



**GOBIERNO
FEDERAL**

**MÉXICO
2010**

SAGARPA



MARZO 2010



Estudio de Caracterización de Zonas Potenciales de Mecanización en las Zonas de Abasto Cañeras



Estudio desarrollado en el marco del Convenio de Colaboración

COLPOS-SIAP Caracterización de zonas Potenciales de
Mecanización en Las Zonas de Abasto Cañeras

Para citar este estudio deberá de utilizar el siguiente formato:

Estudio de Caracterización de Zonas Potenciales de Mecanización en las Zonas de Abasto Cañeras
Autores: Enrique Mejía S, Julio César Rivera A, Edgar Oviedo N, Héctor Debernardi D V, Mario Tiscareño L.
Colegio de Postgraduados-SAGARPA, 2010

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Km. 36.5 Carretera México – Texcoco
Montecillo, Texcoco, Estado de México



Directorio Institucional

SAGARPA

FRANCISCO JAVIER MAYORGA CASTAÑEDA
Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

MARIANO RUIZ FUNES MACEDO
Subsecretario de Agricultura

JOSE DE JESÚS LEVI GARCÍA
Oficial Mayor

SIMON TREVIÑO ALCANTARA
Director General de Fomento a la Agricultura

JORGE LANZ DE LA ISLA
Director General del Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero

RICARDO SERGIO FADL KURI
Director General Adjunto de Desarrollo Agrícola

SIAP

PEDRO DÍAZ DE LA VEGA GARCÍA
Director General del SIAP

FRANCISCO GARCÍA MUÑOZ
Director de Administración y Atención a Usuarios

ANGÉLICA I. LÓPEZ LÓPEZ
Directora de Sistemas de Información

MARÍA SOLEDAD CRUZ DELGADO
Directora de Integración de Información y Estadística

RAÚL BOLAÑOS LOZANO
Director de Encuestas y Geografía

CESAR ULISES MIRAMONTES PIÑA
Director de Coordinación Interinstitucional

MIGUEL GARCÍA VALERIO
Director de Estrategia Tecnológica y de Telecomunicaciones

JORGE GUSTAVO TENORIO SANDOVAL
Director de Indicadores y Modelos

COLPOS

FÉLIX VALERIO GONZÁLEZ COSSÍO
Director General

FRANCISCO GAVI REYES
Director Académico

ENRIQUE MEJÍA SAENZ
Profesor Investigador de Hidrociencias
Equipo Técnico

FRANCISCO GAVI REYES
ENRIQUE MEJÍA SAENZ
COORDINACIÓN GENERAL

JULIO C-RIVERA ALVARADO
HECTOR DEBERNARDI DE LA VEQUIA
MARIO TISCAREÑO LÓPEZ
COORDINACIÓN TÉCNICA

EDGAR OVIEDO NAVARRO
COORDINACIÓN DE LOGÍSTICA DE CAMPO

REBECA OVIEDO NAVARRO
COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA

DIEGO RIVERA ORTEGA
DIANA RIVERA ORTEGA
COORDINACIÓN DE EDICIÓN

RAÚL BOLAÑOS LOZANO
LUIS VÁZQUEZ MORALES
JULY BERENICE ADAME ANDRADE
VINCULACIÓN SIAP

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1. Las Prácticas Mecanizadas en Caña de Azúcar	8
CAPÍTULO 2. Situación de la Mecanización de los Terrenos Cañeros en México	19
CAPÍTULO 3. Paquetes Tecnológicos Mecanizados por Ingenio en México	56
CAPÍTULO 4. Simulación de la Productividad y Necesidades de Mecanización por Ingenio Azucarero	88
CAPÍTULO 5. Estimación de Necesidades de Mecanización en los Ingenios Azucareros del País	99
CAPÍTULO 6. La visión de los Ingenios respecto a la Mecanización	111
CAPÍTULO 7. Sistema de Consulta de la Mecanización Agrícola por Ingenio Azucarero	123
CAPÍTULO 8. Sistema de Información Geográfica de la Mecanización de la Caña de Azúcar	138
CAPÍTULO 9. Discusión y Conclusiones	148
LITERATURA RECOMENDADA	152

Resumen Ejecutivo

La productividad de la industria azucarera nacional ha estado limitada por el nivel tecnológico empleado por el campo cañero mexicano en el aprovechamiento de las potencialidades propicias para el cultivo de la caña de azúcar y la obtención de rendimientos sustanciales de biomasa que le permita competir al Sistema Producto de la Caña de Azúcar, con otros cultivos de la misma región. La cosecha de volúmenes elevados de biomasa fresca con alto contenido de azúcares, es el punto crítico de este sistema de producción y en especial de la industria azucarera del país.

Desde el punto de vista geográfico, los ingenios del país se ubican en las regiones climáticas tropicales y subtropicales donde el clima y los suelos posibilitan rendimientos de más de 40 toneladas de caña por hectárea bajo condiciones de temporal. Sin embargo, la presión que ejercen los insumos e intensidad de mecanización agrícola aplicados al cultivo reflejados en los costos de producción, en un afán de los productores por lograr cosechas más elevadas, es motivo de que en la actualidad algunos ingenios cosechen más de 120 ton·ha de caña por año. Esta situación ha originado un amplio rango tecnológico y de productividad entre los ingenios del país.

Estudios previos sobre los ingenios azucareros que fueron elaborados por el Colegio de Postgraduados y el INEGI, son tomados en cuenta para que el presente trabajo, pueda indagar aspectos fundamentales relacionados con la productividad cañera ligada a las prácticas mecanizadas.

Si bien la productividad es un reflejo del grado de organización existente entre los productores, la industria y el gobierno en el sector azucarero, la tecnología que se aplica está ligada íntimamente a la productividad y en consecuencia, al éxito del negocio. La caña de azúcar por ser un cultivo del tipo C4 tiene una alta respuesta a los agroquímicos, en especial a los fertilizantes. A través de la fertilización se proveen los elementos requeridos para la síntesis de la biomasa deseada,

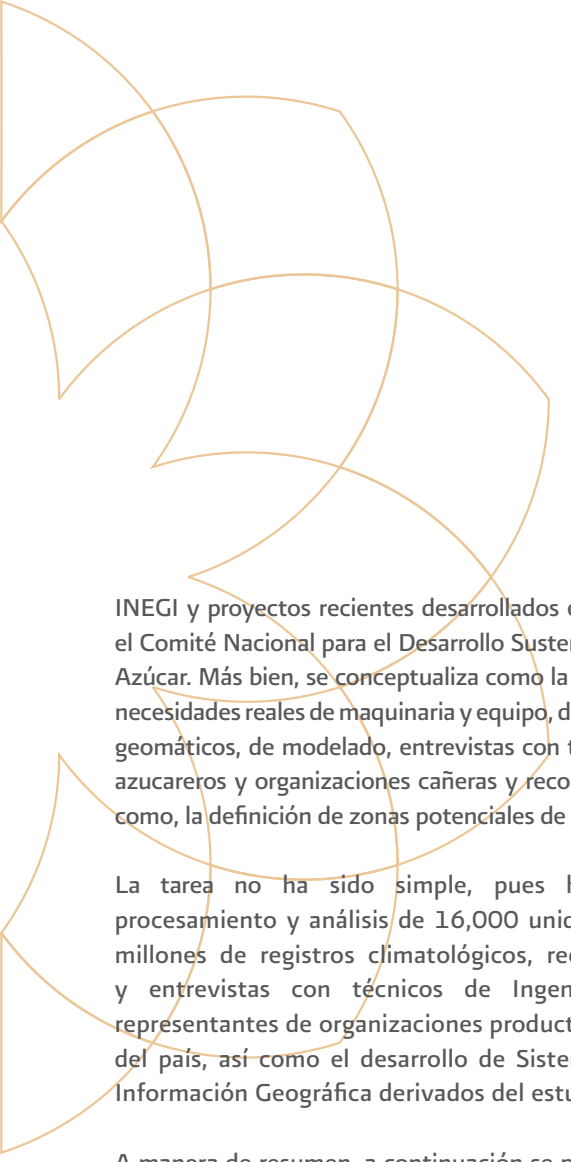
mientras que la aplicación de insecticidas y herbicidas contrarrestan las mermas en la producción que resultan del ataque de plagas, enfermedades y malezas que proliferan en los ambientes tropicales.

Entre los ingenios mexicanos, la maquinaria agrícola es un factor limitante de la producción potencial de caña. La utilización de implementos agrícolas va desde la preparación de los terrenos en tiempo y forma, la aplicación de los agroquímicos requeridos en las dosis recomendadas y finalmente la realización de una cosecha eficiente para lograr los mejores rendimientos de sacarosa.

Es importante mencionar que el problema del uso adecuado de fertilizantes por parte de los ingenios azucareros ya fue abordado en forma directa y precisa por estudios previos a esta investigación, por parte del Colegio de Postgraduados; donde fueron establecidas las recomendaciones óptimas en el uso de los fertilizantes y bajo el supuesto de que no existieran limitaciones en cuanto a la disponibilidad de maquinaria para fertilizar.

Es por esto que este estudio aborda la identificación de necesidades de maquinaria agrícola que utilizan los ingenios del país para la producción de caña de azúcar exclusivamente, sin olvidar que los productores utilizan los equipos en otros cultivos que están fuera del contexto de la producción de azúcar. Más aún, este estudio considera el aumento en productividad y por consiguiente la mayor demanda de maquinaria agrícola, derivado de la base de referencia nacional de fertilidad de suelos con que cuenta la SAGARPA realizada por el COLPOS.

Debemos considerar que el presente estudio no pretende constituirse como el inventario de maquinaria y equipo para cada zona de abasto de los ingenios azucareros del país; pues de ello existen informaciones previas, obtenidas por la SAGARPA, el Padrón de Productores de Caña de Azúcar del



INEGI y proyectos recientes desarrollados en coordinación con el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Más bien, se conceptualiza como la identificación de las necesidades reales de maquinaria y equipo, derivadas de procesos geomáticos, de modelado, entrevistas con técnicos de ingenios azucareros y organizaciones cañeras y recorridos de campo; así como, la definición de zonas potenciales de mecanización.

La tarea no ha sido simple, pues ha involucrado el procesamiento y análisis de 16,000 unidades de muestreo, millones de registros climatológicos, recorridos de campo y entrevistas con técnicos de Ingenios Azucareros y representantes de organizaciones productivas en 15 Estados del país, así como el desarrollo de Sistemas de Consulta e Información Geográfica derivados del estudio.

A manera de resumen, a continuación se presentan dos tablas fundamentales; la primera de ellas presenta la información disponible del inventario de maquinaria agrícola en los ingenios azucareros del país. (Información obtenida por la SAGARPA en el 2007 y por el COLPOS en el presente año. Cabe aclarar que solo se presentan algunos ingenios actualizados dado que ya se explicó que no fue motivo de este estudio el realizar un inventario de maquinaria). En tanto que la segunda, representa las necesidades estimadas de maquinaria agrícola por ingenio azucarero producto de este estudio.

Como se hace evidente en los cuadros, el inventario de maquinaria agrícola existente en los ingenios, es suficiente para cubrir las necesidades fundamentales de mecanización para cada uno; aunque es necesario considerar que el equipo productivo de los productores cañeros se encuentra en obsolescencia, subutilización y deterioro.

A fin de contar con un análisis más profundo de la situación que guarda el equipo y maquinaria agrícola se sugiere revisar

el contenido total de este documento donde se abordan los siguientes aspectos para cada Capítulo:

Capítulo 1: El impacto de la mecanización agrícola en los costos de producción.

