



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES FÍSICOS, TÉCNICOS Y
SOCIOECONÓMICOS QUE LIMITAN LA PRODUCTIVIDAD Y
RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR

AGUSTÍN RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

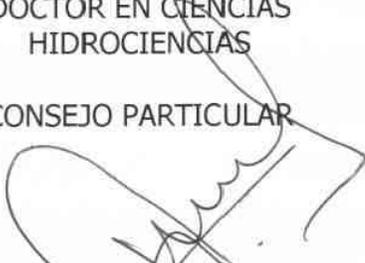
2011

La presente tesis titulada: **"Diagnóstico de los Factores Físicos, Técnicos y Socioeconómicos que Limitan la Productividad y Rentabilidad de la Caña de Azúcar"**, realizada por el alumno: **Agustín Rodríguez González**, bajo la dirección el Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y acepta como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ARTURO GALVIS SPÍNOLA

DIRECTOR
DE TESIS:



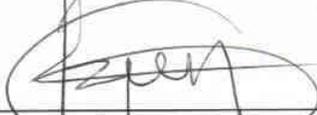
DR. ENRIQUE MEJÍA SAENZ

ASESOR:



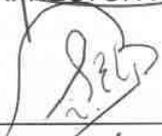
DRA. TERESA M. HERNÁNDEZ MENDOZA

ASESOR:



DR. HÉCTOR FLORES MAGDALENO

ASESOR:



DR. RAMÓN ARTEAGA RAMÍREZ

ASESOR:



DR. FRANCISCO GAVI REYES

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2011.

Diagnóstico de los Factores Físicos, Técnicos y Socioeconómicos que limitan la Productividad y Rentabilidad de la Caña de Azúcar

Rodríguez González Agustín, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante la zafra 2010-11 en la zona central del estado de Veracruz (18°51'24" y 19°05'47" latitud norte; 96°26'52" y 96°48'25" longitud oeste) en el que se planteó que la disponibilidad de humedad y el manejo de la fertilización son factores que limitan la productividad de la caña de azúcar en condiciones de secano. Con base en el registro histórico de 10 estaciones climáticas, se delimitaron tres áreas con distinta pluviometría y una con riego como referencia. La problemática técnica se evaluó a partir del conocimiento local mediante la aplicación de encuestas a 500 cañeros (20% del total de agricultores de la zona de interés) y en cada parcela se midió el rendimiento de caña. Los datos obtenidos en campo (rendimientos y ciclo actual) y encuestas (uso y manejo de los fertilizantes) se agruparon por condición de humedad. Aunque en la zona existe un gradiente de lluvia significativo, sólo fue estadísticamente diferente el rendimiento de caña de las zonas con mayor disponibilidad de humedad (riego y zona húmeda) respecto a las de menor pluviometría (zona de transición y la seca). Se aplica la misma dosis de fertilizante en toda el área, sin importar el ciclo de la caña (plantilla, soca o resoca), rendimiento y volumen de lluvia, por lo que es indispensable promover un manejo de nutrientes acorde a cada situación, conciliando el requerimiento nutrimental del agrosistema cañero con aspectos económicos, como es el suministro de insumos en el área de abasto.

Palabras clave: precipitación; fertilización nitrogenada; rendimiento en socas; *Saccharum officinarum*.

Diagnosis of physical, technical and socioeconomic limiting
Productivity and Profitability of Sugar Cane

Rodríguez González Agustín, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

The present work was carried out during drip jar 2010-11 in the central zone of the state of Veracruz (18°51'24" and 19°05'47" North latitude; 96°26'52" and 96°48'25" west longitude) it was considered, that the humidity availability and the handling of the fertilization are factors that limit the productivity of the sugar cane in conditions of dry land. With base in the historical registry of 10 climatic stations, three areas with different pluviometry and one with irrigation like reference were delimited. The problematic technique was evaluated from the local knowledge by means of the application of surveys to 500 cane growers (20% of the total of agriculturists of the zone of interest) and in each parcel, the cane yield was moderate. The data collected in field (yields and present cycle) and surveys (use and handling of fertilizers) were grouped by condition of humidity. Although in the zone a significant rain gradient exists, the cane yield of the zones with greater humidity availability was only statistically different (irrigation and humid zone) with respect to those from smaller pluviometry (zone of transition and the drought). The same dose of fertilizer in all the area was applied, without concerning the cycle of the cane (its soles, soca or resoca), yield and volume of rain, reason why it is indispensable to promote an agreed handling of nutrients to each situation, being conciliated the nutrimental requirement of cane system with economic aspects, as it is the provision of consumption in the supply area.

Key words: *Saccharum officinarum*, recipitation, nitrogen fertilization, ratoon yield.

DEDICATORIA

Con todo mi amor a mis hijos: Rebeca e Isaac,
que dan sentido a mi vida.

A Sandra, mi esposa, que siempre ha creído en
mí y me ha apoyado en todos los momentos.

A mis padres Mercedes y Agustín que lo dieron
todo por mí.

A mis hermanos: Laura y Arnulfo, por su apoyo
desde que éramos niños.

A mis sobrinos: Pamela y Brandon.

A la familia Venegas Flores, que siempre han
estado presentes en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Colegio de Postgraduados, que han participado en el financiamiento de mi posgrado.

Al Dr. Enrique Mejía Saenz, por todo el apoyo en mi vida profesional, por la confianza que me brinda, por la culminación de mis estudios doctorales, por sus valiosos consejos y sus grandes enseñanzas, gracias.

Al Dr. Arturo Galvís Spínola y la Dra. Teresa M. Hernández por su enorme apoyo y contribución en la realización de esta investigación, la amistad, mil gracias.

Al Dr. Héctor Flores Magdaleno, por sus comentarios en la revisión de este trabajo

Al Dr. Ramón Arteaga Ramírez por sus valiosas contribuciones y correcciones en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Francisco Gavi Reyes, por sus atinados consejos y aportaciones al presente trabajo.

A mi amigo el Dr. Arturo Salgado Transito, por su ayuda incondicional y por sobre todo su amistad

A mis cuates: Jocelyn, David Mejía, José Anastasio, Jorge Alejandro, Santiago, Emmanuel, Anwar, José Manuel, Fernando Rosas, Daniel, Omar, Luis Victor, Oscar.

A todos mis amigos y compañeros de la oficina que me respaldan con su enorme capacidad, compromiso y profesionalismo.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	VIII
2. OBJETIVOS	2
2.1. GENERAL	2
2.2. PARTICULARES	2
3. HIPOTESIS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1. LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS	4
4.2. LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR	23
5. MATERIALES Y METODOS	42
5.1 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA PLANTA-SUELO-AGUA-ATMÓSFERA	47
5.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA NUTRICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO	48
5.3. PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.	49
6. RESULTADOS	52
6.1. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA PLANTA-SUELO-AGUA-ATMÓSFERA	52
6.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA NUTRICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.	72
6.3 PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO	86
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
8. LITERATURA CITADA	117

CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO 1. PRODUCCIÓN DE CAÑA Y AZÚCAR EN DURANTE LA ZAFRA 2009-2010 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN ESTADÍSTICAS DE LA UNIÓN DE CAÑEROS, 2010).	28
CUADRO 2. INGENIOS CON MAYOR RENDIMIENTO DE FÁBRICA DURANTE LA ZAFRA 2009-2010 EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR LA UNIÓN DE CAÑEROS, 2010).	29
CUADRO 3. PROMEDIO DEL PORCENTAJE DEL CONSUMO INTERNO RESPECTO A LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (CIPA) EN DISTINTAS REGIONES Y PAÍSES DEL MUNDO ENTRE 2007 Y 2011 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE ZAFRANET, 2011).	34
CUADRO 4. ESTADÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS QUE SE HAN PRODUCIDO EN MÉXICO ENTRE 1990 Y 2009 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SIAP, 2011).	35
CUADRO 5. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE AZÚCAR EN BRUTO A NIVEL MUNDIAL. VALORES PROMEDIO ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FAO, 2011).	39
CUADRO 6. NOMBRE, CLAVE, COORDENADAS, AÑOS DE OBSERVACIÓN, PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (PP) DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS UBICADAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ZONA CAÑERA EN ESTUDIO Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV).	43
CUADRO 7. EXPERIENCIA DEL AGRICULTOR COMO PRODUCTOR DE CAÑA DE AZÚCAR (PORCENTAJE DE LAS OBSERVACIONES).	52
CUADRO 8. CALIFICACIÓN ASIGNADAS POR LOS AGRICULTORES CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) RESPECTO A LA PRODUCTIVIDAD DE SUS PROPIAS PLANTACIONES CAÑERAS EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO (PORCENTAJE DE OBSERVACIONES).	53
CUADRO 9. PERCEPCIÓN DE LOS AGRICULTORES CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) RESPECTO A LAS PRINCIPALES VARIABLES QUE INCIDEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	54
CUADRO 10. PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES RESPECTO A LA MANO DE OBRA DISPONIBLE EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO. AGRICULTORES DE MAYORES INGRESOS (CI) Y DE CAPITAL LIMITADO (CL).	55
CUADRO 11. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ASESORÍA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE AGRICULTORES CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	55
CUADRO 12. PREFERENCIA DE LOS CAÑEROS CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) RESPECTO A QUIÉN DEBERÍA PROPORCIONAR LA ASESORÍA TÉCNICA EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	56
CUADRO 13. VOLUNTAD DEL AGRICULTOR CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) PARA ASESORAR A OTROS CAÑEROS PARA QUE MEJOREN SU PRODUCTIVIDAD EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO ...	56
CUADRO 14. ASISTENCIA DE LOS AGRICULTORES CON CAPITAL LIMITADO (CL) E ILIMITADO (CI) EN CURSOS DE CAPACITACIÓN EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	57

CUADRO 15. PARÁMETROS DE LA REGRESIÓN LINEAL ENTRE EL PERÍODO LLUVIOSO Y LA LLUVIA TOTAL ANUAL EN EL ÁREA CAÑERA DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	59
CUADRO 16. PROBLEMÁTICA DETECTADA POR LOS AGRICULTORES RESPECTO A LA PRODUCCIÓN DE LAS PLANTACIONES DE CAÑA EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).	61
CUADRO 17. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS AGRICULTORES EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).....	62
CUADRO 18. PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA FITOSANIDAD (PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS) DEL CULTIVO DE LA CAÑA EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	62
CUADRO 19. CRITERIO PARA SELECCIONAR LA VARIEDAD DE CAÑA POR GRUPO DE PRODUCTORES EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).....	63
CUADRO 20. TIPO DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A ELLA POR GRUPO DE PRODUCTORES EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).....	64
CUADRO 21. CICLOS TRANSCURRIDOS SIN PLANTAR NUEVAMENTE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).	65
CUADRO 22. CONTROL DE MALEZAS POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	65
CUADRO 23. APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS Y CONTROL DE MALEZAS POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.....	66
CUADRO 24. PERCEPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	67
CUADRO 25. CONSIDERACIONES SOBRE EL EMPOBRECIMIENTO DEL SUELO POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.....	68
CUADRO 26. PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON EL AGUA EN LA PLANTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	69
CUADRO 27. PROBLEMAS ASOCIADOS CON LA FALTA DE DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE LA CAÑA POR GRUPO DE PRODUCTORES EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).....	70
CUADRO 28. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL USO DEL AGUA DE RIEGO EN LAS PLANTACIONES POR GRUPO DE PRODUCTORES EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO)	71

CUADRO 29. USO DE FERTILIZANTES EN LAS PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR POR GRUPO DE PRODUCTORES EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO).....	73
CUADRO 30. PORCENTAJE DE PRODUCTORES QUE APLICAN FERTILIZANTES AL FOLLAJE EN LAS PLANTACIONES DE CAÑA DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO)	74
CUADRO 31. DOSIS DE NUTRIENTES MÁS FRECUENTES APLICADOS POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO.	74
CUADRO 32. DOSIS DE NITRÓGENO APLICADA POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.....	75
CUADRO 33. DISTRIBUCIÓN DE LA DOSIS DE FERTILIZANTE A TRAVÉS DEL CICLO DE LA CAÑA POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO	76
CUADRO 34. TIPO DE FERTILIZANTE EMPLEADO POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.....	77
CUADRO 35. PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL USO DE FERTILIZANTES EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO POR GRUPO DE PRODUCTORES (CI: CAPITAL ILIMITADO; CL: CAPITAL LIMITADO) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	78
CUADRO 36. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (DF) DE LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE NITROGENADO (E_{RN}) EN LAS PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.....	81
CUADRO 37. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (DF) DE LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE FOSFATADO (E_{RP}) EN LAS PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.....	83
CUADRO 38. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (DF) DE LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE POTÁSICO (E_{RK}) EN LAS PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.....	84
CUADRO 39. PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y CAÑA MOLIDA EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO ENTRE LA ZAFRA 2000/01 Y LA 2010/11 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE ZAFRANET. LOS DE LA ZAFRA 2010/11 SE ESTIMARON A PARTIR DE ENCUESTAS Y MEDICIONES EN CAMPO).....	86
CUADRO 40. PRODUCTIVIDAD SEGÚN EL CICLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZAFRA 2010/11 DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	88
CUADRO 41. PRODUCTIVIDAD SEGÚN LA DOSIS DE NITRÓGENO APLICADA Y EL CICLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y EN LA ZAFRA 2010/11 DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	91
CUADRO 42. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO ENTRE LA ZAFRA 2000/01 Y LA 2010/11 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE LA UNIÓN DE CAÑEROS, 2010. LOS DE LA ZAFRA 2010/11 SE ESTIMARON A PARTIR DE ENCUESTAS Y MEDICIONES EN CAMPO). ...	93

CUADRO 43. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN LOS INGENIOS ALEDAÑOS AL DE CENTRAL PROGRESO Y LA DEL ESTADO DE VERACRUZ DURANTE LAS ZAFRAS 2008/09 Y LA 2009/10.	94
CUADRO 44. COMPARACIÓN DEL PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ENTRE AÑOS CON BUENOS (PPA) Y MALOS (PPB) RENDIMIENTOS DE CAÑA Y AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.....	96
CUADRO 45. COMPARACIÓN DEL PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL ENTRE AÑOS CON BUENOS (PPA) Y MALOS (PPB) RENDIMIENTOS DE CAÑA Y AZÚCAR POR ZONA CLIMÁTICA EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	98
CUADRO 46. INGRESOS BRUTOS POR CONCEPTO DE LA VENTA DE CAÑA PRODUCIDA EN LOS CICLOS PLANTILLA, SOCA Y RESOCA EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, DURANTE LA ZAFRA 2010/11.....	102
CUADRO 47. PROMEDIO DEL COSTO POR EL MANEJO DEL SUELO Y SIEMBRA EN EL CICLO PLANTILLA (ZAFRA 2010/11) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, CONSIDERANDO DIFERENTES NIVELES DE RENDIMIENTO DE LA CAÑA.....	104
CUADRO 48. PROMEDIO DEL COSTO POR EL MANEJO DEL SUELO EN LOS CICLOS DE SOCA Y RESOCAS (ZAFRA 2010/11) EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, CONSIDERANDO DIFERENTES NIVELES DE RENDIMIENTO DE LA CAÑA.....	105
CUADRO 49. COMPARACIÓN DEL COSTO DEL MANEJO PREVIO AL CICLO DE PRODUCCIÓN ENTRE PLANTILLAS, SOCAS Y RESOCAS EN LA ZAFRA 2010/11 DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, A DIFERENTES NIVELES DE RENDIMIENTO DE LA CAÑA.	106
CUADRO 50. PROMEDIO DE LOS COSTOS DEL MANEJO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZAFRA 2010/11 DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, A DIFERENTES NIVELES DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO.....	107
CUADRO 51. COSTO TOTAL DE LOS COMPONENTES DEL MANEJO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZAFRA 2010/11 DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, A DIFERENTES CICLOS DE PRODUCCIÓN Y NIVELES DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO.....	108
CUADRO 52. COMPARACIÓN EN LA INVERSIÓN TOTAL ENTRE LOS CICLOS PLANTILLA Y SOCAS DURANTE LA ZAFRA 2010/11 EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, CONSIDERANDO DIFERENTES NIVELES DE RENDIMIENTO DE LA CAÑA.	109
CUADRO 53. APRECIACIÓN DE LOS AGRICULTORES RESPECTO AL COSTO DE PRODUCCIÓN DE DIFERENTES RUBROS DURANTE LA ZAFRA 2010/11 EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	110

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE AROCHE, 2004; CASTELLANOS Y JIMÉNEZ, 2007; CRESPO, 1990; FAO, 2011; DELGADO DE CANTÚ, 2004;).	24
FIGURA 2. TENDENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA COMO FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE DE SIEMBRA DE ESTE CULTIVO EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR FAO, 2010 Y SIAP, 2010).	26
FIGURA 3. PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR FAO, 2010 Y SIAP, 2010).	26
FIGURA 4. VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE FÁBRICA EN LOS 57 INGENIOS QUE OPERARON DURANTE LA ZAFRA 2009-2010 EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR LA UNIÓN DE CAÑEROS, 2010).	29
FIGURA 5. VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO PER CÁPITA ANUAL DE AZÚCAR EN MÉXICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR FAO, 2010).	30
FIGURA 6. VARIACIÓN DE LA BALANZA COMERCIAL DEL AZÚCAR EN MÉXICO: FIGURA 6A. FLUJO ANUAL DE LA RELACIÓN EXPORTACIÓN-IMPORTACIÓN DE AZÚCAR; FIGURA 6B. ACUMULACIÓN DEL MONTO DEL COMERCIO EXTERIOR (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS REPORTADOS POR FAO, 2010).	32
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FAO, 2011).	33
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LA ACUMULACIÓN DE CALORÍAS QUE PROVIENE DE LA INGESTA DE AZÚCARES EN LA POBLACIÓN MEXICANA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FAO, 2011).	40
FIGURA 9. UBICACIÓN DEL ÁREA CAÑERA DEL INGENIO CENTRAL, VERACRUZ.	42
FIGURA 10. PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EN EL ÁREA CAÑERA DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, VERACRUZ.	59
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CAÑA EN LA ZAFRA 2010/11, MEDIDO EN PARCELAS DE LOS 500 PRODUCTORES COOPERANTES DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	87
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CAÑA EN EL CICLO PLANTILLA QUE SE MIDió EN PARCELAS DE 500 PRODUCTORES COOPERANTES DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	89
FIGURA 13. RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y EL RENDIMIENTO DE CAÑA EN EL CICLO SOCA Y RESOCAS. VALORES PROMEDIO DE MEDICIONES EN PARCELAS DE 500 PRODUCTORES COOPERANTES DEL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO.	90

FIGURA 14. RELACIÓN DE LA LLUVIA DURANTE LOS AÑOS CON BAJA Y ALTA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR CON EL PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO..... 95

FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DEL PROMEDIO DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO. FIGURA 14A: TENDENCIA DE LA LLUVIA DURANTE LOS AÑOS EN QUE SE OBTUVO BUENA PRODUCTIVIDAD DE CAÑA Y AZÚCAR; FIGURA 14B: TENDENCIA DE LA LLUVIA EN LOS AÑOS CON BAJO RENDIMIENTO DE CAÑA Y AZÚCAR 97

FIGURA 16. FLUCTUACIÓN DEL PAGO DE LA CAÑA (PESOS POR TONELADA) Y DEL KARBE (KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA) DURANTE 10 AÑOS EN EL INGENIO CENTRAL PROGRESO. 101

FIGURA 17. VARIACIÓN DE LOS INGRESOS BRUTOS POR CONCEPTO DE LA VENTA DE CAÑA PRODUCIDA EN LOS CICLOS PLANTILLA, SOCA Y RESOCA EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO, DURANTE LA ZAFRA 2010/11. 103

FIGURA 18. TENDENCIA ENTRE EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y LA UTILIDAD NETA EN LOS CICLOS PLANTILLA, SOCA Y RESOCA DURANTE LA ZAFRA 2010/11 EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO..... 111

FIGURA 19. TENDENCIA ENTRE EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y LA INVERSIÓN EROGADA EN LOS CICLOS PLANTILLA, SOCA Y RESOCA DURANTE LA ZAFRA 2010/11 EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO CENTRAL PROGRESO. 113

1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de caña de azúcar forman parte de las principales actividades de índole económica en el ámbito agrícola nacional, cuya importancia trasciende las fronteras porque México ocupa el sexto lugar mundial con 2.9% de la superficie sembrada con este cultivo y su producción de azúcar equivale a 3.5% del total, indistintamente si esta proviene de caña o de la remolacha azucarera. Además, a nivel internacional el rendimiento promedio de caña de azúcar es de 58.2 t/ha, valor inferior al del país el cual asciende a 76.0 t/ha, lo que ubica a México dentro del 30% de las regiones con mayor productividad.

Por otro lado, aunque la producción de azúcar a nivel nacional suele ser autosuficiente, el margen de operación es estrecho porque hay aproximadamente un 5% de excedentes y en ocasiones ocurre que la demanda supere a la oferta como ocurrió en la zafra 2009/10, donde la producción fue menor a la esperada y se creó un déficit de este edulcorante, siendo necesario recurrir a su importación. Además, las áreas cañeras enfrentan diversos problemas asociados a aspectos técnicos, económicos, sociales y ecológicos que impactan negativamente sobre su rentabilidad. Para evitar el desabasto de azúcar a nivel nacional pueden seguirse dos caminos: incrementar el área cañera (más superficie, mayor producción) o mejorar la productividad del cultivo. Esta última alternativa es la más viable desde diversos puntos de vista, por lo que debe fomentarse el crecimiento vertical de la producción de caña y azúcar mediante el mejoramiento de las técnicas de manejo de las plantaciones entre las que destaca la conservación de densidades de población en socas y resocas apropiadas, uso de variedades adecuadas, control fitosanitario oportuno, programas de fertilización eficaces, entre otros. En este sentido, en la presente investigación se tomó como estudio de caso el área de abasto del Ingenio Central Progreso, Veracruz, en el que se hizo un diagnóstico de los factores del marco físico y socioeconómico que limitan la productividad y la rentabilidad de las plantaciones del área cañera. Con base en los resultados obtenidos, se identificó las técnicas agrícolas más viables que permitan superar las condiciones restrictivas que condicionan la productividad de la zona de estudio.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

La presente investigación tuvo como objetivo general aportar información que coadyuve a lograr el crecimiento vertical de la producción de la caña de azúcar de manera rentable y sustentable en el área de abasto del Ingenio Central Progreso. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos específicos.

2.2.PARTICULARES

- Identificar los factores más significativos que limitan la productividad de la caña de azúcar producida en el área de abasto del Ingenio Central Progreso asociados a los aspectos socioeconómicos, del marco físico y del manejo agronómico.
- Evaluar el manejo de la fertilización actual, así como la eficiencia de recuperación de los fertilizantes en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.
- Definir la rentabilidad de la producción de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso con base en la variación de los ingresos y egresos del agricultor.

3. HIPOTESIS

- El marco físico no es suficientemente heterogéneo en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, por lo que las diferencias en la productividad son atribuibles al manejo agronómico que se lleva a cabo en las plantaciones.
- El uso y manejo del fertilizante suele generalizarse en el área de abasto del Ingenio, independientemente del ciclo del cultivo y condiciones del marco físico, lo que limita la productividad de las plantaciones.
- La variación de la rentabilidad de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio es consecuencia del tipo de manejo practicado, sobre todo en la capacidad de los productores para mantener el rendimiento de la caña de azúcar durante las resocas.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

4.1.1 Evaluación de la capacidad productiva de los sistemas agrícolas

Proveer de alimentos suficientes es un reto constante que continúa siendo un tema actual y de radical importancia, debido a que la producción agrícola y pecuaria no es suficiente en cantidad y distribución para abastecer la demanda de la siempre creciente población. De hecho, durante el siglo pasado hubo cambios favorables y significativos en el mejoramiento de la seguridad alimenticia y la calidad de los alimentos por las innovaciones tecnológicas, aunque esto acarrió como efecto secundario una serie de relacionados con el ambiente (Hubert *et al.*, 2010). Según estos autores, al inicio del siglo XXI la problemática tiene que ver con varios aspectos adicionales a los que ya se tienen, como son: a) optimizar su calidad para abatir los problemas de nutrición de la población (desnutrición y obesidad); b) el mayor interés en producir biocombustibles ocasionó una escalada de precios por la relación oferta/demanda; c) el cambio climático ha ocasionado una serie de inconvenientes, afectando zonas agrícolas importantes; d) la recesión económica global cuyo efecto negativo aún no se ha superado plenamente.

Los escenarios y retos del desarrollo sustentable implican diversos aspectos como los geopolíticos, sociales, culturales, sanitarios, económicos, agronómicos, ecológicos y técnicos (Agrimonde, 2009). Para su evaluación se incluye el registro exhaustivo de todas las clases posibles de variables que impactan en la evolución del sistema de interés a un tiempo dado (De Jouvenel, 2000) que pudiese ser inmanejable, por lo que es necesario establecer hipótesis cuantitativas en un número limitado de variables para reducir la complejidad de la evaluación y favorecer el análisis cualitativo en todas las dimensiones del agroecosistema, seleccionando los escenarios viables con base en las situaciones que se presenten, delimitar sus aspectos más sobresalientes y presentarlos cuantitativamente.

Un enfoque es definir la tendencia en el consumo de alimentos acorde con las prioridades de la sociedad (combatir la pobreza, la desnutrición y la obesidad), apoyado en la liberación del comercio y de técnicas avanzadas que incidan positivamente sobre la productividad agrícola, con prioridad en el desarrollo económico como parte del manejo del ecosistema y de las condiciones ambientales. Otra forma de proceder es establecer escenarios que exploren la consecuencia de la modificación de las tendencias considerando como punto de inicio la situación actual (Griffon, 2006), tomando en cuenta las características de sustentabilidad y potencial de las condiciones establecidas de una nueva revolución verde (Conway, 1997), donde la tecnología preserva el ecosistema, favorece el desarrollo de la agricultura aún con déficit de capital de inversión y se limita el uso intensivo de insumos químicos.

En el largo plazo es indispensable alcanzar condiciones de alimentación sustentables encaminados a abatir la inequidad en la nutrición a través de la reducción drástica de la subalimentación y de la ingesta excesiva. Se debe tener en mente la necesidad de satisfacer la creciente demanda, favorecer el ingreso a partir de la agricultura en las áreas rurales y propiciar el desarrollo de técnicas agrícolas que no afecten el ambiente. Una vía que se presenta como alternativa de solución es evaluar la capacidad de fomentar el comercio interregional pero sólo después de considerar que la producción agrícola en cada zona cubre las necesidades locales. Además es importante identificar la tendencia del crecimiento de la población y que se tenga la capacidad de producir los alimentos necesarios que abastezcan a los habitantes de cada sitio en cuestión.

En las propuestas que advierten sobre las consecuencias del cambio climático que se está enfrentando, no hay una estimación cuantitativa precisa ni completa sobre su efecto en la agricultura y sólo se limitan a mencionar que se tendrá mayor variabilidad en las condiciones ambientales, alteraciones en el patrón de las lluvias, elevación de la temperatura o el deshielo en ciertas regiones del mundo, especulando cuáles podrían ser los posibles rendimientos hacia el año 2050.

Incluso, aún teniendo en cuenta la patente presión que se ejerce sobre los recursos naturales como la deforestación para incrementar la superficie agrícola, sobreexplotación de los acuíferos por las condiciones climáticas y demográficos, deterioro de la calidad del suelo y agua como consecuencia de las malas prácticas de manejo, las propuestas que abordan la productividad de los cultivos no integran indicadores del efecto nocivo sobre los recursos naturales, especialmente en cuanto a las demandas hídricas y energéticas necesarias para mantener los sistemas productivos. En contraste, es un hecho la hipótesis de que el desarrollo de la agricultura es una fuerza conductora de la evolución económica global que permitirá superar la pobreza (World Bank, 2008), que permite apreciar su efecto potencial para contribuir a un suficiente desarrollo económico de la región, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y evitar la migración masiva.

La tendencia del desarrollo tecnológico permite intuir que propiciará una agricultura más intensiva, aunque con ello involucre el uso intensivo de maquinaria, insumos químicos y cultivos genéticamente modificados con patentes en manos de firmas multinacionales, con la consecuente reducción de variedades de especies agrícolas, donde el conocimiento local se reemplazará por métodos industriales estandarizados.

En Estados Unidos y la Unión Europea, actualmente se hace énfasis en el concepto de la intensificación ecológica, esto es, el planteamiento de opciones técnicas “hechas a la medida” en lugar de prescribir o recomendar un grupo de elementos técnicos para ser aplicados de manera uniforme en una región (paquetes tecnológicos). Los criterios no están limitados a indicadores de tipo técnico-económico, sino que agrupan un rango de indicadores o elementos que evalúan la eficiencia de las prácticas de manejo empleadas tanto para la protección del ambiente (calidad del agua, conservación del suelo y la biodiversidad), así como de la producción comercial. En este esquema, los diferentes tipos de sistemas de producción abarcan técnicas de manejo en donde se involucra el ecosistema. Como ejemplo está el uso de las zonas forestales, las cuales ya no se dedican sólo a la explotación de los bosques o como áreas protegidas, sino que se usan como modelos agro-forestales que sirven para hacer un uso racional del ecosistema con fines comerciales.

4.1.2 Aspectos técnicos relacionados con la productividad agrícola

Los factores que influyen sobre la relación de la oferta/demanda de los alimentos y en la seguridad alimenticia son diversos. Los indirectos se relacionan con aspectos demográficos, económicos, sociopolíticos, científicos-tecnológicos, culturales, religiosos y cambios biogeofísicos. Los directos se refieren a la modificación en los patrones de consumo de alimentos, el manejo de los recursos naturales y de la tierra, condiciones climáticas, energéticas y de laboreo. En los países industrializados ha incrementado significativamente su productividad debido a los agrosistemas altamente efectivos y eficientes. Aunque este mejoramiento sin precedentes en la producción de alimentos favoreció su seguridad alimentaria, ocasionó que los consumidores se alejaran de los alimentos naturales, una fuerte integración en las cadenas alimenticias y una fuerte interdependencia internacional. Al haber un suministro abundante, los sistemas alimenticios están sujetos a la demanda y no a la oferta de ellos y ahora se está poniendo énfasis en su calidad y efectos sobre la salud.

Los sistemas alimenticios comprenden cuatro grupos de actividades (Ingram, 2008): a) Producción: que es donde se obtienen las materias primas de la agricultura, horticultura, ganadería y acuicultura, que su evolución depende del conocimiento generado en la agronomía y otras áreas afines; b) Procesamiento: la cual se dedica a la elaboración de alimentos a partir de las materias primas e inicia después de la cosecha; c) Empaque y distribución, que inicia después de la transformación de los alimentos; d) Venta y consumo, actividades que tienen que ver directamente sobre lo que se ofrece a los consumidores, aunque tiene implicaciones diversas con reglas que en ocasiones son difíciles de seguir sobre todo en mercados muy exigentes (Ruben *et al.*, 2007).

