de porte alto y de espigas y granos grandes. Una variedad de trigo para ambientes intermedios además de lo anterior, debe ser resistente a enfermedades, incluyendo las royas y otras enfermedades foliares. Mientras que las variedades de temporal para ambientes favorables

deben de tener alto potencial de rendimiento, resistencia a royas y resistencia a enfermedades foliares, de la espiga y de la raíz (Huerta y González, 2000:41). En las zonas de temporal eficiente las lluvias pueden demorar la cosecha por su ocurrencia durante madurez. Esto trae como consecuencia problemas para la trilla, en el almacenamiento y desde luego inherentes con la calidad, ya que en variedades de grano suave es muy común que se presente la germinación prematura. Es por lo tanto deseable que en ambientes lluviosos existan variedades cuyo grano sea duro para que no fácilmente absorba humedad y no se germine, o de variedades que germinen después de un tiempo de la cosecha, fenómeno que se conoce como dormancia.

4.1.1. Hábito de crecimiento y respuesta al fotoperiodo

Por su hábito existen trigos invernales, facultativos y trigos de primavera. En general, los trigos requieren de un periodo de vernalización a temperaturas de 4-6°C. Los trigos invernales requieren de seis a ocho semanas de vernalización a temperaturas de 4-6°C, siendo la óptima de 3°C para poder pasar de la fase vegetativa a la reproductiva, y generalmente son tolerantes al frío antes de la floración. Cuando los requerimientos de vernalización no se completan, los trigos permanecen en estado vegetativo (Huerta y González, 2000:42).

Los trigos facultativos son aquellos con requerimientos cortos de vernalización y se caracterizan por ser sensibles al fotoperiodo, pues aun cuando los requerimientos de frío han sido alcanzados, las plantas permanecen en estado vegetativo hasta que se empieza a alargar la duración de los días.

Solo entonces pasa del estado vegetativo al reproductivo.

Los trigos de primavera no requieren de un periodo frio para poder inducir su floración. Dentro de los trigos de primavera existen aquellos sensibles e insensibles al fotoperiodo. Las variedades insensibles son las que prácticamente se desarrollan bien en cualquier ambiente y época de año en México. Por el contrario, una variedad sensible al fotoperiodo permanecerá en estado vegetativo hasta que los días largos del año se inicien. Estos genotipos en nuestro medio se caracterizan por ser muy tardíos (Huerta y González, 2000:43).

4.1.2. Ciclo vegetativo

De acuerdo a su madurez fisiológica, las variedades de trigo se clasifican en precoces, intermedias y tardías. Dependiendo de la región en que se cultivan las distintas variedades, 120 días a madurez fisiológica puede ser precoz en una región, mientras que en otra 120 días sería una variedad extremadamente tardía. En general, para siembras de temporal se sugiere usar variedades precoces de 90 a 100 días e intermedias de 105 a 115 días a madurez fisiológica.

La ventaja de una variedad precoz, es que está menos expuesta a la incidencia de los factores bióticos (enfermedades) y abióticos (heladas, sequias, granizo, etc.) que limitan la producción, aunque también su potencial de rendimiento es menor. Entonces, se puede considerar que las variedades de ciclo intermedio serían las más versátiles para las siembras de temporal ya que presentan las

mejores condiciones biológicas para su adaptación al medio ambiente (González, 2000:43-44).

4.1.3. Altura de planta

Los trigos se pueden clasificar en cinco grupos de acuerdo a su porte de planta; triple enanos, doble enanos, semienanos, semienanos-altos y altos. (Espino, 2000:44).

Para fines comerciales las variedades de temporal deben ser semi-enanas altas, debido a que en lugares con déficit de agua reducen su altura de planta hasta en 30 cm. Generalmente en el cultivo de trigo de temporal se emplean variedades semi-enanas con alturas promedio de 90 cm (Huerta y González, 2000:45).

4.1.4. Color de la espiga

Lo que determina el color de la espiga es en realidad el color de las glumas y aristas. De esta forma, se pueden encontrar desde un color negro intenso, rojo, café, amarillo o blanco y varias tonalidades de cada uno de esos colores. Genéticamente los colores fuertes son dominantes sobre los claros. Aun cuando no se ha determinado el efecto del color de la gluma en trigos de temporal, lo más común es encontrar espigas que van de amarillo paja a blanca (Huerta, 2000:47).

4.1.5. Color de grano

El color del grano es otra base para clasificar a los trigos. Históricamente los

trigos de temporal han sido de color rojo y en pocas excepciones han sido de color blanco. Los granos rojos son determinados por los genes que codifican la presencia de un pigmento rojo o café rojizo en la testa o parte interior del pericarpio. Las variedades que no poseen estos genes para pigmentos son de grano de color blanco. Algunos trigos blancos pueden parecer de un tono café ligero o café medio fuerte debido a un alto contenido de proteína, pero esto no debe ser confundido con la presencia de pigmentos de los trigos rojos. Dependiendo del número de genes, el color rojo se hará más o menos intenso debido al efecto aditivo de estos genes (Huerta y González, 2000:47).

4.1.6. Dureza de grano

La dureza del grano es otra característica genética para clasificar al trigo. Aun cuando no es una característica considerada desde el punto de vista de la calidad industrial y más específico para determinar el tiempo de acondicionado para la molienda. Basta decir que por su dureza el grano se clasifica como muy duro, duro, intermedio y suave. La dureza del grano es un factor cualitativo controlado por uno o quizás dos genes de efectos mayores y varios genes de efectos menores (Yamazaki y Donelson, 1983). Por lo tanto, la dureza del grano puede ser manipulada mediante cruza y retrocruza para obtener el tipo de dureza apropiado para cada sistema de producción. La dureza se determina mediante la resistencia al perlado (remoción del pericarpio por fricción) o mediante la resistencia al quebrado. De acuerdo con la dureza, dependerá el tiempo de acondicionamiento para moler y extraer la harina (Villaseñor, 2000:48)

4.1.7. Presencia de aristas

Las variedades de trigo varían en su expresión desde la ausencia total de aristas hasta aquellas presentes y muy grandes en cada una de las lemas. En un principio se creyó que la presencia de aristas era debido a factores de dominancia. Actualmente se sabe que cinco genes y posiblemente seis de efectos mayores determinan el desarrollo de la arista (Espino, 2000:48).

4.1.8. Fuerza del gluten

En México desde el punto de vista del mercado de la industria y de la nutrición, el uso del trigo depende principalmente de la fuerza del gluten y del contenido de proteína. La harina extraída de los trigos hexaploides (*T. aestivum*) se usa principalmente para la elaboración de pan, galletas y tortillas, mientras que la semolina extraída de los trigos cristalinos (*T. durum*) se usa para la elaboración de pastas y macarrones.

La mayoría de las características de calidad son heredables y se trata, a través de mejoramiento genético, incorporarlas a las futuras variedades para temporal. A través del tipo de gluten es la forma como se han clasificado los trigos por su calidad en México. El gluten es el resultado de la conjunción de proteínas (gliadinas y glutaninas) en la harina de trigo y agua. Es así como los trigos se han clasificado desde finales de la década de los sesenta por la fuerza de su masa en trigos de gluten Suave, Medio, Fuerte Tenaz y Cristalinos (Iñiguez, 2001:89).

4.1.9. Por su uso industrial

Por la elaboración de productos de la harina o semolinas extraídas, los trigos se clasifican en galleteros, panaderos y macarroneros.

Los trigos galleteros corresponden a los trigos de gluten suave y extensibles.

Estos trigos son de un potencial de rendimiento alto y relativamente menor contenido de proteína que los trigos panaderos o macarroneros. Los trigos panaderos son de gluten fuerte o medio fuerte con un contenido de proteína mayor que los trigos suaves. Hasta hace unos diez años, dentro de los trigos panaderos se producían trigos de gluten tenaz utilizados principalmente en mezclas. Actualmente en México ya no se producen trigos de gluten Tenaz.

Los trigos macarroneros que no producen harina sino semolina, son trigos con un mayor contenido de proteína y un pigmento amarillento que los hace más deseables para la elaboración de pastas, fideos, macarrones y espagueties (Morales, 2006:44).

4.2. Características de calidad industrial

Los cereales se vienen cultivando desde hace siglos en todos los rincones del planeta y siempre han sido la base de la alimentación de los diferentes pueblos y culturas del mundo (Canimolt, 2010:82).

En México se producen dos clases de trigo, los panificables que corresponden a la especie *Triticum aestivum*, cuyo grano se utiliza en la producción de harinas para la elaboración de pan, galletas, tortillas, pasteles y otros productos

alimenticios, y los no panificables (pasteros) que corresponden a la especie *Triticum durum*, que se destina preferentemente a la elaboración de pastas.

La clasificación de los usos industriales de las variedades de trigos dependen del contenido y calidad de proteínas del gluten (gliadinas y gluteninas, principalmente), las cuales confieren las propiedades visco-elásticas a las masas elaboradas a partir de las harinas. Debido a que estas características son incorporadas genéticamente, las proteínas del gluten en las variedades panificables tienen propiedades visco-elásticas diferentes a las que se encuentran en las variedades macarroneras (Salazar, 2000: 289).

Dado que aproximadamente el 80% del total del contenido de proteínas del endospermo y, consecuentemente de la harina, forman las proteínas del gluten, las variaciones en este parámetro influyen significativamente sobre los usos industriales de las variedades. Por ello, la clasificación de la producción triguera por contenido de proteína es importante en el proceso de comercialización, ya que las grandes panificadoras utilizan trigos con mayor contenido de proteína (>12.5%) para producir harinas que se utilizan en la preparación de masas con características de gluten fuerte y elástico apto para panificación. Por lo contrario, la industria galletera demanda variedades que produzcan grano con menor contenido de proteína (<10.5%) y características de gluten (comúnmente denominado suave en la industria) apto para este tipo de productos (Salazar, 2005:25).

La Norma Oficial Mexicana (NOM-FF-36-1994) de comercialización de productos alimenticios clasifica al trigo (*T. aestivum* y *durum*) en cinco grupos de calidad, que se basa en la clasificación física (textura del endospermo) y en las características de calidad del gluten (proteínas). Estas propiedades se derivan directamente del contenido y calidad de las proteínas de una variedad de trigo, que pueden ser afectadas por condiciones adversas, tales como enfermedades, las temperaturas, heladas, lluvias y sequías que ocurren en el campo durante la etapa de maduración del grano; por alteraciones durante el almacenamiento como el crecimiento de hongos, germinación del grano por exceso de humedad, y finalmente por condiciones de procesamiento en la molienda como daño de almidón, porcentaje de extracción de harina y adición de mejoradores (Salazar, 2000: 292).

4.2.1. Grupo I, variedades de gluten fuerte. El grano cosechado de estas, se caracteriza por ser duro, de alto peso hectolitrico y excelentes características de molienda. El contenido de proteína en el grano varía dependiendo de la variedad, las condiciones ambientales, del manejo agronómico y de la localidad. La harina produce masas con propiedades de gluten fuerte elástico, apto para la industria de panificación mecanizada en la elaboración de pan de molde (pan de caja) y como mejorador de trigos de gluten débil. Generalmente, estos trigos se cosechan en la región del Noroeste, que comprende los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California Norte y Sur.

4.2.2. Grupo II, variedades de gluten medio fuerte. Las características del grano son similares a las del grupo I, excepto que el grano es generalmente de

textura semi-dura. El tipo de gluten es medio fuerte y tiene características de mezclado intermedias, apto para la producción de harinas que se utilizan en la elaboración de pan hecho a mano o diversos productos leudados (pan francés y pan dulce de fermentación), y en mezclas para la producción de harinas con diferente potencial de panificación. El 60% de la demanda nacional de harinas se procesan de este grupo (Salazar,2000:293).

4.2.3. Grupo III, variedades de gluten débil y endospermo suave. Estas producen granos suaves, con bajo contenido de proteína, con excelentes características de molienda, de gluten débil extensible y tiempo de amasado corto, aptos para la industria galletera y de repostería. El 90% del total de la producción de trigos suaves se cosecha de la siembra en la región del Bajío

4.2.4. Grupo IV, variedades de gluten tenaz. El grano proveniente de estas variedades se caracteriza por ser de textura dura, con bajo contenido de proteína y de excelentes características de molienda. Su gluten es corto y tenaz, y se asocia con baja calidad panadera. Su harina se utiliza para la elaboración de productos horneados de bajo volumen, y también para la preparación de mezclas con trigos del grupo I. Actualmente estas variedades tienden a desaparecer en la producción comercial y se sustituyen por otras nuevas de mejor calidad (Salazar, 2000:293).