Capítulo 2: La situación que guarda la mecanización de los terrenos cañeros por Estado y Municipio, así como sus efectos en la compactación de suelos y alternativas de manejo.

Capítulo 3: El análisis detallado de los paquetes mecanizados por ingenio azucarero, donde se muestran diferencias significativas respecto a la intensidad de uso de prácticas mecanizadas por ingenio

Capítulos 4 y 5: La identificación y análisis de las necesidades de mecanización por ingenio

Capítulo 6: Se aborda el tema de la visión de los ingenios azucareros respecto a las necesidades de mecanización, eficiencia en el uso de equipos y antigüedad de los mismos; este enfoque fue obtenido a partir de recorridos de campo y encuestas de validación con técnicos de ingenios.

Capítulo 7 y 8: Para lograr un mejor entendimiento de las variables analizadas por este estudio, se han diseñado dos sistemas de información: El primero de ellos, descrito en el Capítulo 7 para usuarios de Sistemas de Información Geográfica, donde se integran las capas nacionales de información geográfica de la mecanización de los campos cañeros; y el segundo, descrito en el Capítulo 8, donde los usuarios sin experiencia en Sistemas de Información Geográfica, podrán explorar las principales variables que influyen en la mecanización agrícola por ingenio azucarero; representadas en cerca de 1,500 imágenes cartográficas a detalle.

Cuadro 1. Inventario de maquinaria agrícola por ingenio azucarero.

	Tractores				Implementos								Arrastre				
	55 - 75 HP	76 - 95 HP	96 - 115 HP	Más de 115 HP	Arados	Rastras	Niveladoras	Sembradoras	Fertilizadoras	Cultivadoras	Alzadoras	Cosechadoras	Camiones rabones	Torton	Tracto camiones	Carretas 10-15 ton	Carretas < 10 ton
Aa. Saenz (Xico)																	
Adolfo López Mateos					86	67	0	0	98	63	69	0	148	112	6	45	163
Alianza Popular	12	75	24	14	122	122	1	0	58	125	54	9	10	440	3	14	0
Atencingo	169	153	38	3	278	252	0	1	17	205	80	7	317	110	0	4	354
Azuremex-Tenosique																	
Bellavista																	
Calipam	0	35	0	0	34	31	33	0	0	28	20	0	85	4	0	0	0
Casasano	34	47	2	4	54	38	3	2	8	18	16	4	44	71	0	0	0
Central Progreso	0	36	14	8	47	4	0	0	4	47	60	0	145	67	0	4	0
Cuatotolapam	3	11	46	21	66	69	1	0	23	73	38	6	118	104	0	57	235
El Potrero	0	150	18	0	80	28	0	0	15	100	130	0	615	35	0	0	0
El Carmen	10	12	8	4	34	16	0	0	18	34	22	4	97	111	3	0	0
El Dorado	0	0	0	28	13	26	6	0	47	28	12	7	0	109	0	0	0
El Higo	0	45	40	0	18	20	1	0	30	50	37	10	0	159	41	201	78
El Mante																	
El Modelo	41	78	20	5	114	109	32	0	89	75	41	8	21	383	0	0	0
El Molino																	
El Refugio	0	0	0	43	40	35	0	0	10	43	40	1	20	166	0	0	0
Emiliano Zapata	121	143	21	6	272	183	32	4	17	183	35	9	0	378	0	0	0
Huixtla	8	14	9	19	49	56	1	2	28	76	32	10	53	88	5	146	22
Independencia	0		0	0	0	0	0	0	0	0	18	1	30	110	0	0	0
José María Martínez Tala	88	209	137	50	377	372	20	8	182	389	100	9	0	410	0	0	0
José María Morelos	0	138	6	30	165	174	0	0	33	95	15	9	0	127	0	0	0
La Concepcion																	
La Constancia	32	5	2	19	39	39	0	2	18	43	45	5	40	158	12	0	0
La Gloria																	
La Joya					3	3	0	0	2	3	21	3	30	103	0	0	77
La Primavera	15	12	11	27	25	25	5	0	15	25	5	12	0	0	39	60	90
La Providencia	8	34	19	0	59	31	0	0	16	48	56	0	50	225	0	0	0
Lázaro Cárdenas	0	12	0	0	12	8	0	0	2	5	13	0	58	46	0	0	0
Los Mochis																	
Mahuixtlan	4	3	9	0	12	6	0	0	3	12	8	2	108	8	0	0	0
Melchor ocampo	13	31	22	36	78	89	23	0	60	73	18	7	0	182	0	0	0
Motzorongo																	
Pablo Machado	39	28	37	0	80	91	0	0	35	93	65	4	42	200	0	45	6
Pedernales																	
Plan de Ayala	27	60	50	122	208	209	6	0	84	217	55	12	11	425	12	0	0
Plan de San Luis	12	34	61	50	134	142	0	0	71	160	39	15	42	235	19	230	0
Presidente Benito Juárez	0	12	0	53	65	65	0	1	20	55	68	4	70	36	0	620	20
Puga																	
Pujilic	10	50	27	0	83	84	3	0	28	73	40	0	58	358	0	0	0
Quesería	12	38	50	10	100	95	0	5	38	90	55	6	180	120	0	0	0
San Cristobal	59	38	37	122	214	222	0	0	90	203	110	30	10	200	11	450	750
San Francisco Ameca	4	56	12	6	70	73	2	7	18	73	29	5	0	170	10	0	0
San Francisco Naranjal	0	31	0	25	56	13	0	0	56	13	38	6	27	180	0	0	283
San Gabriel	4	16	3	0	15	20	0	0	8	20	30	3	0	47	0	188	229
San José de Abajo																	
San Miguel del Naranjo	0	90	10	0	100	100	0	0	100	100	32	12	0	380	0	0	0
San Miguelito	0	8	0	0	8	0	0	0	0	8	29	0	201	58	0	0	0
San Nicolas					45	41	7	0	24	35	35	4	79	84	30	1	0
San Pedro	7	31	27	20	74	75	0	0	61	72	70	0	171	107	0	212	462
Santa Clara	8	42	36	13	91	62	2	6	26	45	33	4	62	165	4	0	0
Santa Rosalia	8	9	8	6	15	17	0	2	19	31	33	2	62	2	0	64	344
Tamazula																	
Tres Valles	65	69	98	0	221	221	0	0	203	160	104	3	113	249	24	496	0
Zapoapita	58	74	77	18	174	189	2	0	147	177	56	5	0	319	0	0	0

Fuente: SAGARPA 2007

Cuadro 2. Maquinaria agrícola requerida por ingenio azucarero en México

INGENIO	MAQUINARIA REQUERIDA (MEDIA / DESVIACIÓN ESTÁNDAR)													
	ARADOS		RASTRAS		SUBSOLEOS		FERTILIZADORAS		CULTIVADORAS		NIVELADORAS		ALZADORAS	
ADOLFO LÓPEZ MATEOS	71.2	20.1	62.2	28.0	69.5	22.3	219.7	65.7	61.3	12.6	11.5	2.4	139.9	45.4
AARÓN SÁENZ GARZA	53.9	10.8	47.2	18.9	52.6	12.8	166.5	37.6	46.5	4.2	8.7	0.8	106.0	27.2
ALIANZA POPULAR	66.4	12.1	58.1	22.6	64.9	15.0	205.2	43.7	57.3	2.2	10.7	0.4	130.6	31.7
ATENCINGO	44.2	8.7	38.7	15.4	43.3	11.0	136.8	31.6	38.2	3.6	7.2	0.7	87.0	22.1
AZSUREMEX - TENOSIQUE	14.2	2.8	12.4	4.9	13.9	3.3	43.9	9.9	12.3	1.1	2.3	0.2	27.9	7.1
BELLAVISTA	23.0	4.7	20.2	8.3	22.5	5.7	71.1	16.5	19.8	1.8	3.7	0.3	45.2	11.3
CALIPAM	9.5	1.8	8.3	3.2	9.3	2.3	29.3	6.4	8.2	0.6	1.5	0.1	18.6	4.6
CASASANO (LA ABEJA)	12.8	2.4	11.2	4.4	12.5	2.9	39.5	8.5	11.0	0.6	2.1	0.1	25.1	6.2
CUATOTOLAPAM	34.3	8.0	30.1	12.8	33.6	9.5	106.0	27.3	29.7	4.6	5.6	0.9	67.7	19.9
EL CARMEN	29.0	6.1	25.4	10.4	28.3	7.2	89.5	21.0	25.0	2.6	4.7	0.5	56.9	14.4
EL DORADO	19.5	4.1	17.1	7.1	19.0	5.0	60.1	14.2	16.8	1.9	3.1	0.4	38.2	10.0
EL HIGO	49.4	10.5	43.2	17.2	48.3	12.6	152.7	35.9	42.6	4.5	8.0	0.8	97.1	24.8
EL MANTE	52.5	10.0	45.9	18.0	51.3	12.2	162.1	35.7	45.3	3.3	8.5	0.6	103.1	25.0
EL MODELO	42.4	7.8	37.1	14.3	41.4	9.7	130.9	27.2	36.6	1.6	6.9	0.3	83.4	20.2
EL MOLINO	33.2	6.4	29.1	11.7	32.4	7.8	102.5	23.2	28.6	2.4	5.4	0.4	65.2	16.1
EL POTRERO	74.3	13.9	64.9	25.3	72.5	16.8	229.3	49.7	64.1	3.7	12.0	0.7	146.0	35.6
EL REFUGIO	23.0	5.3	20.3	8.7	22.5	6.3	71.3	19.0	19.9	3.1	3.7	0.6	45.3	12.8
EMILIANO ZAPATA	38.0	7.4	33.2	13.0	37.1	8.8	117.6	27.5	32.8	3.0	6.2	0.6	74.8	19.0
HUIXTLA	41.0	9.1	35.9	14.8	40.0	10.5	126.6	30.6	35.4	4.4	6.6	0.8	80.5	21.3
INDEPENDENCIA	14.2	5.5	12.6	7.0	13.9	5.9	44.2	18.6	12.3	4.3	2.3	0.8	28.0	11.8
JOSE MA. MARTINEZ (TALA)	76.3	14.2	66.8	26.3	74.5	17.5	235.7	51.2	65.9	4.8	12.4	0.9	150.2	37.7
JOSÉ MARÍA MORELOS	28.3	5.7	24.7	9.9	27.6	6.8	87.4	20.7	24.4	2.4	4.6	0.5	55.6	14.6
LA CONCEPCIÓN	7.7	2.9	6.7	3.4	7.5	3.1	23.6	8.9	6.6	2.1	1.2	0.4	15.1	6.2
LA CONSTANCIA	42.0	7.8	36.7	14.3	41.1	9.8	129.8	28.5	36.3	2.5	6.8	0.5	82.6	20.6
LA GLORIA	53.6	11.1	46.8	18.5	52.4	13.2	165.5	38.1	46.3	4.7	8.7	0.9	105.5	27.9
LA JOYA	26.5	7.6	23.2	10.4	25.9	8.5	82.2	26.4	22.9	5.1	4.3	1.0	52.4	17.8
LA PRIMAVERA	18.6	6.4	16.2	8.1	18.1	6.9	57.4	21.3	16.0	4.8	3.0	0.9	36.4	13.7
LA PROVIDENCIA	39.9	10.4	35.0	15.7	38.9	11.9	123.6	36.6	34.5	6.6	6.5	1.2	78.5	23.9
LÁZARO CÁRDENAS	13.2	2.5	11.6	4.6	12.9	3.2	40.9	9.3	11.4	0.9	2.1	0.2	26.0	6.5
LOS MOCHIS	49.2	10.4	43.0	17.4	48.1	12.7	151.9	36.1	42.4	4.8	8.0	0.9	96.8	25.9
MAHUIXTLAN	16.0	4.0	13.9	5.9	15.5	4.3	49.2	13.0	13.8	2.3	2.6	0.4	31.4	9.2
MELCHOR OCAMPO	31.4	5.6	27.4	10.7	30.6	7.0	96.9	20.2	27.1	0.6	5.1	0.1	61.7	14.7
MOTZORONGO	71.4	12.9	62.4	23.8	69.8	16.4	220.7	47.4	61.7	3.2	11.6	0.6	140.6	34.7
NUEVO SAN FRANCISCO (NARANJAL)	27.6	12.7	24.1	14.0	27.1	13.4	85.0	39.3	23.8	9.7	4.5	1.8	53.9	25.8
PABLO MACHADO (LA MARGARITA)	54.3	10.1	47.5	18.5	53.1	12.6	167.9	37.1	46.9	2.5	8.8	0.5	106.8	26.0
PEDERNALES	13.1	2.6	11.4	4.5	12.8	3.2	40.5	9.2	11.3	1.0	2.1	0.2	25.8	6.6
PLAN DE AYALA	66.8	16.7	58.9	26.6	65.3	19.5	206.4	57.1	57.7	10.1	10.8	1.9	131.6	39.6
PLAN DE SAN LUIS	56.7	12.6	49.6	20.6	55.4	14.9	175.0	42.9	48.9	6.8	9.2	1.3	111.4	30.1
PRESIDENTE BENITO JUÁREZ	57.8	11.2	50.6	20.0	56.4	13.5	178.2	38.7	49.8	3.6	9.3	0.7	113.7	28.8
PUGA	69.2	14.2	60.5	24.2	67.6	17.3	214.0	51.2	59.7	5.9	11.2	1.1	136.1	35.5
PUJILTLIC (CIA. LA FE)	57.6	10.2	50.4	19.6	56.3	13.0	177.9	37.4	49.7	1.2	9.3	0.2	113.3	27.2
QUESERÍA	40.0	7.5	35.0	13.7	39.1	9.4	123.8	28.1	34.6	2.8	6.5	0.5	78.8	20.0
SAN CRISTOBAL	154.4	28.4	135.0	52.6	150.6	34.8	476.9	102.7	133.1	5.1	25.0	1.0	303.4	73.6
SAN FRANCISCO AMECA	35.2	7.5	30.7	12.3	34.3	8.8	108.6	26.0	30.3	3.5	5.7	0.7	69.0	17.6
SAN GABRIEL	26.8	4.9	23.5	9.3	26.2	6.2	82.7	17.4	23.1	1.2	4.3	0.2	52.7	12.8
SAN JOSÉ DE ABAJO	29.1	5.7	25.5	10.1	28.4	6.9	90.1	21.0	25.1	2.0	4.7	0.4	57.2	14.3
SAN MIGUELITO	23.9	4.3	20.9	8.0	23.4	5.5	73.9	15.5	20.7	0.6	3.9	0.1	47.1	11.3
SAN NICOLÁS	28.2	6.6	24.6	10.0	27.4	7.3	86.9	21.9	24.3	3.5	4.6	0.7	55.4	15.5
SAN PEDRO	47.7	10.5	41.7	17.0	46.6	11.9	147.4	36.0	41.2	5.5	7.7	1.0	93.6	23.9
SANTA CLARA	25.0	7.0	21.8	9.8	24.5	7.9	77.5	24.2	21.6	4.9	4.1	0.9	49.2	16.1
SANTA ROSALÍA	32.6	6.0	28.5	11.0	31.9	7.5	100.7	21.5	28.1	1.2	5.3	0.2	64.1	15.4
TAMAZULA	45.8	8.7	40.0	15.9	44.7	10.8	141.4	31.8	39.5	3.2	7.4	0.6	90.1	22.8
TRES VALLES	96.9	23.5	84.2	34.1	94.7	27.3	299.3	80.3	83.5	13.4	15.7	2.5	190.3	54.6
ZAPOPITA - PÁNUCO	53.3	10.2	46.6	18.3	52.0	12.4	164.8	36.7	46.0	3.3	8.6	0.6	104.8	25.9