La productividad agrícola es clave en varios aspectos como es asegurar el abasto suficiente de alimentos (seguridad alimenticia), inocuos para el consumidor y cuya calidad cumpla con las necesidades nutricionales de la población.

En principio, se tiene la capacidad para cumplir con todo esto de manera holgada, pero en la práctica esto no es viable por problemas de tipo socioeconómico y político, siendo la explosión demográfica un factor que debe considerarse, ya que si se establecen límites, para abastecerla de alimentos se corre el riesgo de continuar afectando la estabilidad de los ecosistemas incluso a un nivel que pudiese ser irreversible.

Se estima que en los países en desarrollo se llega incluso a 40% de pérdidas de los alimentos en postcosecha (Kader, 2005), por daños ocasionados por microorganismos que producen aflatoxinas y otros compuestos carcinógenos (Williams *et al.*, 2004). La digestibilidad de los alimentos se incrementa cuando se procesa la producción primaria, se eliminan patógenos además de aumentar su vida útil; sin embargo, durante esta actividad se eliminan nutrientes esenciales, se desperdicia mucha agua y se obtienen productos con escaso valor nutritivo y, cuando la población depende de este tipo de alimentos se propicia una inadecuada nutrición (Kennedy *et al.*, 2003).

4.1.3 La política agrícola y su relación con el crecimiento económico

Durante el siglo XX, prevaleció como la primera generación de estrategias de desarrollo económico el favorecer y subsidiar el desarrollo industrial incluso a expensas del agrícola, minando las posibilidades de que la agricultura contribuyera al desarrollo global, debido a que el aumento de la productividad de la agricultura libera fuerza laboral para otros sectores como el industrial.

En este enfoque del desarrollo, la agricultura se consideró como proveedora de mano de obra, divisas y ahorro interno para impulsar el desarrollo industrial y no como fuente para incrementar el ingreso por sí misma. Más aún, los subsidios a la industria implicaron gravámenes a la agricultura, abatiendo sus perspectivas de crecimiento, donde la política agrícola durante el tercer cuarto del siglo XX tuvo como objetivo de incrementar los excedentes agrícolas para propiciar el consumo urbano o la exportación (Furtado, 1976).

El pensamiento de la economía de desarrollo se basó en varias tendencias como es el caso del impulso hacia la modernización, siendo la industrialización el camino que se debe seguir, sustituyendo importaciones como medida de protección a las industrias de nueva creación, desconfianza en el sector privado y el mercado, donde el gobierno es quien debe asumir el liderazgo del desarrollo (Krueger, 1995). De acuerdo con esta misma autora, hasta la década de los años ochenta y parte de los noventa todavía se contraían los precios agrícolas a través de diversas medidas políticas. La discriminación contra la agricultura era consecuencia de políticas de tipo sectorial, macroeconómica, fiscal y de comercio exterior. Esto afectó de manera significativa los incentivos y respuestas de todos los segmentos de la actividad económica (Krueger, 1995).

El crecimiento agrícola es fundamental para la expansión de la economía global, por lo que según Mellor (2000), el logro tasas altas en el crecimiento económico es consecuente del incremento significativo del desarrollo en la agricultura. Esto se atribuye a que los recursos utilizados en dicho sector son sólo marginalmente competitivos con otras áreas. En este sentido, la agricultura puede crecer entre 4 y 6%, aún donde el ingreso interno sea tan bajo que no permita ampliar el mercado de los productos de alto valor.

Según la FAO (2004), el crecimiento agrícola además de aliviar la pobreza rural, es más eficaz que el crecimiento industrial para reducir la pobreza urbana. Los pobres tanto urbanos como rurales se beneficiaron del crecimiento rural, mientras que en el crecimiento urbano se observó un aumento de la pobreza en ese medio, el cual no tuvo efecto sobre la pobreza rural. El crecimiento del sector primario y terciario redujo la pobreza en zonas urbanas y rurales, pero el secundario no tuvo efectos positivos sobre los pobres en ambas zonas.

Según algunos especialistas, para una transición económica exitosa se tiene como requisito una correcta política macroeconómica basada en privatizar las empresas públicas y evitar todo tipo de intervenciones gubernamentales que pudiesen ser dañinas (FAO, 2004).

Esto implica que cuando se liberen los mercados y se garantice la estabilidad macroeconómica ya no sería necesario contar con políticas sectoriales; sin embargo, la prioridad de la agricultura está en la importancia que tiene para la seguridad alimentaria de la población. No obstante lo anterior, la nutrición de la mayoría de las familias pobres depende de sus ingresos y condiciones de salud, pero no de la producción de alimentos básicos para autoconsumo. De hecho, la agricultura es la mayor fuente de empleo de toda la economía y su crecimiento es el camino para reducir la pobreza. Por ello, el alivio de la pobreza es responsabilidad de la política económica. Además, la agricultura usa recursos limitados no renovables a corto plazo (agua, tierra, bosques, entre otros), cuyo empleo no se sujeta a las reglas del comercio y si no se ejerce un control sobre esta actividad, siempre habrá una sobre explotación de estos recursos y de ahí que sea vital el establecimiento de políticas apropiadas para amortiguar el daño que se pudiese causar a los ecosistemas.

La mano de obra y el capital pueden trasladarse entre industrias y servicios de un lado a otro sin repercusiones importantes, pero cuando los trabajadores salen de la agricultura, causan trastornos importantes como lo ocurrido en México en los años setenta (FAO, 2004), lo cual es de naturaleza social, cultural y económica. El movimiento intersectorial de fuerza laboral implica un alto costo social por emigrante en la inversión en infraestructura como son la construcción de nuevas viviendas y sus servicios correspondientes (agua y alcantarillado, sistemas de transporte, recolección de basura, electricidad, seguridad pública, entre otros aspectos). Si se desincentiva la actividad agrícola y se promueve el crecimiento urbano, se acarrearán efectos costosos e irreversibles en la economía y la sociedad, pero esto no es argumento para subsidiar la agricultura a expensas del crecimiento de otros sectores, más bien se debe encontrar un balance apropiado a través de la evaluación precisa de las perspectivas del crecimiento agrícola.

Los agricultores requieren de incentivos adecuados para producir, una base de recursos segura (tierra agrícola, agua) y acceso a los mercados de insumos y productos, incluyendo la tecnología. En consecuencia, según la FAO (2004), la política agrícola consta de tres grandes componentes: a) Política de precios, que en la economía de mercado está determinada principalmente por las políticas macroeconómicas; b) Políticas de recursos; incluyendo la política de tenencia de tierras y las políticas de manejo de los recursos (tierra, agua, bosques y pesquerías); c) Políticas de

acceso a insumos agrícolas, a los mercados de productos y a la tecnología, donde la financiación suele ser un prerrequisito para obtener insumos y comercializar los productos. La diferenciación de políticas por productos crea mayores incentivos de manera diferencial, donde quienes toman decisiones no suelen contar con los mejores criterios para definir los cultivos que tienen perspectivas más favorables (FAO, 2004).

Para asegurar en lo posible el éxito de la política agrícola se debe seguir los cinco principios básicos que propician que la estrategia sea sostenible en el largo plazo, los cuales se basan en la sostenibilidad económica, social, fiscal, institucional y ambiental. Por ello, se deben procurar beneficios económicos reales al sector rural, mejorar el bienestar económico de los grupos de bajos ingresos y de otros grupos en desventaja, no emprender políticas, programas y proyectos cuyas fuentes de financiamiento no sean plenamente identificadas. Es necesario crear instituciones robustas y capaces de sostenerse por sí solas en el futuro, por ejemplo, los servicios de investigación y extensión que se sostienen por préstamos internacionales y donaciones no perduran a largo plazo. Además, es indispensable fomentar la protección de los recursos naturales para evitar su degradación, incluso frenar la expansión de la frontera agrícola hacia zonas donde el cultivo es posible sólo si se afecta la estabilidad del ecosistema (bosques, captación de recursos hídricos para la recarga de los acuíferos, componentes claves de los eslabones que componen el ecosistema, entre otros).

En los programas de alivio de la pobreza es fundamental el diseño de un conjunto de políticas que propicie la disminución de las causas que originan la pobreza, fomenten el crecimiento económico auto sostenible y brindar apoyo para que los grupos vulnerables generen sus propias capacidades para superar y satisfacer por sí mismos sus necesidades inmediatas. Entre las acciones que pueden mejorar la condición de vida de las personas que viven en pobreza está la educación, mayor acceso a la tierra cultivable, la tecnología y la capacitación agrícola, así como mayores facilidades para el crédito a la producción.

El crecimiento agrícola es más eficaz que el industrial para reducir la pobreza y contribuir al crecimiento de la economía en general, pero para ello las políticas agrícolas deben hacer énfasis en el alivio de la pobreza.

4.1.4 Aspectos económicos relacionados con la producción agrícola

La fluctuación de los precios agrícolas obedece a diversas circunstancias y varía de las condiciones en donde se establece el mercado, esto es, si se trata de negociaciones en el terreno de producción, al mayoreo en el medio urbano o rural o con el consumidor. Esto cambia también si se establece durante los períodos de cosecha o durante la temporada de escasez, o bien, si se efectúa en la frontera (importaciones y exportaciones) o localidades del interior, así como los criterios para asignar la calidad del producto en venta.

Las políticas relacionadas con los precios tienen que ver con la mejoría en la eficiencia de la cadena del mercadeo (desde el productor hasta el consumidor), reducción de fluctuaciones estacionales a través del acopio y almacenamiento de los productos cuando se necesitan. Motivación a agricultores y comerciantes para mejorar la calidad del producto y así obtener un mayor precio en el mismo. Los precios agrícolas reales se calculan dividiendo los precios agrícolas brutos por otros precios para cualquier etapa de la cadena de comercialización, pero para analizar los incentivos a los productores usualmente se calculan sobre la base de los precios en el terreno. El índice de precios más comúnmente usado es el índice de precios al consumidor. Así, el precio real se expresa como el precio del producto dividido por el índice de precios al consumidor. Este concepto mide el poder de compra de una unidad de producto cosechado en términos de todos los bienes y servicios de la economía. Su valor en un tiempo dado carece de significado, pero su fluctuación anual muestra los cambios en el poder de compra de los productores.

La tendencia de los precios agrícolas reales varía por factores de tipo estructural, los cuales ponen el límite para incidir en los precios del sector, como es el caso del equilibrio entre la oferta y la demanda. Por ejemplo, cuando escasea el abasto de un producto como consecuencia de una disminución imprevista en la cosecha, invariablemente conlleva un incremento de los precios agrícolas reales. En cambio, la tendencia de los precios a largo plazo está influida por el crecimiento de la oferta en relación con el crecimiento de la demanda efectiva. Las exportaciones propician el crecimiento más rápido de la agricultura en relación con los límites impuestos por el crecimiento de la demanda interna. El comercio exterior sujeta los precios nacionales a otro

factor estructural, esto es, la influencia de los precios del mercado mundial. Dado el crecimiento de la productividad agrícola en el mundo, los precios agrícolas internacionales se deterioraron frente a los de los bienes industriales. Los primeros han declinado en términos reales. Los subsidios agrícolas de países desarrollados bajaron los precios de sus exportaciones a los países más pobres, afectando considerablemente de esta forma los precios del mercado mundial.

Los tres factores estructurales importantes que afectan las tendencias de los precios agrícolas internos reales son: a) tendencia de la oferta y la demanda interna; b) tendencia secular de los precios internacionales; c) exportaciones subsidiadas en los mercados mundiales. La política económica nacional ejerce sus efectos en los precios agrícolas reales a través de los aranceles, comercio exterior, política cambiaria y fiscal.

El mantenimiento del equilibrio del tipo de cambio monetario evita la presión que ejercen las imposiciones de la importación, ya que al sobrevalorarse la divisa abarata los productos provenientes del extranjero y hace difícil liberar el comercio agrícola e industrial, por lo que es necesario que estén coordinadas las políticas cambiarias y del comercio exterior. En México, después del ajuste cambiario en 1994, la federación nacional de agricultores declaró que ya no se permitiría la sobrevaloración de la moneda.

La transferencia de rentas económicas al sector público se realiza a expensas de hogares con escasos recursos que incluso fomenta la baja sostenida de los precios de los cultivos, sobre todo cuando éstos se sujetan a cuotas internacionales. En contraste, cuando la renta representa una fracción significativa del precio, la disminución de los precios no afectaría tanto a los productores.

La compensación fiscal por costos atribuibles a la política macroeconómica puede verse a través de desembolsos fiscales, la cual mediante pagos directos a los productores por cantidad de tierra cultivada, compensa los efectos negativos del tipo de cambio sobre los incentivos agrícolas. Este enfoque lo adoptó inicialmente la Unión Europea (Plan McSharry) y que en México se denominó fue como PROCAMPO, justo antes de que ingresara el país al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, estableciendo pagos a un equivalente de 100 dólares estadounidenses

por hectárea para tierras sembradas con cultivos específicos. Como resultado, los efectos distributivos del programa de pagos directos fueron mejor que el establecido en la reforma agraria o del programa de precios de garantía. Este procedimiento conlleva un costo fiscal como principal reserva y una administración exigente, porque se requieren procedimientos estrictos de gestión y vigilancia para evitar abusos; sin embargo, lo idóneo sería que el programa se extendiera a la participación de todos los productores sin importar sus patrones de cultivo y vincular los beneficios al cumplimiento de pautas ambientales (Valdivia *et al.*, 2000).

Los productores y los precios en el mercado se verán beneficiados en la medida que haya más apertura hacia nuevos mercados, principalmente si en ello se involucran productos de alto valor y calidad. En el caso de las áreas de exportación, podría ser difícil si se trata sólo de individuos, por lo que es preferible que esto se lleve a cabo a través de organizaciones de agricultores capacitados para este tipo de comercio. Aunque es posible visualizar la globalización como un medio de mayor oportunidad, también es cierto que son más exigentes los requisitos para ingresar, haciendo énfasis en la calidad de los productos, constancia de su entrega y cumplimiento riguroso de los acuerdos estipulados. En el caso de México esto ha tenido su recompensa en cuanto a la exportación de mangos y aguacates hacia los Estados Unidos con un mercado superior a los 200 millones de dólares. Por lo tanto, si hay atrasos en la instalación de medios para certificar la calidad de los productos que no sean tradicionales, se tendrán mayores dificultades y demoras para introducirse en los mercados internacionales (Fonseca, 2002).

La política macroeconómica hace énfasis en las medidas de estabilización de precios, incluso sobre políticas de crecimiento a corto y mediano plazo, resultando en claros beneficios como la disminución de la inflación. A pesar de ello, los instrumentos que se emplean suelen tener un efecto negativo sobre el crecimiento. De acuerdo con analistas del sector económico, una inflación moderada debe controlarse con la creación de ingresos y fomentar el empleo, por ejemplo, durante el segundo quinquenio de los años noventa, México creció a tasas satisfactorias aunque la inflación superó el 10% en dicho período, porque se logró reducir de forma paulatina la inflación, pero conservando el estímulo al crecimiento. La clave de la estabilización es reducir de manera sostenible el déficit fiscal, en lugar de contar con artificios como cambios sobrevalorados y reducción súbita de barreras arancelarias, entre otros factores (Maxwell y Percy, 2001).

El problema de la tenencia de la tierra en México no es nuevo, incluso existen evidencias de situaciones conflictivas desde la época precolombina (Orozco y Berra, 1880, citado por FAO, 2004), donde la tierra estaba asignada en categorías de posesión y derechos de usufructo, concentrada sólo en un grupo selecto que acaparaba la riqueza y la influencia política, siendo el rey, los nobles y los guerreros los terratenientes de la época. Por las conquistas, el comercio y las relaciones políticas entre grupos de diferentes etnias junto con el aumento de la población, ocasionaron la aglomeración en ciudades y pueblos a cuyos habitantes se les prohibió adquirir terrenos y sólo se les permitía formar parte de la fuerza de trabajo o mano de obra, pagándoles una medida de cada tres cosechadas.

La cantidad de asalariados era muy numerosa, cuyas condiciones eran tan malas como las de los jornaleros agrícolas actuales o incluso peor, porque éstos tienen la posibilidad legal de convertirse en propietarios de tierras. Los pobladores de aquella época reconocían y respetaban la distribución desigual de la tierra, porque asumían la desigualdad social como un hecho. El sistema legal mantenía férreamente los derechos de propiedad, donde incluso la simple modificación o cambios de las cercas o la delimitación de un terreno era un acto castigado con la pena de muerte (FAO, 2004).

La distribución desigual del acceso a las tierras hace difícil reducir la pobreza rural, así como las políticas agrícolas inapropiadas incluyendo las malas prácticas y reglamentos de manejo de la tierra, porque causan deficiencias en el uso de la tierra por parte de agricultores sin distinción del tamaño de su superficie. Muchos de los códigos agrarios que originalmente prohibían el arrendamiento de tierras han sido enmendados para permitirlo y para cancelarlo de la lista de causales de expropiación en los casos en los cuales la expropiación sigue vigente. Entre las opciones para definir la estrategia para transformar la propiedad de los bienes de las fincas colectivas está la subdivisión de las tierras en parcelas individuales y privadas, sin crear desigualdades entre los miembros de la anterior finca colectiva y perturbar los patrones de producción. Una forma de hacerlo es proporcionar acciones transformables en propiedad conjunta de los bienes distintos a la tierra como cooperativas privadas. En México la decisión de subdividir la unidad o mantener integrada la tierra como una empresa fue otorgada por ley a los miembros de las fincas (Mendieta y Núñez, 1983).

4.1.5 Investigación, extensión y tecnología relacionados con la productividad agrícola.

La producción agrícola se mejora a través de la ampliación de la superficie cultivada o mediante el incremento de los rendimientos físicos. Ahora bien, si lo que se pretende es aumentar el ingreso familiar, un recurso es modificar el sistema de producción y sembrar cultivos que brinden un mayor valor unitario.

Si se opta por expandir el área cultivada, lo cual ya no es viable en muchas regiones, se corre el riesgo de exacerbar la degradación ambiental por los desmontes incontrolados de bosques y selvas, así como propiciar la erosión de los suelos en las laderas. Esto implica que las alternativas más plausibles serían superar los rendimientos unitarios actuales y cambiar el patrón de cultivo, aunque esto último aunque pudiese ser una alternativa para el agricultor, no favorecería a la oferta global de alimentos.

Además, como 75% de la gente de bajos recursos habita en zonas rurales, las estrategias para el desarrollo agrícola y reducción de la pobreza deberían estar basadas en aumentar el ingreso de los productores mediante el incremento de la productividad agrícola. Una forma de lograrlo es a través del riego, por su efecto directo y positivo sobre la biomasa sin necesidad de invertir en nuevas investigaciones agrícolas; sin embargo, la posibilidad de expandir las áreas irrigadas es limitada si no se cuenta con capacitación e infraestructura apropiadas, porque incluso es posible que se tenga una consecuencia adversa por la salinización, anegamiento y otras variables que reducirían la productividad (Umali-Deininger, 1997).

El incremento de la superficie de riego por sí mismo no sería viable, de ahí la importancia de que prevalezca la investigación y extensión agrícola con énfasis en estudios dirigidos hacia la generación y transferencia de tecnología, donde además los programas de educación en áreas rurales contribuirán al éxito esperado. El impacto de la Revolución Verde fue muy positivo sobre el incremento en la productividad agrícola; sin embargo, tampoco el empleo de nuevas variedades ha sido la solución, por las políticas desfavorables en los precios agrícolas puesto que se ha observado que las tasas de cambio de productividad más negativas están relacionadas con los gravámenes más fuertes en la agricultura (Fulginiti y Perrin, 1998).

Las técnicas que propician mayores rendimientos incluyen variedades que permiten sortear de mejor manera las vicisitudes ambientales a través de una maduración temprana de la cosecha, aunado a procedimientos de manejo para favorecer la retención de la humedad del suelo y de la fertilidad edáfica.

La investigación agrícola en los países en vías de desarrollo enfrenta desde hace varias décadas una disminución continua de recursos disponibles a nivel mundial, donde México no es la excepción donde la inversión disminuyó en 13% entre 1981 y 1993.

Aunque se han tenido mejoras sustanciales, todavía los gastos del gobierno en este rubro están por debajo de lo deseable, a pesar de que el retorno económico a la investigación agrícola es alto y sus beneficios superan sus costos. (Per, 2000)

El sector agrícola también está sujeto a las tendencias en el comercio exterior, donde las actividades de investigación deben ser más pertinentes y acordes a las variantes impuestas (Echevarría, 1998). De acuerdo con Purcell y Anderson (1997), esto conlleva a que haya un objetivo común entre todos los actores involucrados en el medio agrícola (productores, empresarios, funcionarios, investigadores, entre otros), para que la inversión en generación y divulgación de tecnología tengan propósitos claros y definidos, aunado a políticas de índole macroeconómico y sectorial apropiadas (Birkhaeuser *et al.*, 1991).

Otro punto no menos importante es estimular la investigación agrícola a través de establecer de manera adecuada los derechos de la propiedad intelectual, ya que la no claridad en este aspecto debilita los incentivos de la inversión privada en el sector (World Bank, 1999).

Para revertir el descenso de la productividad, es necesario que en el proceso de investigación haya una vinculación entre instituciones de educación superior y organizaciones no gubernamentales, asociaciones de productores, así como las empresas privadas, orientando los estudios hacia la solución de problemas concretos en el medio productivo para que el usuario de la información que se genere se involucre y adopte las decisiones resultantes (Norton, 2000).

De acuerdo con Qamar (2000), los servicios de extensión no deben estar enfocados exclusivamente en la transferencia de tecnología, más bien se le debe dar prioridad a mejorar la capacidad de los productores para solucionar los problemas y adoptar decisiones.

En este sentido, se ha estado cambiando el enfoque de transmitir el mismo mensaje a los productores, desplazándolo por métodos enfocados hacia su problemática en particular, debido a que la forma tradicional en que se ha conducido la investigación y la extensión ya no es satisfactoria.

La generación y transferencia de tecnología se centralizaron de manera administrativa para brindar planes de manejo uniformes para resolver problemas productivos supuestamente homogéneos, como fue el caso que se planteó durante la Revolución Verde, donde la mayoría de los agricultores enfrentaba situaciones similares. Ahora se requiere retroalimentar los estudios incluyendo al propio agricultor, así como la diversidad que ofrece el entorno del marco físico.

De acuerdo con Mudahar *et al.* (1998) y según su propósito, la investigación puede ser básica, estratégica, aplicada o adaptable. En el primer caso se logra nuevos conocimientos para comprender los problemas que ocurren, pero no tienen utilidad comercial inmediata, en cambio la estratégica soluciona casos específicos con amplia aplicación. En la aplicada se desarrollan tecnologías nuevas para adaptar los conocimientos generados en la investigación básica y estratégica para solucionar problemas definidos, mientras que en la adaptable se seleccionan y evalúan innovaciones tecnológicas para solucionar casos concretos y adaptarlas a un entorno definido. El enfoque que se asume en la investigación suele estar dictado por la disponibilidad de recursos, plantel académico e infraestructura. Cuando son escasos los investigadores suelen avocarse a investigaciones de tipo aplicada y adaptable, apoyados en los descubrimientos internacionales (FAO, 2004). En realidad lo importante es obtener una tecnología que sea adecuada y válida para las condiciones locales, sin importar quién sea el actor o protagonista de su creación, teniendo en mente que si es apropiado para algunos agricultores, no necesariamente lo será para el resto (Antholt, 1998).

Los productores de bajos ingresos suelen llevar sus prácticas de manejo para evitar en lo posible riesgos en menoscabo de sus ingresos (Peter *et al.*, 1986).

Por ello, las propuestas de nuevas tecnologías deben evaluarse con base en varios aspectos, entre ellos el incremento del rendimiento, del ingreso neto por unidad de superficie y del factor del riesgo implícito en los costos de producción en comparación a los procedimientos a sustituir, haciendo entonces necesario definir las prioridades de la investigación y los objetivos planteados, o en otras palabras, los estudios deben estar guiados para solucionar las demandas reales que se enfrentan en el medio productivo.

Los extensionistas fungen como intermediarios de los agricultores con los investigadores, instituciones crediticias y otros actores participantes del sector, por lo que administran los flujos de información en ambos sentidos, teniendo como principal función estimular los procesos de aprendizaje. De acuerdo con Farrington (1995), el extensionista hace un diagnóstico de las condiciones del marco físico y socioeconómico, transmite mensajes para crear conciencia, educar y capacitar, retroalimenta a los investigadores sobre cómo visualiza el agricultor la tecnología liberada, para orientar posibles adecuaciones a la misma y crea el vínculo entre los diferentes protagonistas.

La necesidad de replantear los esquemas seguidos en la extensión agrícola está relacionada con la crisis fiscal y recortes del presupuesto, por lo que el gobierno se obliga a reducir los recursos públicos destinados a los programas de esta naturaleza. Lo anterior está motivado también por los resultados deficientes de la extensión pública que se observan por la escasa adopción de la información por los agricultores. La agricultura comercial está creciendo, así como la competencia en mercados internos e internacionales, otorgando una serie de incentivos para que el servicio de extensión se considere como otro insumo, en contraste, el apoyo oficial se enfoca más hacia la reducción de la pobreza y las desigualdades sociales. Por ello, ahora el ámbito de la extensión incluye organismos públicos, proveedores del sector privado, organizaciones no gubernamentales y de productores (Rivera, 2001).

En la agricultura se han conseguido cambios significativos por la tecnología de alta especialización que ahora está al alcance de los productores, como es el avance en la genética, manejo fitosanitario y maquinaria; sin embargo, para su implementación es necesaria su importación y las nuevas tecnologías se adquieren a través de insumos comercializados y de diversas vías. En el caso de México se mantienen políticas liberales de comercio de insumos, importados y nacionales, donde el gobierno regula los insumos y se espera que mediante restricciones y verificaciones apropiadas se impida la introducción de productos que pudiesen ser nocivos a la salud humana, animal o ambiental, aunque cabe señalar que se permite la comercialización de nuevas tecnologías, confiando que se seleccionen las más eficientes (Gisselquist y Grether, 2000).

La crisis fiscal reciente es considerada como una de las causas que han debilitado los sistemas de extensión, junto con su estructura, administración, tipos de incentivos y criterios de contratación. Esto ha ocasionado que sea indispensable contar con nuevos enfoques diferentes al esquema centralizado y que ahora se vea como mejor opción la orientación del servicio al productor de una manera incluyente y participativa, con conciencia de género, compartir los costos y facilitación del vínculo entre productores, mercados y proveedores.

Con las nuevas tendencias en la extensión agrícola se parte de la idea de que el mismo agricultor es capaz de identificar, caracterizar y establecer prioridades sobre sus problemas de mejor manera que los asesores. Por ello, es necesario promover el desarrollo rural sostenible, donde los programas se orienten al reforzamiento de las capacidades de los productores para resolver sus problemas y tomar decisiones acertadas, evitando la centralización de los servicios gubernamentales de este tipo y que los esfuerzos de la administración se dirijan mejor a otros planteamientos que pudiesen ser de mayor utilidad.

La extensión no debe verse de manera tradicional limitada a la transferencia de tecnología, sino más bien como un proceso de facilitación para adquirir conocimientos y destrezas, formando un vínculo entre los sectores productivos, de investigación y comerciales (Neuchatel Group, 1999). Cuando se lleva un enfoque participativo se emplea el conocimiento local haciendo al agricultor como agente de extensión, prefiriendo el trabajo a nivel de grupo y no tanto con individuos.

Con este esquema se identifican los problemas, se establecen prioridades en los temas que requieren mayor atención y proponer alternativas viables de solución, dando así mayor seguridad en la aceptación y adopción de las nuevas tecnologías. Un factor clave para el éxito de la extensión y su impacto sobre la productividad agrícola es la necesidad de mejorar la educación de la población rural. La receptividad hacia la nueva información y su habilidad tanto para su asimilación y aplicación depende directamente de la educación, la cual abre la posibilidad al desarrollo.

La investigación agrícola no ha sido ajena a los cambios experimentados en la extensión, de las tendencias de la productividad y del desarrollo tecnológico, puesto que están respondiendo a la austeridad presupuestaria que se ha padecido desde hace ya más de dos décadas. Ahora el ámbito gubernamental y social presiona al sector de investigación para que se enfoque abarque áreas con otras prioridades como es la solución a problemas locales, regionales o incluso nacionales.

De acuerdo con Mudahar *et al.* (1998), cada vez es mayor la importancia de la relación costo-beneficio de la investigación agrícola, así como la asignación de recursos con base en los resultados obtenidos, con la consecuente mejoría en su alcance y beneficios que esto genera, creando mayor interés en el desplazamiento de la investigación básica hacia la aplicada.

La definición de las prioridades de la investigación se requiere de medios apropiados para identificar los problemas que se deben atender, mientras que las modalidades (básica o aplicada) dependen de la estructura que se tenga y la función de las instituciones. La transferencia de la información está sujeta a los agentes de extensión y de la eficacia de los programas implementados para este propósito.

La investigación agrícola adolece de financiación suficiente e incluso en algunos casos de personal calificado. Además, el eje de los programas se basa en la ciencia y no por la necesidad de resolver problemas actuales de la agricultura, donde el mejoramiento de la producción no siempre debe ser el objetivo del estudio, ya que los agricultores por diversos motivos no siempre tienen el acceso a los insumos en tiempo y forma, razón por la cual el productor no se preocupa tanto por aumentar el rendimiento de su cultivo, sino más bien por los resultados económicos,

tener disponibilidad y posibilidad de adquirir los insumos necesarios, el riesgo que implica esta actividad, el acceso al mercado, entre otras variables (Qamar, 2000).

Para que la tecnología que se transfiera sea adoptada, debe atender las necesidades reales de los usuarios, por lo que debe estar acorde a la demanda y esto se logra a través de un enfoque de investigación participativa, donde se involucren todos los actores del medio (investigador, extensionista, agricultor, entre otros), expresando sus comentarios, observaciones, preocupaciones, etc. En este sentido, no se avanza poniendo representantes de los agricultores en los consejos de dirección de las instituciones de investigación, porque sus reuniones no suelen ser frecuentes y las decisiones se filtran a través de la administración sin atender la problemática real. Incluso, los debates sobre las prioridades de la investigación deben ser en el ámbito local y no en el nacional por la diversidad del marco físico y socioeconómico (Smith, 2001).

Los fondos escasos a reducción de los fondos para la investigación obligan a aumentar la eficacia en cuanto a los costos que implica esta actividad, por lo que es necesario adoptar un enfoque empresarial en la administración de la investigación agrícola, dando énfasis a la comercialización de sus resultados y a la recuperación de los costos como consecuencia de los beneficios obtenidos en el medio productivo. Por ello, el propósito principal de la administración de la investigación es contar con un equipo profesional eficaz y de proveerle de los incentivos apropiados para cumplir de manera sostenible el funcionamiento de esta actividad.