4.2.5. Grupo V, variedades de gluten corto. El grano de estas variedades comúnmente se le llama trigos duros o cristalinos o macarroneros, ya que son extremadamente duros en textura, de un color ámbar y adecuados para la

elaboración de pastas. Se utilizan en la producción de semolina y se caracterizan por tener alto contenido de pigmentos carotenoides que son los responsables de dar el color amarillo brillante a las pastas alimenticias. Las variedades actuales poseen características de gluten fuerte apto para la producción de pastas con propiedades culinarias excelentes. Este se utiliza exclusivamente en la industria pastera, se siembra en la región Noroeste del país y en pequeñas áreas en el estado de Guanajuato.

4.3. Criterios de calidad

La definición de calidad en trigo varía según el área en cuestión en la cadena alimentaria. Así, para el agricultor es importante el rendimiento y la resistencia a enfermedades y plagas que una variedad tiene, así como la buena apariencia del grano durante la comercialización. Los almacenadores prefieren granos con el mínimo de daños, con baja humedad y libre de insectos/hongos para que tengan una buena vida de anaquel. Para los molineros y panaderos, la calidad implica grano que tenga altos rendimientos de harina refinada y con propiedades físico-químicas (contenido de proteína, tipo de gluten, cenizas, etc.) que den una buena calidad en el producto terminado, ya sea pan, galleta o pastel (Zazueta, 2004:295).

El proceso de comercialización requiere de criterios de calidad medibles mediante la aplicación de metodologías estandarizadas en el mundo. En el Laboratorio de Tecnología de Cereales (Trigo) del INIFAP, se cuenta con cinco áreas de calidad con métodos aprobados por la Asociación Americana de

Químicos Cerealeros (American Association of Cereal Chemists AACC) para clasificar a las variedades de acuerdo a su (1) calidad física, (2) calidad molinera, (3) calidad en harinas, (4) calidad reologica y (5) calidad del producto final (pan, galleta o pasta). Cada una de estas áreas proporcionan datos que permiten a los programas de mejoramiento genético formar nuevas variedades, ayudan a determinar la calidad para el almacenamiento y ofrecen a los industriales la información de las variedades para predecir rendimientos harineros y calidad del producto final (Zazueta, 2001:23).

4.3.1. Calidad física

Los principales parámetros que se determinan para clasificar la calidad física del grano son el peso hectolitrico, peso de mil granos, tamaño y forma del grano, dureza, análisis fitosanitarios y daños ocasionados por factores abióticos. También es necesario considerar el contenido de humedad. Todas estas pruebas son de carácter físico o visual, a excepción del contenido de humedad. Esta información permite clasificar los granos de calidad del grano de acuerdo a la norma oficial.

El contenido de humedad es uno de los parámetros más comunes para determinar el grado de calidad, ya que es una indicación de la calidad de materia seca que el industrial está comprando. Además, es importante para el manejo del grano durante su almacenamiento. La humedad máxima permisible es de 13%, ya que con humedad superior al 14%, el grano es más propenso a deteriorarse y requiere de aeración y secado, lo que incrementa los gastos de

manejo y almacenamiento. El método más empleado para determinar la humedad es por medio de conductividad eléctrica con el equipo Motomco y se basa en el principio de que el agua ligada y libre son diferentes conductores de electricidad (Zazueta, 2000: 296).

De los criterios físicos, el peso hectolitrico es una de las especificaciones más importantes del comercio mundial de trigo y es considerado por el molinero como una característica importante por su relación significativa con rendimiento harinero. El peso hectolitrico está relacionado con la densidad real del grano y, por lo tanto, con la textura del endospermo y con el contenido de proteína. El peso de mil gramos tiene una estrecha relación con el tamaño y densidad del trigo y también está relacionado con rendimientos molineros. Los trigos mexicanos se caracterizan por tener alto peso hectolitrico, pero depende del lugar donde se cosechan, ya que este parámetro es altamente influenciado por el ambiente y el nivel tecnológico de producción que se emplea durante el cultivo (Zazueta, 2005:29).

De la producción nacional, el trigo duro cosechado en el Noroeste durante el invierno bajo condiciones de riego, da los valores más altos en peso hectolitrico, hasta de 85 kg/hl, mientras que las variedades de trigo suave dan valores menores. En el caso de las siembras de temporal durante el verano, la calidad física del grano es fuertemente afectada en algunas ocasiones por factores como lluvias durante la maduración del grano, sequia, hongos, prebotado del grano, etc., que originan bajo peso hectolitrico, hasta de 72 kg/hl, por lo que tienen problemas de comercialización (Zazueta, 2000:298).

4.3.2. Calidad molinera

El objetivo de la molienda es separar el germen y el salvado del endospermo para la producción de harinas refinadas. Los criterios de calidad que se consideran para clasificar a los trigos de acuerdo a su calidad molinera son: propiedades de acondicionamiento, facilidad de molienda y rendimientos harineros y molineros. Estas características dependen de la dureza del grano y de la capacidad tecnológica en el proceso de molienda (Salazar, 2000:298).

El proceso de molienda comercial consta generalmente de cinco trituraciones y algo más del doble de compresiones. En las trituraciones se va despojando paso a paso el endospermo del pericarpio o salvado. En las compresiones las sémolas o harinas gruesas se reducen a tamaños de partículas más finas y se termina de separar el salvado de la harina. El molinero mide la eficiencia de separación por medio del contenido de cenizas, con el cual se puede saber si el proceso de acondicionado fue apropiado, lo que está directamente relacionado con el color de la harina, rendimiento molinero y el rendimiento de extracción total de harina blanca en la molienda. El molinero también puede controlar la granulación y la actividad diastásica que influyen en su uso industrial (Salazar, 2000: Pág. 300).

4.3.3. Calidad en las harinas

Las harinas que se producen a partir del grano de las variedades de trigo se analizan por los siguientes criterios de calidad: 1) contenidos de ceniza y

proteína, 2) gluten húmedo y seco, 3) color, 4) actividad enzimática y 5) almidón dañado.

Esta información permite clasificar a las harinas de acuerdo a su composición química, con la cual se puede predecir las características de procesamiento y de panificación que dependen del contenido de proteína y su calidad.

El contenido de proteína es un criterio importante en la clasificación y comercialización de las variedades de los trigos para panificación, ya que es el factor que más afecta la calidad de los productos derivados a partir sus harinas. Esto se debe principalmente a que del 85% al 90% de las proteínas presentes en el endospermo del trigo y, consecuentemente de las harinas, cuando se ponen en contacto con el agua forman un complejo proteico con propiedades visco-elásticas llamado gluten, el cual está conformado principalmente por gluteninas y gliadinas, que están determinadas genéticamente (Zazueta, 2000:301).

4.3.4. Calidad reologica de las masas

Las pruebas reologicas son las más importantes para determinar los usos industriales de las harinas, ya que están relacionadas con las propiedades físicas del gluten hidratado y formado por la acción del amasado en el proceso de panificación, y están estrechamente vinculadas con los parámetros de procesamiento (absorción de agua, tiempo de amasado) y calidad del producto final (Zazueta, 2000:303).

4.3.5. Calidad de panificación

En el proceso de evaluación de la calidad, las pruebas de panificación y galletas se utilizan en trigos harineros para caracterizar y definir el uso más apropiado de los diferentes tipos de gluten. El proceso de panificación se realiza siguiendo el método de masa directa y se evalúan los criterios de absorción de agua, tiempo de amasado y tolerancia a la fermentación en la masa, bajo condiciones estrictas de temperatura y humedad relativa. En este ensayo, la harina se mezcla con levadura, azúcar, sal y agua, en una microamazadora hasta desarrollar propiamente el gluten. Posteriormente, la masa se sujeta a etapas de fermentación con sus consecutivas operaciones de desgaso a diferentes tiempos de fermentación, moldeado y horneado. En el pan se mide el volumen, color y textura de la miga y características de la corteza; en galletas, el diámetro, grosor e índice de esparcimiento se consideran como criterios de calidad (Zazueta, 1989:30).

Con respecto a los trigos cristalinos, *Triticum durum*, la semolina obtenida se procesa para la elaboración de pastas (espaguetis) por medio de extracción. La calidad de los espaguetis se evalúa en relación a su color, cocción y otras características culinarias (Villaseñor, 2000:97).

4.4. Canales de comercialización

Los sectores involucrados en forma directa en el Sistema-Producto Trigo son productores de trigo, industriales molineros, industriales panaderos, pasteros y galleteros, así como los Porcicultores. Una de las características esenciales en

el destino del trigo es su alto grado de comercialización. Para el consumo humano, el cereal requiere de un proceso de transformación mediante el cual se produce la harina, la que se utiliza como materia prima en determinadas industrias para la generación de productos finales (SAGARPA, 2008:25). En este sentido, la mayor demanda del cereal se genera en la industria harinera, la que a su vez es proveedora de materia prima para los fabricantes de productos finales, predominando la industria del pan, en donde la calidad del producto está determinada por la cantidad y la calidad de la proteína del grano. En la producción nacional destacan los trigos suaves y los cristalinos; en la comercialización se identifican cinco grupos dependiendo del tipo y características del gluten. En el circuito de la comercialización del grano, se distinguen tres canales básicos: a) Comisionistas; b) Comercializadoras, Uniones de Crédito y Organizaciones Agrícolas, y; c) Productores que venden el producto directamente a la industria harinera. Los dos primeros esquemas cubren la mayor parte del mercado, aunque la proporción entre ellos varía, según la entidad. En Baja California predominan los comisionistas, quienes adquieren el grano para la industria molinera o para las comercializadoras; en el Noroeste y el Bajío tienen mayor participación las empresas comercializadoras, que en forma independientes adquieren el cereal para venderlo a los agroindustriales; la venta en bloque de la cosecha a través de las organizaciones agrícolas o uniones de crédito, así como la venta directa a la agroindustria por productores individuales, son mecanismos que no predominan en el mercado por su alto grado de dispersión (FIRCO, 2010:67). Cabe mencionar que, en general, una parte importante de la

industria molinera se encuentra alejada de las zonas de producción, lo cual encarece los costos de transporte y, por otra parte, se ubica cerca de las zonas de consumo, lo que redundaría en una ventaja para la industria panificadora, con lo que se reducen los costos de transporte. En el Norte y Noroeste del país se localiza el veintinueve por ciento de los molinos; en el Centro y Altiplano Central el cincuenta y un por ciento; en el Golfo, Sur y Sureste el trece por ciento y; en el Occidente el seis por ciento (CANIMOL, 2007:24).

Las unidades productivas dedicadas a la transformación del trigo constituyen el 9% del total de unidades productivas de la Industria Manufacturera. Ocupan el segundo lugar en la rama de la Industria de Alimentos y Bebidas, participando con 26%, después de la rama denominada Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas, que aporta el 48% del total de unidades económicas. La industrialización del trigo se caracteriza por la concentración de molinos de harina de trigo en las entidades que no son productoras importantes de este grano o no lo producen (FIRA, 2008:96). Los molinos ubicados en el D. F., Estado de México y Puebla, procesan el 36% del trigo, mientras que en Sonora, principal productor del grano, sólo se transforma el 7%. El 54% de las unidades económicas dedicadas a la elaboración de galletas, pastas alimenticias, pan, y pasteles; panadería y pastelería industrial, se localizan en 7 entidades del país; de éstas, sólo Michoacán destaca como uno de los principales estados productores. En el periodo 2000-2003, la participación del personal ocupado en la elaboración de alimentos derivados del trigo en el total del personal ocupado en la industria de alimentos osciló entre 23% y 24% (SIAP, 2005).

El consumo humano de este cereal, no puede realizarse directamente, pues requiere de un proceso previo de transformación, el cual comienza con la molienda, de la cual se obtiene la harina, por lo que éste beneficio requerido por el trigo ubica a la industria harinera como el eslabón estratégico de la cadena producción-consumo y la constituye como principal demandante del grano. El ciclo de la molienda de trigo comprende desde el mes de mayo de un año hasta el mes de abril del año siguiente, por lo que el abastecimiento para la producción de harina contempla el periodo de tiempo entre la cosecha del ciclo agrícola otoño-invierno del año anterior y la del ciclo primavera- verano de ese mismo año (Ramírez, 2000:23). Por tanto los diferentes ciclos molineros se revisan con base en los estimados de la oferta y demanda mundial de trigo y el impacto de estas variables sobre los precios internacionales. La industria harinera mexicana cuenta con aproximadamente 95 molinos operando a lo largo del país. Su concentración deriva de 2 elementos fundamentales los que están en zona de consumo; y los que están en zona de producción de trigo. La capacidad instalada a nivel nacional es superior a las 7'300,000 toneladas. La molienda real de trigo es de alrededor de 4'750,000 toneladas. Esta molienda, con base en los rendimientos promedio del 74%, produce aproximadamente 3'515,000 toneladas de harinas, incluyendo sémolas. La procedencia de estos granos son 43% nacional y 57% importado lo que corresponde a cristalinos es netamente nacional. De acuerdo a la distribución nacional de molinos, existen 5 cámaras industriales y 2 pequeñas representaciones, todas ellas regionales, con las siguientes capacidades instaladas en relación a la molienda nacional:

Cámara de la Industria Harinera del Distrito Federal y Estado de México, representa el 38% que equivale a 1,804,000 toneladas de trigo que corresponde aproximadamente a 1,335,000 toneladas de harina; Cámara Industrial Harinera de la Zona Centro, representa el 17% que equivale a 807,000 toneladas de trigo, y corresponden a 597,000 toneladas de harina aproximadamente; Cámara de la Industria Harinera del Norte, produce el 14% que corresponde a 665,000 toneladas de trigo, y representan 492,000 toneladas de harina aproximadamente; Cámara Harinera de la Zona de Puebla, representa el 13% que equivale a 620,000 toneladas de trigo, y representan 459,000 toneladas de harina aproximadamente. Cámara de la Industria Harinera del Noroeste con una molienda de 9%, que corresponden a 427,000 toneladas de trigo, producen 316,000 toneladas de harina aproximadamente. Comité de Molineros de Trigo del Estado de Jalisco, representa el 5% que equivale a 237,000 toneladas de trigo, y corresponden a 176,000 toneladas de harina aproximadamente. Representación Molinera de la Zona del Golfo, produce el 4% que corresponde a 190,000 toneladas de trigo, y representan 140,000 toneladas de harina aproximadamente (canimol, 2007:25).