Introducción

Este estudio de caracterización de zonas potenciales de mecanización en las zonas de abasto cañeras, se enmarca dentro de la Acción 2.9 del PRONAC, la cual indica que la organización de la cosecha debe efectuarse bajo el principio de “unidades compactas de corte, alce y acarreo” (en unidades que representen como mínimo el 10% de la molienda del ingenio) que permita estandarizar gastos de cosecha, aumentar el volumen cosechado, así como mecanizar e incorporar sistemas de entrega de caña de azúcar eficientes.

Así mismo, la Acción 2.10 indica la modernización del campo cañero mediante el apoyo para inversión en maquinaria y equipo de cosecha en unidades de servicio, cosechada en verde [disminución de la caña quemada de 90 a 70%] eficiencia en el alce y en la alineación del acarreo con el sistema de descarga de caña.

En este sentido, se ha definido como objetivo del Estudio:

- Identificar las necesidades de maquinaria agrícola de cada uno de los ingenios azucareros del país, considerando las características agroecológicas de sus unidades de producción, el estado actual que guarda el parque de equipos disponibles y el eventual aumento de la productividad del Sistema Producto de la Caña de Azúcar.

Y como objetivos particulares:

- Integrar un estudio que identifique las necesidades de mecanización del campo mediante estudios cartográficos, catastrales y simulación productiva.
- Realizar un diagnóstico general de la situación de la maquinaria agrícola para cada zona de abasto de cada ingenio validada con recorridos de campo y entrevistas con técnicos de los Ingenios Azucareros del país.

- Identificación de zonas potenciales de mecanización mediante Sistemas de Información Geográfica, recorridos de campo y empleo de estudios cartográficos y catastrales.
- Integrar la información obtenida en un modelo de Sistema de Información Geográfica de consulta para tomadores de decisión.

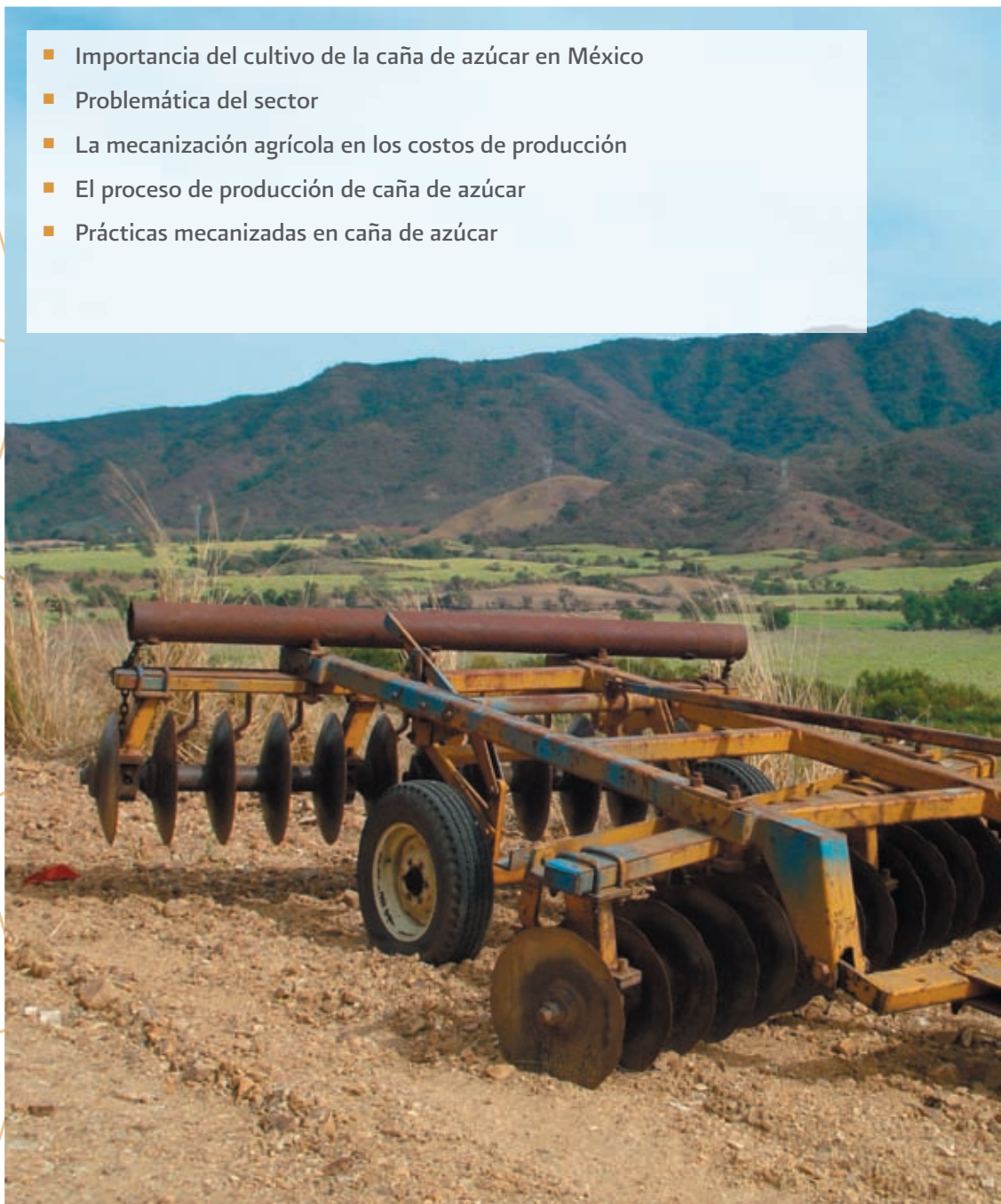
Para ello, han sido considerados como insumos adicionales a este proyecto los estudios cartográficos y catastrales previos obtenidos por el INEGI y la SAGARPA en 2007, 2008 y 2009.



Capítulo 1.

Las Prácticas Mecanizadas en Caña de Azúcar

- Importancia del cultivo de la caña de azúcar en México
- Problemática del sector
- La mecanización agrícola en los costos de producción
- El proceso de producción de caña de azúcar
- Prácticas mecanizadas en caña de azúcar



Capítulo 1. Las Prácticas Mecanizadas en Caña de Azúcar

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO

La historia moderna de la industria azucarera en México, se remonta a los años Cuarenta. En esta época se formaron las principales empresas y México llegó a ser el segundo exportador mundial de azúcar después de Cuba.

Para 1970 se nacionalizan 60 ingenios del país por la incapacidad de cubrir sus deudas, quedando 15 en manos de particulares; en los años siguientes la industria sufrió alzas y bajas, generándose periodos de escasez que convirtieron a México en importador de azúcar. El nivel de vida de los cañeros y azucareros no tuvo mejoría alguna, mientras tanto los ingenios empezaron a deteriorarse, los niveles de eficiencia descendieron, la mayoría de ingenios se llenaron de empleados en proporciones tres a cuatro veces superior a sus necesidades y no fue sino hasta 1988 que el gobierno decidió desincorporarlos.

México ha pasado durante los últimos años por diferentes etapas, ya que de ser un país tradicionalmente exportador, se convirtió en la década de los 70 en importador pero en los últimos años ha llegado nuevamente a la autosuficiencia.

La producción de caña de azúcar se registra en 15 estados del país, en 227 municipios. La agroindustria de la caña de azúcar tiene un efecto socioeconómico sobre 12 millones de personas que de una manera u otra, están relacionadas con las 734,681 hectáreas de caña que se cultivan en el país.

En los últimos diez años, el volumen de producción promedio anual de caña de azúcar (materia verde) fue de 47.3 millones de toneladas con una tasa media anual de crecimiento de 1.6 %.