En México se utiliza cada vez más la participación de varias instituciones en la investigación agrícola a través de la licitación competitiva de fondos públicos, concursando por el financiamiento disponible sobre la base de la calidad-costo de las propuestas de investigación postuladas. Con este planteamiento se evalúa la calidad en términos de la relevancia puesta en la solución a los problemas de las necesidades de los agricultores, eficacia del empleo y monto de los costos, así como la capacidad demostrada para la investigación. Aunque ha sido una alternativa importante, no es viable conservar de esta manera un plantel e infraestructura con base en contratos temporales e inciertos.

4.2. LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

4.2.1 Evolución de la agroindustria azucarera en México

La historia de la caña inició en la isla de Nueva Guinea en el año 3000 A.C. como si fuese un césped y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India, donde se procesó para obtener azúcar y fue el general griego Nearchus, acompañante de Alejandro Magno durante su campaña en la India en el IV siglo A.C. quien contó que una caña produjo 'miel' sin que fuese necesario la intervención de las abejas (Mora, 1998). En el siglo XI se introdujo la caña de azúcar en Europa considerada como especia y que además de ser condimento se creía que tenía propiedades medicinales (Clay, 1999) y en 1493 llegó este cultivo al continente americano en el segundo viaje de Cristóbal Colón, aunque no prosperaron las cañas, pero en 1501 sí se tuvo éxito en Santo Domingo y de ahí se extendió en todo el Caribe y América del Sur (Ramos, 1995). Al inicio de la colonia se importó por Hernán Cortés en el territorio de la Nueva España y que después se alentó por los primeros virreyes. En 1580 se multiplicó el número de cañaverales y trapiches por diferentes regiones de lo que ahora es México, cuya producción y comercialización fue muy productiva (Delgado de Cantú, 2004).

Las haciendas del Estado de Morelos tuvieron como actividad preponderante el cultivo de la caña, aprovechando la mano de obra de los indígenas que eran obligados a ello. Esto llevó a generar amplias ganancias, adquiriendo un vasto poder económico y político, por lo que al inicio del siglo XVII ya había 15 ingenios en esta área, lo que se consolidó al final del siglo XVIII. Porfirio Díaz apoyó a la agroindustria azucarera a través de la innovación y mejoramiento en la tecnología, así como la construcción de una extensa red ferroviaria que facilitó el acceso a nuevas rutas comerciales, incluso la exportación y con ello se propició la diseminación de los ingenios en diversas zonas del país. Durante la revolución se detuvo el crecimiento económico e industrial y en la década de los años veinte hubo una serie de cambios para asumir el control de la agroindustria azucarera a través de la creación de consorcios sobre todo en el noreste y occidente de México. La Reforma Agraria que emprendió Lázaro Cárdenas en los años treinta incluyó en sus prioridades el reparto de las tierras de las zonas de abasto de los ingenios sin afectar la propiedad de las instalaciones fabriles.

El cañero que es el usufructuario de la tierra, cultiva la caña para abastecer al ingenio a través de contratos regulados y supervisados por la autoridad, para que esto garantice el suministro a la fábrica y asegurar el ingreso al productor (Fernández, 2005). A raíz de las alteraciones en la producción y precios del azúcar durante los años veinte y treinta, para garantizar el consumo interno el 22 de septiembre de 1943 se decretó que los productores de tierras ejidales aledaños a los ingenios azucareros debían sembrar exclusivamente caña de azúcar y si se negaban, se exigiría cumplirlo a través de diversos medios incluyendo en casos extremos a la violencia (Castellanos y Jiménez, 2007). Entre los años sesenta y setenta la producción de azúcar fue fundamental en la economía, exportando 600 mil toneladas de azúcar a Estados Unidos, aunque a finales de este período entró en crisis la agroindustria y en los ochenta se nacionaliza y reprivatiza los ingenios como intentos del Ejecutivo Federal para sanear su economía y viabilidad (Aroche, 2004). La evolución de la producción de azúcar se presenta en la Figura 1.

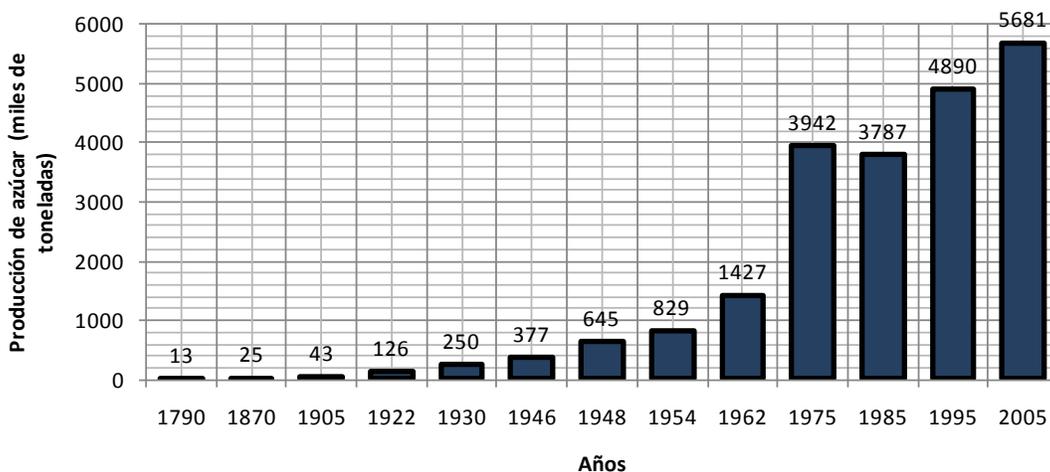


Figura 1. Evolución de la producción de azúcar en México (Fuente: elaboración propia con datos de Aroche, 2004; Castellanos y Jiménez, 2007; Crespo, 1990; FAO, 2011; Delgado de Cantú, 2004;).

La agroindustria azucarera en México ha pasado por diversos altibajos en su producción, donde se destaca un crecimiento de tipo exponencial que abarca desde el final del siglo XVIII hasta la década de los años sesenta del siglo XX, a pesar de haber atravesado períodos de inestabilidad y cambios significativos en diferentes ámbitos como fue el final de la época colonial, la Revolución Mexicana, y el reparto de tierras con la Reforma Agraria.

Después se manifestó un crecimiento acelerado en la década de los años setenta y que se detuvo durante la época de crisis en los ochenta, la cual se caracterizó por alteraciones en las propiedad y manejo fabril (la expropiación y la reprivatización de los ingenios), para que se lograra la autosuficiencia en la producción de azúcar (Crespo, 1990), misma que continuó durante de los noventa y que a la fecha se ha mantenido aunque con ciertos cambios.

4.2.2 Producción y productividad de la caña de azúcar en México

La productividad es la capacidad que se tiene de producir un bien por unidad de superficie de tierra cultivada, mientras que la producción se refiere a la suma de los productos obtenidos sin considerar el área destinada para tal fin (RAE, 2001). Por lo tanto aunque ambas palabras tienen relación entre sí, el significado e implicación que tiene cada una es totalmente distinta. En este orden de ideas, por diversos motivos a través de los años se ha calificado la actividad de la agroindustria azucarera en México desde muy mala hasta muy exitosa, dependiendo del énfasis que se desea hacer sobre los resultados obtenidos en el ámbito social, económico, político e incluso ambiental, lo cual implica y refleja un entorno complejo y diverso.

Para incrementar la cuota de azúcar al año pueden seguirse dos caminos, uno sería aumentar la zona cañera ya existente asignando mayor superficie para la siembra de la caña y el otro es mediante el mejoramiento del rendimiento por unidad de superficie. Si se analiza lo ocurrido en los cincuenta años más recientes a la fecha, es viable llegar a la conclusión que la producción de azúcar en México es función del área destinada a este cultivo, porque la cantidad de tierras con caña de azúcar explica en casi 96% la producción obtenida durante el período mencionado (Figura 2).

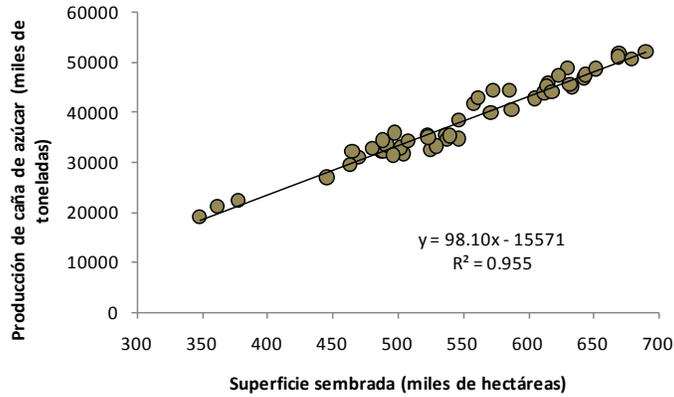


Figura 2. Tendencia de la producción de caña como función de la superficie de siembra de este cultivo en México (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por FAO, 2010 y SIAP, 2010).

El análisis de la información contenida en la figura en discusión podría sesgar lo que ha ocurrido en el país durante los 50 años que se están tomando en cuenta, porque si bien es verdad que la tendencia es muy clara entre la superficie cañera y el rendimiento del cultivo, también es cierto que han ocurrido cambios significativos en lo que se refiere a la productividad del cultivo por efecto de la actividad de investigación agrícola que se ha llevado a cabo en los diferentes centros nacionales (Figura 3).

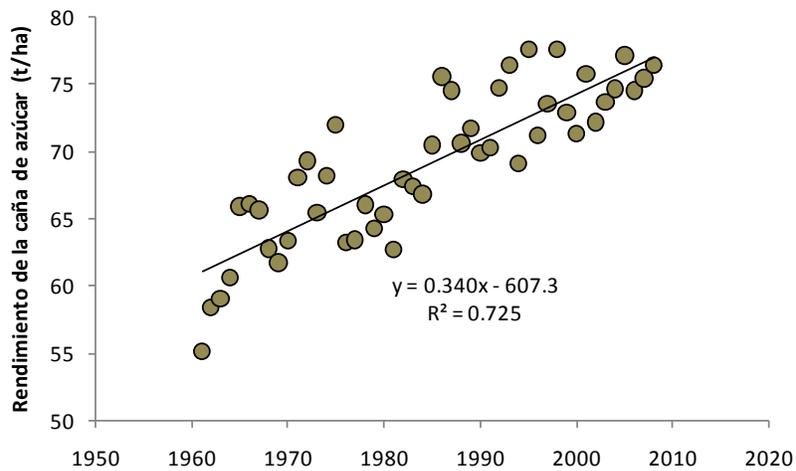


Figura 3. Productividad de la caña de azúcar en México (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por FAO, 2010 y SIAP, 2010).

Desde el inicio de este nuevo siglo se instrumentó un modelo para promover la productividad de la agroindustria azucarera con base en el desarrollo de recursos humanos llamada SIMAPRO (Sistema de Medición de Avances en la Productividad), la cual consiste en reducir deficiencias en el trabajo en las organizaciones, a través de la evaluación de los procesos y condiciones de trabajo (OIT, 2010). De hecho, el proyecto SIMAPRO ha sido exitoso en México porque permite el avance de las condiciones laborales a través del diálogo y consenso. Incluso la Secretaría del Trabajo y Previsión Social considera que no ha habido problemas laborales porque al implementarse este programa en la agroindustria azucarera, se estableció comunicación total y un contrato ley orientado a la productividad.

A su vez, tanto el Sindicato de Trabajadores de la Industria Azucarera y Similares de México (STIASRM) como la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera (CNIAA), consideran que se mejoraron las relaciones obrero-patronales mediante una comunicación permanente (Sotomayor, 2010).

A pesar de que la Organización Internacional del Trabajo está poniendo de ejemplo la actividad en México relacionada con la producción de caña y azúcar, el FIRA (2009) hizo un análisis sobre las diversas amenazas que influyen sobre la industria azucarera en México, entre las que menciona la escasa producción de caña de azúcar por hectárea. Más aún, la misma SAGARPA hace mención que aunque México es el sexto país en el mundo con mayor tierra destinada al cultivo de caña de azúcar, es menos productivo que otras naciones y que el bajo desempeño ocurre en el campo por los fuertes rezagos productivos y a nivel de fábrica por el retraso tecnológico de esta agroindustria en el país, en el que no hay automatización en los procesos y sólo se depende de la mano de obra.

Por lo anterior, pareciera que es un tanto contradictorio el juicio de la producción de caña y azúcar en el país, por lo que para evitar juicios de valor o adjetivos calificativos, es preferible evaluar la producción y productividad de manera directa a partir de los datos duros disponibles. Las estadísticas más recientes presentadas por la Unión de Cañeros (2010) muestran que la producción de caña y azúcar es muy diferente entre las distintas regiones cañeras del país (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de caña y azúcar en durante la zafra 2009-2010 (Fuente: elaboración propia con base en estadísticas de la Unión de Cañeros, 2010).

Región	Total de ingenios	Caña molida (toneladas)	Azúcar producida (toneladas)	Rendimiento de fábrica (%)
Centro	4	3,109,317	386,309	11.3
Golfo	22	16,762,020	1,802,382	10.2
Huastecas	8	6,422,780	696,051	10.8
Occidente	15	10,847,032	1,261,383	11.4
Sureste	8	6,229,104	679,414	10.5
Total	57	43,370,253	4,825,539	11.1

La región cañera del Golfo es la de mayor producción de azúcar del país, pero esto no implica que su productividad también sea la mejor. De hecho, esta zona es la que presenta los rendimientos de fábrica menores incluso por debajo del promedio nacional, lo que confirma la necesidad de diferenciar claramente entre producción y productividad para evaluar la actividad de la agroindustria azucarera, la cual se modifica de manera significativa por la amplia variación de condiciones en el marco físico y socioeconómico entre y dentro de las diversas áreas cañeras del país. En la Figura 4 y Cuadro 2 se presenta el rendimiento de fábrica en los ingenios azucareros (zafra 2009-2010).

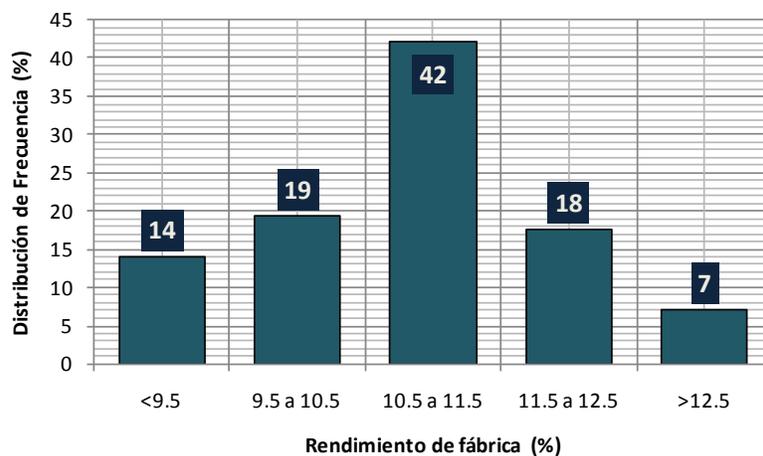


Figura 4. Variación del rendimiento de fábrica en los 57 ingenios que operaron durante la zafra 2009-2010 en México (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por la Unión de Cañeros, 2010).

Cuadro 2. Ingenios con mayor rendimiento de fábrica durante la zafra 2009-2010 en México (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por la Unión de Cañeros, 2010).

Región	Ingenio	Caña molida (ton)	Azúcar producida (ton)	Rend. fábrica (%)
Occidente	San Francisco Ameca	976,730	119,159	12.2
Occidente	Lázaro Cárdenas	245,507	30,002	12.2
Centro	Atencingo	1,440,597	179,579	12.5
Centro	Emiliano Zapata	1,138,029	142,330	12.5
Sureste	Pujiltic	1,453,513	183,327	12.6
Occidente	El Molino	743,201	94,317	12.7
Centro	Casasano La Abeja	457,842	58,934	12.9

Con la finalidad de evaluar la producción de azúcar en México y definir su condición, se procedió a realizar un análisis de tres aspectos diferentes: a) relación entre consumo y producción de azúcar a nivel nacional; b) situación del balance del comercio exterior; c) comparación de la producción de azúcar entre México y los principales países que participan en este mercado.

a) Relación entre consumo y producción de azúcar a nivel nacional

Con base en los datos reportados por FAO (2010) se analizó la tendencia de la variación de la producción de azúcar en México en los últimos 50 años y se comparó con el consumo per cápita anual (Figura 5). Durante este período se ha incrementado la producción de azúcar prácticamente de manera lineal a una tasa equivalente a un millón de toneladas adicionales al cabo de cada década; sin embargo, este ritmo no ha sido suficiente porque también aumentó la ingesta de los edulcorantes en la población mexicana, a tal grado que en 25 años prácticamente se duplicó la demanda, ya que a inicios de los años sesenta se consumía alrededor de 25 kg de azúcar por habitante al año y en el segundo lustro de los ochenta dicha cifra llegó a casi 50 kilogramos.

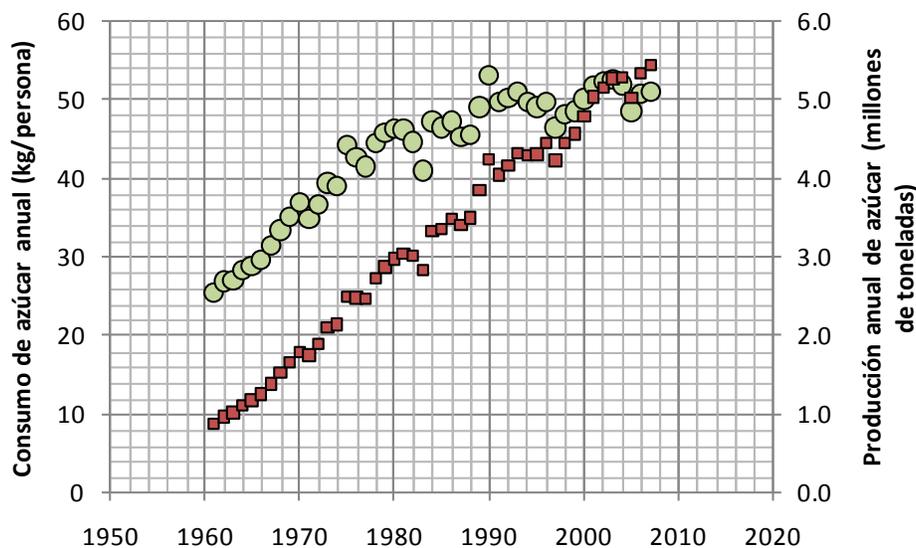


Figura 5. Variación de la producción y consumo per cápita anual de azúcar en México (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por FAO, 2010).

Aunque desde 1985 se mantiene razonablemente constante el consumo anual de azúcar en 50 kilogramos por habitante, la población se triplicó entre 1961 y 2010. Como consecuencia de ello, la demanda interna de edulcorantes aumentó a un ritmo superior al de la producción nacional.

b) Situación del azúcar en el balance del comercio exterior mexicano

El SIAP y SAGARPA registran la información que reportan los ingenios a partir de la zafra 2008 y previo a ello (zafra de 2007 y anteriores) los recopiló COAAZUCAR. Con base en los datos de estas entidades, los ingenios a cargo del sector público equivalen a 30% de la superficie y producción de la caña de azúcar a nivel nacional; sin embargo, entre 1997 y 2009 han demostrado una mayor productividad respecto a los que tiene a su cargo la iniciativa privada tanto en caña (77 t/ha los públicos y 70 t/ha los privados) como en azúcar (8.8 t/ha los públicos y 7.7 t/ha los privados), lo que hace ver la importancia de hacer énfasis en el mejoramiento para incidir positivamente sobre la producción, ya que se espera que los excedentes se comercialicen en el mercado exterior con la consecuente entrada de divisas, pero en caso contrario, si hay déficit debe superarse a través de importaciones del producto y con ello fuga de capital.

En 70% de las zafras de 1975 a la fecha se ha exportado o importado anualmente el 5% o menos de la producción de azúcar. Sin embargo, han ocurrido fluctuaciones en la balanza del comercio exterior, donde los picos negativos son más relevantes respecto a los que implica la venta de excedentes (Figura 6).

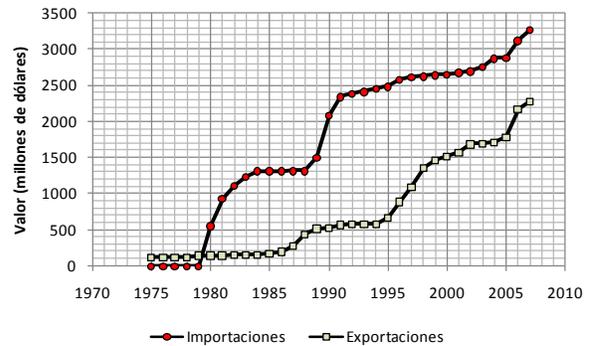
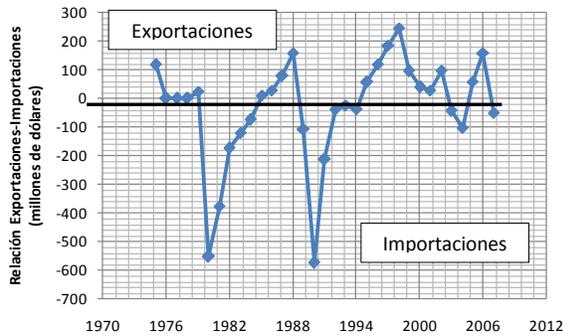


Figura 6. Variación de la balanza comercial del azúcar en México: Figura 6a. Flujo anual de la relación exportación-importación de azúcar; Figura 6b. Acumulación del monto del comercio exterior (Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por FAO, 2010).

El balance del mercado azucarero internacional en México ha sido negativo, puesto que entre 1975 y 2009 las importaciones exceden a las exportaciones con un déficit comercial mayor a mil millones de dólares en 35 años. No obstante lo anterior y a excepción del inicio de la décadas de los años 80 y 90, el monto que se comercializó en este sector no es significativo si se compara con la venta doméstica de azúcar que es alrededor de 3 mil millones de dólares anuales.

c) Comparación de la producción de azúcar entre México y el resto del mundo.

Según las estadísticas de FAO (2010) 156 países producen azúcar de los cuales en 102 se extrae de la caña de azúcar y en 54 de la remolacha azucarera, destinando para ello 23.6 y 4.6 millones de hectáreas, respectivamente. Aunque es considerable el número de países donde se cultiva la caña de azúcar, en realidad su importancia se concentra en unos cuantos, ya que Brasil e India contribuyen con más de la mitad del área cañera mundial (33.6 y 20.6%, respectivamente) y seis naciones con 73%, cifra que incluye a México ocupando así el sexto lugar y participa con 2.9% de la superficie total. La remolacha azucarera está un poco más diseminada, puesto que en 10 países se destina más de 100 mil hectáreas a su cultivo (Egipto, Reino Unido, Polonia, China, Turquía, Francia, Alemania, Ucrania, Estados Unidos y Rusia) y juntos acumulan 76% del área para su producción, donde los más relevantes por su extensión azucarera son Ucrania, EEUU y Rusia con 425 mil, 459 mil y 853 mil hectáreas, respectivamente.

En el mundo se produce 158.1 millones de toneladas de azúcar, indistintamente si esta se extrae de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, de las cuales 57.9% proviene de 10 países (Japón, Indonesia, Alemania, Pakistán, México, Rusia, Brasil, China, Estados Unidos e India), donde México aporta 3.5% del total y ocupa de nueva cuenta el sexto lugar mundial. Esta situación conduce a pensar que en el país no hay tanto problema en la producción de azúcar, más bien pudiese ser que la productividad no sea la adecuada. Para verificar esto, se hizo un contraste con los demás países en los que se cultiva la caña (Figura 7).

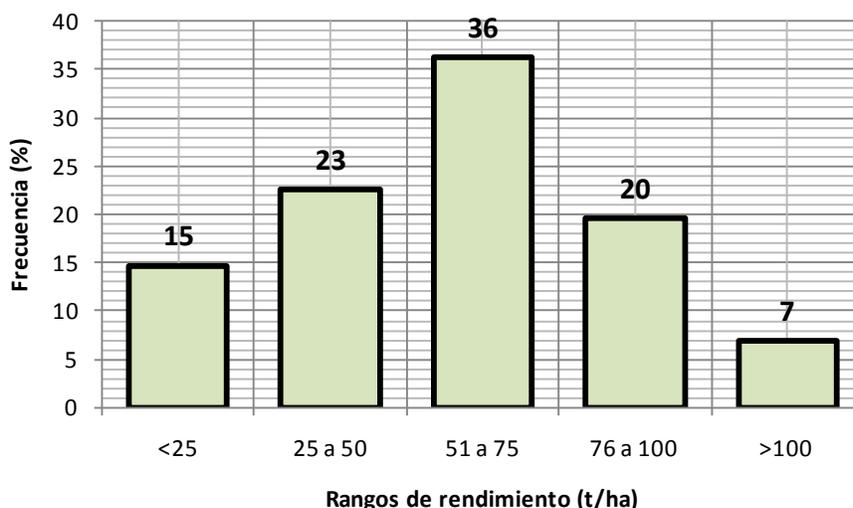


Figura 7. Distribución de frecuencia de la productividad de la caña de azúcar en el mundo (Fuente: elaboración propia con datos de FAO, 2011).

El rendimiento promedio mundial de la caña de azúcar es de 58.2 t/ha, valor por debajo de la de México la cual asciende a 76.0 t/ha, ubicándose el país dentro del 30% de los países con mayor productividad en el mundo, aunque hay otras naciones donde llegan a 100 t/ha o más como valor medio (Suazilandia, Etiopía, Colombia, Burkina Faso, Chad, República Unida de Tanzania, Zambia, Sudán, Malawi, Senegal, Egipto y Perú). Por las cifras anteriores es viable considerar que se debe mejorar la capacidad productiva de las áreas cañeras del país a través de prácticas de manejo apropiadas, así como la eficiencia del proceso en fábrica favoreciendo la actividad de esta agroindustria, aunque también debe hacer notar que son muy pequeñas las superficies cañeras de los países con mayor productividad. Más aún, si se toma en cuenta en este contraste la relación del consumo de edulcorantes con la producción azucarera, se podrá ver que hay una ventana de oportunidad en este mercado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio del porcentaje del consumo interno respecto a la producción de azúcar (CIPA) en distintas regiones y países del mundo entre 2007 y 2011 (Fuente: elaboración propia con datos de zafranet, 2011).

País o Región	CIPA (%)	Balance (%)
México	97	+3
Estados Unidos	134	-34
Canadá	1496	-1396
Centroamérica	42	+58
América del Sur	45	+55
Caribe	80	+20
Europa Occidental	114	-14
Europa del Este	153	-53
Asia-Oceanía	112	-12
África	144	-44
Medio Oriente	241	-141

La cantidad de azúcar que se consume en México es muy cercana a lo que se produce anualmente, lo que deja un estrecho margen de operación que incrementa el riesgo de causar un desabasto como el que ocurrió en la zafra 2009-10. Esta situación es más delicada en otras regiones del mundo y que puede verse como una oportunidad atractiva para la agroindustria azucarera nacional, puesto que México tiene acuerdos comerciales en muchos de estos países, donde se podría competir en el mercado internacional a través de la exportación de edulcorantes y dejar de ver a los Estados Unidos como única opción de mercado, pero para ello es necesario que se reactive esta agroindustria a través del mejoramiento de su actividad a nivel de campo y fábrica.

4.2.3 La agroindustria azucarera y la economía nacional

La agroindustria azucarera es una de las actividades agrícolas más relevantes en la economía nacional por los recursos socioeconómicos invertidos en el campo laboral, de comercialización y el valor de su producción. Lo anterior es más evidente si se compara con otros cultivos, ya que durante los últimos 20 años el campo cañero ha abarcado poco menos de 700 mil hectáreas en promedio, por lo que ocupa 8° lugar por superficie sembrada después de la avena forrajera, el café, trigo, pastos, sorgo, frijol y maíz; sin embargo, esto representa alrededor de 11000 millones de pesos anuales, valor sólo por debajo del maíz, aunque la extensión de este cultivo básico en el país es más de 12 veces la de la caña (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estadísticas de los principales cultivos que se han producido en México entre 1990 y 2009

(Fuente: elaboración propia con datos de SIAP, 2011).

Cultivo	Superficie Sembrada (miles de hectáreas)			Superficie Cosechada (miles de hectáreas)			Valor Producción (millones de pesos)		
	Mín.	Mín.	Med.	Máx.	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Máx.
Caña de azúcar	620	546	627	693	677	738	2,413	10,966	20,391
Avena forrajera	454	415	584	781	698	863	1,897	2,635	3,612
Café cereza	700	587	733	772	777	801	1,076	3,729	7,105
Trigo (grano)	535	518	771	984	813	1,019	1,994	4,073	15,505
Pastos	625	363	1,697	2,387	1,743	2,437	698	10,381	15,697
Sorgo (grano)	974	878	1,796	2,185	1,946	2,345	1,105	6,363	15,235
Frijol	1,626	1,205	1,716	2,146	2,136	2,406	1,628	5,731	12,537
Maíz (grano)	7,726	6,223	7,342	8,194	8,259	9,196	8,920	26,580	68,765
Total Nacional	19,206	17,106	18,982	20,503	21,652	22,110	41,008	161,940	305,951

Según datos del Poder Ejecutivo Federal (2010), de la actividad de la agroindustria cañera viven 2.3 millones de mexicanos y se generan 441,000 empleos directos en 58 ingenios. De acuerdo con Aguilar-Rivera *et al.* (2009), cada año se obtienen ingresos superiores a 3 mil millones de dólares (57% corresponden a 164,000 productores), lo que equivale a 13.5% del valor de la producción agrícola nacional, 0.4% del PIB y 7.3% del PIB agropecuario (PRONAC, 2007). El área cañera de México se distribuye en las siguientes regiones (Unión de Cañeros, 2010):

- a. Centro con 4 Ingenios (Casasano La Abeja y Emiliano Zapata en Morelos; Atencingo y Calípam en Puebla).
- b. Huastecas con 8 Ingenios (Alianza Popular, Plan de Ayala, Plan de San Luis y San Miguel del Naranjo en San Luis Potosí; Aarón Sáenz y El Mante, en Tamaulipas; El Higo y Zapoapita, en Veracruz).
- c. Occidente con 15 Ingenios (Quesería en Colima; Bellavista, José Ma. Morelos, Melchor Ocampo, San Francisco Ameca, Tala y Tamazula en Jalisco; Lázaro Cárdenas, Pedernales y Santa Clara en Michoacán; El Molino y Puga, en Nayarit; El Dorado, La Primavera y Los Mochis en Sinaloa).
- d. Sureste con 8 Ingenios (La Joya en Campeche; Huixtla y Pujiltic en Chiapas; San Rafael de Pucté en Quintana Roo; Azsuremex, Benito Juárez y Santa Rosalía en Tabasco; Cuatotolapam en Veracruz).
- e. Golfo con 22 Ingenios (Adolfo López Mateos, El Refugio y La Margarita en Oaxaca; Central Motzorongo, Central Progreso, Constancia, El Carmen, El Modelo, El Potrero, Independencia, La Concepción, La Gloria, La Providencia, Mahuixtlán, San Cristóbal, Nuevo San Francisco, San Gabriel, San José de Abajo, San Miguelito, San Nicolás, San Pedro y Tres Valles en Veracruz).