La industria harinera demanda trigos tenaces y maleables para la elaboración de panes y galletas, mientras que la industria de pastas y sopas necesita trigos duros o cristalinos (FIRA, 2008:72).

Se estima una producción de 2.8 millones de toneladas (Promedio 2005 al 2007), de las cuales aproximadamente 1.7 millones de toneladas corresponden a trigos harineros con una demanda estimada de la industria de 6.1 millones de toneladas (Anuario Estadístico, 2005). Para esta industria existe un déficit de

3.9 millones de toneladas que es cubierto con importaciones.

En el país se siembran cerca de 240 mil hectáreas de trigo cristalino con una producción de 1.4 millones de toneladas (Anuario Estadístico 2005 SAGARPA), proveniente en su mayor parte de Sonora y Baja California. Los tipos de trigo que generalmente se utilizan se pueden clasificar en tres grandes grupos: duros (hard) o panificables con un 65.3%, suaves (soft) o galleteros con un 26.3%, cristalinos (durum) semoleros o pasteleros con un 8.4%. De estos molinos hay diferentes tipos de grupos en integraciones verticales y horizontales. La tabla esquematiza tanto el número de molinos existentes o que funcionan dentro de la república mexicana así como el volumen requerido para poner en marcha la producción y llevar a cabo la molienda en sus distintos centros, sobresaliendo en segundo lugar la empresa ALTEX. Las principales empresas se citan a continuación, con capacidad instalada de molienda diaria aproximada.

Cuadro 19. Molienda en Ton. Por empresa en México

Grupo o molino	Numero de molinos	Molienda diaria (Ton)
Molinera de México (GRUMA-ADM)	10	3,200
ALTEX (antes BIMBO)	6	2,300
TRIMEX	5	1,900
MILLCO	4	1,300*
Grupo la moderna(TABLEX)	5	1,600
MUNSA	5	750
Grupo Beleño	4	600
Grupo HARINAS	3	800
INIMOL	3	600
CONTRI	5	1,800*
POBAL	10	2,100*
Harinera La Espiga	1	1,000

Fuente: Canimolt, 2010.

*Estos grupos realizan compras para sus molinos o asociados, y también para otros molinos.

En la actualidad la cadena agroalimentaria del trigo en México se encuentra inmersa en el fenómeno de globalización de los mercados, particularmente al nivel de su eslabón en la producción primaria, la cual compite de manera abierta con la oferta mundial de trigo para hacer llegar el producto a la industria harinera, la que a su vez, a pesar de tener un buen posicionamiento en el mercado nacional, enfrenta el riesgo de incremento de competencia con productos extranjeros que satisfagan las crecientes demandas de calidad por la industria de panificación, galletera, pastas alimenticias y pastelería (López, 1999:45). Éstos últimos no sólo participan en el mercado local, ya que algunos de ellos, particularmente las grandes compañías, han empezado a desarrollar mercados en otros países, con fuerte énfasis en América Latina. Por lo anterior, una de las primeras estrategias que el sistema requiere definir tendría que tener como objetivo la sustitución de importaciones bajo una oferta nacional libre y competitiva que ponga al alcance de los consumidores el tipo de productos que se demandan en calidad y precio internacionales.

Al nivel de producción primaria hay que destacar la existencia de una alta diferenciación del producto de acuerdo al uso industrial que se quiera hacer del mismo y el producto final deseado, ya su calidad está determinada por el tipo de harina empleada en su proceso, la cual depende de la cantidad y calidad de la proteína del grano (López, 2001:78).

La industria harinera se ubica principalmente en el centro del país, dado que es la zona con mayor demanda de harinas y sémolas. De acuerdo a la

información proporcionada por el Comité nacional, en el Centro y Altiplano Central se ubica el 51 por ciento de la industria molinera, destacando el Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Puebla y Michoacán; en el Norte y Noroeste del país se localiza el 29 por ciento, particularmente en Sonora y Coahuila; en el Golfo, Sur y Sureste el 13 por ciento y; en el Occidente el 6 por ciento de los molinos. Esta industria se caracteriza por un gran número de plantas, muchas de ellas operando a niveles bajos de su capacidad instalada, y algunas concentradas en grupos corporativos importantes que a su vez tienen relación con las industrias del siguiente eslabón de la cadena, las fabricantes de galletas, pastas alimenticias, pan de caja y pastelería. Esta industria emplea diversos canales de comercialización para la compra del grano, siendo los más destacados el uso de comisionistas, la compra a comercializadoras, o bien, a productores individuales u organizaciones agrícolas que realizan la venta directa a la harinera. Este último esquema presenta dificultades cuando la producción se encuentra muy dispersa en la región (SAGARPA, 2005).

El consumo nacional aparente promedio de trigo grano en México asciende a 4.9 millones de toneladas, de las cuales la producción nacional representa cerca del cincuenta por ciento, con lo que las importaciones juegan un papel fundamental para la atención de la demanda interna. El 18% del gasto corriente monetario trimestral de hogares se utiliza para adquirir cereales y de éste, 40% se destina a la compra de productos derivados del trigo. En los últimos seis años, las compras externas de trigo provienen prácticamente de los socios comerciales dentro del tratado de libre comercio de América del Norte,

predominando la Unión Americana como el principal proveedor del grano para México, de tal manera que de un volumen total promedio de importaciones de 3,140 miles de toneladas, el 78 por ciento provienen de Estados Unidos y el 22 por ciento de Canadá. El consumo pecuario de grano se realiza principalmente en mezclas y como alimento balanceado, principalmente para aves; en menor medida se utiliza como alimento para la ganadería lechera y porcícola. Se estima que el consumo pecuario promedio de trigo es de 543 miles de toneladas, siendo el segundo segmento de demanda después de la industria molinera, cuyo nivel de consumo promedia 3.1 millones de toneladas. La procedencia de estos granos son 43% nacional y 57% importado, lo que corresponde a cristalinos es netamente nacional; se importan volúmenes muy elevados del exterior para la industria nacional, pero se tienen exportaciones también de este grano en menor medida (FIRA, 2008:78).

4.5. Capacidad instalada y ocupada de la industria molinera

La industria molinera de trigo tiene actualmente una capacidad instalada de 8 millones 444 mil toneladas, lo que representó un crecimiento en dos años del 5% con relación a las últimas cifras disponibles del año 2010 (8 millones 54 mil toneladas).

Esto ocurrió en un escenario de nuevas inversiones en capacidad instalada y modernizaciones de equipo; la adquisición de molinos y marcas; la implementación de esquemas de asociación y maquila de harina; pero también ante el cierre de algunas plantas molineras.

Por otra parte, el crecimiento en el consumo permitió incrementar la capacidad instalada que se utilizó en las plantas para la producción de harinas y sémolas de trigo, aumentando del 68% de capacidad ocupada en 2010 al 71% para 2012.

Cuadro 20. Capacidad instalada y capacidad ocupada de la industria molinera de trigo, 2012

Región	Número plantas	Capacidad instalada de la molienda	
		Miles de Toneladas	Porcentaje
Total	90	8,444	100%
Noroeste	16	1,176	13.9%
Norte	16	1,191	14.1%
Centro Occidente	28	2,063	24.4%
Altiplano Metropolitana	16	2,439	28.9%
Sur-Sureste	14	1,575	18.7%

Fuente: Canimolt, 2012.

Lo anterior ha beneficiado al consumidor, debido a que se genera una mayor competencia para satisfacer el crecimiento de la demanda, de acuerdo a sus necesidades de precio, calidad, servicio y atención de nuevos segmentos de mercado (Canimolt, 2012:44).

Durante el 2012, operaron 90 plantas de molienda de trigo que emplearon a 8,674 trabajadores, de los cuales el 50% (4,372 personas) laboraron en plantas con capacidad instalada mayor a 300 toneladas diarias de molienda, el 44% (3,800 personas) en plantas con capacidad instalada entre 100 a 300 toneladas, y el 6% restante (503 personas) en aquellas con capacidad menor a las 100 toneladas. Un indicador que permite apreciar las ventajas del uso de tecnologías nuevas y producción en volumen (economías de escala), es el

número de trabajadores que se utilizan en la planta por cada 100 toneladas de capacidad diaria de molienda. Las plantas con capacidad instalada menor a 100 toneladas requieren un promedio de 60 empleados para operar, mientras que los molinos con capacidad superior a las 500 toneladas requieren solamente 18 trabajadores por cada 100 toneladas de capacidad, es decir, a mayor capacidad instalada del molino, tiende a emplear menor número de trabajadores, lo que permite aumentar eficiencias y reducir costos.

Cuadro 21. Comportamiento de la Industria molinera, 2007

Capacidad instalada de la molienda	8,027,000
Molienda real	5,83,000
Molinos operando	92
Comercialización de trigo	6,762,000
Perca pita anual	49 kg
Producción de harina y sémola	3,869,000
Producción e subproducto	1,314,000

Fuente: Canimolt, 2010.

V. MATERIALES Y METODOS

Se parte del manejo de la programación lineal como herramienta de análisis y toma de decisiones, ya que ésta se aprecia cuando se hace notar que sirve para asignar recursos limitados entre distintas actividades alternativas, para cumplir con un objetivo de optimalidad. Para el modelo, se utilizó el programa Lindo, paquete muy versátil y útil para la solución de este tipo de problemas. Para dicho estudio se contemplaron los treinta y dos estados que conforman la República Mexicana por considerar que el trigo es un grano necesario para el consumo de la sociedad en general, tomando como periodo de estudio el año 2010. Para tal efecto se evaluaron dos modelos, uno para una economía cerrada y el segundo para la producción potencial del grano. Para la formulación del modelo de transporte, se procedió a obtener la población total por estados, la producción del trigo por entidad federativa en toneladas de SIACON-SAGARPA; se obtuvo el consumo per cápita de esta gramínea en toneladas para 2010. El consumo per cápita se calculó como la suma de la producción nacional más las importaciones totales menos las exportaciones, entre la población total del país. Una vez considerado esto, se estimó el consumo aparente en toneladas, multiplicando la población por el consumo per cápita. Asimismo, para determinar los estados oferentes y demandantes de trigo, se procedió a obtener la diferencia de la producción menos el consumo aparente; si se obtiene un valor negativo, se considera como demandante del producto; caso contrario, si resulta positiva representará un estado oferente, anexos C,D,E,G,H,I. Para formular la función objetivo del modelo de transporte para una economía cerrada, se tomaron como coeficientes las distancias del

anexo J; las restricciones de oferta se formaron con los datos del anexo D y para la integración de las restricciones de demanda se procedió a manejar los datos del anexo C. La conformación del modelo para la producción potencial del trigo, se llevó a cabo asignando como coeficientes de la función objetivo la información del anexo F; las restricciones de oferta se formaron con los datos del anexo H y las restricciones de demanda con el anexo I. Para transportar el trigo se parte del supuesto de utilizar trailers con caja seca de 53 pies, ya que se trata de productos perecederos. La capacidad de cada unidad es de 30 toneladas, se divide dicha cantidad para obtener el costo de viaje por tonelada. La formulación del modelo de transporte para una economía cerrada se conformó con 112 variables y 32 restricciones (4 de oferta y 28 de demanda); para la producción potencial de trigo fue de 119 variables y 24 restricciones (7 de oferta y 17 de demanda). De igual forma cabe señalar que los centros de consumo considerados fueron los estados que no producen trigo, a estos se les sumó los estados productores con déficit de producción, es decir, aquellos cuyo consumo es superior a lo que producen internamente, teniendo que recurrir a los envíos de otros estados para satisfacer su demanda requerida. Definidas la función objetivo, las restricciones del modelo y haciendo uso del paquete computacional Lindo se corre el modelo para conocer las cantidades que saldrán de cada origen a los diferentes destinos. Una vez obtenidos los resultados se procede a la realización del manejo de los mismos para llevar a cabo la interpretación técnica y económica y determinar los lugares donde se va a enviar la producción el producto a las diferentes localidades requeridas.

VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En este apartado se presentan, explican e interpretan los resultados obtenidos del paquete LINDO del modelo de la distribución del trigo.

6.1. La función objetivo

La solución óptima está conformada por el valor de la función objetivo y las variables seleccionadas. El valor de la función objetivo para la distribución del trigo a nivel nacional para el año 2010, considerando una economía cerrada es de 3105,081,000, y significa la mínima distancia aproximada en kilómetros que hay que recorrer para satisfacer la demanda de cada uno de los centros consumidores y que garantice el mínimo costo; esta distancia mínima es la adecuada cuando en una unidad de transporte se envía una tonelada de trigo, así entonces para obtener la distancia que tendría que recorrer el transporte que distribuye el producto a los distintos centros demandantes, es necesario dividir la distancia obtenida en la solución entre la capacidad del vehículo que distribuye la producción, bajo el supuesto que cuesta lo mismo transportar una tonelada de trigo por kilómetro de cualquier centro de consumidor. Para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla, es necesario que se lleve a cabo la distribución del trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo.

6.2. Rutas seleccionadas

El criterio para seleccionar una variable es que tenga un valor mayor que cero, estas variables se refieren a las rutas que deben cumplirse en el modelo y el volumen que debe ser transportado de un centro consumidor a otro demandante. Con el objeto de minimizar las distancias recorridas en el modelo

de transporte para una economía cerrada, el trigo se debe distribuir de la siguiente forma:

1) La ciudad oferente Mexicali debe abastecer a las ciudades demandantes: La Paz con 20,578 toneladas; a Monterrey con 187,414 toneladas; a San Luis Potosí con 151,811 toneladas y a Zacatecas con 77, 913 toneladas.

2) Chihuahua debe abastecer con 40,133 toneladas a Aguascalientes y con 20,376 toneladas a Monterrey.

3) Ciudad Obregón debe abastecer a las ciudades demandantes: Aguascalientes con 29,782 toneladas; a Torreón con 141,891 toneladas; a Manzanillo con 38,383 toneladas; a Durango con 62,371 toneladas; a Celaya con 20,120 toneladas; a Guadalajara con 330,860 toneladas; a Toluca con 681,465 toneladas; a Morelia con 158,910 toneladas; a Tepic con 64,014 toneladas; a Querétaro con 106,745 toneladas y a Culiacán con 126,355 toneladas.

4) Apizaco abastece con 64, 169 toneladas a la Ciudad de Puebla.

La solución del modelo indica que los orígenes mejor ubicados con respecto a los centros demandantes, son los que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Zonas productoras Tipo I

Zona	Oferta	Volumen ubicado(Ton)	Diferencia
Apizaco	64,169	64,169	0
Ciudad Obregón	1,760,896	1,760,896	0
Chihuahua	60,509	60,509	0
Mexicali	437,716	437,716	0

Fuente: Salida del modelo.

Las zonas productoras Tipo I, son aquellos en los cuales toda la producción se distribuye en los diferentes estados demandantes, lo que significa que se abastece todo el volumen producido.

En cuanto a las rutas de distribución del trigo, de las zonas productoras Tipo I, se presenta la redistribución de las mismas en el cuadro 2.

Cuadro 23. Rutas de distribución de las zonas productoras Tipo I

Oferentes	Demandantes	Volumen (Ton.)
Apizaco	Puebla	64,169
Ciudad Obregón	Aguascalientes	29,782
	Celaya	20,120
	Culiacán	126,355
	Durango	62,371
	Guadalajara	330,860
	Manzanillo	38,383
	Morelia	158,910
	Querétaro	106,745
	Tepic	64,014
	Toluca	681,465
	Torreón	141,891
Chihuahua	Aguascalientes	40,133
	Monterrey	20,376
Mexicali	La Paz	20,578
	Monterrey	187,414
	San Luis Potosí	151,811
	Zacatecas	77,913

Fuente: Salida del modelo de transporte.

Del modelo de distribución del trigo considerando la producción potencial para el año 2010, el valor de la función objetivo es de 4,212,687,000 para que esto

se cumpla es necesario que se realice la distribución del grano a través de las rutas asignadas por el modelo. Así entonces:

a) Mexicali debe enviar las siguientes toneladas a los destinos que a continuación se citan: a La Paz 7,454; a Torreón 138,686; a Monterrey 145,806 y a Tampico 145,770.

b) Chihuahua envía 61, 984 toneladas a Monterrey.

c) Celaya envía 144,163 toneladas a Pachuca; 32,559 toneladas a Oaxaca, 209,377 toneladas a Puebla y 99,359 toneladas a Querétaro.

d) Culiacán debe enviar 69,863 toneladas a Aguascalientes; 97,864 toneladas a Toluca y 45,100 más a Tampico.

e) Ciudad Obregón envía 14,111 toneladas a Durango; 250,152 a Guadalajara; 717,909 toneladas a Toluca; 54,594 toneladas a Morelia; 101,916 toneladas a Cuernavaca; 113,074 a Puebla; 123,521 toneladas a S.L.P y 385,619 toneladas a Veracruz.

f) Apizaco debe enviar 64, 169 toneladas a Veracruz.

g) Zacatecas envía 26, 754 Toneladas a San Luis Potosí.

Considerando los resultados obtenidos por el modelo de transporte, el cuadro 23 muestra las zonas mejor ubicadas, considerando el equilibrio entre la oferta y demanda del producto, de tal forma que se tienen cuatro lugares oferentes del producto, siendo estos Apizaco, Ciudad obregón, Chihuahua y Mexicali.

Cuadro 24. Zonas Productoras Tipo II

Zona	Oferta	Volumen ubicado(Ton)	Diferencia
Apizaco	64,169	64,169	0
Celaya	485,458	485,458	0
Ciudad Obregón	1,760,896	1,760,896	0
Culiacán	212,827	212,827	0
Chihuahua	61,984	61,984	0
Mexicali	437,716	437,716	0
Zacatecas	26,754	26,754	0

Fuente: Salida del modelo de producción potencial.

Para el caso particular del cuadro citado, las zonas productoras Tipo I, son aquellas que representan la totalidad tanto de oferta como de demanda, llegando al equilibrio, significando que todo lo que se produce es demandado por el mercado.

Se presenta el cuadro 24 con las zonas demandantes y la manera en que se distribuye el trigo en los diferentes lugares que lo requieren, así como el volumen solicitado. Se presentan siete zonas productoras de trigo a nivel nacional, producción que deben destinar en promedio a veintidós zonas demandantes como lo solicita la salida del modelo, ya que de no hacerlo de esa manera se tiene la posibilidad que el valor de la función objetivo se vea afectada o alterada por los valores que presentaría el costo de oportunidad, razón por la cual es necesario tomar en consideración para que de alguna manera se eviten alteraciones y problemas técnicos en la práctica, ya que esta condición es muy común cuando se trabaja con modelos de transporte al optimizar las distancias.

Cuadro 25. Rutas de distribución de las zonas productoras Tipo II

Oferentes	Demandantes	Volumen(Ton)
Apizaco	Veracruz	64,169
Celaya	Pachuca	144,163
	Puebla	209,377
	Querétaro	99,359
	Oaxaca	14,111
Ciudad Obregón	Cuernavaca	101,916
	Durango	14,111
	Guadalajara	250,152
	Morelia	54,594
	Puebla	113,074
	S.L.P	123,521
	Toluca	717,909
	Veracruz	385,619
Culiacán	Aguascalientes	69,863
	Tampico	45,100
	Toluca	97,864
Chihuahua	Monterrey	61,984
Mexicali	La Paz	7,454
	Monterrey	145,806
	Tampico	145,770
	Torreón	138,686
Zacatecas	S.L.P	26,754

Fuente: Salida del modelo de producción potencial.

6.2.1. Costo de oportunidad

El costo de oportunidad muestra todas las rutas que no fueron seleccionadas por el modelo en la solución óptima, cuyo valor es diferente de cero, y se interpreta, que al introducir estas rutas, el valor de la función objetivo se

incrementará en el valor del costo de oportunidad. En algunos casos existen actividades con costo de oportunidad iguales y que algunas de ellas forman parte de la solución óptima, entonces es indistinto incluir cualquiera de ellas dentro de la solución, ya que no altera el valor de la función objetivo. Considerando los costos de oportunidad (reduced cost) de los resultados de la salida del modelo de producción del trigo para una economía cerrada, en el caso de la variable X_{13} esta tiene un costo de oportunidad de 1,283, esto significa que si se forzara al modelo a que entre, el valor de la función objetivo aumentará en esas unidades, ya que se está minimizando la función objetivo. En el caso de la variable X_{32} , esta tiene un costo de oportunidad de 1,798, indicando que si esta es forzada a que entre, el valor de la función objetivo aumentará en esas unidades. La misma interpretación es para las demás variables que no fueron seleccionadas por el modelo. Si se desea forzar a una variable a que entre en el modelo, es necesario considerar la que tenga el menor costo de oportunidad para evitar que no se incremente demasiado el valor de la función objetivo. En el caso del manejo de política agrícola, si se forzara una o más variables a que entren en el modelo, es necesario considerar los lugares donde se debe producir el trigo o si es necesario que se subsidie el mismo por parte del gobierno. El precio sombra funciona como un costo alternativo para incluir las actividades que no fueron seleccionadas, para considerar la posibilidad de incluir una de estas rutas, se elige la que tenga un valor de cero o el mas cercano, ya que de esta manera el valor mínimo de la función objetivo es mínimamente afectada.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

1. La primera conclusión es relativa a los objetivos, los cuales fueron alcanzados a plenitud, ya que se obtuvo un modelo para minimizar el costo de transporte, a través de la programación lineal, el cual permite conocer los valores de cada una de las variables de decisión, la cantidad de cada producto que se envía desde cada centro productor a cada centro de destino.
2. La solución óptima está conformada por el valor de la función objetivo y las variables seleccionadas. El valor de la función objetivo para la distribución del trigo a nivel nacional para el año 2010, considerando una economía cerrada es de 3,105,081,000. unidades Para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla, es necesario que se lleve a cabo la distribución del trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo.
3. Del modelo de distribución del trigo considerando la producción potencial para el año 2010, el valor de la función objetivo es de 4,212,687,000; unidades para tal efecto se debe realizar la distribución del grano por medio de las rutas asignadas por el modelo.
4. La producción nacional de trigo no es suficiente para cubrir la demanda requerida por la industria, por lo cual se debe recurrir a las importaciones de este grano en volúmenes muy elevados.

5. Es necesario considerar los resultados obtenidos por los modelos, ya que permiten determinar las cantidades que ofrece cada zona productora y el volumen que debe destinar a cada región demandante del producto.

6. Los objetivos de la investigación se ajustan a los resultados obtenidos por el modelo de transporte, ya que permiten minimizar los costos de transporte considerando las rutas de distribución seleccionados por el modelo.

7. Se reducen los niveles de contaminación a escala nacional, ya que se disminuye en gran medida las distancias recorridas por el transporte utilizado.

7.2. Recomendaciones

1. Hay que considerar a la programación lineal no como un método para hallar soluciones óptimas a problemas aislados, sino como un instrumento de gran precisión que permite analizar la toma de decisiones con criterios técnicos y económicos, establecer con rigor las interrelaciones entre los factores de producción, determinar los óptimos en función de criterios variables, prever y planificar el futuro y cuantificar los efectos de los cambios que se produzcan en los datos utilizados al establecer los sistemas que se han optimizado.

2. La programación lineal se aprecia cuando se hace notar que sirve para asignar recursos limitados entre distintas alternativas, para cumplir con un objetivo de optimalidad.

3. La estructura del modelo y la interpretación de sus componentes sirven de base para la explicación de políticas agrícolas, permitiendo conocer el impacto de las variaciones a través de la simulación de escenarios.