El principal productor de caña de azúcar durante este periodo es Veracruz obteniendo un promedio de 18 millones de toneladas superior al de Jalisco, San Luis Potosí, Oaxaca, Tamaulipas, Chiapas, Sinaloa, Nayarit, Morelos y Tabasco, ya que su

producción promedio es menor a los 6 millones de toneladas en cada uno.

En relación con las modalidades de riego, Veracruz es el estado que obtiene el mayor volumen de producción de caña de azúcar, tanto en la modalidad de riego (el 24.2% del total), como en el temporal, (50.4% del volumen total obtenido). Al igual que en los otros rubros, Jalisco ocupa la segunda posición, al registrar en la modalidad de riego el 22.0% del volumen total obtenido y el 2.8% en la modalidad de temporal.

En el ámbito nacional, por su calidad de suelos Puebla es el estado que obtiene los rendimientos más altos con 150 toneladas por hectárea, seguido de Morelos con 105 ton·ha⁻¹, le sigue Chiapas, con 86.5 ton · ha; Jalisco, con 85.1 ton· ha; en Sinaloa el rendimiento de la caña de azúcar en promedio es de 84 toneladas por hectárea.

En Nayarit, Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Tamaulipas, San Luis Potosí, los rendimientos obtenidos en promedio no rebasan las 75 toneladas por hectárea.

Veracruz a pesar de ser el principal productor de caña de azúcar obtiene rendimientos de 72.2 toneladas por hectárea.

La superficie sembrada con caña de azúcar en México se distribuye principalmente en los estados de Veracruz, donde se cultiva, en promedio anual, 253 miles de hectáreas lo que representa el 36.7% del total nacional. En segundo lugar se encuentra Jalisco, que destina 70 mil hectáreas representando un 10.2%; San Luis Potosí tiene 58 mil hectáreas que equivale a 8.5% del total, Oaxaca y Tamaulipas destinan en promedio 52 Y 51 mil hectáreas, lo que significa un 7.6% y 7.5% respectivamente, en Sinaloa la superficie sembrada es de 32 mil hectáreas equivalente al 4.7%, Nayarit y Tabasco destinan 28 mil hectáreas, Chiapas en promedio tiene 27 mil hectáreas, que implica un 4%, y Morelos dedica 16 mil hectáreas en promedio cifra que es igual a un 3% de la superficie total. La superficie

destinada a la producción de este cultivo en las entidades antes referidas representan el 89.5% del total nacional.

A lo largo del periodo Chiapas presenta una tasa media anual de crecimiento de 2.4%, siguiéndole Nayarit con 2%, Tamaulipas con 1.8%. Los años en que se tuvo una mayor superficie sembrada en el país fueron, 1998 y 1999 con 692 y 693 mil hectáreas respectivamente. De 2003 a 2007 la superficie sembrada aumentó de 682 mil a 727 mil hectáreas. Al igual que en la superficie sembrada, el estado más representativo en lo que se refiere a superficie cosechada es Veracruz al promediar 248 mil hectáreas de superficie cosechada en el periodo; seguido de Jalisco con 66 mil hectáreas; San Luis Potosí con 54 mil hectáreas; Oaxaca, 49 mil hectáreas y Tamaulipas con 42 mil hectáreas. Nayarit 27 mil hectáreas, Tabasco 26 mil hectáreas, Chiapas 25 mil hectáreas, Sinaloa promedia 24 mil hectáreas y Morelos 15 mil hectáreas. En el periodo de referencia, la superficie cosechada tuvo una tasa media de crecimiento anual del 1.2%. Los años en los que se registró una mayor superficie cosechada fueron 1998 y 1999 con 631 mil y 643 mil hectáreas, en ese orden. En el año 2000 la superficie cosechada descendió a 618 mil hectáreas; durante los siguientes años la superficie cosechada ascendió hasta el año 2005 al llegar a 670 mil hectáreas y aumentando en 2007 a 690 mil hectáreas.

La producción de caña de azúcar en México genera 440 mil empleos directos y 2.5 millones de empleos indirectos.

México a nivel mundial ocupa el 7° lugar en producción y en consumo de azúcar. 6° lugar en producción de caña de azúcar. 5° lugar en productividad. (Rendimiento por ha). A nivel nacional, el consumo de azúcar y edulcorantes es de 5.8 millones de toneladas, de las cuales 5 millones corresponden a azúcar y 800 mil toneladas a alta fructosa. Se estima que para el 2012, el consumo llegue a 6.4 millones de toneladas lo que significa que el incremento del consumo de azúcar y edulcorantes en México es de 150 mil toneladas por año.

PROBLEMÁTICA DEL SECTOR

- 1) Rezago tecnológico, tanto en el proceso industrial como en las técnicas de cultivo de la caña de azúcar, provocado por la desorganización del trabajo en el campo, deficiencias en la aplicación de paquetes tecnológicos y falta de maquinaria agrícola.
- 2) Bajos precios pagados al productor. En términos reales, el precio pagado al productor presenta una tendencia decreciente, la cual no incentiva la producción de caña de azúcar.
- 3) Infraestructura heterogénea y en algunos casos obsoleta o rezagada, que provoca bajos rendimientos, pérdida de tiempo y costos elevados de producción.
- 4) Serios problemas para obtener financiamiento. El crédito requiere de múltiples gestiones y se otorga en forma insuficiente, fuera de tiempo y sobre-regulado.
- 5) La incipiente capacidad administrativa de los ingenios y la penetración legal de las organizaciones en las decisiones técnico-productivas.
- 6) Rezago y baja capacidad tecnológica en la producción primaria, la cual además tiene dificultades de movilización oportuna y eficiente por falta de transporte u obsolescencia del mismo.
- 7) En general, los ingenios del país sufren altos niveles de endeudamiento, su descapitalización asciende a 2 mil 500 millones de pesos, lo cual representa entre el 30 y el 40 por ciento del valor de la planta productiva del país.
- 8) Los ingenios que sobrevivan a la crisis, tendrán que volverse más eficientes y capaces de atraer inversión, lo que proporcionará la elevación de la producción de azúcar a su capacidad instalada actual, que es del orden de 5 millones de toneladas.

Otro factor determinante en mercado de los edulcorantes, es la creciente demanda de la Alta Fructosa por parte de la industria refresquera y dulcera. Esto ha venido a mermar las ventas de azúcar con un impacto adverso al sector azucarero. El alta fructosa es un derivado del maíz y sustituto de la caña de azúcar. Se estima que anualmente se consume un millón de toneladas de alta fructosa, la cual se importa a un precio de cien dólares la tonelada, mientras el azúcar refinada se cotiza en 540 dólares por tonelada, desproporción que desafía a la industria azucarera a abatir sus costos de producción.

Desde octubre de 1997, la SECOFI está aplicando un impuesto compensatorio de 6.1 por ciento aplicado a las importaciones de alta fructosa, pero no se ha revertido la tendencia al aumento

en las compras de este sustituto altamente demandado por las empresas refresqueras Mundet, Barrilito y Coca Cola, entre otras. A futuro se han perfilado escenarios complejos para el azúcar, provocados por el impacto del creciente consumo de la alta fructosa. Estos escenarios establecen para el azúcar una baja inmediata de precio y por consiguiente de rentabilidad y capacidad de pago.

LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción de la caña de azúcar siempre se han comportando a la alza, como cualquier tipo de costo de producción que es afectado por una baja productividad, aunque pueden existir excepciones.

En promedio, los costos de producción de una tonelada de caña de azúcar en México bajo riego ha sido de \$350.00

pesos para el año 2006 y \$418.00 pesos para el año 2007, con un incremento del 16.3% de un año a otro. En el caso de la caña producida bajo condiciones de temporal, el costo de producción de una tonelada de caña de azúcar fue de \$317.00 pesos en el año 2006 y de \$333.00 pesos en el año 2007, con un incremento relativamente bajo (4.9%) en los costos de un año al otro (Unión Nacional de Cañeros A.C.).

Cabe destacar que el comportamiento promedio de estados productores de caña de azúcar en México es engañoso, debido a que los costos de producción de los diversos estados difieren significativamente. Los costos de producción reflejan la diferencia que existe en cada estado para la producción de la caña de azúcar. A continuación se presenta una tabla con los costos de producción reportados por la SAGARPA para los años 2005, 2006 y 2007.

Cuadro. 1. Costos de producción de caña de azúcar en México (Pesos por ton)*

ESTADO	AMBIENTE	2005	2006	2007
Chiapas	riego	180.07	189.44	207.46
	temporal	-	-	-
Colima	riego	236.49	310.50	335.33
	temporal	217.89	318.70	371.42
Jalisco	riego	156.54	165.22	193.17
	temporal	-	-	-
Morelos	riego	154.91	162.90	178.77
	temporal	-	-	-
Oaxaca	riego	-	-	-
	temporal	149.89	201.86	222.91
Puebla	riego	241.92	443.11	635.05
	temporal	158.67	186.44	198.00
San Luis Potosí	riego	299.59	300.19	327.74
	temporal	290.94	291.65	292.37
Sinaloa	riego	295.37	397.64	429.06
	temporal	-	-	-
Tamaulipas	riego	435.53	440.07	452.23
	temporal	433.41	444.34	450.03
Veracruz	riego	-	-	-
	temporal	277.27	383.50	381.75

* Fuente: SIAP SAGARPA

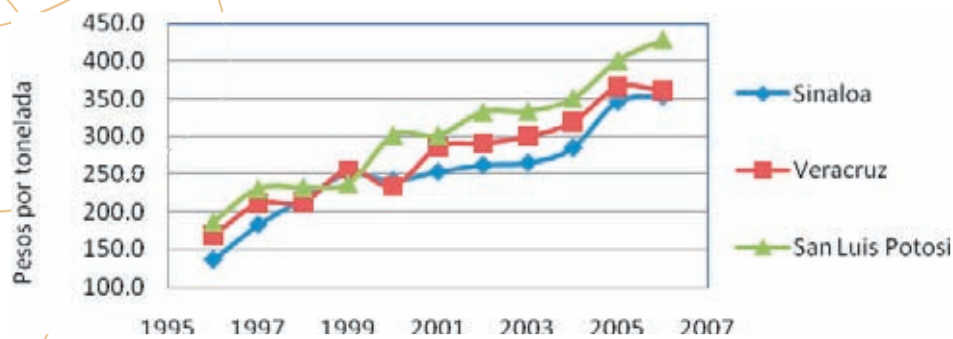
(Elaborado en base a: Sistema de Costos de Producción, SIAP 2010)

En el año 2007, último reportado por la SAGARPA, el estado con los costos más altos fue Puebla en modalidad de riego y Tamaulipas en modalidad de temporal, con costos de \$635 y \$450 por tonelada, respectivamente. Los estados con menores costos fueron Morelos en riego y Puebla en temporal, con \$178 y \$198 por tonelada, respectivamente.

El precio al productor de caña durante el periodo de 1996-2006 cambió de \$177.00 por tonelada en 1996 a \$372.00

por tonelada en 2006. El precio promedio durante este periodo fue de \$280.00 a nivel nacional, lo que implica un crecimiento de 7.69%. El mayor precio al productor se registró en el estado de San Luis Potosí al promediar \$303.00 por tonelada y el precio más bajo se tuvo en Sinaloa al promediar \$254.00 pesos por tonelada. En Veracruz, el promedio del precio al productor fue de \$272.00 por tonelada, y un crecimiento del 7.84%.

Fig. 1. Precios de la caña de azúcar pagados a los productores en tres estados.