La importancia social y económica que representa la agroindustria azucarera para el país no es ajena al ámbito político, lo cual se aprecia en el análisis que se discute a continuación.

El 31 de mayo de 1991 se publicó el Decreto Cañero que declara de interés público la siembra, el cultivo, la cosecha y la industrialización de la caña de azúcar, el cual se sustentó en la Ley sobre Atribuciones del Ejecutivo Federal en Materia Económica, aunque se abrogó el 24 de diciembre de 1992. También se dispuso la creación de un Comité de la Agroindustria Azucarera (SARH, SECOFI, 2 CNIAA, 1 CNC y 1 CNPR, los Comités de Producción Cañera en los Ingenios y se fijó el precio de la caña de azúcar (54% del precio de mayoreo por kilogramo de azúcar y condiciones de pago (pre liquidación del 85%). Posteriormente, el 14 de enero de 2005 se revocó el Decreto “Cañero”, porque el Ejecutivo Federal consideró que ya se contaba con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en la que se ordena a la SAGARPA constituir el Comité Nacional del Sistema-Producto Caña de Azúcar y finalmente, el 21 de junio de 2005 el H. Congreso de la Unión aprobó la Ley para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, en el que se norman todas las actividades que tienen que ver desde la siembra hasta la comercialización de esta agroindustria. El Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar es un organismo público descentralizado, que coordina y realiza todas las actividades previstas en esta Ley, verifica la permanencia de los Comités de Producción y Calidad Cañera en cada ingenio, la regulación sobre la constitución y funcionamiento de organizaciones de los productores, que se establezcan contratos uniformes sujetos a los términos de la ley, determinación del precio de la venta de la caña de azúcar del 54% del precio de referencia de un kilogramo de azúcar y condiciones de pago (pre-liquidación del 80 a 85%).

La Ley se ha instrumentado gradualmente con una continua actualización en la que se adapta a diversas condiciones para hacer frente a las fluctuaciones que ocurren en el mercado nacional e internacional, así como variantes en el sector de la biotecnología, biocombustibles y otros. Como efecto positivo hacia el productor se tiene que por sólo hecho de ser cañero cuenta con crédito, insumos agrícolas, seguridad social y pensión, aunque estén subordinados a intereses económicos que incluso pudiesen ser adversos (Aguilar-Rivera *et al.* 2009).

El procesamiento de la caña de azúcar requiere cantidad suficiente, oportuna y de la mejor calidad posible, por lo que los ingenios azucareros para asegurar el abasto establecen convenios o contratos con los productores, especificando las características de la materia prima que desean recibir, tiempos, lugares de entrega y forma de pago.

Las decisiones de los productores de caña para cultivar y mejorar sus plantaciones, dependen de los términos que se establecen en los convenios, donde se incluye la adquisición y aplicación de insumos, labores agrícolas, cosecha y sistema para medir y pagar la caña de azúcar con base en el promedio de la calidad de caña entregada a un ingenio particular. Debido a las variaciones de los precios pagados, el cultivo de la caña de azúcar no se afecta en el corto plazo y no se relaciona con el nivel de producción de caña (García, 1999). A pesar de ello, la viabilidad de esta agroindustria como actividad económica se ha puesto en riesgo por la fluctuación de los precios internacionales del azúcar, los cambios en el consumo interno, inestabilidad de los precios del petróleo, entre otros factores. Aguilar-Rivera *et al.* (2009) sostienen que es necesario diversificar su uso, sobre todo porque en el país se tiene la ventaja de tener asegurado el crédito, mercado y precio por ser modelo de agricultura por contrato, dando estabilidad social en las regiones cañeras y empleo permanente en los ingenios durante todo el año. No obstante lo anterior, para que haya cambios significativos en la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción cañeros a través de la generación y adopción de innovaciones tecnológicas en la producción primaria, es indispensable tomar en cuenta que 75% de los cañeros cuenta con menos de 5 hectáreas, 70% está en resoca, 60% del área es de secano y poca diversidad de material vegetal (COAAZUCAR, 2008).

A pesar de esta situación, la agroindustria azucarera genera una importante cantidad de recursos económicos, donde México tiene un papel relevante en el contexto internacional. Con base en datos estadísticos obtenidos de FAO (2011), 10 de 177 países contribuyen con 57.9% en la producción mundial de azúcar ya sea de caña o remolacha azucarera, donde México ocupa el sexto lugar con cerca de 5.5 millones de toneladas de azúcar en bruto, que equivale a 3.5% de la producción mundial (Cuadro 5).

Cuadro 5. Principales países productores de azúcar en bruto a nivel mundial. Valores promedio entre los años 2007 y 2009 (Fuente: elaboración propia con datos de FAO, 2011).

País	Producción (toneladas)	Participación mundial (%)
India	23,064,448	14.6
Estados Unidos de América	20,687,927	13.1
China	11,394,781	7.2
Brasil	7,901,756	5.0
Federación de Rusia	7,192,950	4.5
México	5,475,848	3.5
Pakistán	4,667,712	3.0
Alemania	4,123,640	2.6
Japón	3,791,688	2.4
Indonesia	3,297,274	2.1

La información en comento pudiese interpretarse que la producción de azúcar debería de ser una ventana de oportunidad muy importante para incrementar los ingresos en el medio cañero y más aún considerando los convenios que suscribió el país como es el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, el cual entró en vigor el 1° de enero de 1994 y que incluyó el azúcar de la siguiente forma: a) entre 1994 y 1999 hay acceso libre de impuestos al mercado de EEUU pero sin superar las 25 mil toneladas anuales; b) de 2000 a 2008 se aumenta a 250 000 toneladas por año. Pero antes de ver la posibilidad de exportar, habrá que analizar si la producción de azúcar satisface el consumo interno.

México además de ser uno de los productores más importantes de azúcar en el mundo, también es uno de los principales consumidores (Figura 8), ya sea de manera directa o a través de la ingesta de diversos alimentos. Si nos basamos en una dieta de 2000 Kcal/persona/día, la nutrición basada en azúcares cubre la cuarta parte de los requerimientos calóricos y si se considera como producto básico, Aguilar-Rivera *et al.*, (2009) consideran que debería permanecer barato para estar accesible a la población y así evitar problemas nutrimentales.

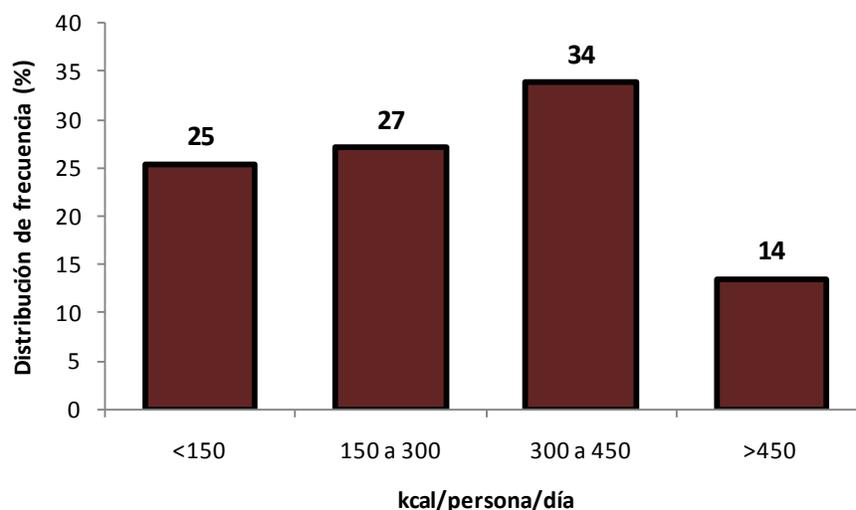


Figura 8. Distribución de frecuencia de la acumulación de calorías que proviene de la ingesta de azúcares en la población mexicana (Fuente: elaboración propia con datos de FAO, 2011).

México ya ocupa el primer lugar mundial de obesidad infantil, cuyos precursores se asocian con imagen corporal, actitud negativa hacia la obesidad y conducta alimentaria anormal (Gómez-Peresmitré *et al.*, 2011), complicada por el sedentarismo e ingesta de dietas con alto valor calórico (INEGI, 2010). De acuerdo con Gómez-Peresmitré *et al.* (2011), la obesidad es un trastorno alimentario que se torna crónico degenerativo con altos índices de co-morbilidad física y psicológica, complicado con enfermedades infecciosas, cardiovasculares y diabetes, los cuales constituyen las primeras causas de muerte en el país (SSA, 2008). Implican un alto costo social porque su tratamiento es caro y prolongado, ya que por no tener cura sólo se controlan. De hecho, la Unidad de Análisis Económico de la Secretaría de Salud estima que los costos totales atribuibles a la obesidad y sobrepeso en el 2010 equivalen a una inversión de 80,000 millones de pesos. La valoración de las condiciones nutricionales es una estrategia para observar las prácticas de alimentación que impactan directamente en la salud (OMS, 2006).

De acuerdo con la OMS, el índice de masa corporal permite identificar la desnutrición, sobrepeso u obesidad en adultos debido a que en su cálculo no hay variación respecto al sexo o edad. A nivel nacional, el principal problema es el sobrepeso (42.5% hombres, 37.4% mujeres) y obesidad (24.3% hombres, 34.5% mujeres), ya que el porcentaje de desnutrición es bajo comparado con el exceso de peso (INEGI, 2010).

El debate sobre la ingesta de azúcar y su relación con la salud humana ha sido muy vasto, el cual inició desde el inicio del siglo XVII (Clay, 1999). Según este mismo autor, el azúcar no propicia que la gente engorde, no causa enfermedades cardiovasculares, diabetes, deficiencias de micronutrientes ni es agente causal de la hiperactividad infantil o de la caries dental. En contraste, Clay (1999) asevera que el azúcar es una fuente barata de energía que ayuda a mejorar el sabor de los alimentos y apoya en el combate a la obesidad porque se disminuye la dieta rica en grasas, por lo que reconoce que no hay alimentos buenos ni malos por sí mismos, más bien se trata de dietas apropiadas o inadecuadas lo que origina los desórdenes alimenticios y los problemas de salud que de ahí se derivan.

5. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante la zafra 2010/2011 en la zona central de Veracruz en una extensión territorial de 950 km², entre las coordenadas: 18° 51' 24'' y 19° 05' 47'' de Latitud Norte; -96° 26' 52'' y -96° 48' 25'' de Longitud Oeste (Figura 9).

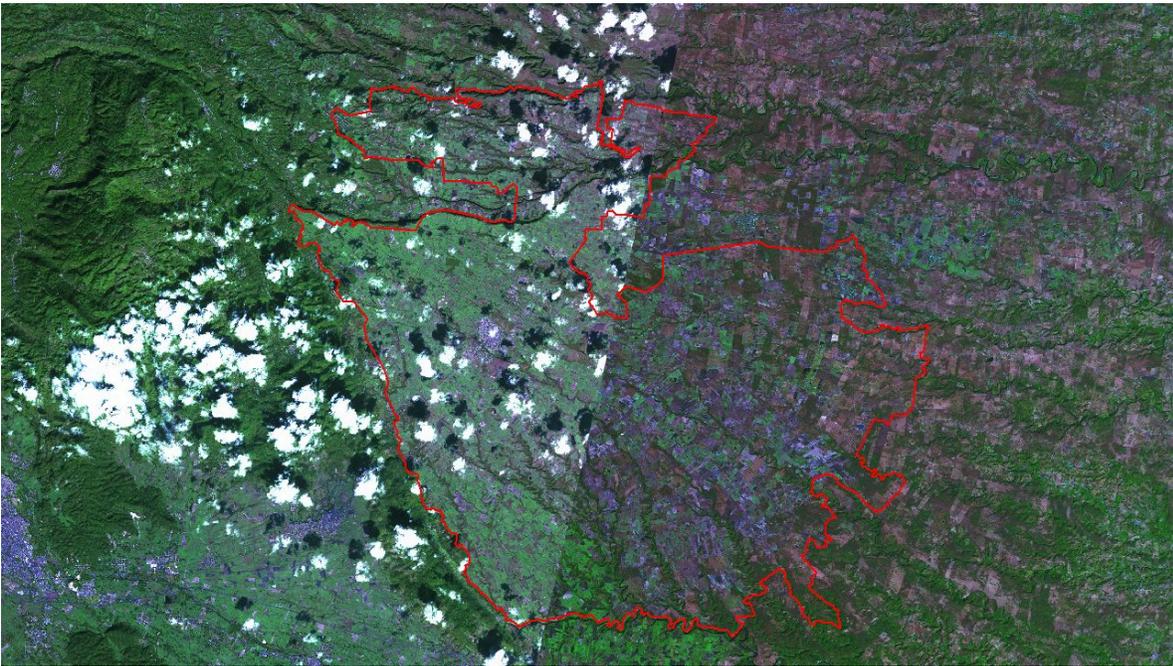
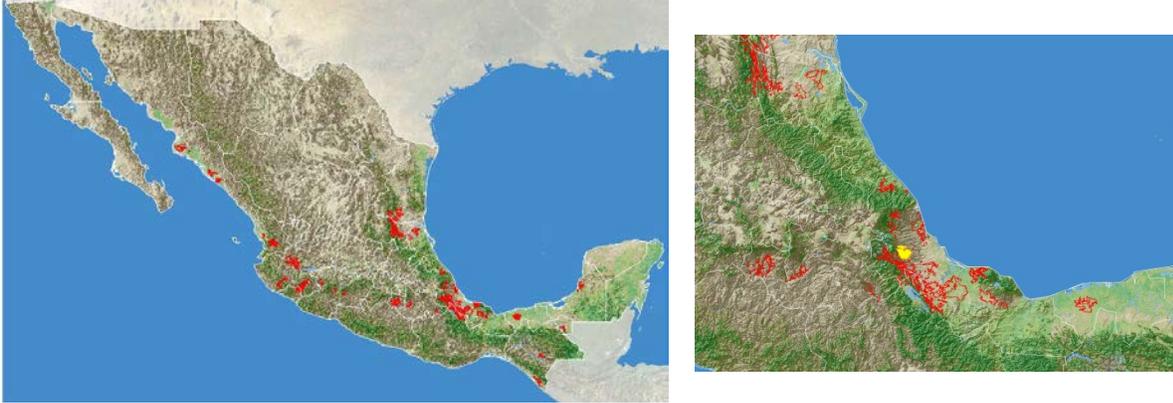


Figura 9. Ubicación del área cañera del Ingenio Central, Veracruz.

Para delimitar áreas razonablemente homogéneas por su precipitación pluvial se usaron los registros históricos de la precipitación total anual captada en el área cañera evaluada (Cuadro 6), con lo cual se definió un gradiente de humedad, mismo que se relacionó con el manejo agronómico y la productividad de la caña de azúcar.

Cuadro 6. Nombre, clave, coordenadas, años de observación, promedio de la precipitación total anual (PP) de las estaciones climáticas ubicadas en el área de influencia de la zona cañera en estudio y coeficiente de variación (CV).

Nombre de la estación	Clave	Longitud oeste grados	Latitud norte grados	Años	PP mm	CV %
Villa Tejada	30364	-96.583	19.000	10	960	17.0
Acazonica, Paso de Ovejas	30002	-96.583	19.217	27	1044	22.6
El Coyol, Comapa (CFE)	30047	-96.700	19.117	36	1105	23.9
Paso Del Macho	30225	-96.717	18.967	11	1131	25.7
Campto. I. C. Progreso	30295	-96.533	18.967	7	1244	26.0
San Alejo, Paso del Macho	30145	-96.767	18.933	8	1432	15.7
Mata Tenatito, Omealca	30105	-96.650	18.733	24	1545	21.8
Amatitla, Axocuapan	30010	-96.583	19.217	14	1978	14.7
Ejido La Defensa	30296	-96.600	19.250	11	2162	26.1
Santa Anita, Atoyac	30155	-96.800	18.933	17	2171	14.6

La producción de biomasa está asociada al efecto de diversas variables, cuyo impacto sobre el cultivo puede ser directo o indirecto a través de la interacción de ellas mismas, cuyo tipo, magnitud e intensidad, son debidas a las características y propiedades edáficas y del clima (marco físico), así como del nivel de inversión y manejo (marco socioeconómico) de cada terreno o sitio de interés. Por ello, el conocimiento y cuantificación de las variables que influyen de manera significativa sobre la productividad y rentabilidad de la caña de azúcar, permitirá proponer las mejores alternativas para solucionar los desórdenes de tipo nutrimental y no nutrimental que se presentan en el área de abasto del Ingenio. Con esto en mente, se organizó esta investigación en los siguientes rubros, con la idea de facilitar la evaluación del sistema de producción y su entorno:

- El sistema de producción de la caña de azúcar y su relación con el sistema planta-suelo-agua-atmósfera, con énfasis en su impacto sobre la productividad del cultivo: a) aspectos socioeconómicos; b) efecto del marco físico y manejo agronómico.
- Situación actual de la nutrición de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio, haciendo referencia respecto al manejo de la fertilización actual en el área cañera y la Eficiencia de recuperación de los fertilizantes.
- Productividad y rentabilidad de la caña y azúcar que se produce en el área de abasto del Ingenio, así como la evaluación de los ingresos y egresos que corresponden a estas actividades en campo.

Las variables que modifican positiva o negativamente al sistema de producción se catalogan en factores que dependen de la actividad de los grupos humanos de manera adicional a los aspectos técnicos, las condiciones ambientales (suelo y clima) y los relativos al manejo agronómico.

Los factores humanos son inherentes a la actividad de los grupos humanos e interfieren o condicionan la producción, ya sea de manera directa o indirecta, como es la disponibilidad de crédito (en tiempo y forma), mano de obra, costos y precio de venta de la cosecha, tenencia de la tierra, entre otros. Los factores ambientales se refieren a las condiciones de clima y suelo que predominan en el sitio de interés, como son la profundidad del suelo, textura, ambiente químico, frecuencia e intensidad de la lluvia, velocidad de infiltración, temperatura, presión de vapor, entre otros. Entre los factores agronómicos se encuentran las variables que se modifican o controlan a través de las acciones que se llevan a cabo mediante el manejo agronómico. Como ejemplo de ellos son la humedad del suelo, presencia de plagas, malezas y enfermedades, disponibilidad nutrimental, etc. Las variables agrupadas en los factores en comento son de distinta naturaleza y su predominio estará sujeto a las condiciones edafoclimáticas que prevalezcan, así como de la eficiencia y eficacia del manejo que se lleve a cabo para modificar el impacto negativo que pudiesen ocasionar sobre la rentabilidad del cultivo.

Como apoyo a las evaluaciones que se realizaron en campo y gabinete en el presente estudio, se procedió a realizar una serie de encuestas de opinión entre diversos productores del área cañera en estudio con la idea de detectar su percepción al respecto, cuya muestra suma un total de 500

cañeros, donde este ámbito de exploración abarca 20% de los agricultores que abastecen al Ingenio Central Progreso. Las encuestas elaboradas contienen temáticas muy diversas para captar la forma en que el productor se sitúa en torno a las diversas variables que influyen sobre la eficiencia del sistema de producción y de cómo impactan directa o indirectamente en su propia productividad y rentabilidad.

En coordinación con las autoridades, líderes cañeros y cuerpo técnico del ingenio y sus correspondientes agrupaciones (CNC y CNPR), se definió el perfil y posibles agricultores cooperantes, donde se hizo una preselección de la gente que integrarían los grupos por nivel de rendimiento.

Posteriormente y a través de consultas directas a cada uno de los productores que fueron preseleccionados, se constituyeron los distintos grupos. Los siguientes puntos describen las tareas y actividades realizadas en las entrevistas a los productores.

- Selección de productores cooperantes con base en los rendimientos de campo de caña de azúcar, para integrarlos en grupos distintos según su productividad.
- Descripción de las prácticas de manejo que realizan los productores de capital ilimitado para definir su viabilidad, con la idea de proponer técnicas que en su caso mejoren el rendimiento o disminuyan los costos de inversión.
- Evaluar las prácticas de manejo que realizan los productores de capital limitado y establecer qué les falta para incrementar su productividad hasta incluso alcanzar el nivel que actualmente tienen los de mayor rendimiento.
- Identificar aquellos productores de menor rendimiento y establecer si esto es debido a que se encuentran en zonas que no sean viables para la producción de la caña de azúcar y si son adecuadas, describir las prácticas de manejo que realizan para proponer alternativas que incrementen su productividad.

El trabajo con los productores durante esta etapa del proyecto consistió en conversaciones con cada uno de ellos y entrevistas, donde se les aplicó una encuesta con preguntas relacionadas con los siguientes tópicos:

- Aspectos socioeconómicos: tenencia de la tierra, escolaridad, organización a la que pertenecen, características de la inversión (contratada o familiar), entre otros.
- Marco físico: percepción sobre el grado de deterioro del suelo, condiciones físicas, problemas químicos, variación climática, etc.
- Productividad de la caña de azúcar: rendimientos alcanzados en los distintos ciclos (plantilla, soca, resocas).
- Componentes del manejo agronómico: tipo, dosis y manejo de insumos que aplica (fertilizantes, agroquímicos, materiales orgánicos), variedades, fechas de las distintas actividades de manejo, problemas en el control fitosanitario, nutricional, laboreo, etc.
- Aspectos relacionados con la asistencia técnica: cursos de capacitación, interés en colaborar, si desea que se le apoye y que él mismo asista a otros productores, entre otros aspectos.

La eficiencia y utilidad de la extrapolación de las recomendaciones de manejo dependen de las variables que se consideren. En algunos casos es viable su generalización por nivel de rendimiento, tipo de variedad, densidad de población u otros componentes del sistema de producción; en contraste, hay otras que por ser inherentes a las propiedades edáficas son sitio específicas, cuyas características tienen un tiempo de residencia muy breve (días, semanas o algunos meses) y que se modifican de manera significativa por el tipo de agro-técnicas empleadas, por lo que con su extrapolación se correría el riesgo de cometer errores considerables. Por ello, se consideró indispensable emplear los análisis de muestras de suelo de las tres áreas de abasto realizados en el Laboratorio de Ciencias Ambientales del Colegio de Postgraduados.

Por lo tanto y de manera paralela a la integración de los niveles de productividad se llevó a cabo el trabajo de campo, para diseñar las estrategias de evaluación de las condiciones del marco físico y de producción actual, a través de recorridos del área de abasto del Ingenio y mediante la comunicación directa con los productores involucrados.

5.1 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA PLANTA-SUELO-AGUA-ATMÓSFERA

Los aspectos socioeconómicos y su relación con la productividad de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio en estudio se evaluaron con base en una serie de entrevistas a los agricultores cooperantes, donde se averiguaron los siguientes aspectos: a) experiencia del agricultor como productor de caña de azúcar; b) calificación que asignan los agricultores a la productividad de sus propias plantaciones cañeras; c) percepción de los agricultores respecto a las principales variables que inciden sobre la productividad de la caña de azúcar; d) percepción de los productores respecto a la mano de obra disponible; e) aspectos relacionados con la asesoría técnica; f) preferencia de los cañeros respecto a quién debería proporcionar la asesoría técnica; g) voluntad del agricultor para asesorar a otros cañeros para que mejoren su productividad; h) asistencia de los agricultores en cursos de capacitación.

El efecto del marco físico y manejo agronómico sobre la productividad de la caña de azúcar se evaluó mediante los registros históricos de la precipitación captada en el área de estudio y se contrastó con la forma en que perciben los cañeros la influencia del clima y el suelo sobre la productividad de su plantación. Por ello, se obtuvieron los promedios de la precipitación total anual en las distintas estaciones climatológicas del área cañera del ingenio Central Progreso, así como la tendencia entre el período lluvioso y la lluvia total anual. A su vez, se consideró la problemática detectada por los agricultores respecto a la producción de las plantaciones, haciendo énfasis en las condiciones de clima y suelo.

También se consideró la problemática relacionada con la fitosanidad (plagas, enfermedades y malezas) desde el punto de vista del agricultor y el criterio que sigue para seleccionar la variedad de caña, además de detectar qué variedades de caña de azúcar tienen y las características

asociadas a ellas y su manejo, como son los ciclos transcurridos sin plantar nuevamente la caña, aplicación de enmiendas orgánicas y de las características del suelo de sus parcelas. Esto tuvo la finalidad de detectar la posible degradación de su terreno y para ello también se tomó en cuenta su opinión respecto al empobrecimiento del suelo.

La percepción de los productores sobre la problemática relacionada con el agua en la plantación de caña de azúcar es esencial en el área de estudio por ser un cultivo de temporal, por lo que se evaluaron los problemas asociados con la falta de disponibilidad de agua para el cultivo de la caña que detectan los agricultores.

5.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA NUTRICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO

A través de las encuestas a los productores cooperantes se definieron una serie de variables asociadas con el manejo de la fertilización actual en el área cañera del ingenio en estudio, haciendo énfasis en los siguientes aspectos: a) uso de fertilizantes en las plantaciones de caña de azúcar por grupo de productores y se determinó el interés por la aplicación de fertilizantes foliares; b) dosis de nutrientes más frecuentes aplicados; c) dosis de nitrógeno que aplican; d) distribución de la dosis de fertilizante a través del ciclo de la caña; e) tipo de fertilizante empleado; f) problemática asociada al uso de fertilizantes según la percepción del productor.

En el trabajo de campo para cada parcela de los 500 productores cooperantes se colectó una muestra de suelo (compuesta de 10 submuestras) y georreferenció. Con esto se definió la probabilidad de incidencia de la oferta nutrimental edáfica, sus características y las propiedades que tienen relación directa con la eficiencia de recuperación de los fertilizantes.

Los procedimientos seguidos para cuantificar en el laboratorio la oferta de nutrientes del suelo se basó en la Norma Oficial Mexicana "NOM-021-RECNAT-2000" donde se especifican los métodos para estudios de fertilidad del suelo y se evaluó el pH (relación agua: suelo 2:1), conductividad eléctrica (relación agua: suelo 5:1), materia orgánica, nitrógeno inorgánico ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$), fósforo (método Olsen), bases intercambiables (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) con el método de acetato de amonio 1N y pH 7, Textura (Bouyoucos).

Los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado se midieron con base en coeficientes, los cuales se determinaron de la siguiente manera: el coeficiente de lixiviación a través de columnas, la desnitrificación y la volatilización en incubaciones, el primero con reacciones anaerobias para evaluar la reducción de los nitratos y el segundo la pérdida de nitrógeno amoniacal en sistemas aireados.

Los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante fosfatado se cuantificaron con base en incubaciones aerobias para evaluar la efectividad inicial de la fertilización a partir de la cinética rápida del fósforo y el efecto residual del fósforo con la cinética lenta y con ello se obtuvo el Índice de adsorción de aniones.

Mediante incubaciones aerobias se cuantificó la capacidad de absorción del cultivo según el tipo de suelo y la relación entre el potasio soluble y el de los sitios de intercambio en el complejo arcilloso, con ello se obtuvo el índice de adsorción de cationes y finalmente se integró para generar la eficiencia de recuperación del fertilizante potásico.

5.3. PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.

La productividad de la caña de azúcar y caña molida en el Ingenio Central Progreso a través del tiempo se evaluó con base en datos disponibles publicados por diferentes entidades. Para el de la zafra actual se estimó con base en las encuestas dirigidas para tal efecto y en mediciones en campo en parcelas de los 500 agricultores cooperantes.

Con esta información se obtuvo la variación del rendimiento de caña en el ciclo plantilla, soca y resocas en la zafra 2010/11. A su vez, se estableció la relación entre la densidad de población y el rendimiento de caña en los tres ciclos (plantilla, soca y resocas), que se midieron en las distintas parcelas de los productores cooperantes, lo cual también se comparó con diversas variables como es el caso de la dosis de nitrógeno aplicada y el ciclo de la caña de azúcar.

Dada la variación observada en la producción de caña y azúcar en el Ingenio Central Progreso, fue necesario recabar información de estas variables en los Ingenios aledaños al de Central Progreso, con el propósito de evaluar la tendencia observada y encontrar una explicación plausible sobre el abatimiento de ambos parámetros. Además, se estableció una relación cuantitativa de la lluvia durante los años con baja y alta producción de azúcar con el promedio de la precipitación total anual en el área de abasto y se comparó el promedio de la precipitación total anual entre años con buenos y malos de rendimiento de caña y azúcar. Lo anterior permitió establecer una distribución del promedio de la precipitación mensual en la zona de estudio y definir la tendencia de la lluvia durante los años en que se obtuvo diferentes tipos de productividad de caña y azúcar.

La fluctuación del pago de la caña y del KARBE (kilogramos de azúcar por tonelada de caña) se estableció con base en los registros publicados por distintas entidades, lo cual sirvió de base para definir los ingresos brutos por concepto de la venta de caña producida en los ciclos plantilla, soca y resoca en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, durante la zafra 2010/11.

Mediante las entrevistas con los distintos productores cooperantes se estableció el costo por el manejo del suelo y siembra en el ciclo plantilla para la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, en el que se consideró el pago por el servicio de chapeo, barbecho, rastra, surcado, semilla y siembra.

De la misma forma, se definió el costo por el manejo del suelo en los ciclos de soca y resocas durante la zafra 2010/11) en el área de estudio, considerando lo que cuesta la requema, el destronque, el subsoleo, la resiembra y otros rubros. La información anterior se comparó el costo del manejo previo al ciclo de producción entre plantillas, socas y resocas en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes niveles de rendimiento de la caña, así como el costo total de los componentes del manejo de la caña de azúcar, en el que se consideró el gasto por concepto del manejo del suelo y la siembra, el uso y aplicación de fertilizantes, así como el control fitosanitario para definir la inversión total y la comparación entre los ciclos plantilla y socas, tomando en cuenta los distintos niveles de producción.

Finalmente, a partir de los ingresos y los costos de producción se estableció la utilidad neta en los ciclos plantilla, soca y resoca, así como su tendencia con el rendimiento de la caña de azúcar obtenido durante la zafra 2010/11.