4. Las rutas planteadas por el modelo sirven de guía a las asociaciones de productores para que tomen decisiones, ya que contribuye a que sea más eficiente el transporte que utilicen y se reduzcan costos y distancias.
5. Se recomienda llevar a cabo la modelación de la distribución del trigo empleando costos de transporte; considerar importaciones y exportaciones para un modelo de economía abierta.
6. Se debe continuar con investigaciones del problema de transporte para afinar los modelos, ya sea encontrando otros modelos que permitan tomar mejores decisiones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpha C, Chiang y Kevin Wainwright (2006). Métodos fundamentales de economía matemática. Ed. Mac Graw-Hill
- Arreola R y Arreola R. (2003). Programación lineal. Una introducción a la toma de decisiones cuantitativas. Ed. Thompson.
- Borlaug, N.E.(1997). The green revolution: past successes and future challenges
- Bueno de Arjona Graciela. (1987). Introducción a la programación lineal y al análisis de sensibilidad. Ed. Trillas. México.
- CANIMOLT.(2010). Cámara nacional de la industria de la molienda. Reporte estadístico. Pág. 82
- CANIMOLT (2012). Reporte estadístico.Pag.94
- Claridades agropecuarias. (2011). Proyecciones de la demanda mundial de granos 201/2012. Núm. 214; Junio. Pág. 48
- Dominick Salvatore (2007). Microeconomía. Tercera edición. Ed. Mc Graw-Hill. Pp. 214-217
- FIRA, (2008). Situación actual y perspectivas de los granos en México. Num.322, Vol. XXXVII
- Godinez et al. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola de la comarca lagunera. Terra Latinoamericana, Vol.25, num.1, enero-marzo. Pp 51-59. Universidad Autónoma Chapingo.
- González Ch.(1988). Modelación matemática de los procesos económicos en la agricultura. Ed. Pueblo y educación; Cuba.pp:251-301
- Guzmán, P. (1989). El trigo de temporal. Ed. LIMUSA; México.
- INIFAP,(2000). El trigo de temporal en México
- INEGI. Censo de población y vivienda 2010
- Maroto C Ciria J; Gallego L; Torres A. Gestión de la producción ganadera, modelos, técnicas y aplicaciones informáticas.
- Medina, S.V., Raya, K. y Contreras, M. R. (2007). Utilización del modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY. Mayo-agosto, año/vol.11, número 002. México.
- Mercado Salvador. (1994). Comercio Internacional I. Mercadotecnia internacional Importación-Exportación. Ed. Limusa. México.
- OCDE-FAO. Perspectivas agrícolas 2010-2019. Págs. 122-126
- OCDE/FAO (2013), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022, Texcoco; Universidad Autónoma Chapingo
- Ocaña García, Manuel (1984).Programación lineal. Aplicación a la agricultura. Ed. AEDOS-BARCELONA
- Osorio, L.(1989) La producción de arroz en el Noroeste. Ed. LIMUSA. México

Pingali, P.L. (1999). CIMMYT 1998-99 World facts and trends. Global wheat research in a changing world: challenges and achievements. México.

Plan rector sistema-producto trigo. Sagarpa, 2005. México

Prawda Witenberg Juan. (1999). Métodos y modelos de investigación de operaciones. Modelos determinísticos. Vol.I. Ed. Limusa. México.

Rojas Acosta Arturo. (2001). Red de valor de la leche. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pág. 35

Ruiz Olmedo Sergio, et al. (2007). Tratado practico de los transportes en México. Logística para los mercados globales. Ed. Editorial 20+1. México

Sánchez, Moreno Miguel. (1995). El cultivo del trigo. Ed. LIMUSA; México

Sayre, K. (1996). The role of crop management research at CIMMYT in addressing bread wheat yield potential issues.

SIAP, SAGARPA, 2000, 2010

Taha, H.A. 1997. Investigación de operaciones. Séptima edición. Pearson Education de México. México.

Villaseñor Mir Eduardo., Espitia Rangel Eduardo. (1994). La producción de trigo y la investigación en México

http:// <http://www.economiavirtual.com.py> consultado el día 17 de noviembre de 2013

<http://es.wikipedia.org/wiki/Triticum>. Consultado el día 13 de abril de 2011

www.faostat.org

www.usda.gov

<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>. Consultado el día 21 de mayo de 2013.

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A. Modelo de transporte de trigo para una economía cerrada

Función objetivo

Min. C

$$\begin{aligned} &2280X_{11}+1632X_{12}+3704X_{13}+1702X_{14}+2339X_{15}+3411X_{16}+2603X_{17}+1875X_{18}+236 \\ &1X_{19}+2830X_{110}+2596X_{111}+2048X_{112}+2509X_{113}+2330X_{114}+2628X_{115}+1840X_{116}+2 \\ &028X_{117}+3039X_{118}+2701X_{119}+2403X_{120}+3896X_{121}+2259X_{122}+1389X_{123}+3321X_{124} \\ &+2622X_{125}+2977X_{126}+3862X_{127}+2066X_{128}+959X_{21}+2863X_{22}+2253X_{23}+470X_{24}+1 \\ &494X_{25}+2261X_{26}+1450X_{27}+688X_{28}+1210X_{29}+1735X_{210}+1446X_{211}+1196X_{212}+140 \\ &9X_{213}+1283X_{214}+1515X_{215}+1194X_{216}+796X_{217}+1889X_{218}+1551X_{219}+1231X_{220}+27 \\ &46X_{221}+1027X_{222}+1195X_{223}+2171X_{224}+1390X_{225}+1827X_{226}+2712X_{227}+834X_{228}+1 \\ &336X_{31}+2575X_{32}+2760X_{33}+195X_{34}+1395X_{35}+2467X_{36}+1660X_{37}+931X_{38}+1417X_{39} \\ &+1886X_{310}+1653X_{311}+1104X_{312}+1566X_{313}+1386X_{314}+1684X_{315}+897X_{316}+1421X_{317} \\ &+2096X_{318}+1757X_{319}+1459X_{320}+2952X_{321}+1466X_{322}+445X_{323}+2378X_{324}+2015 \\ &X_{325}+2033X_{326}+2918X_{327}+1233X_{328}+600X_{41}+4309X_{42}+1052X_{43}+1087X_{44}+933X_{45} \\ &+759X_{46}+153X_{47}+995X_{48}+357X_{49}+365X_{410}+120X_{411}+635X_{412}+211X_{413}+398X_{414}+ \\ &192X_{415}+837X_{416}+987X_{417}+387X_{418}+49X_{419}+306X_{420}+1244X_{421}+501X_{422}+1319X_{423} \\ &+669X_{424}+458X_{425}+275X_{426}+1210X_{427}+725X_{428} \end{aligned}$$

Restricciones de oferta

$$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{110}+X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{114}+X_{115}+X_{116}+X_{117}+X_{118}+X_{119}+X_{120}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{124}+X_{125}+X_{126}+X_{127}+X_{128} = 437716$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{210}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{214}+X_{215}+X_{216}+X_{217}+X_{218}+X_{219}+X_{220}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{224}+X_{225}+X_{226}+X_{227}+X_{228} = 60509$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{310}+X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{314}+X_{315}+X_{316}+X_{317}+X_{318}+X_{319}+X_{320}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{324}+X_{325}+X_{326}+X_{327}+X_{328} = 1760896$$

$$X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47}+X_{48}+X_{49}+X_{410}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{414}+X_{415}+X_{416}+X_{417}+X_{418}+X_{419}+X_{420}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{424}+X_{425}+X_{426}+X_{427}+X_{428} = 64169$$

Restricciones de demanda

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41} \leq 69915$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42} \leq 20578$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+X_{43} \leq 48524$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34}+X_{44} \leq 141891$$

$$X_{15}+X_{25}+X_{35}+X_{45} \leq 38383$$

$$X_{16}+X_{26}+X_{36}+X_{46} \leq 282866$$

$$X_{17}+X_{27}+X_{37}+X_{47} \leq 522213$$

$$X_{18}+X_{28}+X_{38}+X_{48} \leq 62371$$

$$X_{19}+X_{29}+X_{39}+X_{49} \leq 20120$$

$$X_{110}+X_{210}+X_{310}+X_{410} \leq 199937$$

$$X_{111}+X_{211}+X_{311}+X_{411} \leq 152472$$

$$X_{112}+X_{212}+X_{312}+X_{412} \leq 330860$$

$$X_{113}+X_{213}+X_{313}+X_{413} \leq 871808$$

$$X_{114}+X_{214}+X_{314}+X_{414} \leq 158910$$

$$X_{115}+X_{215}+X_{315}+X_{415} \leq 103692$$

$$X_{116}+X_{216}+X_{316}+X_{416} \leq 64014$$

$$X_{117}+X_{217}+X_{317}+X_{417} \leq 207790$$

$$X_{118}+X_{218}+X_{318}+X_{418} \leq 210984$$

$$X_{119}+X_{219}+X_{319}+X_{419} \leq 335830$$

$$X_{120}+X_{220}+X_{320}+X_{420} \leq 106745$$

$$X_{121}+X_{221}+X_{321}+X_{421} \leq 78209$$

$$X_{122}+X_{222}+X_{322}+X_{422} \leq 151811$$

$$X_{123}+X_{223}+X_{323}+X_{423} \leq 126355$$

$$X_{124}+X_{224}+X_{324}+X_{424} \leq 132078$$

$$X_{125}+X_{225}+X_{325}+X_{425} \leq 192663$$

$$X_{126}+X_{226}+X_{326}+X_{426} \leq 450130$$

$$X_{127}+X_{227}+X_{327}+X_{427} \leq 115379$$

$$X_{128}+X_{228}+X_{328}+X_{428} \leq 77913$$

Interpretación de las variables

X_{12} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a La Paz

X_{14} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Torreón

X_{112} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Guadalajara

X_{117} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Monterrey

X_{122} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a San Luis Potosí

X_{128} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Zacatecas

X_{21} =Distancia en kilómetros por tonelada de Chihuahua a Aguascalientes

X_{217} =Distancia en kilómetros por tonelada de Chihuahua a Monterrey

X_{31} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Ags.

X_{34} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Torreón

X_{35} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Manzanillo

X_{38} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Durango

X_{39} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Celaya

X_{312} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Guadalajara

X_{313} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Toluca

X_{314} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Morelia

X_{316} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Tepic

X_{320} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Querétaro

X_{323} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Culiacán

X_{419} =Distancia en kilómetros por tonelada de Apizaco a Puebla

9.2. Anexo B. Modelo de transporte de trigo con producción potencial

Función objetivo

$$\begin{aligned} &2280X_{11}+1632X_{12}+1702X_{13}+3411X_{14}+1875X_{15}+2596X_{16}+2048X_{17}+2509X_{18}+233 \\ &0X_{19}+2628X_{110}+2028X_{111}+3039X_{112}+2701X_{113}+2403X_{114}+2259X_{115}+2622X_{116}+2 \\ &977X_{117}+959X_{21}+2863X_{22}+470X_{23}+2261X_{24}+688X_{25}+1446X_{26}+1196X_{27}+1409X_{28} \\ &+1283X_{29}+1515X_{210}+796X_{211}+1889X_{212}+1551X_{213}+1231X_{214}+1027X_{215}+1390X_{21} \\ &6+1827X_{217}+251X_{31}+3894X_{32}+769X_{33}+1090X_{34}+678X_{35}+275X_{36}+311X_{37}+238X_{38} \\ &+146X_{39}+345X_{310}+737X_{311}+718X_{312}+380X_{313}+51X_{314}+251X_{315}+650X_{316}+656X_{317} \\ &+920X_{41}+3020X_{42}+754X_{43}+2052X_{44}+516X_{45}+1237X_{46}+689X_{47}+1150X_{48}+971X_{49} \\ &+1268X_{410}+1117X_{411}+1680X_{412}+1342X_{413}+1044X_{414}+1050X_{415}+1450X_{416}+1618X_{417} \\ &+1336X_{51}+2575X_{52}+1095X_{53}+2467X_{54}+931X_{55}+1653X_{56}+1104X_{57}+1566X_{58}+1 \\ &386X_{59}+1684X_{510}+1421X_{511}+2096X_{512}+1757X_{513}+1459X_{514}+1466X_{515}+2015X_{516} \\ &+2033X_{517}+600X_{61}+4309X_{62}+1087X_{63}+759X_{64}+995X_{65}+120X_{66}+635X_{67}+211X_{68}+ \\ &398X_{69}+192X_{610}+987X_{611}+387X_{612}+49X_{613}+306X_{614}+501X_{615}+458X_{616}+275X_{617}+ \\ &125X_{71}+3697X_{72}+393X_{73}+1458X_{74}+302X_{75}+644X_{76}+362X_{77}+628X_{78}+449X_{79}+71 \\ &3X_{710}+436X_{711}+1086X_{712}+748X_{713}+419X_{714}+193X_{715}+605X_{716}+1024X_{717} \end{aligned}$$