(Elaborado en base a: Sistema de Costos de Producción, SIAP 2010)

Aunque no es el propósito de este documento abundar en los precios del azúcar al consumidor, solamente mencionaremos que el precio al consumidor del azúcar estándar y refinada en la ciudad de Guadalajara fueron más altos que en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y en Monterrey. El precio que se registro en enero de 2007 en Guadalajara fue 27.29 pesos por kilogramo para azúcar estándar. El mayor precio al mayoreo se registró en agosto del 2006, alcanzando \$460.00 pesos por bulto de 50 kilogramos. El comportamiento es moderadamente al alza.

La cotización internacional más alta del azúcar se dio durante la zafra 2005/06 al registrarse en \$327.00 US dólares por según el contrato No. 11, de \$499.00 USD para el contrato No. 14, de \$405.00 USD por toneladas para el contrato No. 5 y el MIDWEST de \$794.00 USD por tonelada.

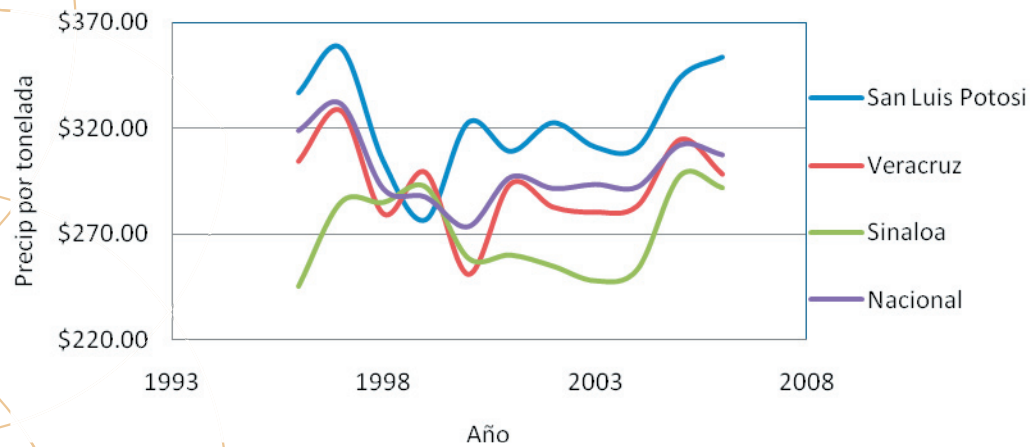
Los factores económicos que afectan el desarrollo del sector azucarero son principalmente el rezago tecnológico, pues la

maquinaria y el equipo utilizado en el sector cañero del país son antiguos, lo que se refleja en baja productividad en comparación a si se tuviera la maquinaria y equipo adecuados. Relacionado con este punto, está la infraestructura heterogénea del sector cañero en México, pues si bien existen predios en ingenios con buena infraestructura para la producción, la mayoría son de infraestructura pobre o nula.

Es importante resaltar que el acceso al financiamiento es limitado y dificultoso por los numerosos trámites y papeleos. Los pocos productores que lo obtienen, sienten al financiamiento como una carga más y a la larga terminan por no pedirlo.

Los bajos precios al productor son otro grave problema en la cadena productiva de la caña de azúcar. Si bien, anteriormente se puede observar una tendencia a la alza en los precios pagados al productor, la realidad es que estos ingresos al productor no han aumentado, es decir, al deflactar dichos precios tenemos que presentan una tendencia a la baja.

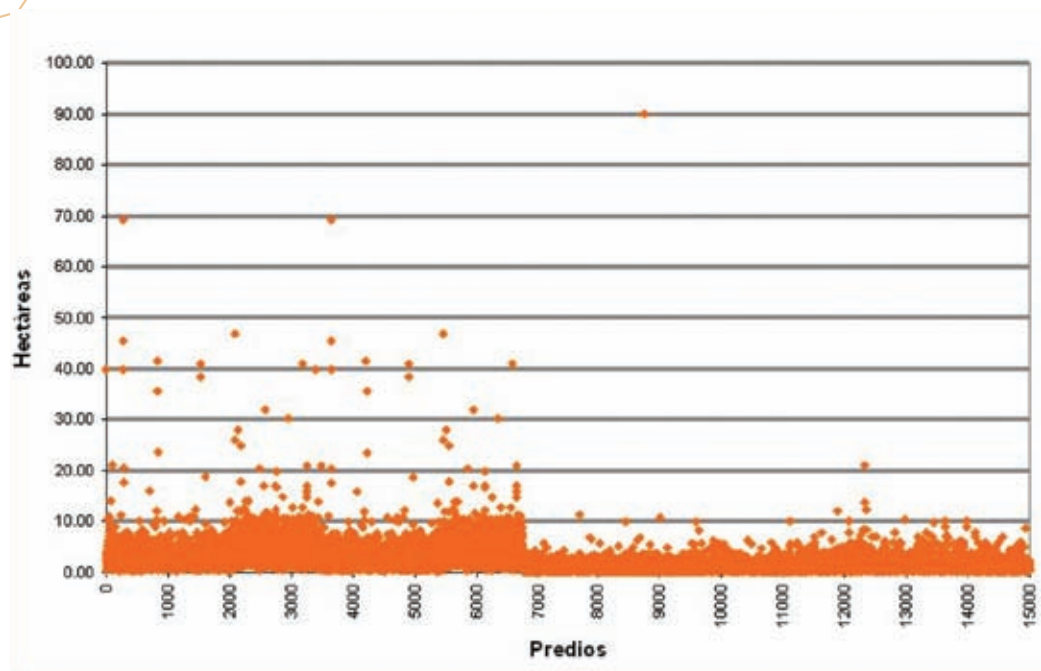
Fig. 2. Precio real de la caña de azúcar pagado al productor.



(Elaborado en base a: Sistema de Costos de Producción, SIAP 2008)

Otro aspecto importante relacionado con la baja productividad e incremento de los costos de producción de la caña de azúcar lo constituye el alto nivel de parcelamiento y fragmentación de la tierra, lo que dificulta el manejo agrícola por zonas compactas y reduce la eficiencia operacional del parque de maquinaria y equipo existente en las zonas cañeras.

Fig. 3. Fragmentación de los predios cañeros del país



La figura 3, presenta muestra de 15,000 predios cañeros de diversos ingenios cañeros de la República Mexicana donde se observa que, el 98% de los predios tienen una superficie inferior a las 10 Ha, en tanto que la media nacional del tamaño de predios producto de esta muestra, se ubica en 2.47 Ha por predio. Situación que dificulta la mecanización de labores agrícolas.

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

Manejo del cultivo

La caña de azúcar se produce en diversos climas, suelos y condiciones culturales en 14 regiones agroecológicas de 15 entidades federativas del país. El cultivo se sitúa entre los 37° de latitud norte y los 31° de latitud sur. Se encuentra en las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México, en el sur de Quintana Roo y comprende una franja transversal sobre el paralelo de los 19° de latitud norte.

El cultivo se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad, se encuentra desde las zonas con precipitación pluvial de más de 4,000 mm anuales, hasta zonas que experimentan sequías estacionales, nortes que inciden durante de zafra en la costa del Golfo de México, y huracanes y ciclones que tocan tierra en las costas del Golfo de México, como en las del Océano Pacífico. Desde el punto de vista climatológico, los ámbitos cañeros se ubican en climas cálidos, semicálidos y templado-cálidos, pero eventualmente algunas zonas muy al norte o de gran elevación, son afectadas por las bajas temperaturas con un efecto de heladas.

Edafológicamente hablando, las zonas cañeras se encuentran en cuatro unidades de suelos predominantes según la clasificación de FAO – UNESCO: **CAMBISOL (55%), VERTISOL (15%), FLUVISOL (15%) y LUVISOL (15%)**. En términos generales, son suelos con pH ácidos o ligeramente ácidos, con bajo contenido de materia orgánica y fertilidad. Generalmente el drenaje superficial es bueno pero en el trópico húmedo se presentan problemas de inundaciones.

La caña de azúcar al ser un cultivo semi perenne, su ciclo de vida comprende una fase de plantilla, uno de soca y tres de resocas, pero eventualmente ocho o mas resocas.

La producción de caña de azúcar se distribuye en terrenos de temporal (76.6%) y predios que cuentan con riego (23.4%). Se tienen problemas en el manejo del agua, en la infraestructura hidráulica, en el intervalo y láminas de riego. Se han puesto en marcha proyectos de riego por goteo, el cual no es mayor debido a la falta de recursos propios y por la carencia de financiamiento.

Proceso

El éxito del incremento productivo de la caña de azúcar depende en gran medida de la correcta aplicación de la tecnología de

producción, por lo que se consideró relevante que el usuario de la información tenga en mente las recomendaciones de las instituciones de investigación con el propósito de asegurar una alta productividad. A continuación se describe el paquete tecnológico para la producción de la caña de azúcar con base a recomendaciones del INIFAP, Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma de Chapingo.

SELECCIÓN DE UNA VARIEDAD A CULTIVAR. Los principales aspectos que deben considerarse para la elección de una buena variedad, son el buen rendimiento en campo, el buen rendimiento en fábrica y resistencia al clima, plagas y enfermedades. Tanto el INIFAP, como Colegio de Postgraduados y la Universidad de Chapingo, disponen de publicaciones sobre las mejores variedades de caña de azúcar para las zonas cañeras del país. De acuerdo a lo comentado por los entrevistados en estudios acerca de la caña de azúcar, se emplean variedades resistentes a plagas y enfermedades y rendidoras en campo y fábrica. Las variedades más comunes son: MEX 69-290, MEX 68-P23 y CP 72-2086. De 45 a 120 días después de la siembra se realiza el primer aporque.

PREPARACIÓN DEL SUELO. Las labores de preparación se efectúan un mes antes de la siembra, con el fin de facilitar la germinación de las yemas y el desarrollo de las raíces. La “cama” para la plantación requiere de un suelo adecuadamente labrado. El terreno se prepara con las actividades de limpia, subsoleo (40-50 cm de profundidad), barbecho, cruza, rastreo, nivelación, surcado (de 70 a 120 cm entre surco y surco y una profundidad de 25 a 40 cm), desagüe y en caso de predios con riego, con el trazo y construcción de regaderas. Las actividades más frecuentes en la preparación son el barbecho, rastra y el surcado. Las faenas se realizan con tracción mecánica y donde se carece de maquinaria, o la topografía del terreno y el exceso de piedras no permiten el empleo del tractor, se usa tracción animal.

Se han iniciado sistemas de siembra con labranza mínima o de conservación. En éstas, se eliminan el subsoleo, barbecho y rastra, exterminando la cepa con el uso de herbicidas para realizar después el surcado y la siembra. Este sistema tiene dos ventajas: por un lado, disminuye el costo de producción, y por otro, le devuelve al suelo su estructura original.

SIEMBRA. La época de siembra se encuentra en función de varios factores: por una parte, se consideran los factores que determinan la germinación de las yemas, temperatura y humedad del suelo, y por otro lado, se consideran los días de

maduración de las variedades y el período de molienda de los ingenios donde se procesa la gramínea. La recomendación de un período de siembra que va de junio a noviembre, aunque en las regiones de riego se hace en el período de Diciembre a Febrero. Se emplean tallos de ciclo plantilla de 8 a 10 meses de edad, se procura evitar el uso de tallos de mayor edad, abultados y endurecidos, porque son menores sus posibilidades de germinación. Es común el uso de cordón doble, dejando tres yemas. Se emplean 8 a 10 toneladas de planta por hectárea si usan tallos delgados y 10 a 12 toneladas al emplear tallos gruesos. En las zonas de riego, el primer riego se lleva a cabo inmediatamente después de sembrar la caña-semilla en el suelo y se debe de continuar regando el cultivo aproximadamente cada 15 días.