6. RESULTADOS

6.1. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA PLANTA-SUELO-AGUA-ATMÓSFERA

6.1.1 Aspectos socioeconómicos y su relación con la productividad de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio

El tiempo que se invierte en las actividades agrícolas es una de las claves para el éxito del sistema de producción. Por ello, la dedicación que le brinde el productor al manejo de su terreno y cultivo es uno de los requisitos esenciales si se desea optimizar la productividad. En el Cuadro 7 se presentan las respuestas de los cañeros entrevistados en el área de abasto del Ingenio asociadas a su disposición respecto a la producción de caña de azúcar, haciendo énfasis en su experiencia como cañero como principal actividad remunerada (ingreso familiar).

Cuadro 7. Experiencia del agricultor como productor de caña de azúcar (porcentaje de las observaciones).

Potencial productivo	<5 años	Entre 6 y 10 años	Entre 11 y 15 años	>15 años
	Capital ilimitado			
Alto	0.0	0.0	33.3	66.7
Medio	0.0	60.0	20.0	20.0
Bajo	0.0	33.3	0.0	66.7
Todos	0.0	28.6	21.4	50.0
	Capital limitado			
Alto	4.9	22.0	22.0	51.2
Medio	15.6	22.2	20.0	42.2
Bajo	12.5	18.8	18.8	50.0
Todos	11.0	21.2	20.3	47.5

La producción de otros cultivos diferentes a la caña de azúcar no se considera como una alternativa viable para los cañeros que se ubican en el área de abasto del Ingenio; sin embargo, algunos se ven obligados a llevar a cabo actividades remuneradas diferentes a la agricultura, lo que refleja la situación económica por la que atraviesan y que las necesidades personales no están cubiertas de manera plena con los recursos que genera su actividad como cañeros.

Los factores que influyen sobre la percepción y grado de satisfacción de la gente para realizar una actividad son muy complejos y variados, siendo entre ellos la retribución económica que depende de su rentabilidad, esto es, la relación entre los ingresos y egresos del agricultor inherentes a su actividad productiva. Las entradas de recursos están acordadas a través del KARBE (kilogramos de azúcar recuperable base estándar) y la cantidad de caña que se entrega al Ingenio. Por ello, a los agricultores encuestados del área cañera del Ingenio se les preguntó si están conformes con la productividad de su plantación, cuyas respuestas se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Calificación asignadas por los agricultores con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) respecto a la productividad de sus propias plantaciones cañeras en el Ingenio Central Progreso (porcentaje de observaciones).

Potencial Productivo	Apreciación del rendimiento de caña							
	Malo		Regular		Bueno		Excelente	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0	0.0	67	82.9	17	17.1	17	0.0
Medio	0	8.9	60	77.8	40	13.3	0	0.0
Bajo	0	5.0	100	85.0	0	10.0	0	0.0
Todos	0	4.8	71	81.7	21	13.5	7	0.0

El rendimiento de caña de azúcar que se obtiene por unidad de superficie es consecuencia de los factores que constituyen el marco físico y socioeconómico, por lo que para superar las variables que afectan a la productividad depende de los conocimientos, grado de atención, supervisión, inversión de tiempo y recursos económicos del agricultor, aunque hay otras totalmente ajenas e independientes a su voluntad y capacidad de intervención, como pudiesen ser los efectos climáticos extremos (sequías prolongadas, inundaciones, huracanes, etc.).

La capacidad de inversión es una alternativa para solucionar ciertos problemas, por lo que se hizo la pregunta sobre qué rubro o aspecto se considera más costoso y en orden de importancia (de mayor a menor) resultó ser: cosecha, fertilizantes, agroquímicos, semilla y mano de obra, aunque en su percepción, las principales variables que inciden sobre la productividad de la caña de azúcar se centran en la disponibilidad de agua y la fertilización (Cuadro 9).

Cuadro 9. Percepción de los agricultores con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) respecto a las principales variables que inciden sobre la productividad de la caña de azúcar en el Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	Disponibilidad de Agua		Uso y manejo de fertilizantes		Otros	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0	90	83	10	17	0
Medio	33	96	67	2	0	2
Bajo	50	72	50	26	0	2
Todos	25	86	69	13	6	1

La fluctuación de los costos de producción depende de varios aspectos, entre ellos si son de origen nacional o de importación, materia prima o componentes requeridos para su elaboración, marca del producto, disponibilidad en el mercado, entre muchos otros factores.

Por ello, resulta indispensable hacer uso de los insumos de manera racional aplicando lo que realmente se ocupa, en el tiempo oportuno y propiciando su empleo de la forma más eficiente que sea posible, lo cual, independientemente de su costo, ayuda a disminuir la inversión que se hace. En esto, un factor clave es el personal que apoye en las labores como mano de obra por influir sobre la productividad de la plantación. En el Cuadro 10 se presenta las respuestas relacionadas con la disponibilidad de mano de obra.

Cuadro 10. Percepción de los productores respecto a la mano de obra disponible en el Ingenio Central Progreso. Agricultores de mayores ingresos (CI) y de capital limitado (CL).

Potencial Productivo	¿Cuenta con suficiente disponibilidad de mano de obra para las labores y cosecha de la caña de azúcar?					
	No		A veces		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	17	5	33	5	50	90
Medio	25	13	0	7	75	80
Bajo	0	21	0	15	100	64
Todos	17	13	17	8	67	79

La problemática técnica inherente a la producción de la plantación es viable resolverla de manera eficaz a través de la aplicación de las mejores prácticas de manejo, lo cual es factible lograr mediante el apoyo de la asesoría técnica. Con el propósito de explorar el grado de compenetración del binomio productor-asesor, a los cañeros del área de abasto del Ingenio que participaron en la encuesta se les preguntó si contaban con asesoría técnica y su opinión respecto a las ventajas que obtienen de dicho servicio, cuyas respuestas se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Aspectos relacionados con la asesoría técnica para la producción de la caña de azúcar de agricultores con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) en el Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	¿Cuenta con asesoría técnica?				¿Cómo califica la asesoría técnica?			
	No tengo		Sí tengo		No hay		Es importante	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	50	80	50	20	14.0	15	86	85
Medio	80	93	20	7	0.0	20	100	80
Bajo	100	93	0	7	67.0	33	33	67
Todos	71	89	29	11	20.0	22	80	78

Resalta el reconocimiento del productor hacia la necesidad de contar con el apoyo de asesoría para resolver los problemas técnicos que se le presentan (Cuadros 12 y 13). De hecho, una fórmula que se practica con mucho éxito en países y regiones con gran capacidad de producción agrícola (Estados Unidos, Israel, Europa, entre otros) es la del trinomio productor-asesor-investigador, por lo que las plantaciones cañeras en México no deben ser la excepción, para promover un mayor beneficio en la rentabilidad del sistema de producción y sin provocar daños al ambiente.

Cuadro 12. Preferencia de los cañeros con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) respecto a quién debería proporcionar la asesoría técnica en el Ingenio Central Progreso

Potencial Productivo	Ingeniero		Productor		Ambos	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	86	54	0	2	14	44
Medio	100	40	0	0	0	60
Bajo	100	41	0	36	0	23
Todos	93	45	0	12	7	43

Cuadro 13. Voluntad del agricultor con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) para asesorar a otros cañeros para que mejoren su productividad en el Ingenio Central Progreso

Potencial Productivo	No está dispuesto		Si está dispuesto	
	CI	CL	CI	CL
Alto	14	0	86	100
Medio	0	9	100	91
Bajo	0	40	100	60
Todos	7	16	93	84

El fracaso de la transferencia de tecnología suele tener su “explicación” en la búsqueda de responsables y es el productor quien con frecuencia asume este papel, catalogándolo como el causante de los atrasos por su falta de voluntad hacia los cambios tecnológicos.

Esto es cierto en algunos casos, pero en otros es muy probable que la falla se ubique en la propuesta técnica porque esté creada en un entorno totalmente ajeno al ambiente productivo con tendencias o modalidades que sigan la inercia de un enfoque distinto al que debería aplicarse en el lugar de interés, sin hacer énfasis en los procesos del entorno físico y su relación con el ambiente socioeconómico. En el Cuadro 14 se presenta el interés de los cañeros por asistir a cursos de capacitación.

Cuadro 14. Asistencia de los agricultores con capital limitado (CL) e ilimitado (CI) en cursos de capacitación en el Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	Sí asiste		No asiste	
	CI	CL	CI	CL
Alto	83	20	17	80
Medio	20	24	80	76
Bajo	33	28	67	73
Todos	50	24	50	76

La transferencia de tecnología debe verse como un proceso de comunicación, donde las acciones llevan implícitas la traducción de la forma de ver y entender de unos y otros (investigadores y productores). Cabe señalar que no basta adecuar el lenguaje y hacer funcional los términos en que se traduce el intercambio de ideas, además es fundamental que se tenga en mente que están involucrados aspectos de tipo cultural, económico, político e incluso religioso. La tecnología se incorpora de manera paulatina y a largo plazo, incluso expertos en el área de desarrollo rural consideran que para cuando se da la asimilación de la comunicación es frecuente que esto lleve de dos a tres generaciones.

La transferencia de tecnología al ser un proceso de comunicación, la forma de llevarse a cabo dependerá del grupo social al que se trata de atender. Desde luego, mientras más heterogéneo sea la población a la que se está haciendo llegar la información, se corre el riesgo de que su eficacia y eficiencia sean muy bajas.

El éxito de la transferencia también está acorde con los intereses que existen en los receptores, ya sea por cuestiones culturales, políticos, sociales, étnicos, religiosos o económicos, puesto que cada uno tendrá una respuesta diferente a una misma oferta tecnológica y su posible efecto sobre el proceso productivo, destino de la producción, valores, principios, identificación con el medio ambiente y los grupos sociales, entre otros aspectos.

Se piensa que los productores que cuentan con capital ilimitado tenderán a responder con más interés a técnicas que muestren avance o mayor innovación respecto a las que ya se tienen. En contraste, el de escasos recursos económicos no se verá identificado con este tipo de propuestas. Por ello, es fundamental que se analice la tecnología que se espera adopten los productores de una región considerando el complejo entorno socioeconómico, con la idea de establecer las estrategias que sean más apropiadas según cada caso. La transferencia atraviesa por diversas etapas como es la innovación, adaptación y adopción, según sea el caso, así como los alcances y expectativas del proyecto, donde están involucrados los sectores de investigación científico-tecnológica (a través de la adopción, adaptación o incluso generación de ideas, aterrizadas mediante la implementación de las agro-técnicas más convenientes), gubernamental (establecimiento de leyes, normas, decretos, entre otros) y privado (manejo de negocios y mercadeo de los productos e insumos).

6.1.2 Efecto del marco físico y manejo agronómico sobre la productividad de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio

En el área de abasto del Ingenio Central Progreso se reconocen tres tipos distintos de condiciones climáticas distinguidas por la precipitación pluvial, las que se denominan húmeda, de transición y seca. En la Figura 10 se presenta la lluvia registrada por las estaciones climáticas ubicadas en la zona de influencia del área cañera en estudio.

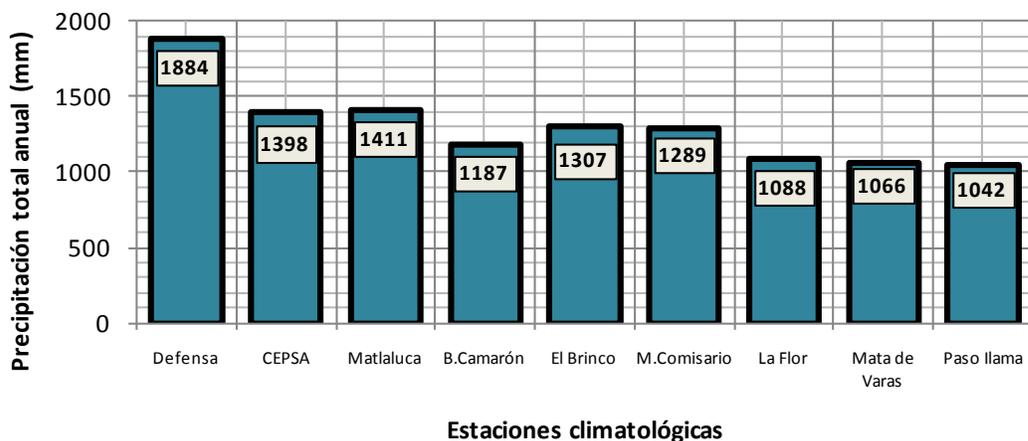


Figura 10. Promedio de la precipitación total anual en el área cañera del ingenio Central Progreso, Veracruz.

La variación de la lluvia está acorde con la orografía de la región, puesto que hay un gradiente ascendente de humedad desde las partes planas hacia la sierra. Por ello, en la estación La Defensa se registra la mayor precipitación pluvial (1884 mm), seguida por CEPSA y Matlaluca en la zona húmeda (1405 mm), las de transición son B. Camarón, El Brinco y M. Comisario (1261 mm) y en la seca se ubican La Flor, Mata de Varas y Paso Ilima (1065 mm).

El estiaje abarca de noviembre a abril, donde la precipitación en promedio es 11% de la total anual, con un mínimo de 4% y un máximo de 23%, indistintamente de la zona pluvial comentada en párrafos anteriores. Por ello, la época de lluvia se establece entre mayo y octubre. La relación entre el período lluvioso y lo captado al año se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Parámetros de la regresión lineal entre el período lluvioso y la lluvia total anual en el área cañera del Ingenio Central Progreso.

Parámetro	mayo a octubre	junio a octubre	mayo a septiembre	junio a septiembre
Período lluvioso = $f(\text{precipitación anual})$				
Pendiente	0.89	0.80	0.78	0.69
R ²	0.95	0.84	0.86	0.65

El período que mayor relación tiene respecto a la precipitación total anual va de mayo a octubre; sin embargo, en tan solo cuatro meses (de junio a septiembre) se recibe alrededor de 70% de toda la humedad que se capta durante el año.

La caña es un cultivo tropical de larga duración, por lo que es factible que se desarrolle en cualquier época del año. Los componentes del clima que afectan de manera más significativa el crecimiento y desarrollo del cultivo son la humedad del suelo, la luminosidad y temperatura. Un ambiente soleado y caluroso prolongado, con alta incidencia de radiación solar y adecuada precipitación son condiciones propicias para un excelente crecimiento de la caña de azúcar. El medio es más apropiado para el cultivo cuando el régimen de lluvia es alrededor de 1500 mm, ya que hay que tomar en cuenta que la planta utiliza de 50 a 100 m³ de agua para producir una tonelada de caña (en peso fresco). Además, si la humedad relativa está alrededor de 80% y abundante luminosidad durante el crecimiento vegetativo (>25 MJ/m²), estimulará un crecimiento acelerado de los tallos, por la formación y elongación de sus entrenudos, así como el ahijamiento.

En contraste, durante la maduración se requiere un ambiente más bien seco (humedad relativa inferior a 65%), ya que las lluvias intensas disminuyen significativamente la calidad del jugo, propicia mayor crecimiento vegetativo, aumenta la humedad en el tejido vegetal y dificulta las maniobras durante la cosecha.

Después de las condiciones de humedad del suelo, la temperatura es uno de los factores que mejor se asocia con el crecimiento de la plantación. Cuando la temperatura ambiental es menor a 25°C o mayor a 38°C, afecta negativamente el rebrote o germinación de las cañas. Las temperaturas máximas superiores a esta última reducen la producción de materia seca por disminuir la tasa fotosintética e incrementar la respiración.

Si prevalecen temperaturas altas durante la maduración, la concentración de sacarosa se altera, disminuyendo la acumulación de azúcares porque su molécula se disocia en fructuosa y glucosa. Indistintamente de la temperatura, las hojas superiores interceptan más del 70% de la radiación solar, por lo que el sombreado que se produce en las hojas inferiores hace que disminuya su

producción de fotosintatos. Por esta razón, es muy importante tomar en cuenta la densidad de población para fomentar una mayor intercepción de radiación solar, lo que mantendrá por más tiempo las hojas verdes en la planta y al prolongar su actividad fotosintética, se propiciará una mejor y mayor acumulación de azúcares.

Las condiciones del ambiente pueden no ser las apropiadas para el óptimo desarrollo del cultivo, como son las temperaturas extremas, el exceso de agua, estrés hídrico, vientos, entre otros, o bien, es viable que sean otras las variables que afecten su rendimiento, como son aquellas que están relacionadas con aspectos fitosanitarios (malezas, plagas y enfermedades). Por ello, para evaluar cuáles son los factores más limitantes de la producción desde el punto de vista de la percepción de los cañeros del área de abasto del Ingenio, a los agricultores que participaron en la encuesta se les preguntó cuál es la problemática que detectan y sus respuestas se muestran en el Cuadro 16, mientras que las características de los suelos de los agricultores en el área de estudio se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 16. Problemática detectada por los agricultores respecto a la producción de las plantaciones de caña en el Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado).

Potencial Productivo	Falta de agua		Exceso de agua		Falta de fertilizantes		Tipo de suelo	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	67	93	0	0	0	7	33	0
Medio	100	94	0	4	0	2	0	0
Bajo	67	100	0	0	0	0	33	0
Todos	77	95	0	2	0	3	23	0

Cuadro 17. Características de los suelos de los agricultores en el área de abasto del Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado).

Potencial Productivo	Textura	CI	CL	Piedras	CI	CL
Alto	Arcilloso	100.0	75.6	Mucha	33.3	9.8
	Otro	0.0	7.3	Poca	66.7	70.7
	No sabe	0.0	17.1	Nula	0.0	19.5
Medio	Arcilloso	100.0	80.4	Mucha	0.0	10.9
	Otro	0.0	19.6	Poca	100.0	71.7
	No sabe	0.0	0.0	Nula	0.0	17.4
Bajo	Arcilloso	100.0	77.5	Mucha	0.0	20.0
	Otro	0.0	22.5	Poca	100.0	65.0
	No sabe	0.0	0.0	Nula	0.0	15.0
Todos	Arcilloso	100.0	78.0	Mucha	14.3	13.4
	Otro	0.0	16.5	Poca	85.7	69.3
	No sabe	0.0	5.5	Nula	0.0	17.3

Uno de los problemas bióticos que pueden afectar de manera recurrente a las plantaciones es la presencia de malezas, plagas y enfermedades. La percepción de este tipo de problemas en el área cañera se resume en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Percepción de la problemática relacionada con la fitosanidad (plagas, enfermedades y malezas) del cultivo de la caña en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

¿Tiene problemas para controlar plagas y enfermedades en su plantación?			
No	A veces	Casi siempre	Siempre
3.6%	32.1%	21.4%	42.9%
¿Tiene problemas para controlar malezas en su plantación?			
No	A veces	Casi siempre	Siempre
17.9%	71.4%	7.1%	3.6%

En ocasiones, la presencia de plagas y enfermedades pueden ser el síntoma y no la causa de los problemas fitosanitarios, ya que estos organismos patógenos pueden estar alojados en las malezas. La caña reúne una serie de características que hacen propicio el ambiente para el desarrollo de vegetación nociva, como son el lento crecimiento inicial del cultivo (pueden pasar 2.5 meses hasta que se logre que el dosel tenga una cobertura total del terreno y hasta 4 meses para que el cultivo ya se encuentre libre de malas hierbas), poco laboreo durante las socas, suficiente agua y nutrientes. La maleza compite con el cultivo por agua y nutrientes, además de ser hospederas de una serie de patógenos (plagas y enfermedades) que infestan a la caña. Para resolver esto se puede implementar un programa de control químico, tomando en cuenta la época de aplicación más adecuada y la selección de variedades adaptadas a la zona. De hecho, la variedad es el eje principal de la producción, ya que por sus características, permite sortear de mejor manera las condiciones ambientales que pudiesen tener efectos nocivos o negativos sobre la producción del cultivo. En este sentido, se les preguntó a los cañeros del área de abasto del Ingenio cómo seleccionaron la variedad empleada por ellos en sus plantaciones (Cuadros 19 y 20).

Cuadro 19. Criterio para seleccionar la variedad de caña por grupo de productores en el Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	No tengo opción		Es la que se recomienda		La estoy probando		Porque es la mejor	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0.0	4.8	60.0	54.8	0.0	2.4	40.0	38.1
Medio	0.0	0.0	80.0	76.1	0.0	6.5	20.0	17.4
Bajo	0.0	0.0	66.7	65.0	0.0	7.5	33.3	27.5
Todos	0.0	1.6	69.2	65.6	0.0	5.5	30.8	27.3

La madurez de la caña depende de su concentración de sacarosa y pureza del jugo de caña. El tiempo que tarda la planta en alcanzar los valores estipulados ocurre a los 12, 14 ó 16 meses de edad, según la variedad y de ahí que se les denomine como tempranas, intermedias o tardías, respectivamente. Lo anterior es fundamental considerarlo para optimizar el frente de corte y

disminuir los tiempos que transcurren desde la cosecha hasta la molienda, lo que también repercutirá sobre la calidad y cantidad de azúcar producida.

Cuadro 20. Tipo de variedades de caña de azúcar y características asociadas a ella por grupo de productores en el Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	Variedad de caña empleada		Mezcla de variedades		Semilla (t/ha)			
		CI	CL		CI	CL	CI	CL
Alto	MEX 69-290	83.3	85.4	Sí	16.7	43.9	10.4	10.3
	CP 72-2086	16.7	9.8	No	83.3	56.1		
	Otras	0.0	4.9					
Medio	MEX 69-290	40.0	60.9	Sí	60.0	15.2	9.5	11.2
	CP 72-2086	20.0	34.8	No	40.0	84.8		
	Otras	40.0	4.3					
Bajo	MEX 69-290	33.3	57.5	Sí	66.7	22.5	9.3	9.5
	CP 72-2086	66.7	30.0	No	33.3	77.5		
	Otras	0.0	12.5					
Todos	MEX 69-290	57.1	67.7	Sí	42.9	26.8	9.8	10.4
	CP 72-2086	28.6	25.2	No	57.1	73.2		
	Otras	14.3	7.1					

Entre las condiciones más relevantes que deben tomarse en cuenta para la elección de una variedad está su resistencia a las condiciones adversas del marco físico de la región (suelo y clima), así como de las plagas y enfermedades, además de su capacidad de rendimiento y calidad de jugo. Dado el hábito de crecimiento de la caña, es común que se permita el rebrote de la caña durante varios ciclos. Con esta práctica de manejo se ahorran una serie de actividades y se abaten costos de producción, aunque también hay que tomar en cuenta la disminución de los rendimientos a través de los ciclos. El tiempo que transcurre entre una plantación y otra puede ser de cinco años o más, por lo que cierto tipo de labores en el suelo se dificultan considerablemente y que en el largo plazo afectan la estabilidad del cañaveral.

En el Cuadro 21 se presenta los ciclos que transcurren sin plantar la caña de acuerdo a la opinión de los agricultores cuyas parcelas se encuentran en el área de abasto del Ingenio.

Cuadro 21. Ciclos transcurridos sin plantar nuevamente la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado).

Potencial Productivo	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
	Menos de 5 ciclos		6 ciclos		7 ciclos		Más de 8 ciclos		Menos de 7 ciclos	
Alto	0.0	7.5	33.3	5.0	0.0	17.5	66.7	70.0	33.3	30.0
Medio	20.0	21.7	0.0	15.2	20.0	13.0	60.0	50.0	40.0	50.0
Bajo	0.0	12.8	0.0	15.4	0.0	10.3	100.0	61.5	0.0	38.5
Todos	7.1	14.4	14.3	12.0	7.1	13.6	71.4	60.0	28.6	40.0

Debido a la permanencia del cultivo a través de los años, uno de los aspectos fitosanitarios que debe atenderse es el control de malezas, puesto que este tipo de manejo fomenta el crecimiento de vegetación indeseable. La forma en que proceden los agricultores al respecto se presenta en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Control de malezas por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	¿Tiene problemas con el control de malezas?				¿Qué actividad hace primero?				¿Cómo lleva a cabo el control de malezas?			
	No		Sí		Limpia		Fertiliza		Manual		Químico	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	100	90	0	10	50	76	50	24	38	39	63	61
Medio	80	76	20	24	80	63	20	37	29	32	71	68
Bajo	67	95	33	5	67	44	33	56	50	34	50	66
Todos	86	86	14	14	64	61	36	39	38	35	62	65

Un factor decisivo para la conservación del suelo es el mantenimiento de sus reservas orgánicas, puesto que éstas al asociarse con los coloides inorgánicos (arcillas) forman agregados que le confieren al terreno una serie de condiciones que propician una mayor productividad, como es el mejoramiento de su capacidad de almacenamiento de agua, resistencia contra el proceso erosivo, facilitar la infiltración de los excesos de agua, entre otros factores. En el Cuadro 23 se presenta la tendencia en la aplicación de materiales orgánicos por parte de los productores entrevistados en el área de abasto del Ingenio.

Cuadro 23. Aplicación de enmiendas orgánicas y control de malezas por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	¿Aplica materiales orgánicos?				¿Lo hace con base en asesoría?			
	No		Sí		No		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	83	98	17	3	80	82	20	18
Medio	60	93	40	7	40	66	60	34
Bajo	67	90	33	10	50	65	50	35
Todos	71	94	29	6	58	71	42	29

Las condiciones físicas adversas del suelo se reflejan en la disminución de su porosidad efectiva (meso poros) y el incremento de la resistencia del suelo a la penetración de las raíces y su proliferación, además de afectar negativamente la tasa de infiltración y conservación del agua disponible en la zona de exploración de las raíces, menor capacidad del cultivo para tolerar la época de estiaje y es más susceptible al acame. En el Cuadro 24 se presenta la percepción de los agricultores del área de abasto del Ingenio que se encuestaron, respecto a la dificultad en el manejo de su terreno.

Cuadro 24. Percepción de las características del suelo por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	No sabe		No		Puede ser		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0	2	67	86	17	5	17	7
Medio	0	0	100	78	0	2	0	20
Bajo	0	0	67	90	0	8	33	3
Todos	0	1	79	84	7	5	14	10

Una forma de mejorar las condiciones físicas del terreno como las comentadas en los párrafos anteriores, es a través de la aplicación de un subsoleo profundo (mayor a 50 cm) y adición de abonos orgánicos.

La fuente, dosis y época de aplicación varía según las condiciones de suelo y clima, así como disponibilidad de materiales orgánicos en la región. Una forma de manifestar los efectos ocasionados por la pérdida de las reservas orgánicas edáficas es a través de la percepción del empobrecimiento del suelo, ya que los síntomas se aprecian como si el suelo se hubiese “agotado”.

Al respecto, se les preguntó a los productores del área de abasto del Ingenio si percibían dicha situación, cuyas respuestas se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Consideraciones sobre el empobrecimiento del suelo por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	¿Considera que se ha empobrecido su terreno?							
	No sabe		No		Puede ser		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	17	3	17	48	33	13	33	38
Medio	0	2	40	35	20	15	40	48
Bajo	0	0	0	45	0	13	100	43
Todos	7	2	21	42	21	13	50	43

Otro efecto de la pérdida de las reservas orgánicas edáficas se manifiesta en la cantidad de agua que se pierde o permanece en el terreno, según sea el caso. Si no hay suficientes reservas orgánicas, el drenaje se hace mucho más lento por la disminución del espacio poroso efectivo, lo cual se acentúa en terrenos arcillosos. La percepción de la problemática relacionada con el exceso de agua en la plantación de caña de azúcar por los agricultores del área de abasto del Ingenio se presenta en el Cuadro 26. En contraste con lo comentado anteriormente, una escasa cantidad de reservas orgánicas edáficas propicia también una pobre acumulación de agua disponible para el cultivo, por lo que en zonas irrigadas es necesario incrementar el número de riegos para abastecer al cultivo y en condiciones de secano la época de estiaje afecta con mayor intensidad a la plantación.

Cuadro 26. Percepción de la problemática relacionada con el agua en la plantación de caña de azúcar por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	¿Mejora el rendimiento cuando se drena el terreno?							
	No		A veces		Casi siempre		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	100	75	0	15	0	10	0	0
Medio	100	80	0	6	0	7	0	7
Bajo	100	100	0	0	0	0	0	0
Todos	100	85	0	7	0	6	0	2
Potencial Productivo	Se inunda el terreno con las lluvias							
	No		A veces		Casi siempre		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	33	73	33	20	34	5	0	2
Medio	80	70	20	22	0	7	0	2
Bajo	100	76	0	11	0	5	0	8
Todos	64	73	21	18	14	6	0	4
Potencial Productivo	¿Hace drenes en su terreno?							
	No los necesito				Sí se requieren			
	CI		CL		CI		CL	
Alto	83		13		17		87	
Medio	60		9		40		91	
Bajo	50		31		50		69	
Todos	69		18		31		82	

La percepción de los productores respecto a la escasez de agua en las parcelas ubicadas en el área de abasto del Ingenio se presenta en el Cuadro 27. Las características de crecimiento de la caña hacen que tenga requerimientos hídricos mayores a la mayoría de los cultivos, aunque a la vez es resistente a la sequía. Entre 50% y 70% de las raíces se distribuye en los primeros 30 cm de

profundidad, por lo que es la zona donde mayor intensidad de absorción ocurre (de agua y nutrientes).

Cuadro 27. Problemas asociados con la falta de disponibilidad de agua para el cultivo de la caña por grupo de productores en el área de abasto del Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	¿Es común que le falte agua al cultivo de la caña?							
	No		A veces		Casi siempre		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0	2	0	20	0	46	100	32
Medio	0	0	0	4	0	46	100	50
Bajo	0	0	34	5	33	35	33	60
Todos	0	1	8	9	8	43	85	47

Si las condiciones del terreno son de humedad restringida, la raíz tiende a crecer más en profundidad buscando el acceso al agua. Esto hace que los fotosintatos se deriven hacia el crecimiento de la biomasa radical y en menor proporción a otras partes de la planta, afectando el rendimiento de la caña, por lo que un sistema radical profundo no siempre es sinónimo de mayor fortaleza y capacidad productiva del cultivo.

En el Cuadro 28 se presentan los resultados de las preguntas realizadas a los productores que participaron en la encuesta sobre los aspectos relacionados con el uso del agua de riego en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio. Cuando se cuenta con riego, es fundamental saber aplicar las láminas de agua en cantidad, frecuencia y oportunidad. Cuando no se tiene manera de tener un abasto controlado de agua, se afecta de manera negativa el rendimiento y producción de azúcar, aunque es importante mencionar que el estrés hídrico moderado durante la maduración del cultivo (mes a mes y medio antes de la cosecha) retarda la floración y aumenta la producción. Los riegos o lluvia excesiva durante la etapa vegetativa causan problemas en la plantación, porque disminuye la tasa de difusión del oxígeno y afectan la absorción de nutrientes.