Restricciones de oferta

$$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{110}+X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{114}+X_{115}+X_{116}+X_{117}=437716$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{210}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{214}+X_{215}+X_{216}+X_{217}=61984$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{310}+X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{314}+X_{315}+X_{316}+X_{317}=485458$$

$$X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47}+X_{48}+X_{49}+X_{410}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{414}+X_{415}+X_{416}+X_{417}=212827$$

$$X_{51}+X_{52}+X_{53}+X_{54}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{58}+X_{59}+X_{510}+X_{511}+X_{512}+X_{513}+X_{514}+X_{515}+X_{516}+X_{517}=1760896$$

$$X_{61}+X_{62}+X_{63}+X_{64}+X_{65}+X_{66}+X_{67}+X_{68}+X_{69}+X_{610}+X_{611}+X_{612}+X_{613}+X_{614}+X_{615}+X_{616}+X_{617}=64169$$

$$X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74}+X_{75}+X_{76}+X_{77}+X_{78}+X_{79}+X_{710}+X_{711}+X_{712}+X_{713}+X_{714}+X_{715}+X_{716}+X_{717}=26754$$

Restricciones de demanda

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41}+X_{51}+X_{61}+X_{71} \leq 69863$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42}+X_{52}+X_{62}+X_{72} \leq 7454$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+X_{43}+X_{53}+X_{63}+X_{73} \leq 138686$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34}+X_{44}+X_{54}+X_{64}+X_{74} \leq 282783$$

$$X_{15}+X_{25}+X_{35}+X_{45}+X_{55}+X_{65}+X_{75} \leq 14111$$

$$X_{16}+X_{26}+X_{36}+X_{46}+X_{56}+X_{66}+X_{76} \leq 144163$$

$$X_{17}+X_{27}+X_{37}+X_{47}+X_{57}+X_{67}+X_{77} \leq 250152$$

$$X_{18}+X_{28}+X_{38}+X_{48}+X_{58}+X_{68}+X_{78} \leq 815773$$

$$X_{19}+X_{29}+X_{39}+X_{49}+X_{59}+X_{69}+X_{79} \leq 54594$$

$$X_{110}+X_{210}+X_{310}+X_{410}+X_{510}+X_{610}+X_{710} \leq 101916$$

$$X_{111}+X_{211}+X_{311}+X_{411}+X_{511}+X_{611}+X_{711} \leq 207790$$

$$X_{112}+X_{212}+X_{312}+X_{412}+X_{512}+X_{612}+X_{712} \leq 205652$$

$$X_{113}+X_{213}+X_{313}+X_{413}+X_{513}+X_{613}+X_{713} \leq 322451$$

$$X_{114}+X_{214}+X_{314}+X_{414}+X_{514}+X_{614}+X_{714} \leq 99359$$

$$X_{115}+X_{215}+X_{315}+X_{415}+X_{515}+X_{615}+X_{715} \leq 150275$$

$$X_{116}+X_{216}+X_{316}+X_{416}+X_{516}+X_{616}+X_{716} \leq 190870$$

$$X_{117}+X_{217}+X_{317}+X_{417}+X_{517}+X_{617}+X_{717} \leq 449788$$

Interpretación de las variables

X_{12} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a La Paz

X_{13} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Torreón

X_{111} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Monterrey

X_{116} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Tampico

X_{128} =Distancia en kilómetros por tonelada de Mexicali a Zacatecas

X_{211} =Distancia en kilómetros por tonelada de Chihuahua a Monterrey
 X_{36} =Distancia en kilómetros por tonelada de Celaya a Pachuca
 X_{312} =Distancia en kilómetros por tonelada de Celaya a Oaxaca
 X_{313} =Distancia en kilómetros por tonelada de Celaya a Puebla
 X_{314} =Distancia en kilómetros por tonelada de Celaya a Querétaro
 X_{41} =Distancia en kilómetros por tonelada de Culiacán a Aguascalientes
 X_{48} =Distancia en kilómetros por tonelada de Culiacán a Toluca
 X_{416} =Distancia en kilómetros por tonelada de Culiacán a Tampico
 X_{55} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Durango
 X_{57} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Guadalajara
 X_{58} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Toluca
 X_{59} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Morelia
 X_{510} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Cuernavaca
 X_{513} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Puebla
 X_{515} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a S.L.P
 X_{517} =Distancia en kilómetros por tonelada de Ciudad Obregón a Veracruz
 X_{617} =Distancia en kilómetros por tonelada de Apizaco a Veracruz
 X_{715} =Distancia en kilómetros por tonelada de Zacatecas a S.L.P

9.3. Anexo C. Oferta y demanda de trigo por entidad federativa

Estado	Población	Producción (toneladas)	Consumo percapita(ton)	Consumo aparente(ton)	Oferta y/o demanda
E.U.M	112336538	3676707.47	0.059	6627855.742	-2951148.2
Aguascalientes	1184996		0.059	69914.764	-69914.764
Baja California	3155070	623865.45	0.059	186149.13	437716.32
B.C.S	637026	17007	0.059	37584.534	-20577.534
Campeche	822441		0.059	48524.019	-48524.019
Coahuila	2748391	20263.95	0.059	162155.069	-141891.11
Colima	650555		0.059	38382.745	-38382.745
Chiapas	4796580	132.04	0.059	282998.22	-282866.18
Chihuahua	3406465	261490.04	0.059	200981.435	60508.605
Distrito Federal	8851080		0.059	522213.72	-522213.72
Durango	1632934	33972.3	0.059	96343.106	-62370.806
Guanajuato	5486372	303575.57	0.059	323695.948	-20120.378
Guerrero	3388768		0.059	199937.312	-199937.31
Hidalgo	2665018	4764.25	0.059	157236.062	-152471.81
Jalisco	7350682	102830.4	0.059	433690.238	-330859.83
México	15175862	23568.21	0.059	895375.858	-871807.64
Michoacán	4351037	97801.4	0.059	256711.183	-158909.78
Morelos	1777227	1164.8	0.059	104856.393	-103691.59
Nayarit	1084979		0.059	64013.761	-64013.761
Nuevo León	4653458	66764.04	0.059	274554.022	-207789.98
Oaxaca	3801962	13332.07	0.059	224315.758	-210983.68
Puebla	5779829	5179.5	0.059	341009.911	-335830.41
Querétaro	1827937	1103.6	0.059	107848.283	-106744.68
Quintana Roo	1325578		0.059	78209.102	-78209.102
S.LP	2585518	735	0.059	152545.562	-151810.56
Sinaloa	2767761	36942.41	0.059	163297.899	-126355.48
Sonora	2662480	1917982.81	0.059	157086.32	1760896.49
Tabasco	2238603		0.059	132077.577	-132077.57
Tamaulipas	3268554	182.1	0.059	192844.686	-192662.58

Tlaxcala	1169936	133195.35	0.059	69026.224	64169.126
Veracruz	7643194	818.23	0.059	450948.446	-450130.21
Yucatán	1955577		0.059	115379.043	-115379.04
Zacatecas	1490668	10036.95	0.059	87949.412	-77912.462

Fuente: Elaboración propia con datos de Siacon-Sagarpa; Censo de población y vivienda 2010.

9.4. Anexo D. Estados oferentes de trigo para una economía cerrada

Entidad	Volumen(Ton)
B.C	437,716
Chihuahua	60,509
Sonora	1,760,896
Tlaxcala	64,169

Fuente: Elaboración propia en base al anexo 9.3.

9.5. Anexo E. Estados demandantes de trigo para una economía cerrada

Entidad	Volumen(Ton)
Aguascalientes	69914.764
Baja California Sur	20577.534
Campeche	48524.019
Coahuila	141891.119
Colima	38382.745
Chiapas	282866.18
Distrito Federal	522213.72
Durango	62370.806
Guanajuato	20120.378
Guerrero	199937.312
Hidalgo	152471.812
Jalisco	330859.838
México	871807.648
Michoacán	158909.783
Morelos	103691.593
Nayarit	64013.761
Nuevo León	207789.982
Oaxaca	210983.688
Puebla	335830.411
Querétaro	106744.683
Quintana Roo	78209.102
San Luis Potosí	151810.562
Sinaloa	126355.489
Tabasco	132077.577
Tamaulipas	192662.586
Veracruz	450130.216
Yucatán	115379.043
Zacatecas	77912.462

Fuente: Elaboración propia en base al anexo C

9.6. Anexo F. Matriz de distancias de las zonas oferentes a las zonas demandantes para el modelo de producción potencial

No.	Zona	Ags.	La Paz	Torreón	T. Gtz	Dgo.	Pachuca
1	Mexicali	2280	1632	1702	3411	1875	2596
2	Chih.	959	2863	2470	2261	688	1446
3	Celaya	251	3894	769	1090	678	275
4	Culiacán	920	3020	754	2052	516	1237
5	Cd. Obregón	1336	2575	1095	2467	931	1653
6	Apizaco	600	4309	1087	759	995	120
7	Zacatecas	125	3697	393	1458	302	644
	Zona	Guadalajara	Toluca	Morelia	Cuernavaca	Monterrey	Oaxaca
1	Mexicali	2048	2509	2330	2628	2028	3039
2	Chih.	1196	1409	1283	1515	796	1889
3	Celaya	311	238	146	345	737	718
4	Culiacán	689	1150	971	1268	1117	1680
5	Cd. Obregón	1104	1566	1386	1684	1421	2096
6	Apizaco	635	211	398	192	987	387
7	Zacatecas	362	628	449	713	436	1086
	Zona	Puebla	Querétaro	S.L.P	Tampico	Veracruz	
1	Mexicali	2701	2403	2259	2622	2971	
2	Chih.	1551	1231	1027	1390	1827	
3	Celaya	380	51	251	650	656	
4	Culiacán	1342	1044	1050	1450	1618	
5	Cd. Obregón	1757	1459	1466	2015	2033	
6	Apizaco	49	306	501	458	275	
7	Zacatecas	748	419	193	605	1024	

Fuente: Elaboración propia en base a SCT

9.7. Anexo G. Oferta y demanda de trigo con producción potencial

	Población	Producción potencial(Ton)	Consumo percapita	Consumo aparente(Ton)	Oferta y/o demanda
NACIONAL	112336538	4213545.91	0.059	6627855.742	-2414309.832
Aguascalientes	1184996	52	0.059	69914.764	-69862.764
Baja California	3155070	623865.45	0.059	186149.13	437716.32
BCS	637026	30131	0.059	37584.534	-7453.534
Coahuila	2748391	23469.42	0.059	162155.069	-138685.649
Chiapas	4796580	215.7	0.059	282998.22	-282782.52
Chihuahua	3406465	262965.2	0.059	200981.435	61983.765
Durango	1632934	82231.98	0.059	96343.106	-14111.126
Guanajuato	5486372	809153.99	0.059	323695.948	485458.042
Hidalgo	2665018	13073.1	0.059	157236.062	-144162.962
Jalisco	7350682	183538.56	0.059	433690.238	-250151.678
México	15175862	79602.95	0.059	895375.858	-815772.908
Michoacán	4351037	202117.52	0.059	256711.183	-54593.663
Morelos	1777227	2940	0.059	104856.393	-101916.393
Nuevo León	4653458	66764.04	0.059	274554.022	-207789.982
Oaxaca	3801962	18664.1	0.059	224315.758	-205651.658
Puebla	5779829	18558.54	0.059	341009.911	-322451.371
Querétaro	1827937	8489	0.059	107848.283	-99359.283
SLP	2585518	2270.5	0.059	152545.562	-150275.062
Sinaloa	2767761	376125	0.059	163297.899	212827.101
Sonora	2662480	1917982.81	0.059	157086.32	1760896.49
Tamaulipas	3268554	1974.4	0.059	192844.686	-190870.286
Tlaxcala	1169936	133195.35	0.059	69026.224	64169.126
Veracruz	7643194	1160.75	0.059	450948.446	-449787.696
Zacatecas	1490668	114703.7	0.059	87949.412	26754.288

Fuente: Elaboración propia en base a Siacon, Inegi, 2010.

9.8. Anexo H. Estados oferentes de trigo con producción potencial

Entidad	Volumen(Ton)
B.C	437,716
Chihuahua	61,984
Guanajuato	485,458
Sinaloa	212,827
Sonora	1,760,896
Tlaxcala	64,169
Zacatecas	26,754

Fuente: Elaboración propia en base al anexo 9.6 G.

9.9. Anexo I. Estados demandantes de trigo con producción potencial

Entidad	Volumen(Ton)
Aguascalientes	69862.764
Baja California Sur	7453.534
Coahuila	138685.649
Chiapas	282782.52
Durango	14111.126
Hidalgo	144162.962
Jalisco	250151.678
México	815772.908
Michoacán	54593.663
Morelos	101916.393
Nuevo León	207789.982
Oaxaca	205651.658
Puebla	322451.371
Querétaro	99359.283
San Luis Potosí	150275.062
Tamaulipas	190870.286
Veracruz	449787.696

Fuente: Elaboración propia en base al anexo 9.6 G.