FERTILIZACIÓN. La fertilización química al suelo, aporta los nutrientes que requiere la caña. Dosis adecuadas y aplicaciones oportunas se traducen en un incremento de la producción. En el campo cañero, se están empleando varios tratamientos que según la opinión de los técnicos de campo de los ingenios y de acuerdo a las publicaciones de los institutos de investigación, consideran un balance de nutrientes entre el cultivo y el suelo. Esta opinión no es compartida por algunos académicos e investigadores del ramo que formulan que uno de los elementos prioritarios de la generación y transferencia de tecnología, debe versar en el establecimiento de tratamientos que consideren las necesidades específicas del cultivo, ciclo y suelo de cada región, lo que permitiría aprovechar de mayor forma el potencial agroecológico local.

En este sentido, El Colegio de Postgraduados desarrolló durante los años 2008 y 2009 proyectos de información tendientes a proponer esquemas de fertilización adecuada para cada uno de los ingenios azucareros del país en el marco del PRONAC 2007-2012.

La fertilización, casi en forma generalizada, se realiza en dos etapas: la primera se lleva a cabo entre los 45 y 75 días después de la siembra y ésta puede ser manual o mecánica y la segunda que se realiza entre los 150 y 180 días después de la siembra, y por las condiciones del cultivo, es necesariamente manual. En general, se utilizan 400kg de triple 17 y 200kg de urea para la primera fertilización (160-68-68) y 300 kg de urea en la segunda aplicación (138-00-00).

La producción de caña de azúcar incide en el agotamiento del suelo. Esta situación es provocada en parte por la alta extracción

de nutrientes y por las dosis de fertilización aplicada a los terrenos. Algunos estudios indican que una cosecha de 100 ton/ha extrae en términos medios 133, 83 y 278 kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea. Con ánimo de enfrentar esta situación, se operan proyectos con carácter de "piloto" al aplicar composta a partir de cachaza y compostas a base de bagazo y cachaza.

El empleo de estos fertilizantes debe ser alentado porque actúan como mejoradores de suelo, aportan nutrientes (la cachaza de los ingenios es rica en nutrientes), incrementan la producción y su empleo amplio y permanente puede constituirse como generador de empleos. En forma reducida también se están usando los fertilizantes líquidos como vinaza y en algunos casos se aplica cal agrícola para corregir el pH en suelos ácidos, esquema que se vuelve aún más favorable si consideramos la gran cantidad de residuos orgánicos generados durante la producción del azúcar en los ingenios en forma de bagazo y cachaza.

Algunas fuentes señalan que plagas y enfermedades provocan daños que reducen el rendimiento en un 10%. Las plagas con mayor incidencia son los roedores (ratas y tuzas), la mosca pinta o salivazo y el gusano barrenador.

PLAGAS Y ENFERMEDADES. Los roedores son combatidos con rodenticidas: difasinona, fosfuro de zinc, carbofuran y se inicia el combate de la tuza con buromadilona en zanahoria, además se registran casos de empleo de productos prohibidos como el 1080. La Mosca pinta se enfrenta con el uso de metarizium, limpieza de canales y con el empleo de insecticidas, principalmente con este último producto. El gusano barrenador se combate con insecticidas. Otras plagas presentes en el campo cañero son el chapulín, langosta, gusanos trozadores, chinches de encaje, pulgón amarillo, gusano falso medidor, gallina ciega, gusano soldado, termitas, para todas estas plagas, los técnicos de cabecera de los productores también les recomiendan combatirlas con el uso de insecticidas.

En la producción cañera hay un alto empleo de agroquímicos. En el corto plazo incrementan los rendimientos y disminuyen la carga de trabajo. Pero no se debe olvidar que en el mediano y largo plazo crean dependencia. Las especies crean resistencia y el combate de ellas requiere productos más fuertes y peligrosos. Productos prohibidos por su alta toxicidad en muchos países desarrollados, aún se aplican en el nuestro. El manejo de los agroquímicos puede ser inadecuado: no se

siguen las precauciones indicadas; se almacenan en lugares inapropiados y se emplean sin equipo protector. Algunos de los efectos secundarios asociados al empleo de los plaguicidas en el ambiente son: contaminación de fuentes de agua, mantos freáticos y aire; destrucción de biodiversidad, erosión, dificultades en la reproducción de los animales, incremento excesivo de algas en ríos y lagos, alta residualidad (permanencia a largo plazo) de las sustancias en el ambiente, plantas e insectos dañinos con resistencia a plaguicidas, y participación en la destrucción de la capa de ozono. Los plaguicidas también repercuten en la salud de agricultores y población rural. Algunos efectos secundarios asociados a los mismos son: dolor de cabeza, problemas digestivos y del sistema respiratorio, irritación cutánea y de ojos, esterilidad, cáncer y envenenamiento.

Aún cuando las enfermedades del cultivo no causan daños económicos significativos, no se debe olvidar que afectan el rendimiento y la calidad industrial del producto: disminuye el brix, sacarosa, pureza de los jugos y el azúcar recuperable. Las enfermedades presentes son mancha de ojo, raya roja, poca bhoeng, mosaico, roya, carbón, escaldadura de la hoja y amarillamiento de la hoja. Las enfermedades se están combatiendo con la sustitución de variedades susceptibles por variedades con resistencia. También se registran controles al desinfectar la semilla.

COMBATE DE MALEZAS. Labores de cultivo y deshierbes tiene como fin generar condiciones para optimizar el desarrollo de la planta. Con ellas se eliminan las hierbas que compiten con la caña por el agua y los nutrientes, evita la compactación del suelo, facilita la penetración del agua, proporciona soporte a la planta y prepara el terreno para aplicar el fertilizante y agua.

Las malezas presentes están dadas por los zacates (privilegio, pasto estrella, pata de gallina, del año, de agua, caminadora, agrarista) coquillos y flor amarilla. Las malezas se controlan con productos químicos (herbicidas pre-emergentes y/o post-emergentes), de forma manual y con procedimientos mecánicos. Para la realización de limpiezas y cultivos se utilizan cultivadoras, arados, azadón, machetes, y palas. Las actividades más habituales son raspadilla, escardilla, arrope o aporque, despacho o levantamiento de surco, socas y descarne. El control químico es un método usual, presente en el 90% de la superficie.

COSECHA. Previo a la cosecha se realizan muestreos de tallos y análisis de laboratorio para garantizar que el corte se efectúa

en caña debidamente madura. Esta labor se realiza dos o tres meses antes del corte. Se muestrean tallos en campo y se someten a análisis de laboratorio. El índice de madurez se construye al determinar el porcentaje de humedad, los grados brix, la cantidad de sacarosa, la pureza del jugo y los azúcares reductores. Esta actividad corre a cargo del ingenio donde se procesará la gramínea.

Al igual que la determinación del grado de madurez de la caña y la programación del corte, la cosecha es una actividad que desarrolla el ingenio. La organización de ésta comprende la contratación de jornaleros, equipo de transporte así como poner atención en los caminos. La cosecha se realiza de forma manual y de forma semimecanizada predominantemente. La caña de azúcar es un cultivo perenne el cual su primer cosecha ocurre en un periodo de 15 a 18 meses después de la siembra. Su cepa (socas o rebrotes) se cosechan cada 12 meses y duran en promedio 4 y 8 cosechas más de acuerdo con el manejo agronómico.

La cosecha se divide en tres periodos conocidos como tercio de la zafra de dos meses cada uno. En el primer tercio se cortan las variedades tempraneras o precoces y si es el caso de que existan cañas quedadas de la zafra anterior. El segundo y último tercio corresponden a las cañas de maduración media y tardía.

Como la mayor cantidad de sacarosa se encuentra en la base del tallo se procura cortar al ras del suelo. De lo contrario, parte de la sacarosa se queda en campo y da lugar al destronque incrementando con esto los costos de producción. Se procura que la caña cortada no permanezca en campo más de 24 horas; si esto ocurre, la caña pierde peso y calidad.

En general, como actividad previa al corte se realiza la quema del cultivo y se eliminan (cortan) punta y hoja. La quema por una parte, facilita la realización del corte, empero, otros efectos de la misma son: disminución de la humedad del suelo, incidencia de malezas, descenso de la materia orgánica original del suelo, pérdida de nitrógeno, incremento de la erosión, pérdida de cepas, deterioro de la fertilidad, contaminación ambiental, deterioro de la caña y disminución de la calidad de la caña que ingresa al ingenio y destrucción de biodiversidad.

PRÁCTICAS MECANIZADAS EN CAÑA DE AZÚCAR

DESCEPADA. Consiste en la destrucción e incorporación al suelo de los residuos de cultivos anteriores. Cuando los lotes son nuevos, generalmente estos residuos son de pastos y cultivos

estacionales, y cuando son de cultivo de caña, están formados por trozos de cepas y residuos vegetales de la cosecha. La calidad de la labor depende del grado de destrucción e incorporación de los residuos al suelo, y de ella, además de la germinación del cultivo, depende el rendimiento en la ejecución de otras labores posteriores como la nivelación con tractores de oruga y traillas, la cual a veces se dificulta por la presencia de residuos en el suelo.

NIVELACIÓN. Consiste en la modificación del relieve superficial mediante cortes y rellenos, hasta conseguir pendientes uniformes que faciliten las labores de riego, drenaje superficial y la ejecución de otras labores culturales necesarias para el desarrollo y cosecha del cultivo.

SUBSOLEO. Se ejecuta después de la nivelación. Consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables, y de esta manera, mejorar la estructura y movimiento del aire y agua.

ARADO. Se realiza después del segundo paso de subsolado. Tiene como objetivo fracturar y voltear el suelo hasta una profundidad entre 30 y 40 cm, con el fin de favorecer la distribución de los agregados.

RASTRA. Se realiza para destruir los terrones grandes resultantes en las labores antes descritas, y garantizar el buen contacto entre la semilla y el suelo.

SURCADO. Consiste en hacer surcos o camas donde se coloca la semilla o material vegetativo de siembra. Esta labor requiere definir previamente la dirección y el Espaciamiento entre los surcos. La calidad del surcado depende, en gran parte, de la calidad de la preparación del suelo.

Actividades como la Siembra, Fertilización, combates de plagas y enfermedades se realizan por medios manuales y mecanizados, siendo mas frecuentes las prácticas manuales para el caso de los predios azucareros de nuestro país.

QUEMA PROGRAMADA. Se realiza en forma programada cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña, utilizando quemadores manuales o quemadores de tractor (lanza - llamas). Los primeros funcionan por goteo, dejando caer gotas de combustible (gasolina) encendidas que prenden fuego a la caña. Los segundos, utilizan Diesel para generar llama. Esta práctica se realiza para facilitar el corte de la caña y eliminar malezas.

COSECHA MECÁNICA. El corte mecánico puede realizarse para caña en verde o caña quemada. Las máquinas cosechadoras cortan un surco por pasada, pican la caña y mediante aspas, por diferencia de densidad, la separan de las hojas. El rendimiento está entre 20 y 30 ton/hora. Las hojas quedan esparcidas uniformemente sobre el campo. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones, que la reciben picada para transportarla a fábrica.

En este sentido, la mecanización y las labores culturales del cultivo de caña de azúcar en México, están condicionadas al tamaño de la superficie por productor, donde el 80 % de esta corresponde a extensiones menores de tres hectáreas, situación que dificulta establecer programas competitivos de mecanización que incrementen los rendimientos y disminuyan costos de operación, tanto en la preparación del cultivo como en la cosecha.