Cuadro 28. Aspectos relacionados con el uso del agua de riego en las plantaciones por grupo de productores en el área de abasto del Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	¿Almacena agua para regar?					
	Sí			No		
	CI	CL		CI	CL	
Alto	75	17.5		25	82.5	
Medio	100	4.3		0	95.7	
Bajo	67	8.1		33	91.9	
Todos	80	9.8		20	90.2	
Potencial Productivo	¿Tiene riego?					
	No			Sí		
	CI	CL		CI	CL	
Alto	83	100		17	0	
Medio	80	100		20	0	
Bajo	33	78		67	23	
Todos	71	93		29	7	
Potencial Productivo	¿Le alcanza el agua que tiene disponible para regar?					
	No		A veces		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0	0.0	0	50.0	100	50
Medio	0	0.0	0	0.0	0	0
Bajo	0	18.2	50	63.6	50	18
Todos	0	15.4	20	61.5	80	23

En resumen, de los aspectos más sobresalientes que se detectaron de acuerdo a lo que se captó de la percepción de los productores en el área de abasto del Ingenio resaltan los aspectos económicos (costo de los insumos) y la escasez en el uso de materiales orgánicos.

Es muy importante resaltar que si no se reponen las reservas orgánicas edáficas mediante la aplicación de enmiendas apropiadas en la cantidad y oportunidad requeridas, se inducirá una pérdida de la fertilidad física edáfica (capacidad productiva del suelo), se perciba o no en este momento. El tiempo que tarde en deteriorarse un terreno depende de sus características físicas y químicas, tipo de manejo practicado y de las condiciones ambientales de la zona, por lo que de seguir el abatimiento de las reservas orgánicas edáficas, para mantener la misma productividad habrá que incrementar el uso de insumos y por los mismo, los costos de producción, hasta llegar a un punto donde ya no sea rentable la producción.

Las respuestas de los productores respecto al ambiente de producción fueron similares en cuanto a la presencia de piedras, profundidad y textura del suelo, coincidiendo en que el problema más frecuente y apremiante está asociado con la disponibilidad de humedad, tanto por la prolongada época de estiaje como la falta de recursos para contar con riego apropiado y suficiente. La diferencia de opinión está en que los agricultores con mayores recursos económicos consideran que el suelo se ha empobrecido, situación que no detectan aún los de bajos ingresos o que hay otras variables que perciben con mayor agudeza y que no los permite visualizar el deterioro del suelo. Dada la similitud de las condiciones del marco físico en las parcelas del área de abasto del Ingenio, entonces es viable suponer que las diferencias en productividad se atribuyan al manejo agronómico que se lleva a cabo.

6.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA NUTRICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO.

6.2.1 Manejo de la fertilización actual en el área cañera

El uso y manejo de los fertilizantes es otro aspecto clave del manejo que influye de manera decisiva sobre la productividad y rentabilidad de las plantaciones. Para conocer cuáles son las tendencias sobre la práctica de la fertilización en el área de abasto del Ingenio, se preguntó a los productores que participaron en la encuesta aspectos inherentes al uso de los fertilizantes (Cuadro 29).

Cuadro 29. Uso de fertilizantes en las plantaciones de caña de azúcar por grupo de productores en el área de abasto del Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	Aplica fertilizantes					
	Sí			No		
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Medio	100.0	97.8	0.0	2.2	0.0	2.2
Bajo	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Todos	100.0	99.2	0.0	0.8	0.0	0.8
Potencial Productivo	¿Hace análisis del suelo?				Último muestreo (años)	
	Sí		No			
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	50.0	29.3	50.0	70.7	2.5	1.2
Medio	60.0	2.2	40.0	97.8	2.1	0.7
Bajo	0.0	17.5	100	82.5	0.0	0.7
Todos	42.9	15.7	57.1	84.3	1.8	0.9

El uso de fertilizantes es fundamental para aportar aquellos nutrientes que el suelo no sea capaz de hacerlo; sin embargo, si esto no se hace apropiadamente y se incurren en excesos, se provocarán otro tipo de problemas que van desde sólo incrementar los costos de producción de manera innecesaria, provocar daños al ambiente con el detrimento del ecosistema y afectación a largo plazo a las mismas plantaciones o incluso inducir efectos tóxicos provocando un menor rendimiento y calidad del cultivo. En contraste, si la práctica de la fertilización se lleva a cabo de manera correcta, propiciará menores costos de producción y coadyuvará a lograr mejores rendimientos. Ante esta situación y con tal de mantener bien nutrido al cultivo, dada la facilidad de acceder a diversos tipos de insumos, el uso de foliares ha resultado atractivo para diversos productores, por ello se les preguntó si aplican fertilizantes al follaje de las plantaciones (Cuadro 30).

Cuadro 30. Porcentaje de productores que aplican fertilizantes al follaje en las plantaciones de caña del área de abasto del Ingenio Central Progreso (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado)

Potencial Productivo	No aplica		Sí aplica	
	CI	CL	CI	CL
Alto	67	95	33	5
Medio	80	89	20	11
Bajo	100	90	0	10
Todos	79	91	21	9

La fertilización foliar es una práctica esencial cuando se deben resolver algunos problemas de índole nutrimental y que no es viable hacerlo a través la aplicación al suelo; sin embargo, si esto no se hace de manera correcta, en lugar de esperar un efecto positivo, sólo se encarecerá inútilmente la producción. En el Cuadro 31 se presenta la distribución de frecuencia que indica la cantidad de NPK aplicados con los fertilizantes en el área de abasto del Ingenio y en el Cuadro 32 sólo de N.

Cuadro 31. Dosis de nutrientes más frecuentes aplicados por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto.

Dosis	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
(kg ha ⁻¹)	----- % -----		
0	0	100	0
≤50	4	0	0
50 a 100	50	0	21
100 a 150	39	0	50
150 a 200	7	0	21
>200	0	0	7

Cuadro 32. Dosis de nitrógeno aplicada por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso

Potencial Productivo	Dosis (kg/ha)	CI	CL
Alto	<120	16.7	46.3
	120-160	0.0	9.8
	160-200	50.0	26.8
	>200	33.3	17.1
Medio	<120	60.0	68.9
	120-160	0.0	13.3
	160-200	0.0	6.7
	>200	40.0	11.1
Bajo	<120	33.3	53.8
	120-160	0.0	15.4
	160-200	0.0	23.1
	>200	66.7	7.7
Todos	<120	35.7	56.8
	120-160	0.0	12.8
	160-200	21.4	18.4
	>200	42.9	12.0

La cantidad de nutrientes aplicados suele relacionarse de manera directa con el rendimiento del cultivo, esto es, mientras más producción se tenga, mayor será la dosis que se aplique.

Por lo anterior, se suele asociar el uso de nutrientes con el rendimiento del cultivo; sin embargo, esto no es preciso. Es lógico que a mayor producción se genere más biomasa (materia seca) y se incremente la demanda de nutrientes. Si la cantidad de nutrientes que hay en el suelo no es suficiente para satisfacer tal necesidad, entonces habrá que adicionarlos a través de fertilizantes, pero si la oferta del suelo es suficiente, entonces no se deberá aplicarlos.

La aplicación de una determinada dosis de fertilizantes no es suficiente como para resolver los problemas nutrimentales, también debe considerarse el tipo de material a adicionar y con qué frecuencia se hará, porque ello influye de manera decisiva en la eficiencia de uso del fertilizante. La distribución de los fertilizantes aplicados a través del ciclo de producción de la caña se presenta en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Distribución de la dosis de fertilizante a través del ciclo de la caña por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial Productivo	Una vez por ciclo		Dos veces por ciclo					
	CI	CL	CI	CL				
Alto	16.7	35.0	83.3	65.0				
Medio	60.0	55.6	40.0	44.4				
Bajo	33.3	45.0	66.7	55.0				
Todos	35.7	45.6	64.3	54.4				
Potencial productivo	¿Por qué lo hace así?							
	No sé		No hay opción		Así se recomienda		Así es mejor	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	0.0	2.7	0.0	5.4	0.0	16.2	100.0	75.7
Medio	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	35.3	100.0	50.0
Bajo	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	29.4	100.0	55.9
Todos	0.0	1.0	0.0	11.4	0.0	26.7	100.0	61.0

La aplicación de los fertilizantes a través del ciclo se lleva a cabo para evitar o disminuir pérdidas de los nutrientes por lixiviación o para no inducir efectos salinos negativos que afecten el crecimiento de la raíz.

Entonces, si no hay riesgos de daños por salinidad al cultivo y no hay condiciones que propicien la lixiviación de los nutrientes, no será necesario aplicar los fertilizantes en distintas oportunidades durante el ciclo del cultivo.

El nitrógeno es el nutriente que suele aplicarse en dos o más oportunidades durante el ciclo del cultivo, por su alta movilidad en el suelo. En contraste, como es prácticamente nulo el desplazamiento del fósforo en el suelo, el cultivo no lo aprovechará si no se aplica abajo y a un lado de las raíces, por lo que debe adicionarse antes de la siembra o el rebrote de las cañas. Lo mismo aplica para el caso del potasio, ya que este catión queda adsorbido en las cargas negativas de los coloides del suelo, impidiendo su movilidad en el perfil, a menos que el suelo sea extremadamente arenoso (menos de 10% de arcilla) y que por lo mismo, no tenga suficiente capacidad para retenerlo. Si este es el caso, el potasio deberá distribuirse en la misma proporción que el nitrógeno. Cuando se aplica fósforo y potasio en más de dos ocasiones, es más consecuencia del tipo de fertilizante que una decisión de manejo nutrimental (Cuadro 34).

Cuadro 34. Tipo de fertilizante empleado por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Potencial productivo	Fertilizante	CI	CL
Alto	20-05-25	50.0	58.5
	Mezcla+Otro	50.0	39.0
	Otros	0.0	2.4
Medio	20-05-25	60.0	75.6
	Mezcla+Otro	40.0	13.3
	Otros	0.0	11.1
Bajo	20-05-25	33.3	50.0
	Mezcla+Otro	33.3	47.5
	Otros	33.3	2.5
Todos	20-05-25	50.0	61.9
	Mezcla+Otro	42.9	32.5
	Otros	7.1	5.6

Las mezclas físicas y fórmulas nutrimentales son una buena opción para aplicar dos o más nutrientes al mismo tiempo y pueden ser una alternativa apropiada para la adición de fertilizantes al inicio del ciclo; sin embargo, no conviene emplearlos si se desea distribuir el nitrógeno en una

segunda o tercera aplicación en el ciclo, puesto que los nutrientes adicionales no los aprovechará el cultivo por las razones comentadas en párrafos anteriores.

El fertilizante nitrogenado tiende a ser mejor aprovechado por el cultivo si se aplica en dos o más oportunidades durante el ciclo, pero esto encarece el manejo de la fertilización y no es tan necesario. Con dos fraccionamientos suele ser suficiente en la gran mayoría de los casos y con ello se mejora la eficiencia de uso del fertilizante. En el Cuadro 35 se presenta la distribución de frecuencia de la eficiencia de las aplicaciones de nutrientes en el área de abasto del Ingenio. Si la eficiencia de recuperación del nitrógeno es superior al 50% se considera como óptima. Mientras menor sea este valor, es consecuencia de problemas de manejo que incrementan pérdidas de este nutriente por lixiviación, desnitrificación o volatilización.

Cuadro 35. Problemática asociada al uso de fertilizantes en el área de abasto del Ingenio por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Eficiencia de recuperación del N		*I_{AF} kg t⁻¹	P DF	K DF
%	DF			
≥50	7	0	100	0
45 a 50	43	≤0.3	0	0
40 a 45	21	0.3 a 0.6	0	0
35 a 40	18	0.6 a 0.9	0	0
≤35	11	>0.9	0	100
*IAF= Índice de aplicación del fertilizante				

Cuadro 35. Problemática asociada al uso de fertilizantes en el área de abasto del Ingenio por grupo de productores (CI: capital ilimitado; CL: capital limitado) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso (Continuación).

Potencial Productivo	¿Cubre el fertilizante?		¿Tiene problemas para conseguir el fertilizante?			
	No		No		Sí	
	CI	CL	CI	CL	CI	CL
Alto	100	100	100	97	0	3
Medio	100	100	100	89	0	11
Bajo	100	100	100	74	0	26
Todos	100	100	100	87	0	13

Para el caso del fósforo y potasio, mientras menor sea el índice de aplicación del fertilizante implica que no se está incurriendo en sobre-fertilización, lo cual suele ocurrir ya sea por decisiones de manejo no convenientes (uso de fórmulas durante el ciclo de cultivo) o adiciones de los fertilizantes fosfatados y potásicos cuando la oferta del suelo satisface por sí misma la demanda del cultivo.

6.2.2 Eficiencia de recuperación de los fertilizantes

Los fertilizantes son materiales de origen químico u orgánico que contienen uno o más nutrientes esenciales para los cultivos. Por definición, se debe entender como nutriente esencial a todo elemento mineral que es indispensable para el desarrollo de las plantas, cuyas funciones no pueden ser reemplazadas por otros elementos. El contenido de nutrientes en los fertilizantes se expresa de la siguiente manera y orden: nitrogenados como porcentaje de nitrógeno elemental (N); fosfatados en porcentaje de anhídrido fosfórico (P_2O_5); potásicos como porcentaje de óxido de potasio (K_2O). Por lo tanto, cuando se presentan en mezclas o compuestos, su concentración se suele reportar en tres números consecutivos, por ejemplo, la fórmula 17-17-17 (triple 17) indica que el fertilizante contiene 17% de nitrógeno, 17% de fósforo (como P_2O_5) y 17% de potasio (como K_2O).

El manejo de la fertilización está integrado por distintos factores, entre los que destacan los siguientes: a) selección de los insumos más convenientes por tipo de suelo, clima, cultivo y características del manejo como es el sistema de labranza, condición hídrica (riego o temporal), ciclo de producción, entre otros; b) método de aplicación del fertilizante (en banda, al voleo, incorporación, puesto sobre la superficie del terreno, entre otros; c) forma de aplicación de los nutrientes (orgánica o química) ya sea en forma líquida, gaseosa o sólida (gránulos o polvos), aplicados directamente al suelo o a través del agua de riego, por medio de mezclas físicas, complejos o fertilizantes simples, entre otros; d) oportunidad de la aplicación, esto es, si se adiciona todo antes o durante la siembra o se debe aplicar en distintas proporciones durante el ciclo del cultivo.

La eficiencia de recuperación del fertilizante se refiere al porcentaje de los nutrientes que aprovechó el cultivo y que estaban contenidos en el fertilizante aplicado al suelo, o en otras palabras, sólo una porción de los nutrientes contenidos en el fertilizante aplicado es absorbida por el cultivo, mientras que el resto seguirá dos rutas: a) los nutrientes reaccionarán con los componentes del suelo quedando en formas no aprovechables, aunque al cabo del tiempo se puedan liberar y queden nuevamente disponibles, denominándose a esto “efecto residual”; b) si por algún mecanismo o reacción los nutrientes no quedan retenidos en los componentes del suelo y no los llega a absorber el cultivo, estarán sujetos a diversos procesos de pérdida. La eficiencia de la fertilización no es constante y su variación depende del tipo de nutriente, puesto que los distintos elementos (y sus formas químicas) presentan reacciones específicas con los diversos componentes del suelo, cuya intensidad se modifica por diversas causas (fuente empleada para aportar los nutrientes, método de aplicación, oferta nutrimental, humedad y temperatura del suelo, entre otras). De hecho, en algunos casos puede ser tan baja como 10%, lo cual suele ocurrir en la fertilización fosfatada en suelos muy reactivos, mientras que la fertilización potásica llega a ser del orden de 90% en suelos poco reactivos. Ambos ejemplos son reales y no es posible incrementar dichos valores de manera significativa, pero si no se hace un manejo apropiado de la fertilización, sin lugar a dudas la eficiencia será mucho menor a la esperada.

En el Cuadro 36 se presenta la distribución de frecuencia de los parámetros que están relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

Cuadro 36. Distribución de frecuencia (DF) de los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado (E_{RN}) en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

cL		cD		cV		E_{RN}	
%	DF	%	DF	%	DF	%	DF
<5	69	<5	0	<5	98	<30	0
5 a 10	29	5 a 10	44	5 a 10	3	30 a 40	0
10 a 15	2	10 a 15	56	10 a 15	0	40 a 50	2
15 a 20	0	15 a 20	0	15 a 20	0	50 a 60	98
>20	0	>20	0	>20	0	>60	0

cL= coeficiente de lixiviación; cD= coeficiente de desnitrificación; cV= coeficiente de volatilización

Para el caso del nitrógeno, una eficiencia de 50% se considera como razonable desde el punto de vista ecológico y económico. Como ejemplo, si se aplican 100 kgN ha⁻¹, la caña aprovechará 50 kgN ha⁻¹ y los 50 kgN ha⁻¹ restantes aunque no son asimilados por el cultivo no se pierden, ya que se distribuyen en diversos procesos, por ejemplo, 10 kgN ha⁻¹ se perderán por alguna de las vías de salida del sistema (por ejemplo lixiviación o desnitrificación), los 40 kgN ha⁻¹ restantes quedarán en formas orgánicas no asimilables por el cultivo de manera temporal, mismas que podrían incrementar la oferta de nitrógeno para el siguiente ciclo, aunque también es viable que estén sujetas a los procesos de pérdidas ya comentados. Lo que sin duda ocurre, si no se aplica el fertilizante en tiempo y forma de manera correcta y oportuna, es intensificar los procesos de pérdida hacia la atmósfera (transformaciones a formas gaseosas como óxido nitroso, N₂, amoníaco) o a los cuerpos de agua superficiales (por arrastre) o subterráneos (principalmente nitratos), con la consecuente disminución de la eficiencia de la fertilización.

La fabricación de los fertilizantes nitrogenados consiste en fijar el nitrógeno atmosférico y su combinación con otros elementos hasta lograr productos que puedan ser manejables y que se

encuentre en forma asimilable como amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-), o bien, que en el suelo se transforme fácilmente a través de diferente tipo de reacciones (caso del amoniaco o de la urea). En la actualidad casi todo el nitrógeno fijado es en forma de amoniaco (NH_3) usando como fuente de energía combustibles fósiles (como es el caso del gas natural), aunque también se emplean otros productos como carbono mineral y por ello se han encarecido considerablemente en los años recientes, por la tendencia al elevado precio del petróleo. El sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21.5% de N) proviene de neutralizar el amoniaco con el ácido sulfúrico con el amoniaco, aunque también suele aprovecharse como un subproducto de diversos procesos industriales. Con la oxidación del amoniaco se forma el ácido nítrico y al neutralizar ambos compuestos se obtiene el nitrato de amonio NH_4NO_3 (33.5% de N). A este producto se le añaden materiales inertes como cal o dolomita para evitar riesgos de explosión, mientras que el amonitrato suele tener una concentración menor (20 a 28% de nitrógeno). La urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ es una molécula orgánica y se obtiene por reacción del amoniaco con el CO_2 como subproducto de la fabricación del amoniaco. Es el fertilizante sólido con mayor contenido de nitrógeno (46% de N). El nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se fabrica al neutralizar el ácido nítrico con caliza o como subproducto durante la obtención de los nitrofosfatos. El nitrato de sodio o salitre NaNO_3 es extraído de yacimientos y su fabricación consiste sólo en su depuración. Los fertilizantes líquidos nitrogenados varían de acuerdo a la presión requerida para su almacenamiento. Entre los de alta presión se encuentra el amoniaco (>82% de N), el cual por lo mismo debe ser almacenado en recipientes especiales que resistan las altas presiones del amoniaco en estado líquido. Su ventaja es el bajo precio por unidad de nitrógeno. Los de presión media se refieren básicamente al acuamonía, que no es más que una solución de amoniaco en agua, pero no representa grandes ventajas y sí muchos inconvenientes. Los que carecen de presión son soluciones acuosas y que la concentración varía entre 18 y 34% de N. Son productos de la disolución del nitrato de amonio, urea y sulfato de amonio en agua. Suelen ser productos de bajo precio, de fácil almacenamiento y aplicación, por lo que está creciendo su mercado en diversas partes del país.

Los fertilizantes líquidos deben enterrarse durante su aplicación para evitar pérdidas por evaporación, lo cual tiene que hacerse cuando el suelo tenga suficiente humedad para que el amoniaco se disuelva y se transforme en amonio. Las soluciones nitrogenadas sin presión pueden aplicarse sobre la superficie del suelo, pero siempre es preferible enterrarlas.

En el Cuadro 37 se presenta la distribución de frecuencia de los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante fosfatado en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

Cuadro 37. Distribución de frecuencia (DF) de los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante fosfatado (E_{RP}) en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

$*I_{AA}$		E_{RP}	
ppm kg^{-1}	DF	%	DF
<6	26	<13	1
6 a 7	69	13 a 15	8
7 a 8	4	15 a 17	66
8 a 9	1	17 a 19	26
>9	0	>20	0
$*I_{AA} = \text{Índice de adsorción de aniones}$			

Suponiendo que el manejo de la fertilización se hace de manera adecuada y que sólo se trata del cultivo de la caña de azúcar, el aprovechamiento del fósforo contenido en el fertilizante aplicado dependerá básicamente de la intensidad de la adsorción de los fosfatos en el suelo. Es posible que se dé el caso de que la absorción sea muy escasa o casi si el fertilizante no se sitúa de manera apropiada para que las raíces de la planta lo pueda alcanzar, lo cual resalta sobre todo cuando el nivel de fósforo en el suelo es muy pobre y su índice de adsorción de aniones sea mayor.

El fósforo existe de manera natural en depósitos de roca fosfórica, en formas que no son aprovechables por los cultivos en la mayoría de los casos. Por ello, se deben transformar los fosfatos extraídos de los yacimientos en formas solubles o asimilables. Para ello, la roca se trata con ácidos, cuya calidad y cantidad da origen al producto que se obtiene. El superfosfato simple se fabrica al combinar el fosfato natural con ácido sulfúrico, produciendo fosfato mono cálcico $Ca(H_2PO_4)_2$, (21% de P como P_2O_5) el cual puede ser aprovechado sin ningún problema por el cultivo. La obtención del superfosfato triple es similar al caso anterior pero el ácido que se

emplea es el fosfórico. Como no se genera sulfato de calcio en el proceso, tiene mayor concentración de fósforo (46% de P como P_2O_5).

Los fertilizantes compuestos contienen combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, ya sea dos de ellos, los tres e incluso pueden contener otros nutrientes. Si esto no es consecuencia de una mezcla física simple y su combinación se hace con base en reacciones químicas se les denomina fertilizantes complejos, lo cual se hace a través de la adición de ácido nítrico (nitrofosfatos) o fosfórico (fosfatos amónicos). Los nitrofosfatos se fabrican añadiendo ácido nítrico a la roca fosfórica y en algunos casos también se emplea el ácido sulfúrico, neutralizando la reacción con amoníaco. Al atacar la roca fosfórica con ácido sulfúrico se produce sulfato de calcio, el cual se desecha. El ácido fosfórico que resulta de tal reacción se neutraliza con amoníaco y según la proporción empleado de ácido fosfórico y amoníaco se obtiene el fosfato mono amónico (11% de N y 55% de P_2O_5), o el fosfato di amónico (18% de N y 46% de P_2O_5). Una vez que se obtiene el producto binario (combinación de N-P) se mezclan con fertilizantes potásicos para fabricar los ternarios (N-P-K) o incluso cuaternarios al agregar magnesio (N-P-K-Mg). En el Cuadro 38 se presenta la distribución de frecuencia de los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante potásico en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

Cuadro 38. Distribución de frecuencia (DF) de los parámetros relacionados con la eficiencia de recuperación del fertilizante potásico (E_{RK}) en las plantaciones de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio.

$*E_{cK}$		$*I_{AC}$		E_{RK}	
kg ppm ⁻¹	DF	ppm ppm ⁻¹	%	%	DF
<0.25	0	<0.25	0	<20	0
0.25 a 0.45	1	0.25 a 0.45	19	20 a 40	58
0.45 a 0.65	71	0.45 a 0.65	79	40 a 60	40
0.65 a 0.85	28	0.65 a 0.85	2	60 a 80	2
>0.85	0	>0.85	0	>80	0
*E_{cK} = eficiencia de absorción del cultivo; I_{AA} = Índice de adsorción de cationes					

El caso de la eficiencia de recuperación del potasio es similar a la del fósforo, puesto que también es un nutriente inmóvil. En este caso, al ser un catión, la reacción de adsorción se lleva a cabo sobre la superficie de las arcillas, cuya intensidad está cuantificada mediante el índice de adsorción de cationes, esto es, mientras mayor sea su valor la inmovilidad del potasio también lo será y viceversa, lo cual a su vez afectará la eficiencia con la que las raíces podrán absorber el nutriente, de ahí que también se considere dicho parámetro para calcular la eficiencia de recuperación del potasio. Los minerales potásicos pueden ser utilizados de manera directa como fuentes de potasio, pero como suelen tener impurezas que pudiesen ser tóxicas, es necesario que se depuren y elimine el riesgo de inducir daños al cultivo. El cloruro de potasio contiene entre 50 y 60% de K (como K_2O). El sulfato de potasio se fabrica a partir de combinar el cloruro de potasio con ácido sulfúrico y como subproducto se genera HCl. La concentración de potasio en este fertilizante suele ser alrededor de 50% (como K_2O), con un escaso contenido en cloro (<2.5%). El nitrato de potasio también se deriva a partir del cloruro de potasio, pero ahora se combina con ácido nítrico, el cual aporta 13% de N y 44% de potasio como K_2O .

Una forma de atenuar el problema de una baja eficiencia de recuperación del fertilizante es incrementar la dosis para satisfacer la demanda del cultivo, pero esta forma de proceder no es conveniente porque resulta costosa para el productor y daña el ambiente, lo más apropiado es detectar cuál es el origen del problema y resolverlo, para incrementar la eficiencia de la fertilización y aplicar sólo lo que se necesita, disminuyendo tanto los costos como los riesgos de contaminación. Cabe señalar que los métodos convencionales de los servicios de análisis químicos del suelo no cuantifican de manera directa la eficiencia de la fertilización, pero sí es factible que durante la calibración de los métodos se consideren de manera implícita los factores que modifican a la eficiencia de la fertilización. Por ello es una metodología específica por tipo de suelo y cultivo, aplicable para una región determinada cuya información no debe extrapolarse, ya que de lo contrario los resultados no serán confiables y se crearán más problemas que las posibles soluciones. Como alternativa, se deben cuantificar directamente los procesos involucrados en la relación de los nutrientes con los diversos componentes del suelo, así como la integración de los factores que modifican la eficiencia de recuperación de los fertilizantes.

6.3 PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE ABASTO DEL INGENIO

6.3.1 Productividad de la caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso

La cantidad de caña que muele el Ingenio Central Progreso en cada zafra depende de la producción que se tiene en su área de abasto, lo cual a su vez está sujeta a diversos factores de su marco físico y socioeconómico. Por lo tanto, como se ha señalado a lo largo de este documento, para proveer al ingenio de más caña para su molienda estriba en dos factores: a) incrementar la superficie de siembra; b) aumentar la biomasa cosechada por hectárea. En el primer caso el promedio de la superficie industrializada es de 10254 has, lo cual no ha variado al menos en las once zafras más recientes ($\pm 5.6\%$ de desviación estándar). Por lo tanto, queda analizar los cambios en la productividad de la caña de azúcar (Cuadro 39).

Cuadro 39. Productividad de la caña de azúcar y caña molida en el Ingenio Central Progreso entre la zafra 2000/01 y la 2010/11 (Fuente: elaboración propia con base en datos de zafranet. Los de la zafra 2010/11 se estimaron a partir de encuestas y mediciones en campo).

Zafra	Productividad de la caña t/ha	Caña molida miles de toneladas
2000/01	47	482
2001/02	56	556
2002/03	60	547
2003/04	58	570
2004/05	67	718
2005/06	61	651
2006/07	65	722
2007/08	60	640
2008/09	43	447
2009/10	46	470
2010/11	60	615

La variación de la productividad de la caña de azúcar en el Ingenio Central Progreso está definida por varias etapas: en la primera hubo un incremento a una tasa anual superior a 4 t/ha del rendimiento de la caña entre la zafra 2000/01 y la 2004/05. Después entre las zafras 2005/06 y 2007/08 se mantuvo razonablemente constante en poco más de 60 t/ha para posteriormente caer 30% en las zafras 2008/09 y 2009/10. De acuerdo con los resultados en este trabajo, las mediciones realizadas en campo y de las encuestas con los productores, se prevé que en la zafra actual (2010/11) se haya recuperado el nivel de productividad puesto que se estima un rendimiento promedio de 60 t/ha (Figura 11).

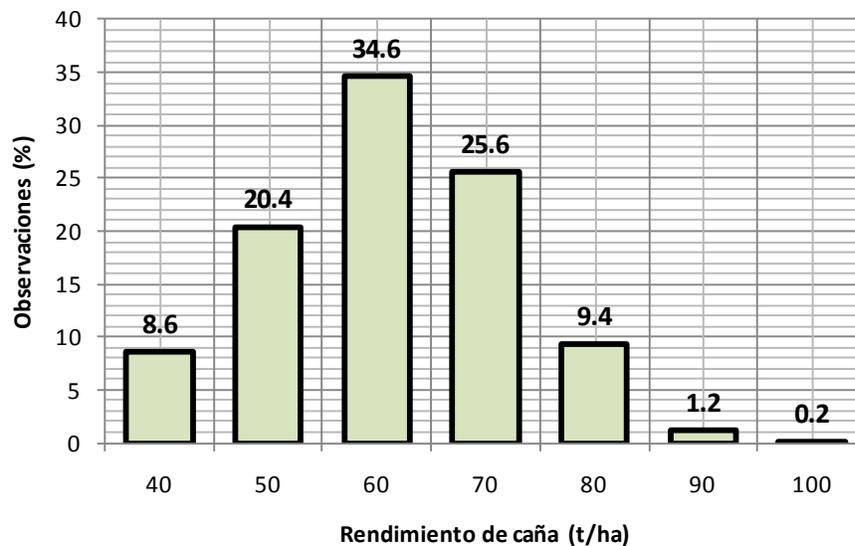


Figura 11. Distribución de frecuencia de la variación del rendimiento de caña en la zafra 2010/11, medido en parcelas de los 500 productores cooperantes del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Los cambios en la productividad se atribuyen a dos factores principales; uno se refiere a la dependencia de la biomasa a la variabilidad climática con énfasis en la cantidad y distribución de la precipitación pluvial, y el otro, al manejo que el productor lleva a cabo en su parcela, lo cual se hace más evidente cuando se presenta un año en el que las condiciones climáticas son favorables para el crecimiento y desarrollo del cultivo, como fue el caso que ocupa en el periodo en evaluación. De hecho, la productividad del área de abasto en estudio se distribuye en tres grupos, donde un tercio es de baja a muy baja productividad con rendimientos iguales o inferiores a 50 t/ha, otro tercio mantiene el nivel promedio de las once mejores zafras en evaluación con 60 t/ha

y el estrato superior con rendimientos entre 70 y 100 t/ha, lo que refuerza el planteamiento de que la productividad está asociada al manejo del sistema de producción, sin soslayar desde luego el efecto climático.