9.10. Anexo J. Matriz de distancias de las zonas oferentes a las zonas demandantes para el modelo de economía cerrada

No.	Zona	Ags	La Paz	Campeche	Torreón	Manzanillo	T.Gtz
1	Mexicali	2280	1632	3704	1702	2339	3411
2	Chihuahua	959	2863	2253	470	1494	2261
3	Cd. Obregón	1336	2575	2760	195	1395	2467
4	Apizaco	600	4309	1052	1087	933	759
	Zona	DF	Durango	Celaya	Chilpancingo	Pachuca	Guadalajara
1	Mexicali	2603	1875	2361	2830	2596	2048
2	Chihuahua	1450	688	1210	1735	1446	1196
3	Cd. Obregón	1660	931	1417	1886	1653	1104
4	Apizaco	153	995	357	365	120	635
	Zona	Toluca	Morelia	Cuernavaca	Tepic	Monterrey	Oaxaca
1	Mexicali	2509	2330	2628	1840	2028	3039
2	Chihuahua	1409	1283	1515	1194	796	1889
3	Cd. Obregón	1566	1386	1684	897	1421	2096
4	Apizaco	211	398	192	837	987	387
	Zona	Puebla	Querétaro	Chetumal	S.L.P	Culiacán	Villahermosa
1	Mexicali	2701	2403	3896	2259	1389	3321
2	Chihuahua	1551	1231	2746	1027	1195	2171
3	Cd. Obregón	1757	1459	2952	1466	445	2378
4	Apizaco	49	306	1244	501	1319	669
	Zona	Tampico	Veracruz	Mérida	Zacatecas		
1	Mexicali	2622	2977	3862	2066		
2	Chihuahua	1390	1827	2712	834		
3	Cd. Obregón	2015	2033	2918	1233		
4	Apizaco	458	275	1210	725		

Fuente: Elaboración propia en base a SCT

9.11. Anexo K. Salida de resultados para el modelo de una economía cerrada

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 24

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.3105081E+10

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
C.	0.000000	1.000000
X11	0.000000	89.000000
X12	20578.000000	0.000000
X13	0.000000	1283.000000
X14	0.000000	652.000000
X15	0.000000	89.000000
X16	0.000000	990.000000
X17	0.000000	182.000000
X18	0.000000	89.000000
X19	0.000000	89.000000
X110	0.000000	409.000000
X111	0.000000	175.000000
X112	0.000000	89.000000
X113	0.000000	88.000000
X114	0.000000	89.000000
X115	0.000000	207.000000
X116	0.000000	88.000000

X117	187414.000000	0.000000
X118	0.000000	618.000000
X119	0.000000	280.000000
X120	0.000000	89.000000
X121	0.000000	1475.000000
X122	151811.000000	0.000000
X123	0.000000	89.000000
X124	0.000000	900.000000
X125	0.000000	201.000000
X126	0.000000	556.000000
X127	0.000000	1441.000000
X128	77913.000000	0.000000
X21	40133.000000	0.000000
X22	0.000000	2463.000000
X23	0.000000	1064.000000
X24	0.000000	652.000000
X25	0.000000	476.000000
X26	0.000000	1072.000000
X27	0.000000	261.000000
X28	0.000000	134.000000
X29	0.000000	170.000000
X210	0.000000	546.000000
X211	0.000000	257.000000
X212	0.000000	469.000000
X213	0.000000	220.000000
X214	0.000000	274.000000
X215	0.000000	326.000000

X216	0.000000	674.000000
X217	20376.000000	0.000000
X218	0.000000	700.000000
X219	0.000000	362.000000
X220	0.000000	149.000000
X221	0.000000	1557.000000
X222	0.000000	0.000000
X223	0.000000	1127.000000
X224	0.000000	982.000000
X225	0.000000	201.000000
X226	0.000000	638.000000
X227	0.000000	1523.000000
X228	0.000000	0.000000
X31	29782.000000	0.000000
X32	0.000000	1798.000000
X33	0.000000	1194.000000
X34	141891.000000	0.000000
X35	38383.000000	0.000000
X36	0.000000	901.000000
X37	0.000000	94.000000
X38	62371.000000	0.000000
X39	20120.000000	0.000000
X310	0.000000	320.000000
X311	0.000000	87.000000
X312	330860.000000	0.000000
X313	681465.000000	0.000000
X314	158910.000000	0.000000

X315	0.000000	118.000000
X316	64014.000000	0.000000
X317	0.000000	248.000000
X318	0.000000	530.000000
X319	0.000000	191.000000
X320	106745.000000	0.000000
X321	0.000000	1386.000000
X322	0.000000	62.000000
X323	126355.000000	0.000000
X324	0.000000	812.000000
X325	0.000000	449.000000
X326	0.000000	467.000000
X327	0.000000	1352.000000
X328	0.000000	22.000000
X41	0.000000	781.000000
X42	0.000000	5049.000000
X43	0.000000	1003.000000
X44	0.000000	2409.000000
X45	0.000000	1055.000000
X46	0.000000	710.000000
X47	0.000000	104.000000
X48	0.000000	1581.000000
X49	0.000000	457.000000
X410	0.000000	316.000000
X411	0.000000	71.000000
X412	0.000000	1048.000000
X413	0.000000	162.000000

X414	0.000000	529.000000
X415	0.000000	143.000000
X416	0.000000	1457.000000
X417	0.000000	1331.000000
X418	0.000000	338.000000
X419	64169.000000	0.000000
X420	0.000000	364.000000
X421	0.000000	1195.000000
X422	0.000000	614.000000
X423	0.000000	2391.000000
X424	0.000000	620.000000
X425	0.000000	409.000000
X426	0.000000	226.000000
X427	0.000000	1161.000000
X428	0.000000	1031.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
-----	------------------	-------------

2)	0.000000	-2421.000000
3)	0.000000	-1189.000000
4)	0.000000	-1566.000000
5)	0.000000	-49.000000
6)	0.000000	230.000000
7)	0.000000	789.000000
8)	48524.000000	0.000000
9)	0.000000	1371.000000
10)	0.000000	171.000000
11)	282866.000000	0.000000

12)	522213.000000	0.000000
13)	0.000000	635.000000
14)	0.000000	149.000000
15)	199937.000000	0.000000
16)	152472.000000	0.000000
17)	0.000000	462.000000
18)	190343.000000	0.000000
19)	0.000000	180.000000
20)	103692.000000	0.000000
21)	0.000000	669.000000
22)	0.000000	393.000000
23)	210984.000000	0.000000
24)	271661.000000	0.000000
25)	0.000000	107.000000
26)	78209.000000	0.000000
27)	0.000000	162.000000
28)	0.000000	1121.000000
29)	132078.000000	0.000000
30)	192663.000000	0.000000
31)	450130.000000	0.000000
32)	115379.000000	0.000000
33)	0.000000	355.000000

NO. ITERATIONS= 24

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
C.	1.000000	INFINITY	1.000000
X11	2280.000000	INFINITY	89.000000
X12	1632.000000	789.000000	INFINITY
X13	3704.000000	INFINITY	1283.000000
X14	1702.000000	INFINITY	652.000000
X15	2339.000000	INFINITY	89.000000
X16	3411.000000	INFINITY	990.000000
X17	2603.000000	INFINITY	182.000000
X18	1875.000000	INFINITY	89.000000
X19	2361.000000	INFINITY	89.000000
X110	2830.000000	INFINITY	409.000000
X111	2596.000000	INFINITY	175.000000
X112	2048.000000	INFINITY	89.000000
X113	2509.000000	INFINITY	88.000000
X114	2330.000000	INFINITY	89.000000
X115	2628.000000	INFINITY	207.000000
X116	1840.000000	INFINITY	88.000000
X117	2028.000000	88.000000	0.000000
X118	3039.000000	INFINITY	618.000000
X119	2701.000000	INFINITY	280.000000
X120	2403.000000	INFINITY	89.000000
X121	3896.000000	INFINITY	1475.000000
X122	2259.000000	0.000000	INFINITY
X123	1389.000000	INFINITY	89.000000
X124	3321.000000	INFINITY	900.000000

X125	2622.000000	INFINITY	201.000000
X126	2977.000000	INFINITY	556.000000
X127	3862.000000	INFINITY	1441.000000
X128	2066.000000	0.000000	INFINITY
X21	959.000000	88.000000	22.000000
X22	2863.000000	INFINITY	2463.000000
X23	2253.000000	INFINITY	1064.000000
X24	470.000000	INFINITY	652.000000
X25	1494.000000	INFINITY	476.000000
X26	2261.000000	INFINITY	1072.000000
X27	1450.000000	INFINITY	261.000000
X28	688.000000	INFINITY	134.000000
X29	1210.000000	INFINITY	170.000000
X210	1735.000000	INFINITY	546.000000
X211	1446.000000	INFINITY	257.000000
X212	1196.000000	INFINITY	469.000000
X213	1409.000000	INFINITY	220.000000
X214	1283.000000	INFINITY	274.000000
X215	1515.000000	INFINITY	326.000000
X216	1194.000000	INFINITY	674.000000
X217	796.000000	0.000000	88.000000
X218	1889.000000	INFINITY	700.000000
X219	1551.000000	INFINITY	362.000000
X220	1231.000000	INFINITY	149.000000
X221	2746.000000	INFINITY	1557.000000
X222	1027.000000	INFINITY	0.000000
X223	1195.000000	INFINITY	1127.000000

X224	2171.000000	INFINITY	982.000000
X225	1390.000000	INFINITY	201.000000
X226	1827.000000	INFINITY	638.000000
X227	2712.000000	INFINITY	1523.000000
X228	834.000000	INFINITY	0.000000
X31	1336.000000	22.000000	88.000000
X32	2575.000000	INFINITY	1798.000000
X33	2760.000000	INFINITY	1194.000000
X34	195.000000	652.000000	INFINITY
X35	1395.000000	89.000000	INFINITY
X36	2467.000000	INFINITY	901.000000
X37	1660.000000	INFINITY	94.000000
X38	931.000000	89.000000	INFINITY
X39	1417.000000	89.000000	INFINITY
X310	886.000000	INFINITY	320.000000
X311	1653.000000	INFINITY	87.000000
X312	1104.000000	89.000000	INFINITY
X313	1566.000000	87.000000	107.000000
X314	1386.000000	89.000000	INFINITY
X315	1684.000000	INFINITY	118.000000
X316	897.000000	88.000000	INFINITY
X317	1421.000000	INFINITY	248.000000
X318	2096.000000	INFINITY	530.000000
X319	1757.000000	INFINITY	191.000000
X320	1459.000000	89.000000	INFINITY
X321	2952.000000	INFINITY	1386.000000
X322	1466.000000	INFINITY	62.000000

X323	445.000000	89.000000	INFINITY
X324	2378.000000	INFINITY	812.000000
X325	2015.000000	INFINITY	449.000000
X326	2033.000000	INFINITY	467.000000
X327	2918.000000	INFINITY	1352.000000
X328	1233.000000	INFINITY	22.000000
X41	600.000000	INFINITY	781.000000
X42	4309.000000	INFINITY	5049.000000
X43	1052.000000	INFINITY	1003.000000
X44	1087.000000	INFINITY	2409.000000
X45	933.000000	INFINITY	1055.000000
X46	759.000000	INFINITY	710.000000
X47	153.000000	INFINITY	104.000000
X48	995.000000	INFINITY	1581.000000
X49	357.000000	INFINITY	457.000000
X410	365.000000	INFINITY	316.000000
X411	120.000000	INFINITY	71.000000
X412	635.000000	INFINITY	1048.000000
X413	211.000000	INFINITY	162.000000
X414	398.000000	INFINITY	529.000000
X415	192.000000	INFINITY	143.000000
X416	837.000000	INFINITY	1457.000000
X417	987.000000	INFINITY	1331.000000
X418	387.000000	INFINITY	338.000000
X419	49.000000	71.000000	INFINITY
X420	306.000000	INFINITY	364.000000
X421	1244.000000	INFINITY	1195.000000

X422	501.000000	INFINITY	614.000000
X423	1319.000000	INFINITY	2391.000000
X424	669.000000	INFINITY	620.000000
X425	458.000000	INFINITY	409.000000
X426	275.000000	INFINITY	226.000000
X427	1210.000000	INFINITY	1161.000000
X428	725.000000	INFINITY	1031.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	RHS	INCREASE	DECREASE
2	437716.000000	20376.000000	40133.000000
3	60509.000000	29782.000000	40133.000000
4	1760896.000000	190343.000000	681465.000000
5	64169.000000	271661.000000	64169.000000
6	69915.000000	681465.000000	29782.000000
7	20578.000000	40133.000000	20376.000000
8	48524.000000	INFINITY	48524.000000
9	141891.000000	681465.000000	141891.000000
10	38383.000000	681465.000000	38383.000000
11	282866.000000	INFINITY	282866.000000
12	522213.000000	INFINITY	522213.000000
13	62371.000000	681465.000000	62371.000000
14	20120.000000	681465.000000	20120.000000
15	199937.000000	INFINITY	199937.000000
16	152472.000000	INFINITY	152472.000000