Las labores de mecanización que se realizan en el ampo cañero encontradas como producto de las encuestas realizadas y la verificación de datos en ampo son las siguientes:

- Preparación de suelos para la siembra.
 - Subsoleo
 - Ardura
 - Rastreo
 - Nivelación
 - Surcado
- Siembra
 - Manual
- Cultivo
 - Fertilización mecánica
 - Cultivo Mecánico
- Cosecha
 - Alza mecánica
 - Cosecha mecánica
 - Medios de transporte

Para atender las demandas tecnológicas en la producción de caña de azúcar existen muy diversos equipos entre los que se encuentran:

- Tractores de diferentes capacidades
- Subsoleadores
- Arado de discos
- Despedregadoras
- Rastras de discos
- Cultivadoras
- Sembradoras mecánicas
- Fertilizadoras
- Composteadora
- Cosechadora combinada de uno y de dos
- Entre otros equipos



Capítulo 2.

Situación de la Mecanización de los Terrenos Cañeros en México

- Infraestructura productiva nacional
- Análisis de la infraestructura productiva por estado
- La mecanización agrícola en los terrenos cañeros
- Compactación de suelos debida a los equipos de transporte y a la maquinaria empleada
- Efectos del laboreo agrícola en los terrenos cañeros de México y recomendaciones de manejo.



Capítulo 2. Situación de la Mecanización de los Terrenos Cañeros en México

INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA NACIONAL

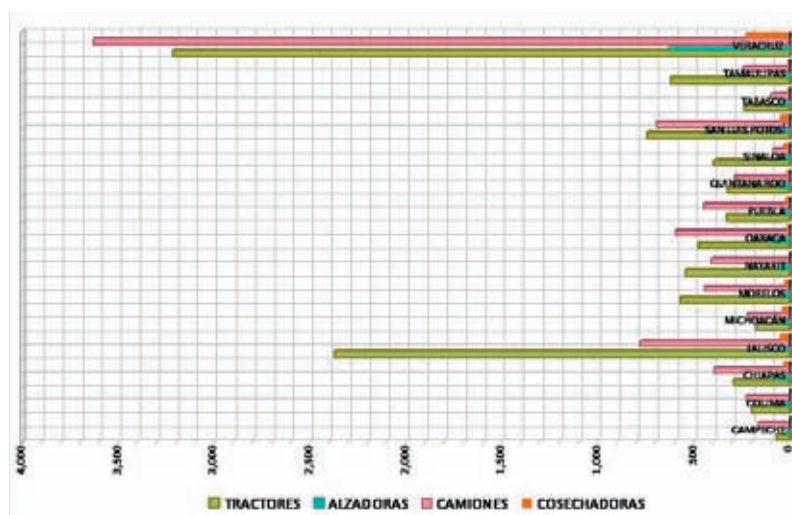
La infraestructura productiva con que cuentan los productores cañeros, se ha venido acrecentando a lo largo de los años por el creciente interés que la SAGARPA le ha puesto a los apoyos para adquisición de maquinaria.

Sin embargo, gran cantidad de los campos cañeros presentan superficies con pendientes arriba del 5% y áreas de excesiva pedregosidad, lo que dificulta la mecanización del campo cañero y por ende, obstaculiza las acciones realizadas.

La principal maquinaria con que cuentan los ingenios para las labores en campo son tractores, alzadoras y cosechadoras.



Fig. 1. Inventario de Maquinaria Agrícola por Estado



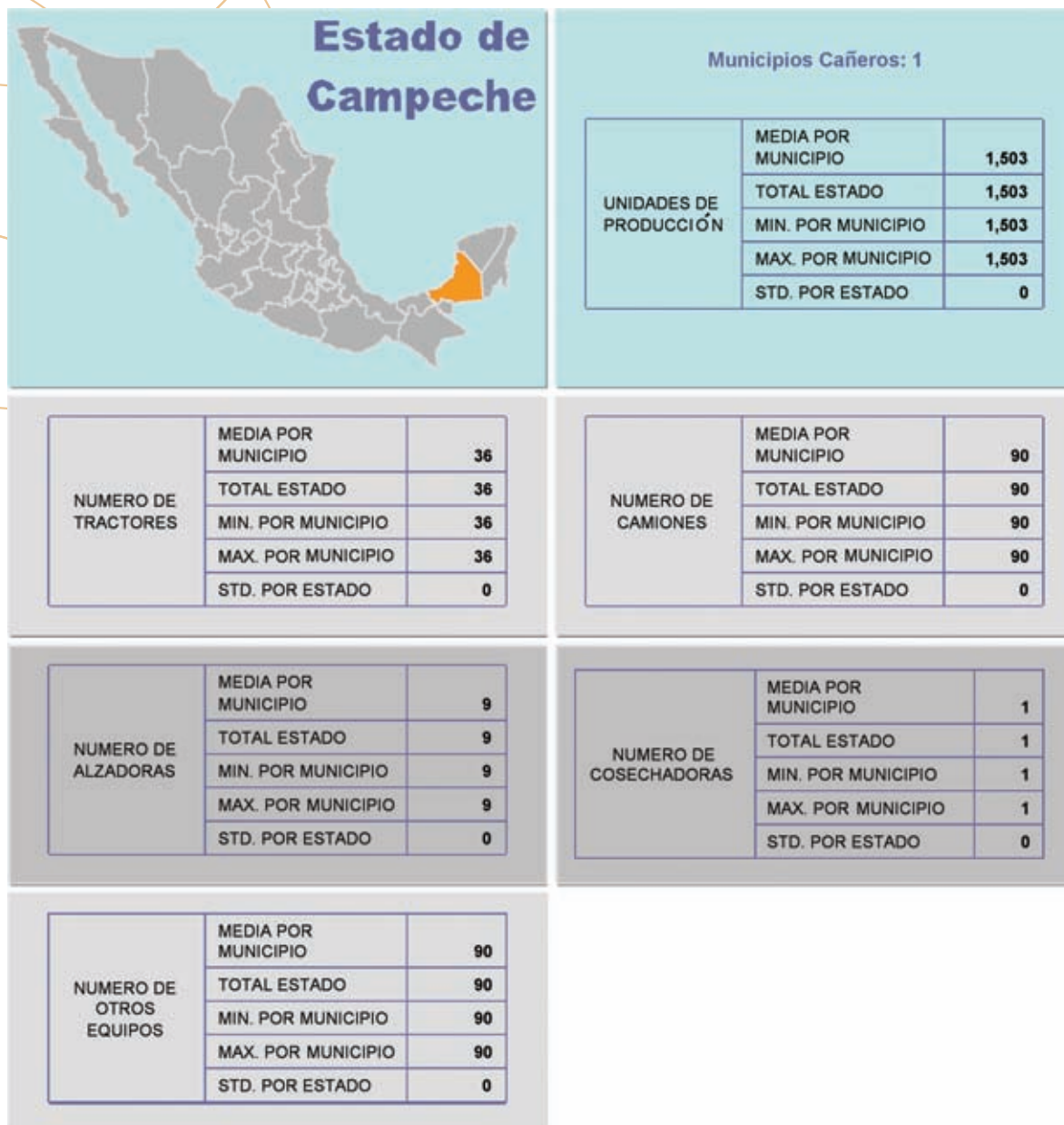
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI)

La Figura 1 muestra claramente que el Estado donde existe mayor inventario de maquinaria agrícola para Caña de Azúcar, es Veracruz; seguido de los Estados de Jalisco y San Luis Potosí. Resulta evidente que el Estado de Jalisco tiene una enorme cantidad de tractores (cerca de 2,400), número varias veces superior al número de camiones, cosechadoras y alzadoras.

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA POR ESTADO

A continuación se muestran los análisis de infraestructura productiva para cada uno de los principales Estados productores de caña de Azúcar, donde se puede constatar la variación de la mecanización por municipio. Las variables analizadas son Unidades de Producción, Tractores, Camiones, Alzadoras, Cosechadoras y Otros Equipos.

Fig. 2. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Campeche



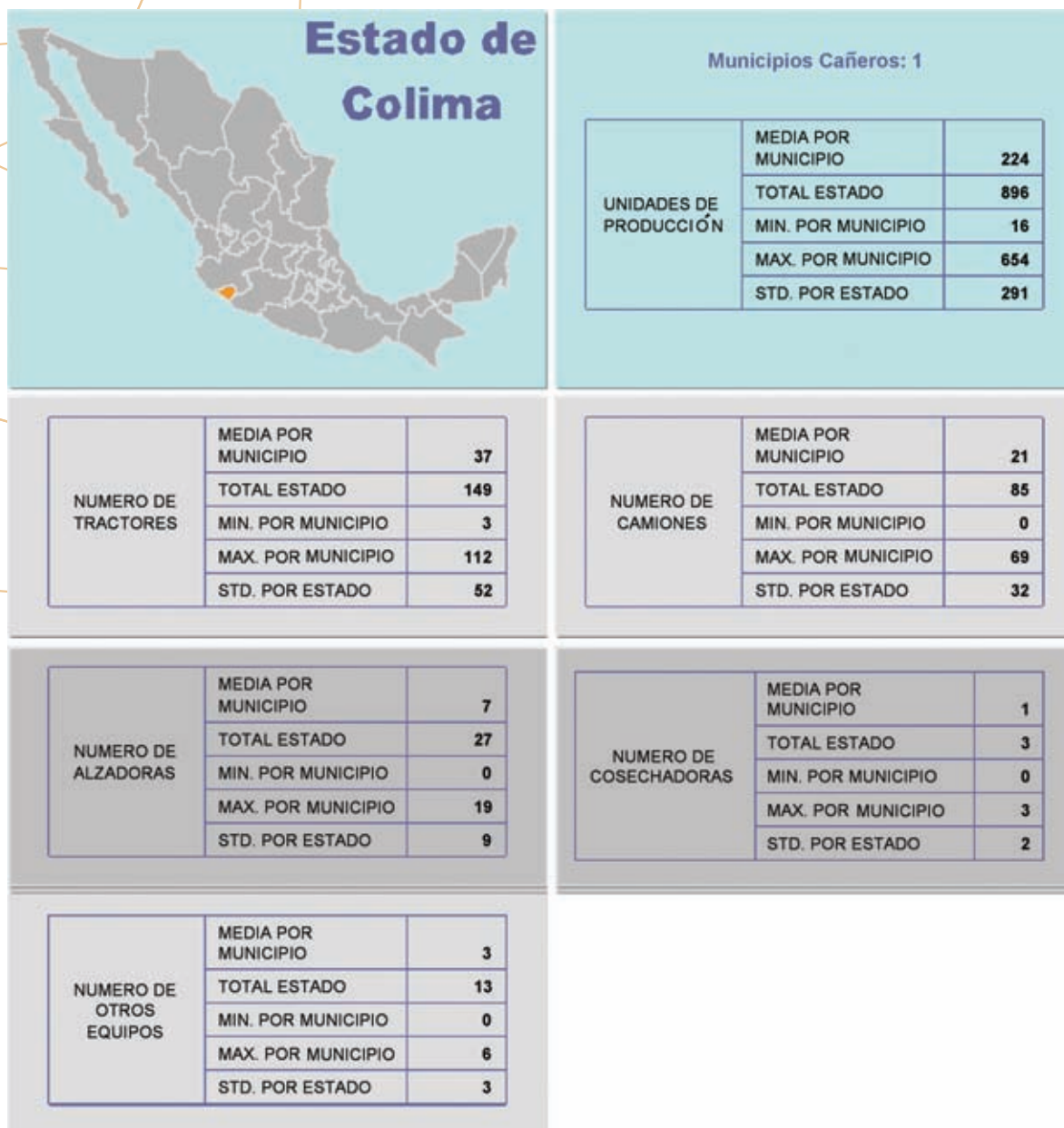
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 3. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Chiapas