Un efecto directo del manejo sobre el rendimiento de la caña de azúcar es el ciclo del cultivo en el que se va deteriorando la producción por distintas razones, entre ellas la reposición de las plantas que se pierden. En el Cuadro 40 se presenta la variación de la productividad observada en el área de abasto del Ingenio Central Progreso según el ciclo de la caña de azúcar durante la zafra 2010/11.

Cuadro 40. Productividad según el ciclo de la caña de azúcar en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Ciclo	Observaciones		Y mínimo	Y promedio	Y máximo
	número	%	t/ha	t/ha	t/ha
Plantilla	192	24	48.8	73.8	95.0
Soca	176	22	35.0	57.6	76.3
Resoca	436	54	33.0	54.4	80.0

El manejo que realizan los agricultores de mayores ingresos durante el ciclo plantilla es muy similar al que hacen los demás productores, sobre todo en lo que se refiere al manejo del suelo (arado, rastra, surcado) y el procedimiento para la siembra de la caña. La diferencia está en el retiro de piedras del terreno y el chapeo, aunque esta última actividad no es frecuente entre los cañeros que cuentan con capital ilimitado y no se aprecia que influya en la producción que se tiene. De hecho, el rendimiento en plantilla es similar independientemente del nivel económico del productor, aunque es evidente que los agricultores que no atienden de manera adecuada su parcela tendrán una productividad equivalente a la oferta ambiental que el marco físico sea capaz de proporcionar para obtener una biomasa específica. En la Figura 12 se presenta la distribución de frecuencia de la variación del rendimiento de caña en el ciclo plantilla que se midió en parcelas de 500 productores cooperantes del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

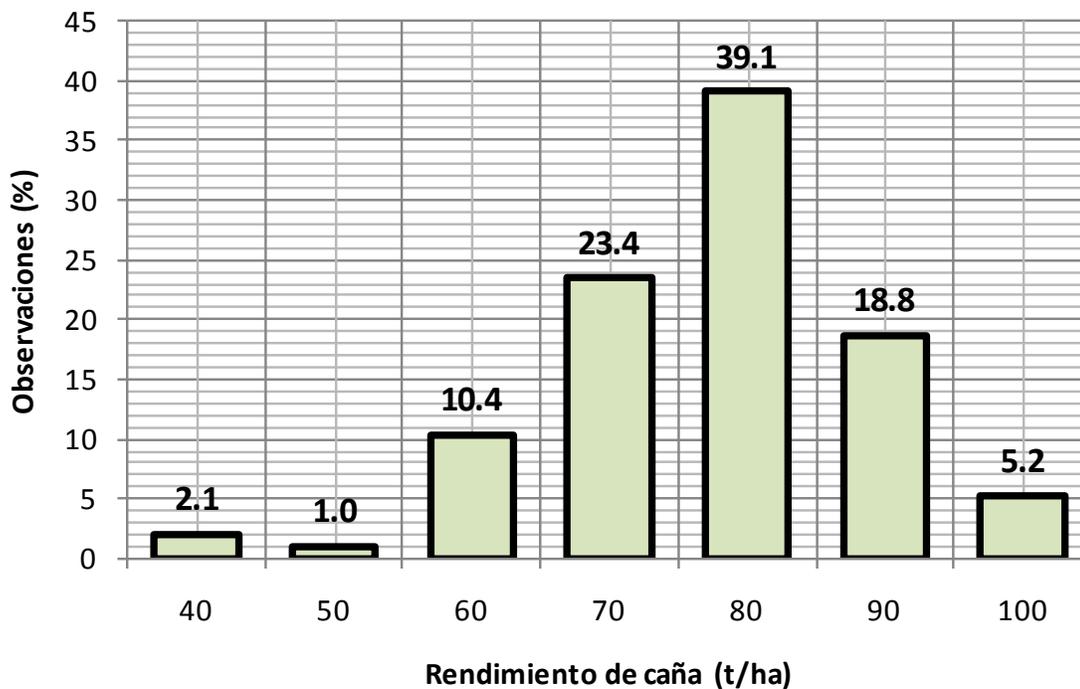


Figura 12. Distribución de frecuencia de la variación del rendimiento de caña en el ciclo plantilla que se midió en parcelas de 500 productores cooperantes del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

En contraste al ciclo plantilla, lo más relevante en el manejo durante las socas es la actividad de resiembra y la cantidad de tallos que se mantienen por hectárea, lo cual se aprecia en la Figura 13.

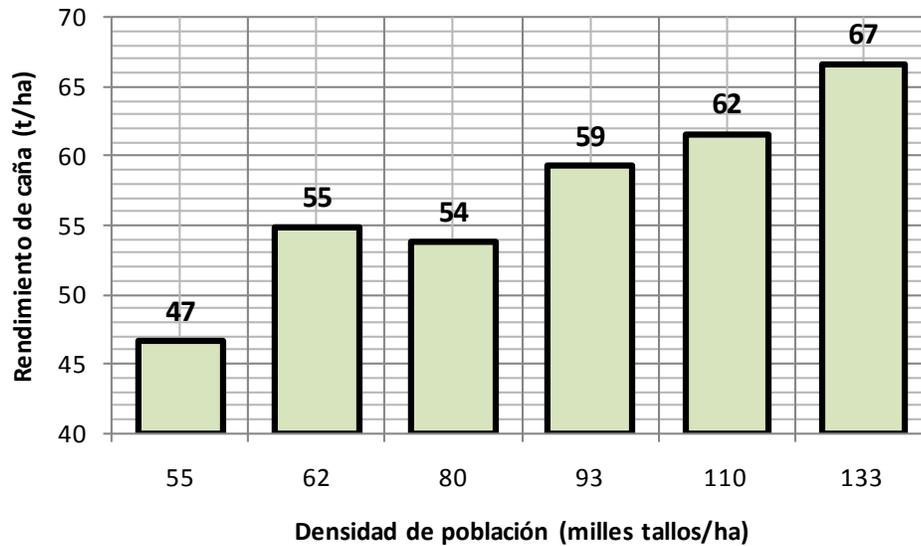


Figura 13. Relación entre la densidad de población y el rendimiento de caña en el ciclo soca y resocas. Valores promedio de mediciones en parcelas de 500 productores cooperantes del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Los agricultores con mayores ingresos hacen el esfuerzo por conservar una densidad de población superior a 100 mil tallos por hectárea, mientras que los cañeros de bajos ingresos no siempre contemplan esta actividad, por lo que a medida que avanzan los ciclos es frecuente encontrar en el terreno 80 mil tallos efectivos por hectárea o menos. Esta diferencia entre ambos grupos repercute de manera significativa en la productividad de la caña de azúcar.

Los demás componentes de las técnicas agronómicas que se llevan a cabo en el área de abasto del Ingenio son similares entre los sistemas de producción de los agricultores, sin importar el nivel de inversión con el que cuentan; sin embargo, existen diferencias importantes en cuanto al manejo de la nutrición del cultivo, donde la gran mayoría de los cañeros emplea la fórmula 20-05-25, lo que da un estrecho margen de operación para adecuar la nutrición a lo que el cultivo realmente necesita, lo cual se asocia a su productividad (Cuadro 41).

Cuadro 41. Productividad según la dosis de nitrógeno aplicada y el ciclo de la caña de azúcar y en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Dosis N Kg/ha	*Observ. %	Y promedio (t/ha)	Y máximo (t/ha)	Y mínimo (t/ha)
Ciclo Plantilla				
<100	69	62	80	40
100 a 120	71	75	100	35
120 a 150	77	81	100	70
>150	72	77	100	50
Ciclo Soca				
<100	63	51	65	25
100 a 120	70	59	80	40
120 a 150	59	58	70	35
>150	57	63	90	40
Ciclo Resoca				
<100	72	51	70	40
100 a 120	77	54	80	30
120 a 150	77	53	70	40
>150	66	59	100	22

*Porcentaje de observaciones que coinciden con el valor del rendimiento promedio

La combinación de la fórmula del Ingenio Central Progreso (20-05-25) con la urea permite mejorar la fertilización nitrogenada y también el rendimiento de la caña de azúcar, pero esto no es una práctica común entre los cañeros de la región. Los productores de mayores ingresos suelen aplicar cantidades superiores a 150 kg/ha, mientras que los demás agricultores aplican 120 kg/ha o menos. Cabe hacer mención que no es una práctica habitual en el área de abasto del Ingenio cubrir el fertilizante y como aplican mezclas físicas, es ineficiente el uso y recuperación de los nutrientes inmóviles (como es el fósforo y potasio).

Además, sólo los agricultores con mayores recursos económicos suelen aplicar fertilizantes al follaje, donde es discutible los resultados positivos de esta práctica agrícola para el caso particular de la zona de estudio.

En el manejo del cultivo no hay diferencias significativas entre los niveles de inversión, incluso la cantidad de fertilizantes se aplica de manera indistinta del ciclo del cultivo (plantilla, soca y resocas). A pesar de ello, los cañeros reconocen que es insuficiente la dosis que aplican actualmente, tan es así que la mayoría manifestó que la caña de azúcar representa su única fuente de ingresos, por lo que están en la búsqueda de mejorar las condiciones de manejo para elevar su productividad, por lo que han manifestado la necesidad de realizar análisis de suelos para que la dosis de fertilización vaya acorde con las necesidades del cultivo y establecer al menos una recomendación por zona climática.

6.3.2 Producción de azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso

La producción de azúcar depende de las actividades que se llevan a cabo tanto en el campo como en la fábrica. En el primer caso, obedece a condiciones de tipo ambiental así como de manejo incluyendo, entre otros aspectos, las variedades que se emplean y los insumos aplicados. En el caso del Ingenio Central Progreso, la variación del azúcar que se ha producido entre la zafra 2000/01 y la 2010/11 está sujeta a la productividad de la caña, la cual durante dicho lapso de once años se tiene una tasa de 121.4 kilos de azúcar por tonelada de caña ($R^2=0.93$), tomando incluso los dos períodos en que disminuyó considerablemente el azúcar que se tiene en el Ingenio (zafras 2008/09 y 2009/10). Esto se aprecia con mayor claridad en el Cuadro 42 en el que se presenta la producción de azúcar en el Ingenio Central Progreso entre la zafra 2000/01 y la 2010/11.

Cuadro 42. Producción de azúcar en el Ingenio Central Progreso entre la zafra 2000/01 y la 2010/11 (Fuente: elaboración propia con base en datos de la Unión de Cañeros, 2010. Los de la zafra 2010/11 se estimaron a partir de encuestas y mediciones en campo).

Zafra	Azúcar estándar producida miles de toneladas	Productividad del azúcar kg/ha
2000/01	58	5675
2001/02	68	6892
2002/03	67	7363
2003/04	71	7296
2004/05	81	7625
2005/06	80	7566
2006/07	88	7951
2007/08	80	7475
2008/09	58	5585
2009/10	54	5278
2010/11	72	7020
Promedio	71	6871
D.E. (%)	16	14

Durante las primeras ocho zafras de este nuevo siglo, la tasa de producción de azúcar en el Ingenio Central Progreso se incrementó de manera constante a razón de 3.61 mil toneladas de azúcar por año ($R^2=0.82$), para decaer 38% las zafras 2008/09 y 2009/10. Para analizar este fenómeno, se comparó el azúcar obtenida en Central Progreso con la de los ingenios aledaños como El Potrero, San José de Abajo, Constancia y Central Motzorongo (Cuadro 43).

Cuadro 43. Producción de azúcar en los Ingenios aledaños al de Central Progreso y la del estado de Veracruz durante las zafras 2008/09 y la 2009/10.

Zafra	Ingenio	*Disminución extrema %	**Azúcar Producida %
2008/09	Central Progreso	62	62
2009/10			65
2008/09	Constancia	70	76
2009/10			97
2008/09	El Potrero	83	83
2009/10			86
2008/09	Central Motzorongo	64	64
2009/10			75
2008/09	San José de Abajo	65	65
2009/10			69
2008/09	Estado de Veracruz	78	78
2009/10			83

La información contenida en el cuadro en discusión hace ver que la caída en la producción de azúcar en las zafras 2008/09 y 2009/10 es generalizada, además de que se manifestó una disminución extrema en este período en los ingenios Central Progreso, El Potrero, Central Motzorongo y de San José de Abajo. Por lo tanto, pareciera que este fenómeno no es atribuible a la operación del ingenio y muy probablemente tampoco al manejo, por lo que se procedió a hacer un análisis de la condición climática y buscar una explicación plausible de las causas que dieron origen a esta baja productividad. Para ello, se evaluó la precipitación total de cada año y se comparó con el promedio de la lluvia anual, con el propósito de ver si tiene algún efecto sobre el rendimiento de la caña (Figura 14).

En general, la precipitación total anual fue menor cuando los rendimientos de caña fueron más bajos en comparación con los obtenidos cuando la lluvia del año en cuestión resultó ser cercana o superior a la media, indistintamente de la zona climática de la región (Cuadro 44). Al respecto, Ascanio y Hernández (1999) han mencionado que el clima actúa a través de la cantidad y distribución de la lluvia, la temperatura y la radiación solar, señalando que otros autores utilizan la cantidad de precipitaciones anuales como factor limitante en la caña de azúcar a tal grado que fue posible establecer una escala según la cantidad de lluvia anual y el rendimiento de la caña de azúcar.

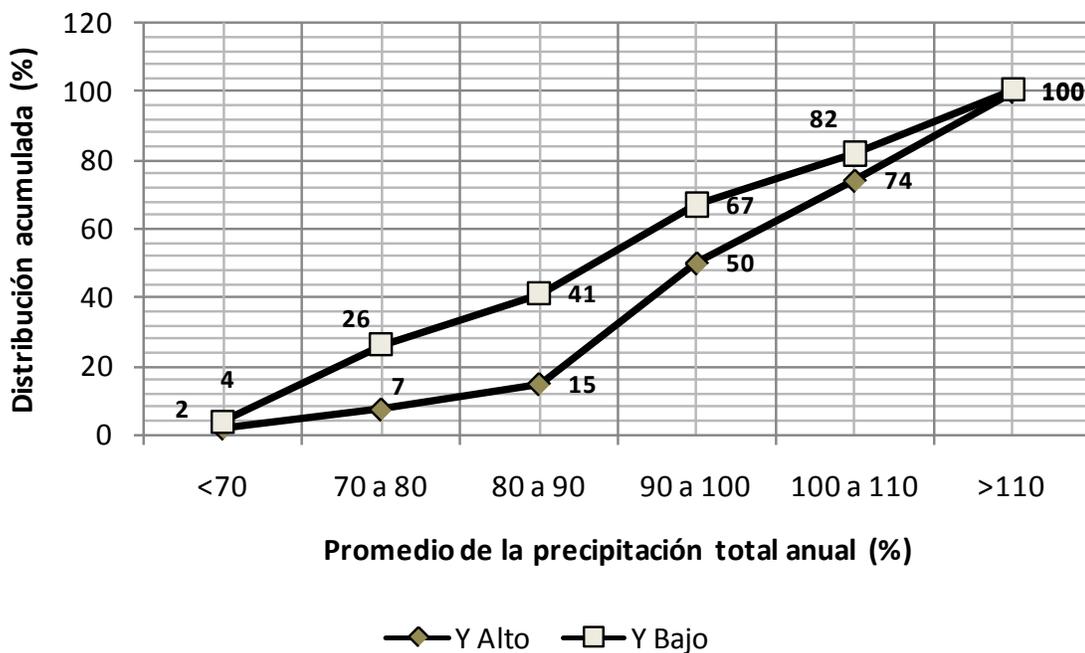


Figura 14. Relación de la lluvia durante los años con baja y alta producción de azúcar con el promedio de la precipitación total anual en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Cuadro 44. Comparación del promedio de la precipitación total anual entre años con buenos (PPa) y malos (PPb) rendimientos de caña y azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Estación climatológica	Zona climática	PPa mm	PPb mm	PPb/PPa %
La Defensa	Húmeda	1945	1818	93.5
CEPSA	Húmeda	1407	1343	95.4
Matlaluca	Húmeda	1411	1263	89.5
B.Camarón	Transición	1208	1075	89.0
El Brinco	Transición	1270	1152	90.7
M.Comisario	Transición	1250	1327	106.1
La Flor	Seca	1184	954	80.5
Mata de Varas	Seca	1119	993	88.7
Paso I lama	Seca	1083	958	88.5

La variación de la precipitación total anual por sí misma no explica la baja productividad observada, ya que también hubo zafras con buena producción y la humedad que se captó durante ese tiempo llegó a ser entre 20% y 30% menor a la promedio anual de la región y viceversa. En vista de lo anterior, fue necesario profundizar el análisis para entender cómo se distribuye la lluvia en el área cañera en estudio tanto en los años con buena y mala producción de azúcar (Figura 15), para asociarlo a la productividad de la caña en el área de estudio.

Figura 15. Distribución del promedio de la precipitación mensual en el área de abasto del Ingenio Central Progreso. Figura 14a: Tendencia de la lluvia durante los años en que se obtuvo buena productividad de caña y azúcar; Figura 14b: Tendencia de la lluvia en los años con bajo rendimiento de caña y azúcar

La cantidad de precipitación pluvial mensual se debe a la ubicación de cada una de las distintas estaciones climatológicas, lo que repercute en el valor de la lluvia total anual, pero no así en la que se capta mes a mes entre cada una de las zonas climáticas, excepto en lo que ocurre en la zona de la sierra donde hay mayor humedad respecto al resto de la región. La principal diferencia está en la discrepancia en las tendencias de ambas figuras en discusión, donde la mayor precipitación mensual no coincide necesariamente con los mejores rendimientos de caña y azúcar. Por ello, en el Cuadro 45 se compara el promedio de la precipitación mensual entre años con buenos y malos rendimientos de caña por zona climática en el área de estudio.

Cuadro 45. Comparación del promedio de la precipitación mensual entre años con buenos (PPa) y malos (PPb) rendimientos de caña y azúcar por zona climática en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Estación climatológica	Zona climática	Meses donde PPa>PPb								
		Mayo			Agosto			Octubre		
		PPa	PPb	PPb/PPa	PPa	PPb	PPb/PPa	PPa	PPb	PPb/PPa
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
La Defensa	Húmeda	252	111	44.0	318	139	43.6	234	170	72.6
CEPSA	Húmeda	160	52	32.3	239	102	42.8	183	101	55.4
Matlaluca	Húmeda	144	44	30.3	264	106	40.2	173	107	61.8
B.Camarón	Transición	140	28	19.8	225	97	43.0	153	78	50.9
El Brinco	Transición	183	48	26.3	253	87	34.5	122	71	57.8
M.Comisario	Transición	99	39	39.2	207	137	66.1	177	117	65.7
La Flor	Seca	127	19	15.0	237	90	38.0	142	77	54.4
M. de Varas	Seca	96	17	17.5	239	104	43.7	162	81	49.5
Paso I lama	Seca	109	3	2.8	252	92	36.4	128	84	65.6
		Meses donde PPa<PPb								
		Junio			Julio			Septiembre		
		PPa	PPb	PPb/PPa	PPa	PPb	PPb/PPa	PPa	PPb	PPb/PPa
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
La Defensa	Húmeda	263	388	147.7	277	315	113.8	303	494	163.1
CEPSA	Húmeda	207	339	164.0	241	252	104.6	215	342	159.1
Matlaluca	Húmeda	175	311	177.3	204	229	112.4	226	308	136.5
B.Camarón	Transición	194	255	131.4	188	219	116.4	193	269	139.5
El Brinco	Transición	205	350	171.2	193	247	127.6	213	253	118.9
M.Comisario	Transición	209	363	173.2	181	221	122.0	230	324	140.6
La Flor	Seca	168	282	168.0	202	196	97.4	192	214	111.0
M. de Varas	Seca	163	268	164.3	185	213	114.9	161	240	149.5
Paso I lama	Seca	175	295	169.1	181	197	108.8	138	216	155.9

El suelo de la zona cañera del Ingenio Central Progreso aunque por su textura se pudiese pensar que tendría una buena capacidad de almacenamiento de agua (>30% de arcilla), por ser muy delgado (<40 cm) y pedregoso, no retiene por sí solo suficiente agua y esto hace que se dependa aún más de la precipitación. Por lo tanto, aunque en los años de mala producción hubo un excedente considerable de lluvia durante junio y julio, la drástica caída de los eventos pluviales durante agosto causó un déficit hídrico que ya no fue posible superar el daño fisiológico, a pesar de que en septiembre se recuperó de manera notable el volumen de agua captado. Esto en conjunto hace que no importa tanto la humedad total anual que se capta, sino más bien su distribución durante las etapas críticas del crecimiento de la biomasa, afectando considerablemente la productividad de caña y azúcar.

Lo anterior coincide de cierta manera con la apreciación de los agricultores quienes mencionan que el problema principal es que no cuentan con suficiente agua para su cultivo, tanto por falta de riego como por la precipitación escasa. De ahí la importancia de contar con recursos para disponer de medios para implementar sistemas de riego. Al respecto, los productores con mayor nivel de inversión cuentan con aprovechamientos para almacenar agua para riego, lo que aún no se ha extendido hacia los demás agricultores. Los que tienen aprovechamientos para la captación de agua (que denominan “hoyas”), no han adquirido la infraestructura para dar al menos un riego de auxilio para el brote de la caña durante la escasez de lluvias.

Esto hace que sea indispensable realizar un estudio en el que mediante la zonificación geográfica se evalúe la mejor localización de los aprovechamientos, valorar su funcionamiento e infraestructura para captar agua de lluvia con fines de riego en etapas críticas del cultivo como es la siembra o resiembra y el despacho de socas y resocas, además de brindar la capacitación requerida para su manejo.

6.3.3 Ingresos y egresos por concepto de la producción de caña de azúcar en el área de abasto del Ingenio Central Progreso

Los ingresos de los cañeros dependen de la venta de su producción y que es recibida y pagada en el Ingenio que abastecen, cuyo monto se tasa de acuerdo con el valor del KARBE (kilogramos de azúcar recuperable base estándar) y la cantidad de toneladas de caña que entregan durante una zafra específica, ya que este sistema se instituyó para estos efectos. Cabe señalar que el procedimiento establecido en comento fue positivo en un inicio; sin embargo, aún no se logra concretar el pago individual de azúcar con base en su calidad específica, a pesar de que se supone fue el principal objetivo de su creación y, en contraste, aunque limita la competitividad, en la ley cañera todavía se continúa usando este término por tonelada de caña neta para efecto del pago de la materia prima.

En la fórmula del cálculo del KARBE se incluye el contenido de fibra y pureza del jugo mezclado con la idea de premiar o castigar la calidad de la materia prima, según sea el caso. Esto lleva a que a medida que sea menor el porcentaje de fibra de la caña, mayor será el valor del KARBE; a su vez, mientras mayor sea el porcentaje de la pureza del jugo mezclado, también lo será el valor del KARBE. En la Figura 16 se presenta la fluctuación del pago de la caña (en pesos por tonelada) y del KARBE (expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña) durante 10 años en el Ingenio Central Progreso.

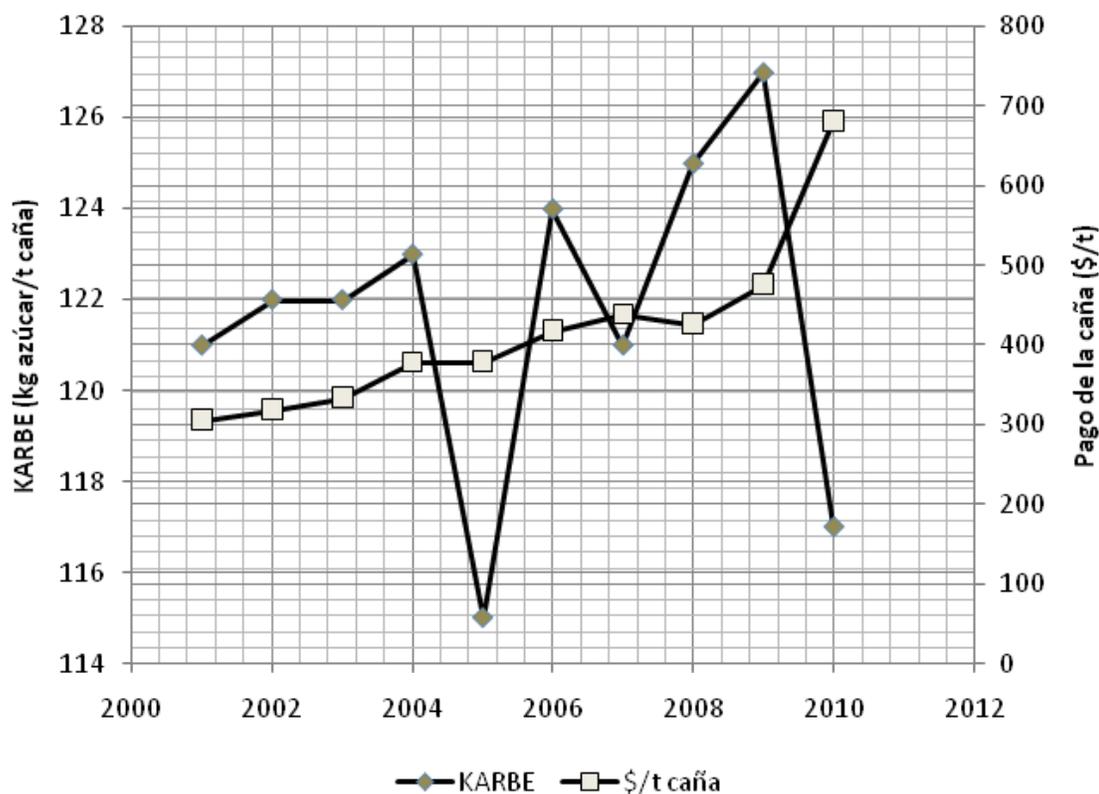


Figura 16. Fluctuación del pago de la caña (pesos por tonelada) y del KARBE (kilogramos de azúcar por tonelada de caña) durante 10 años en el Ingenio Central Progreso.

Durante el presente siglo el monto del pago de la caña manifestó un incremento constante y lineal a una tasa equivalente de 20.93 pesos anuales por tonelada de caña ($R^2=0.96$), pero como consecuencia de las fluctuaciones en el mercado internacional del azúcar, el precio varió considerablemente de tal manera que en esta zafra (2010/11) se manifestó un alza que modificó totalmente la tendencia mostrada durante la década pasada, con 43% de aumento en las condiciones actuales respecto a la zafra anterior. En el Cuadro 46 se presenta el promedio de los ingresos brutos por concepto de la venta de caña producida en los ciclos plantilla, soca y resoca en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Cuadro 46. Ingresos brutos por concepto de la venta de caña producida en los ciclos plantilla, soca y resoca en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, durante la zafra 2010/11.

Potencial productivo	Plantilla \$/ha	Soca \$/ha	Resoca \$/ha
Muy Bajo	37510	27280	28183
Bajo	46190	36298	34474
Medio	51237	42390	40168
Alto	56168	46451	45338
Muy Alto	62985	53940	52586

Como es obvio, los ingresos brutos serán directamente proporcionales a la productividad de caña por unidad de superficie, de tal manera que las diferencias entre las entradas de recursos de los productores varían de manera considerable, donde los valores medios ascienden a 51985, 40833 y 37932 pesos por hectárea para el ciclo plantilla, soca y resoca, respectivamente. En la Figura 17 se indica la variación de los ingresos brutos por concepto de la venta de caña producida en los ciclos antes mencionados durante la zafra 2010/11.

Como el rendimiento de la caña se modifica según el ciclo de la caña de azúcar, en las condiciones actuales de producción del área de abasto del Ingenio Central Progreso, el monto que se recibe durante las socas y resocas es cuando mucho 55 mil pesos por hectárea al término de la presente zafra, independientemente de la capacidad de inversión del productor, cifra que contrasta con la que se capta en el ciclo plantilla, donde 20% de los agricultores recibe entre 55 mil y 70 mil pesos por hectárea.

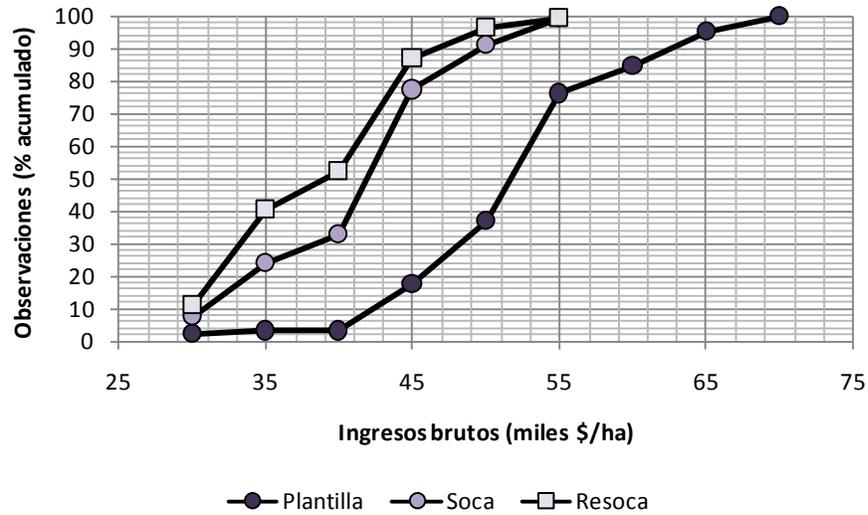


Figura 17. Variación de los ingresos brutos por concepto de la venta de caña producida en los ciclos plantilla, soca y resoca en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, durante la zafra 2010/11.

Es necesario incrementar la asesoría técnica en el área cañera del Ingenio Central Progreso, ya que sólo los productores de mayores ingresos manifestaron contar con este apoyo, quienes además son los que asisten a pláticas y cursos de capacitación que organiza el Ingenio. Todos los productores consideran que es importante contar con asesoría y en su gran mayoría incluso están dispuestos a apoyar a otros cañeros, aunque cabe mencionar que en esto no hay aceptación en 40% de los cañeros de menores ingresos que se ubican en la zona seca del área cañera. Además, aquellos que no cuentan con suficientes recursos para invertir en el cultivo de la caña desean que la asesoría sea proporcionada por ingenieros, mientras que los demás consideran que sería mejor si se brindase a través de los profesionales en conjunto con los mismos cañeros.

Respecto al costo de producción, este concepto incluye la inversión de recursos económicos que debe realizar el productor antes, durante y al término del período de crecimiento de la caña de azúcar en cada ciclo (plantilla, soca y resoca). La erogación realizada en el ciclo plantilla incluye el chapeo, barbecho, rastra, surcado, pago por la semilla y la siembra.