17	330860.000000	681465.000000	190343.000000
18	871808.000000	INFINITY	190343.000000
19	158910.000000	681465.000000	158910.000000
20	103692.000000	INFINITY	103692.000000
21	64014.000000	681465.000000	64014.000000
22	207790.000000	40133.000000	20376.000000
23	210984.000000	INFINITY	210984.000000
24	335830.000000	INFINITY	271661.000000
25	106745.000000	681465.000000	106745.000000
26	78209.000000	INFINITY	78209.000000
27	151811.000000	40133.000000	20376.000000
28	126355.000000	681465.000000	126355.000000
29	132078.000000	INFINITY	132078.000000
30	192663.000000	INFINITY	192663.000000
31	450130.000000	INFINITY	450130.000000
32	115379.000000	INFINITY	115379.000000
33	77913.000000	40133.000000	20376.000000

9.12. Anexo L. Salida de resultados para el modelo de producción potencial del trigo

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 42

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 41

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.4212687E+10

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
C	0.000000	1.000000
X11	0.000000	188.000000
X12	7454.000000	0.000000
X13	138686.000000	0.000000
X14	0.000000	560.000000
X15	0.000000	188.000000
X16	0.000000	188.000000
X17	0.000000	188.000000
X18	0.000000	187.000000
X19	0.000000	188.000000
X110	0.000000	188.000000
X111	145806.000000	0.000000
X112	0.000000	188.000000
X113	0.000000	188.000000
X114	0.000000	219.000000
X115	0.000000	37.000000

X116	145770.000000	0.000000
X117	0.000000	188.000000
X21	0.000000	99.000000
X22	0.000000	2463.000000
X23	0.000000	0.000000
X24	0.000000	642.000000
X25	0.000000	233.000000
X26	0.000000	270.000000
X27	0.000000	568.000000
X28	0.000000	319.000000
X29	0.000000	373.000000
X210	0.000000	307.000000
X211	61984.000000	0.000000
X212	0.000000	270.000000
X213	0.000000	270.000000
X214	0.000000	279.000000
X215	0.000000	37.000000
X216	0.000000	0.000000
X217	0.000000	270.000000
X31	0.000000	292.000000
X32	0.000000	4395.000000
X33	0.000000	1200.000000
X34	0.000000	372.000000
X35	0.000000	1124.000000
X36	144163.000000	0.000000

X37	0.000000	584.000000
X38	0.000000	49.000000
X39	0.000000	137.000000
X310	0.000000	38.000000
X311	0.000000	842.000000
X312	32559.000000	0.000000
X313	209377.000000	0.000000
X314	99359.000000	0.000000
X315	0.000000	162.000000
X316	0.000000	161.000000
X317	0.000000	0.000000
X41	69863.000000	0.000000
X42	0.000000	2560.000000
X43	0.000000	224.000000
X44	0.000000	373.000000
X45	0.000000	1.000000
X46	0.000000	1.000000
X47	0.000000	1.000000
X48	97864.000000	0.000000
X49	0.000000	1.000000
X410	0.000000	0.000000
X411	0.000000	261.000000
X412	0.000000	1.000000
X413	0.000000	1.000000
X414	0.000000	32.000000

X415	0.000000	0.000000
X416	45100.000000	0.000000
X417	0.000000	1.000000
X51	0.000000	0.000000
X52	0.000000	1699.000000
X53	0.000000	149.000000
X54	0.000000	372.000000
X55	14111.000000	0.000000
X56	0.000000	1.000000
X57	250152.000000	0.000000
X58	717909.000000	0.000000
X59	54594.000000	0.000000
X510	101916.000000	0.000000
X511	0.000000	149.000000
X512	0.000000	1.000000
X513	113074.000000	0.000000
X514	0.000000	31.000000
X515	123521.000000	0.000000
X516	0.000000	149.000000
X517	385619.000000	0.000000
X61	0.000000	1022.000000
X62	0.000000	5191.000000
X63	0.000000	1899.000000
X64	0.000000	422.000000
X65	0.000000	1822.000000

X66	0.000000	226.000000
X67	0.000000	1289.000000
X68	0.000000	403.000000
X69	0.000000	770.000000
X610	0.000000	266.000000
X611	0.000000	1473.000000
X612	0.000000	50.000000
X613	0.000000	50.000000
X614	0.000000	636.000000
X615	0.000000	793.000000
X616	0.000000	350.000000
X617	64169.000000	0.000000
X71	0.000000	62.000000
X72	0.000000	4094.000000
X73	0.000000	720.000000
X74	0.000000	636.000000
X75	0.000000	644.000000
X76	0.000000	265.000000
X77	0.000000	531.000000
X78	0.000000	335.000000
X79	0.000000	336.000000
X710	0.000000	302.000000
X711	0.000000	437.000000
X712	0.000000	264.000000
X713	0.000000	264.000000

X714	0.000000	264.000000
X715	26754.000000	0.000000
X716	0.000000	12.000000
X717	0.000000	264.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
-----	------------------	-------------

2)	0.000000	-2851.000000
3)	0.000000	-1619.000000
4)	0.000000	-718.000000
5)	0.000000	-1679.000000
6)	0.000000	-2095.000000
7)	0.000000	-337.000000
8)	0.000000	-822.000000
9)	0.000000	759.000000
10)	0.000000	1219.000000
11)	0.000000	1149.000000
12)	282783.000000	0.000000
13)	0.000000	1164.000000
14)	0.000000	443.000000
15)	0.000000	991.000000
16)	0.000000	529.000000
17)	0.000000	709.000000
18)	0.000000	411.000000
19)	0.000000	823.000000
20)	173093.000000	0.000000

21)	0.000000	338.000000
22)	0.000000	667.000000
23)	0.000000	629.000000
24)	0.000000	229.000000
25)	0.000000	62.000000

NO. ITERATIONS= 41

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
C	1.000000	INFINITY	1.000000
X11	2280.000000	INFINITY	188.000000
X12	1632.000000	1219.000000	INFINITY
X13	1702.000000	0.000000	INFINITY
X14	3411.000000	INFINITY	560.000000
X15	1875.000000	INFINITY	188.000000
X16	2596.000000	INFINITY	188.000000
X17	2048.000000	INFINITY	188.000000
X18	2509.000000	INFINITY	187.000000
X19	2330.000000	INFINITY	188.000000
X110	2628.000000	INFINITY	188.000000
X111	2028.000000	149.000000	0.000000

X112	3039.000000	INFINITY	188.000000
X113	2701.000000	INFINITY	188.000000
X114	2403.000000	INFINITY	219.000000
X115	2259.000000	INFINITY	37.000000
X116	2622.000000	0.000000	149.000000
X117	2977.000000	INFINITY	188.000000
X21	959.000000	INFINITY	99.000000
X22	2863.000000	INFINITY	2463.000000
X23	470.000000	INFINITY	0.000000
X24	2261.000000	INFINITY	642.000000
X25	688.000000	INFINITY	233.000000
X26	1446.000000	INFINITY	270.000000
X27	1196.000000	INFINITY	568.000000
X28	1409.000000	INFINITY	319.000000
X29	1283.000000	INFINITY	373.000000
X210	1515.000000	INFINITY	307.000000
X211	796.000000	0.000000	INFINITY
X212	1889.000000	INFINITY	270.000000
X213	1551.000000	INFINITY	270.000000
X214	1231.000000	INFINITY	279.000000
X215	1027.000000	INFINITY	37.000000
X216	1390.000000	INFINITY	0.000000
X217	1827.000000	INFINITY	270.000000
X31	251.000000	INFINITY	292.000000
X32	3894.000000	INFINITY	4395.000000

X33	769.000000	INFINITY	1200.000000
X34	1090.000000	INFINITY	372.000000
X35	678.000000	INFINITY	1124.000000
X36	275.000000	1.000000	INFINITY
X37	311.000000	INFINITY	584.000000
X38	238.000000	INFINITY	49.000000
X39	146.000000	INFINITY	137.000000
X310	345.000000	INFINITY	38.000000
X311	737.000000	INFINITY	842.000000
X312	718.000000	1.000000	62.000000
X313	380.000000	0.000000	1.000000
X314	51.000000	31.000000	INFINITY
X315	251.000000	INFINITY	162.000000
X316	650.000000	INFINITY	161.000000
X317	656.000000	INFINITY	0.000000
X41	920.000000	0.000000	INFINITY
X42	3020.000000	INFINITY	2560.000000
X43	754.000000	INFINITY	224.000000
X44	2052.000000	INFINITY	373.000000
X45	516.000000	INFINITY	1.000000
X46	1237.000000	INFINITY	1.000000
X47	689.000000	INFINITY	1.000000
X48	1150.000000	0.000000	0.000000
X49	971.000000	INFINITY	1.000000
X410	1268.000000	INFINITY	0.000000

X411	1117.000000	INFINITY	261.000000
X412	1680.000000	INFINITY	1.000000
X413	1342.000000	INFINITY	1.000000
X414	1044.000000	INFINITY	32.000000
X415	1050.000000	INFINITY	0.000000
X416	1450.000000	12.000000	37.000000
X417	1618.000000	INFINITY	1.000000
X51	1336.000000	INFINITY	0.000000
X52	2575.000000	INFINITY	1699.000000
X53	1095.000000	INFINITY	149.000000
X54	2467.000000	INFINITY	372.000000
X55	931.000000	1.000000	INFINITY
X56	1653.000000	INFINITY	1.000000
X57	1104.000000	1.000000	INFINITY
X58	1566.000000	0.000000	0.000000
X59	1386.000000	1.000000	INFINITY
X510	1684.000000	0.000000	INFINITY
X511	1421.000000	INFINITY	149.000000
X512	2096.000000	INFINITY	1.000000
X513	1757.000000	1.000000	0.000000
X514	1459.000000	INFINITY	31.000000
X515	1466.000000	0.000000	12.000000
X516	2015.000000	INFINITY	149.000000
X517	2033.000000	0.000000	50.000000
X61	600.000000	INFINITY	1022.000000

X62	4309.000000	INFINITY	5191.000000
X63	1087.000000	INFINITY	1899.000000
X64	759.000000	INFINITY	422.000000
X65	995.000000	INFINITY	1822.000000
X66	120.000000	INFINITY	226.000000
X67	635.000000	INFINITY	1289.000000
X68	211.000000	INFINITY	403.000000
X69	398.000000	INFINITY	770.000000
X610	192.000000	INFINITY	266.000000
X611	987.000000	INFINITY	1473.000000
X612	387.000000	INFINITY	50.000000
X613	49.000000	INFINITY	50.000000
X614	306.000000	INFINITY	636.000000
X615	501.000000	INFINITY	793.000000
X616	458.000000	INFINITY	350.000000
X617	275.000000	50.000000	INFINITY
X71	125.000000	INFINITY	62.000000
X72	3697.000000	INFINITY	4094.000000
X73	393.000000	INFINITY	720.000000
X74	1458.000000	INFINITY	636.000000
X75	302.000000	INFINITY	644.000000
X76	644.000000	INFINITY	265.000000
X77	362.000000	INFINITY	531.000000
X78	628.000000	INFINITY	335.000000
X79	449.000000	INFINITY	336.000000

X710	713.000000	INFINITY	302.000000
X711	436.000000	INFINITY	437.000000
X712	1086.000000	INFINITY	264.000000
X713	748.000000	INFINITY	264.000000
X714	419.000000	INFINITY	264.000000
X715	193.000000	12.000000	INFINITY
X716	605.000000	INFINITY	12.000000
X717	1024.000000	INFINITY	264.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	437716.000000	45100.000000	32559.000000
3	61984.000000	45100.000000	32559.000000
4	485458.000000	173093.000000	32559.000000
5	212827.000000	173093.000000	32559.000000
6	1760896.000000	173093.000000	32559.000000
7	64169.000000	173093.000000	32559.000000
8	26754.000000	123521.000000	26754.000000
9	69863.000000	32559.000000	69863.000000
10	7454.000000	32559.000000	7454.000000
11	138686.000000	32559.000000	45100.000000
12	282783.000000	INFINITY	282783.000000
13	14111.000000	32559.000000	14111.000000
14	144163.000000	32559.000000	144163.000000

15	250152.000000	32559.000000	173093.000000
16	815773.000000	32559.000000	173093.000000
17	54594.000000	32559.000000	54594.000000
18	101916.000000	32559.000000	101916.000000
19	207790.000000	32559.000000	45100.000000
20	205652.000000	INFINITY	173093.000000
21	322451.000000	32559.000000	173093.000000
22	99359.000000	32559.000000	99359.000000
23	150275.000000	32559.000000	123521.000000
24	190870.000000	32559.000000	45100.000000
25	449788.000000	32559.000000	173093.000000