En el caso de las socas se refiere a la requema, destronque, subsoleo, resiembra y otros rubros. Independientemente del ciclo, hay actividades que deben llevarse a cabo como es la fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades, así como la cosecha y que por supuesto incluye la mano de obra e insumos que son requeridos. En el Cuadro 47 se presenta el promedio del costo por el manejo del suelo y siembra en el ciclo plantilla (zafra 2010/11) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Cuadro 47. Promedio del costo por el manejo del suelo y siembra en el ciclo plantilla (zafra 2010/11) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Potencial productivo	Chapeo \$/ha	Barbecho \$/ha	Rastra \$/ha	Surcado \$/ha	Semilla \$/ha	Siembra \$/ha	Total Plantilla \$/ha
Muy Bajo	1,383	1,374	1,100	1,123	6,416	2,694	10,033
Bajo	1,227	1,507	1,065	1,100	6,000	2,807	10,036
Medio	1,048	1,393	1,042	1,068	6,051	3,111	10,953
Alto	1,112	1,379	1,035	1,066	5,964	3,043	11,512
Muy Alto	1,220	1,431	1,057	1,033	6,377	2,974	11,622
Relación respecto al total de los costos en plantilla							
	%	%	%	%	%	%	%
Muy Bajo	10	10	8	8	46	19	100
Bajo	9	11	8	8	44	20	100
Medio	8	10	8	8	44	23	100
Alto	8	10	8	8	44	22	100
Muy Alto	9	10	8	7	45	21	100

Sin lugar a dudas, lo más costoso durante el manejo previo al inicio del ciclo plantilla es la inversión relacionada con la instalación del cultivo, ya que entre la semilla y el procedimiento de la siembra se debe erogar más de 60% de los costos que implican las actividades agro-técnicas, lo que además es independiente de la capacidad de inversión de los productores y de su potencial productivo.

En contraste, en los ciclos de soca y resoca se disminuye significativamente el dinero que debe emplearse para la continuación del ciclo de caña durante la soca y las resocas, puesto que no es necesario volver a sembrar. En el Cuadro 48 se presenta el promedio de los costos por concepto del manejo del suelo en los ciclos de soca y resocas (zafra 2010/11) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Cuadro 48. Promedio del costo por el manejo del suelo en los ciclos de soca y resocas (zafra 2010/11) en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Potencial productivo	Requema \$/ha	Destronque \$/ha	Subsuelo \$/ha	Resiembra \$/ha	Otros rubros \$/ha	Total \$/ha
Muy Bajo	244	533	1055	593	1341	2000
Bajo	222	587	1002	766	1519	2131
Medio	196	521	961	911	1592	2167
Alto	350	505	1017	611	1427	2037
Muy Alto	170	245	891	938	1534	2522
Relación respecto al total de los costos en soca y resocas						
	%	%	%	%	%	%
Muy Bajo	6	14	28	16	36	100
Bajo	5	14	24	19	37	100
Medio	5	12	23	22	38	100
Alto	9	13	26	16	36	100
Muy Alto	4	6	24	25	41	100

En el manejo previo al ciclo de socas y resocas, la variación de la inversión entre rubros es menor respecto al ciclo plantilla, sin importar el nivel tecnológico y de inversión del productor, aunque hay diferencia en la resiembra puesto que esta actividad la prefieren obviar los productores de bajos ingresos, a pesar de que ello constituye un factor que influye sobre la productividad de la caña. En el Cuadro 49 se comparan los ciclos con referencia a la inversión por tonelada producida.

Cuadro 49. Comparación del costo del manejo previo al ciclo de producción entre plantillas, socas y resocas en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Potencial productivo	Plantilla \$/t	Soca \$/t	Resoca \$/t
Muy Bajo	182	251	243
Bajo	148	189	199
Medio	146	176	186
Alto	140	169	173
Muy Alto	126	147	151

La inversión por tonelada de caña producida es significativamente mayor en las zonas con escaso potencial productivo. Lo anterior resulta congruente porque es el mismo gasto que debe hacerse independientemente del potencial productivo y de los recursos económicos con que cuenta cada agricultor. En el Cuadro 50 se presenta el promedio de los costos durante el manejo de la caña de azúcar en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes niveles de rendimiento del cultivo.

Cuadro 50. Promedio de los costos del manejo de la caña de azúcar en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes niveles de rendimiento del cultivo.

Potencial productivo	Fertilización			Control fitosanitario				Cosecha \$/ha
	Fertilizante \$/ha	Mano de obra \$/ha	Total \$/ha	Malezas (manual) \$/ha	Malezas (químico) \$/ha	Plagas y enferm. \$/ha	Total \$/ha	
Muy Bajo	3,382	356	3,738	1,222	1,682	481	2,144	12,638
Bajo	3,755	384	4,139	940	1,838	455	2,345	13,691
Medio	3,633	399	4,033	895	1,710	477	2,349	15,294
Alto	4,051	412	4,463	908	1,576	432	2,215	15,982
Muy Alto	4,367	536	4,902	1,226	1,761	550	2,696	17,771

La inversión por concepto de uso y manejo de fertilizantes es mayor respecto a la del control fitosanitario en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, la cual a su vez varía según las expectativas de producción que se tengan, cuya tendencia es a incrementarse hasta en 25% en las zonas con mayor productividad de caña de azúcar. En contraste, estos gastos en conjunto son significativamente inferiores en comparación a la erogación que se realiza durante la cosecha, la cual es entre 53 y 58% mayor que todo el gasto implicado en el manejo durante el ciclo de la caña de azúcar. En el Cuadro 51 se muestra el costo total por concepto de los componentes del manejo de la caña de azúcar en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes ciclos de producción y niveles de rendimiento del cultivo, expresados en porcentaje del monto total invertido y su equivalente por cada tonelada de caña producida.

Cuadro 51. Costo total de los componentes del manejo de la caña de azúcar en la zafra 2010/11 del área de abasto del Ingenio Central Progreso, a diferentes ciclos de producción y niveles de rendimiento del cultivo.

Costos de producción en el ciclo plantilla (% del total)								
Potencial productivo	Suelo y siembra		Fertilización		Control fitosanitario		Cosecha	
	%	\$/t	%	\$/t	%	\$/t	%	\$/t
Muy Bajo	35	182	13	68	8	39	44	230
Bajo	33	148	14	61	8	35	45	202
Medio	34	146	12	54	7	31	47	204
Alto	34	140	13	54	6	27	47	194
Muy Alto	31	126	13	53	7	29	48	192
Costos de producción en el ciclo soca y resocas (% del total)								
Potencial productivo	Suelo		Fertilización		Control fitosanitario		Cosecha	
	%	\$/t	%	\$/t	%	\$/t	%	\$/t
Muy Bajo	10	49	18	92	10	53	62	311
Bajo	10	41	19	80	11	45	61	264
Medio	9	36	17	67	10	39	64	253
Alto	8	30	18	66	9	33	65	237
Muy Alto	9	32	18	63	10	35	64	228

En el Cuadro 52 se compara la inversión total promedio entre los ciclos plantilla y socas durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Cuadro 52. Comparación en la inversión total entre los ciclos plantilla y socas durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, considerando diferentes niveles de rendimiento de la caña.

Potencial productivo	Plantilla \$/ha	Socas \$/ha	Plantilla/Socas %	Plantilla \$/t	Soca \$/t	Resoca \$/t
Muy Bajo	28,553	20,520	72	519	513	497
Bajo	30,212	22,307	74	446	419	441
Medio	32,630	23,843	73	434	384	405
Alto	34,172	24,697	72	415	363	372
Muy Alto	36,992	27,892	75	401	353	362

La diferencia del monto total del costo de producción entre socas y plantilla es alrededor de 25% y está dado básicamente por la inversión por el pago de la semilla así como de las labores durante la siembra. En todos los casos la cosecha es lo más caro de toda la inversión realizada (46% y 63%, en plantilla y socas, respectivamente), después la erogación varía dependiendo del ciclo de tal manera que en el ciclo plantilla en orden de la magnitud de los gastos es el manejo del suelo (33%), la fertilización (13%) y el control fitosanitario (7%). En cambio, para las socas y resocas, la fertilización es más costosa (18%), seguida por el combate de malezas, plagas y enfermedades (10%) y las labores del suelo (9%). Los resultados anteriores contrastan con la apreciación de los agricultores respecto al costo de producción de diferentes rubros durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso, lo cual se presenta en el Cuadro 53.

Cuadro 53. Apreciación de los agricultores respecto al costo de producción de diferentes rubros durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

Apreciación del costo	Semilla %	Mano de obra %	Fertilizantes %	Agroquímicos %	Cosecha %
Muy caro	16	13	63	9	51
Caro	10	13	30	32	11
Normal	20	24	7	37	14
Barato	42	30	1	19	10
Muy barato	11	20	0	3	15

La forma en la que la gente percibe la importancia de la inversión que debe hacer en los distintos rubros que componen el manejo, permite orientar al asesor hacia dónde debe encaminar los esfuerzos para llevar a cabo las mejoras técnicas que se requieran; sin embargo, esto no exime que el técnico también haga un esfuerzo adicional para verificar de manera independiente y no quedarse sólo con la apreciación que manifiesta el agricultor, puesto que puede estar alterada por diversos motivos de índole política, de oportunidad de financiamiento, expectativas de ingresar a algún programa de apoyo, entre otros, por lo que es posible que no coincida con las evidencias que se obtienen a través de la investigación de campo, así como de la colecta y cuantificación de datos de los registros que se tienen.

La rentabilidad se refiere a la utilidad o beneficio que rinde anualmente la actividad de la caña, esto es, a los ingresos brutos habrá que descontarle los gastos que hubo de hacerse para lograr una determinada producción, por lo que el remanente o diferencia entre ambos aspectos será la ganancia que se tenga. De acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas y con base en el valor del KARBE, se hizo un análisis de los datos en el que se estableció dos niveles del punto de equilibrio, esto es, la inversión es igual a la venta del producto o en otras palabras, no hay ganancias ni pérdidas:

- Productores con 43 t/ha de caña de azúcar durante el ciclo plantilla.
- Productores con 26 t/ha de caña de azúcar durante las socas y resocas.

En los límites críticos en comento no está contemplado el costo del dinero para el caso de préstamos a cuenta de la cosecha y su cálculo se realizó considerando un rendimiento de 117 kilogramos de azúcar por tonelada de caña y estos criterios se obtuvieron de acuerdo con el rendimiento en KARBE oficial del Ingenio Central Progreso, calculando la utilidad con base en los alcances líquidos por tonelada de caña procesada.

En la Figura 18 se presenta la relación entre el rendimiento de la caña de azúcar y la utilidad neta en los ciclos plantilla, soca y resoca durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso. La distribución de los datos de la figura en discusión presentó una tendencia lineal y positiva de la variación de la utilidad neta respecto al rendimiento por ciclo de la caña con una estrecha relación entre ambas variables, cuyo coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.75, 0.74 y 0.72 para el ciclo plantilla, soca y resoca, respectivamente y las ecuaciones que describe lo anterior son las siguientes:

Ciclo plantilla	Utilidad (\$/ha)= -23038 + 536.7*(Rendimiento, t/ha)
Ciclo soca	Utilidad (\$/ha)= -13411 + 521.6*(Rendimiento, t/ha)
Ciclo resoca	Utilidad (\$/ha)= -13169 + 506.9*(Rendimiento, t/ha)

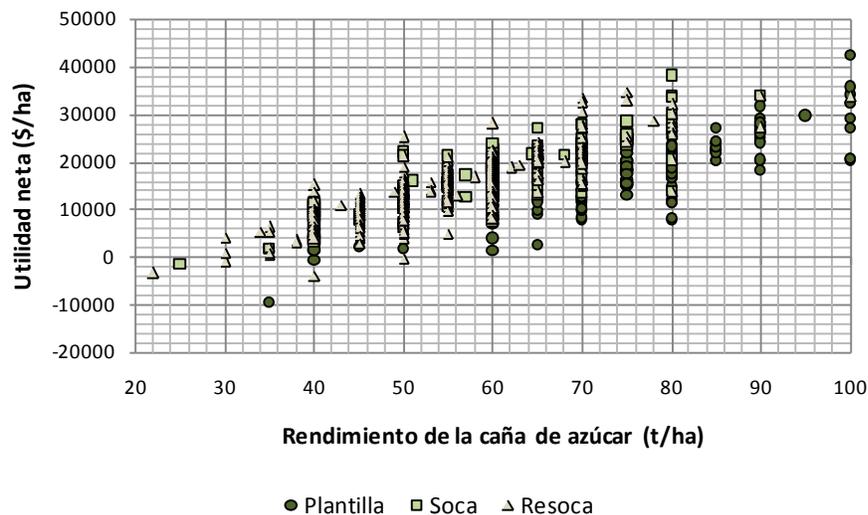
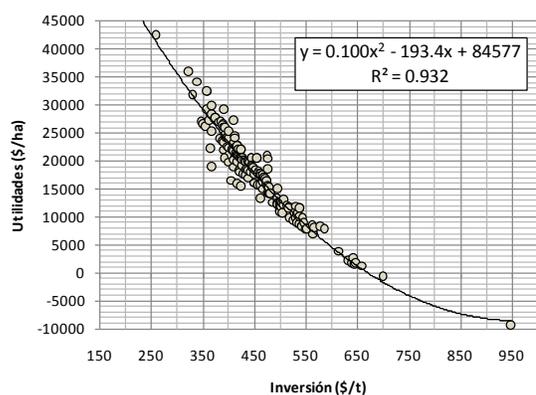


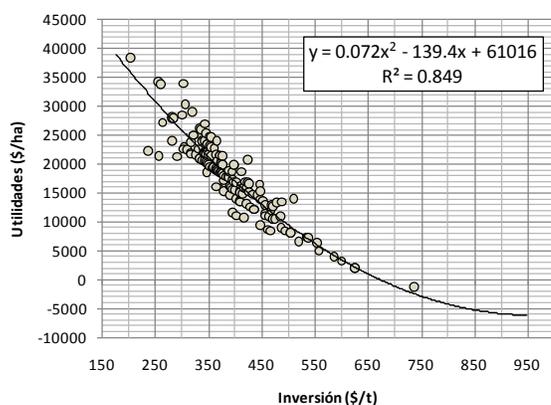
Figura 18. Tendencia entre el rendimiento de la caña de azúcar y la utilidad neta en los ciclos plantilla, soca y resoca durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

A diferencia de países como Brasil, Colombia, Estados Unidos y Guatemala, los ingenios en México no son dueños del campo, por lo que es indispensable que se trate con una gran cantidad de pequeños agricultores dedicados al cultivo de caña de azúcar. La cosecha de caña se realiza, en la mayor parte, a mano (corte con machete en superficies previamente quemadas), ocupándose en esta actividad un grupo numeroso de personas durante la cosecha. En este sentido, de acuerdo con Mertens y Wilde (2003), la experiencia de aprendizaje en torno a una gestión participativa de productividad y competencia laboral es básica para mejorar la rentabilidad de los ingenios azucareros en México. De hecho, este método permitió superar al cabo de diez años los problemas asociados con las instalaciones y equipo obsoletos y con muchas deficiencias en el proceso, con lo que se logró avanzar tanto tecnológica como organizativamente, generando un nivel de rentabilidad razonable.

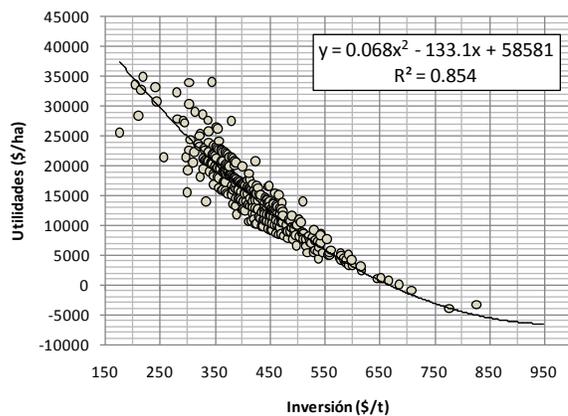
En la Figura 19 se presenta la tendencia entre el rendimiento de la caña de azúcar y la utilidad neta en los ciclos plantilla, soca y resoca durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.



Plantilla



Soca



Resoca

Figura 19. Tendencia entre el rendimiento de la caña de azúcar y la inversión erogada en los ciclos plantilla, soca y resoca durante la zafra 2010/11 en el área de abasto del Ingenio Central Progreso.

A pesar de la diversidad de las condiciones del marco físico del área cañera y del manejo practicado por los productores en el Ingenio Central Progreso, los principales factores limitativos de la producción se centran en dos aspectos:

- a) Disponibilidad de agua.
- b) Aplicación de nutrientes.

La diferencia en los rendimientos alcanzados está en el abastecimiento hídrico ya que prácticamente toda el área cañera de Central Progreso es de temporal, por lo que las fluctuaciones en su productividad están asociados a la cantidad y distribución de la precipitación pluvial.

Los valores marginales se presentan cuando el cañero carece de infraestructura para riego de auxilio y aplica el tratamiento general recomendado por el ingenio (fórmula de fertilización 20-05-25) en dosis variables que implican una cantidad de 120 kg/ha de nitrógeno o menor. En el ciclo plantilla los rendimientos máximos más frecuentes son de 70 t/ha, en soca disminuyen debajo de 55 t/ha y en resoca de 40 t/ha, con lo que se corre el riesgo de hacer inviable el pago de insumos y gastos de despacho del cultivo. La variación en la productividad en el área de abasto del Ingenio Central Progreso está en la capacidad de los productores para mantener el rendimiento de la caña de azúcar durante las resocas, lo cual se resuelve a través de resiembras para restituir la densidad de población.

Debido a que la nutrición del cultivo es uno de los principales factores limitativos de la producción, no es factible la generalización de aplicación de agro-técnicas por la variación sitio-específica de los nutrientes en el suelo, aún pensando en agruparlas por áreas similares de rendimiento y/o tipo de suelo. Por lo tanto, se recomienda ampliamente que se lleve a cabo un muestreo de suelo y planta con sus correspondientes análisis en el laboratorio, para precisar recomendaciones de manejo específicas por parcela en toda el área de abasto del Ingenio.

El impacto benéfico de este estudio repercutiría en beneficio de los productores en un plazo máximo de cinco años, porque los de alto nivel tecnológico disminuirían sus costos de producción en 10%, mientras que los de menor productividad incrementarían sus rendimientos entre 30 y 70% sin que ello implique una erogación onerosa.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Algunos de los aspectos más sobresalientes que se detectaron del diagnóstico de los factores que afectan la productividad y rentabilidad de la caña de azúcar son los económicos (costo de los insumos) y la escasez en el uso de materiales orgánicos.

La superficie de cada terreno es de 5.6 ± 3.4 has en promedio (62% ejidal y 38% pequeña propiedad). El suelo es arcilloso en 92% de los casos y 84% tiene piedras en alguna parte del perfil, cuyo valor medio de la profundidad efectiva es de 39.7 ± 13.6 cm.

Cabe agregar que 9.8% de los productores conservan la caña durante cinco ciclos, 12.7% en seis, 22.3% en siete y 55.2% en ocho o más ciclos

Además, el ambiente en que se desarrolla de producción manifiesta el problema más frecuente y apremiante que es la disponibilidad de humedad, tanto por la prolongada época de estiaje como la falta de recursos para contar con riego apropiado y suficiente.

En la zona de estudio se detecto que hay un gradiente significativo de precipitación pluvial, por lo que fue factible delimitar tres zonas climáticas: zona húmeda, zona de transición y zona seca; no obstante lo anterior, el rendimiento de caña de azúcar sólo fue estadísticamente diferente de las zonas con mayor disponibilidad de humedad (riego y zona húmeda) respecto a las de menor pluviometría (zona de transición y la seca).

Los rendimientos de la caña de azúcar cambian en razón directa al gradiente de humedad en la que se ubica cada parcela, donde los promedios de lluvia total anual y rendimiento en plantilla son: riego = zona húmeda (2104 mm y 83 t ha^{-1}) > zona de transición = zona seca (1301 mm y 74.5 t ha^{-1}).

La tendencia anterior coincide con diversos autores, ya que según Ramburana et al. (2011), la variación genotipo x ambiente es explicada por la precipitación pluvial de una región, porque la producción de caña de azúcar es función de la disponibilidad de agua (Wiedenfeld, 2000)

La captación de la humedad total anual en la zona de abasto no es tan importante como su distribución durante las etapas críticas del crecimiento de la biomasa, ya que afecta considerablemente la productividad de caña y azúcar.

En la zona cañera en evaluación, se tienen que el 65% de los productores aplican únicamente la fórmula de fertilizante 20-05-25 (N-P₂O₅-K₂O) y 35% restante la complementan con otra fuente o modifican el insumo en su totalidad, lo que limita la versatilidad en la mayoría de los casos para aportar los nutrientes que amerite cada caso. Por lo tanto el manejo de la fertilización no es el apropiado, porque se generaliza la misma fuente y dosis en toda el área cañera, sin importar el ciclo de la caña (plantilla, soca o resoca), meta de rendimiento ni volumen de lluvia captado, por lo que es indispensable que se promueva un manejo de nutrientes acorde a cada caso, conciliando el requerimiento nutrimental del agrosistema cañero (aspectos técnicos) con el suministro de insumos en el área de abasto.

Por estas razones es indispensable realizar un estudio en el que mediante la zonificación geográfica se evalué la mejor localización de los aprovechamientos, valorar su funcionamiento e infraestructura para captar agua de lluvia con fines de riego en etapas críticas del cultivo como es la siembra o resiembra y el despacho de socas y resocas, además de brindar la capacitación requerida para su manejo.

8. LITERATURA CITADA

- Agrimonde. 2009. Scenarios and challenges for feeding the world in 2050. Institut National de la Recherche Agronomique–Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement, Paris.
- Aguilar-Rivera, N., G. M. Galindo, J. M. Fortanelli, C.S. Contreras. 2009. ¿Por qué diversificar la agroindustria azucarera en México? Revista Globalización, competitividad y gobernabilidad. Georgetown University Universia 3(1):62-75.
- Antholt, C.H. 1998. Agricultural Extension in the 21st Century. Capítulo 22 en: C. K. Eicher y J. M. Staatz, eds.
- Aroche H., D. 2004. Problemática y crisis de la industria azucarera Mexicana en el marco del tratado de libre comercio de América del Norte. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de las Américas, Puebla, Pue.
- Ascanio G., M.O. y Hernández J., A. 1999. Factores limitantes que afectan la productividad cañera en el estado de Veracruz, México. FAO-Cuba Conference on Sugar. Cuba.
- Birkhaeuser, D., R. E. Evenson y G. Feder. 1991. The Economic Impact of Agricultural Extension: A Review. Economic Development and Cultural Change, tomo 39(3).
- Castellanos, L. y Jiménez M.C., A. 2007. México armado 1943-1981. Ediciones Era. 383 pág. México.
- Clay, W.D. 1999. Public perceptions of sugar and health: implications for consumption. FAO - Cuba Conference on Sugar. Cuba.
- Conway, G. 1997. The doubly green revolution—Food for all in the twenty-first century. Penguin Books, London.
- COAAZUCAR. 2008. Estadísticas de la agroindustria azucarera. <http://www.sagarpa.gob.mx/COAAZUCAR.htm>

- Crespo, H. 1990. Historia del azúcar en México. 2 tomos. Fondo de Cultura Económica. Primera edición. 1093 págs.
- De Jouvenel, H. 2000. A brief methodological guide to scenario building. *Technol. Forecast. Soc. Change* 65:37–48.
- Delgado de Cantú, G.M. 2004. Historia de México: legado histórico y pasado reciente. Ed. Pearson. Prentice Hall. 592 p.
- Echevarría, R. 1998. Agricultural Research Policy Issues in Latin America: An Overview, *World Development*, tomo 26, No. 6.
- FAO. 2004. Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principios. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia, Roma.
- Farrington, J. 1995. The changing public role in agricultural extension. *Food Policy*, tomo 20, No. 6.
- Fernández C., G. 2005. Reforma agraria y azúcar. ARGENPRESS.
- FIRA, 2009. Análisis de la industria azucarera. Foro para el financiamiento de la agroindustria de la caña. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
- Fonseca, L.A. 2002. Los mercados de frutas y hortalizas: Colombia frente al ALCA. Documento mimeografiado. Bogotá, Colombia.
- Fulginiti, L.E. y Perrin, R.K. 1998. Agricultural productivity in developing countries, *Agricultural Economics*, tomo 19, núm. 1-2.
- Furtado, C. 1976. *Economic Development in Latin America*, 2a edición, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- García C.,L.R. 1999. Comercialización y seguridad alimentaria en relación al azúcar en América Latina y el Caribe. FAO - Cuba Conference on Sugar. Cuba.

- Gisselquist, D. y Jean-M. Grether. 2000. An Argument for Deregulating the Transfer of Agricultural Technologies to Developing Countries. *The World Bank Economic Review*. 14, No. 1.
- Gómez-Peresmitré, G., León H.R. y Platas A.S. 2011. Factores de riesgo para el desarrollo de trastornos alimentarios y obesidad en escolares mexicanos. *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México*. Año 3, No. 74.
- Griffon, M. 2006. *Nourrir la planète—Pour une révolution doublement verte*. Odile Jacob, Paris.
- INEGI. 2010. *Mujeres y hombres en México 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Ingram, J.S.I. 2008. Food system concepts for the ESF/COST Forward Look on European food systems in a changing world. Work document ESF-COST Forward Look Workshop, Brussels.
- Kader, A.A. 2005. Increasing food availability by reducing post-harvest losses of fresh produce. *Acta Hortic.* 682:2169–2175.
- Kennedy, G., G. Nantel and P. Shetty. 2003. The scourge of “hidden hunger”: Global dimensions of micronutrient deficiencies. *Food Nutr. Agric.* 32:8–16.
- Krueger, A.O. 1995. Policy Lessons from Development Experience since the Second World War. In: J. Behrman y T. N. Srinivasan (eds.), *Handbook of Development Economics*, Vol. IIIB, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Maxwell, S. and Percy, R.H. 2001. New trends in development thinking and implications for agriculture.
- Mellor, J. 2000. *Faster More Equitable Growth: The Relation between Growth in Agriculture and Poverty Reduction*, CAER II Discussion Paper No. 70, Harvard Institute for International Development, Cambridge, MA, EE.UU.

Mendieta y Núñez, L. 1983. El Problema Agrario de México y la Ley Federal de Reforma Agraria, 19ª edición revisada, Editorial Porrúa, México.

Mertens, L. y Wilde, R. 2003. Aprendizaje organizacional y competencia laboral: La experiencia de un grupo de ingenios azucareros en México. En: Labarca, G. Reformas económicas y formación. Montevideo: CINTERFOR–GTZ-CEPAL, 386p.

Mora C.J. 1998 Apuntes sobre el origen de la caña e historia del gremio panelero. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Corpoica, Sena. Bucaramanga, Colombia.

Mudahar, M.S., Robert W. Jolly y Jihendra P. Srivastava. 1998. Transforming Agricultural Research Systems in Traditional Economies: The Case of Russia, World Bank Discussion Paper No. 396, Banco Mundial, Washington, 1998.

Neuchatel Group. 1999. Common Framework on Agricultural Extension, París, France.

Norton, R.D. 2000. Aspectos Críticos de la Agricultura de Cara al Siglo XXI, en Contribuciones para la Formación de una Estrategia Interamericana para la Agricultura, IICA, San José, Costa Rica.

OIT, Organización internacional del trabajo. 2010. Sistema de Medición y Avance de la Productividad. www.oit.org.mx/sima.

OMS. 2006. BMI Classification. En: Organización Mundial para la Salud (http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html).

Orozco y Berra. 1880. Historia Antigua y de la Conquista de México, México, Volumen I.

Per Pinstup-Andersen. 2000. Is Research a Global Public Good? Entwicklung y Ländlichler Raum, 34 Jahrgang, Heft 2/2000, reimpresso en la serie Research Themes del IFPRI.

Peter, B. R., Hazell y Roger D. Norton. 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture, Macmillan, Nueva York.

Poder Ejecutivo Federal. 2010. Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Discusión en el pleno de la H. Cámara de Senadores. México.

PRONAC (2007). Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. Gobierno Federal: www.sagarpa.gob.mx/cgs/discursos/2007/abril/Pronac.pdf

Purcell, D. L. y Jock R. Anderson. 1997. Agricultural Research and Extension: Achievements and Problems in National Systems, Operations Evaluation Study, Banco Mundial, Washington.

Qamar, M. K. 2000. Agricultural extension at the turn of the millennium: trends and challenges, en: M. K. Qamar, ed., Human resources in agricultural and rural development, FAO, Roma,

RAE, 2001. Diccionario de la lengua española. 22ª edición. Real Academia Española.

Ramos O.G. 1995 Solera de la caña de azúcar. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Eds. Cassalet C., Torres j e Isaacs C. Cenicaña, Cali, Colombia.

Rivera, W.M. 2001. Agricultural and Rural Extension Worldwide: Options for Institutional Reform in Developing Countries, preparado para el Servicio de Extensión, Educación y Comunicación, FAO, Roma.

Ruben, R., M. van Boekel, A. Van Tilburg and J. Trienekens (ed.). 2007. Tropical food chains. Governance regimes for quality management. Wageningen Academic Publ., Wageningen, Netherlands.

Smith, L.D. 2001. Reforma y descentralización de servicios agrícolas – un marco de políticas, colección de política agrícola y desarrollo económico de la FAO, No. 7, Dirección de Asistencia para las Políticas, FAO, Roma.

Sotomayor, G. 2010. Aplaude OIT avances de industria azucarera en México. <http://www.veracruzanos.info/2010/06/aplaude-oit-avances-de-industria-azucarera-en-mexico/>

SSA. 2008. Información estadística de mortalidad. Diez principales causas de mortalidad en hombres y mujeres por grupos de edad, México, Secretaría de Salubridad y Asistencia. SSA-SINAIS.

Umali-Deininger, D. 1997. Public and Private Agricultural Extension: Partners or Rivals?, The World Bank Research Observer, tomo 12, No. 2.

Unión de cañeros A.C. 2010. Estadísticas de la caña de azúcar publicadas por el Comité Ejecutivo Nacional 2010-2014. www.caneros.org.mx

Valdivia Alcalá, R., Jaime A. Matus Gardea, Miguel A. Martínez Damián y María de J. Santiago Cruz. 2000. Análisis comparativo de la distribución de la tierra y apoyos directos al productor: estudio de casos”, Políticas Agrícolas, vol. IV, No. 3

Williams, J.H., T.D. Phillips, P.E. Jolly, J.K. Stiles, C.M. Jolly and D. Aggarwal. 2004. Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. Am. J. Clin. Nutr. 80:1106–1122.

World Bank, 1999. Knowledge for Development, World Development Report 1998/99, Washington, USA.

World Bank. 2008. World development report 2008: Agriculture for development. Int. Bank for Reconstruction and Dev., Washington, DC.