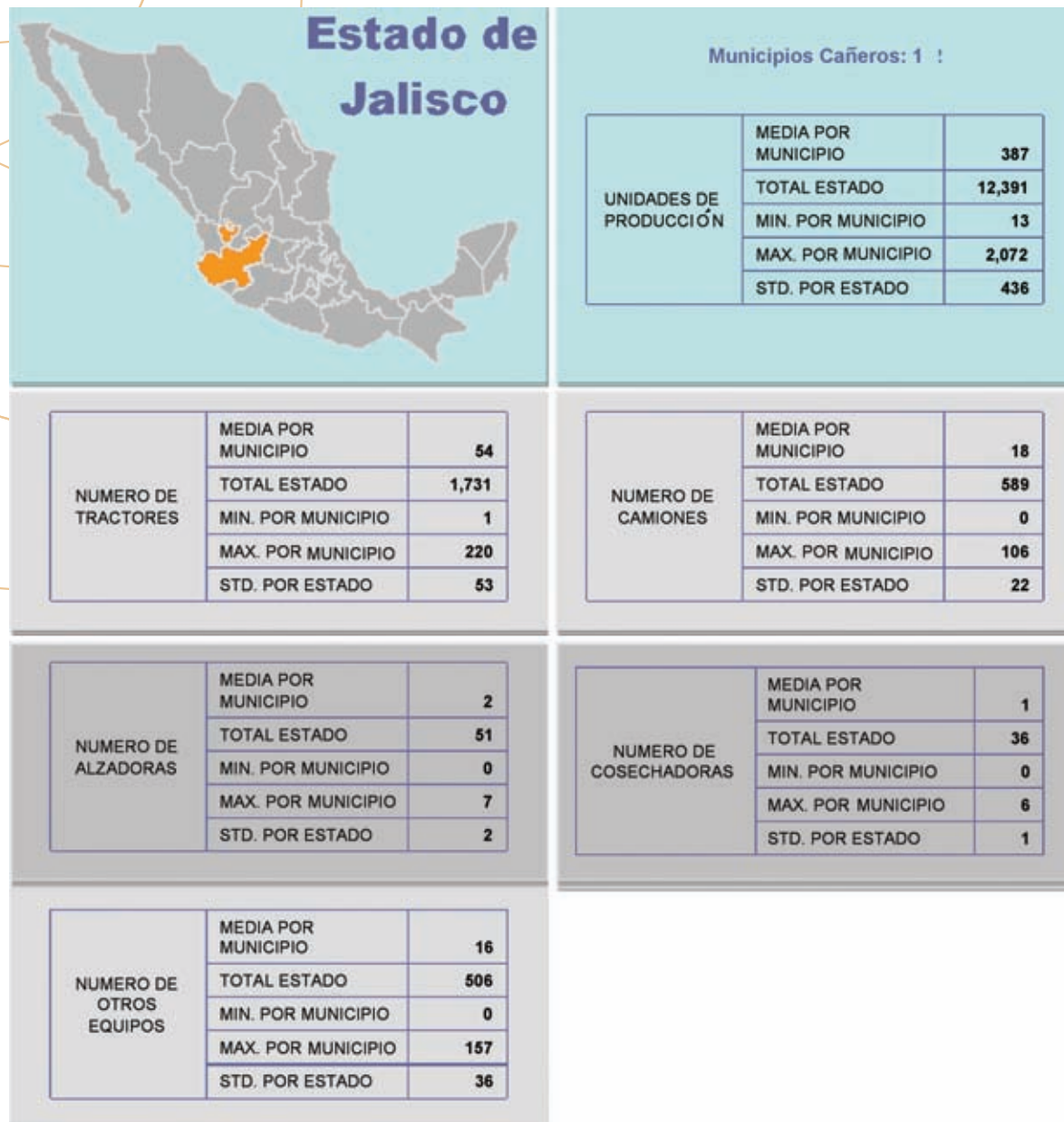
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 4. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Colima



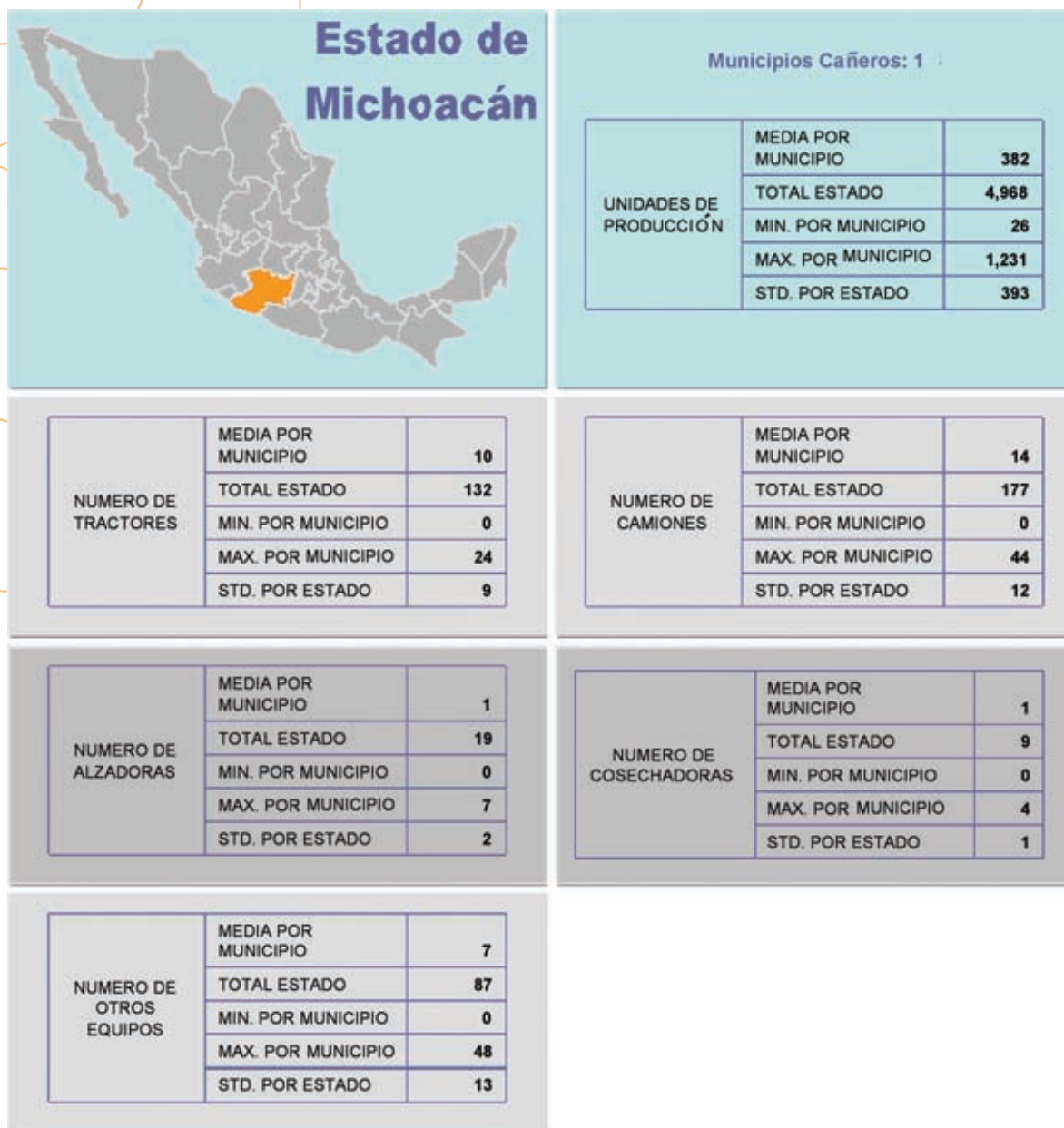
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 5. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Jalisco



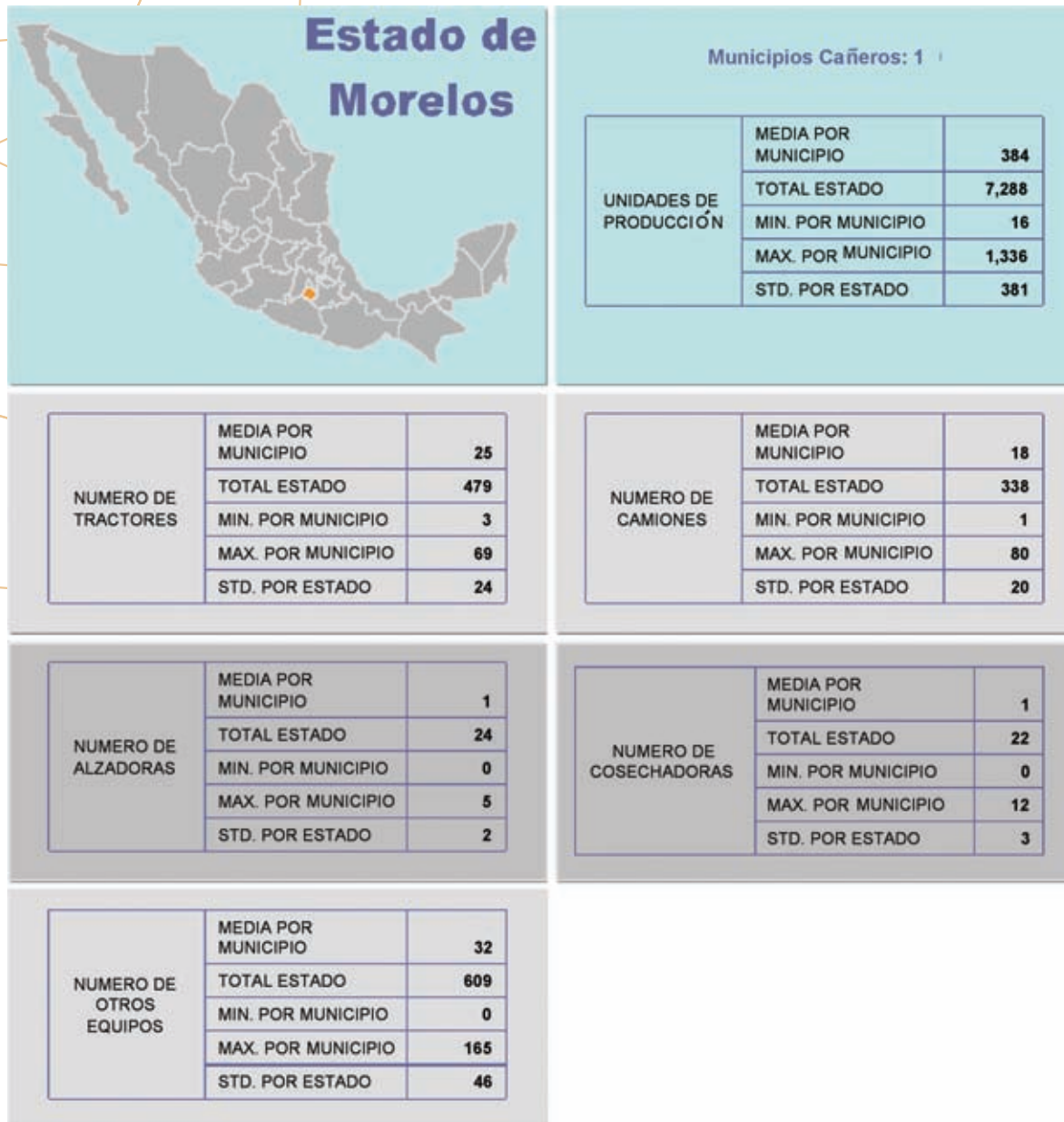
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 6. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Michoacán



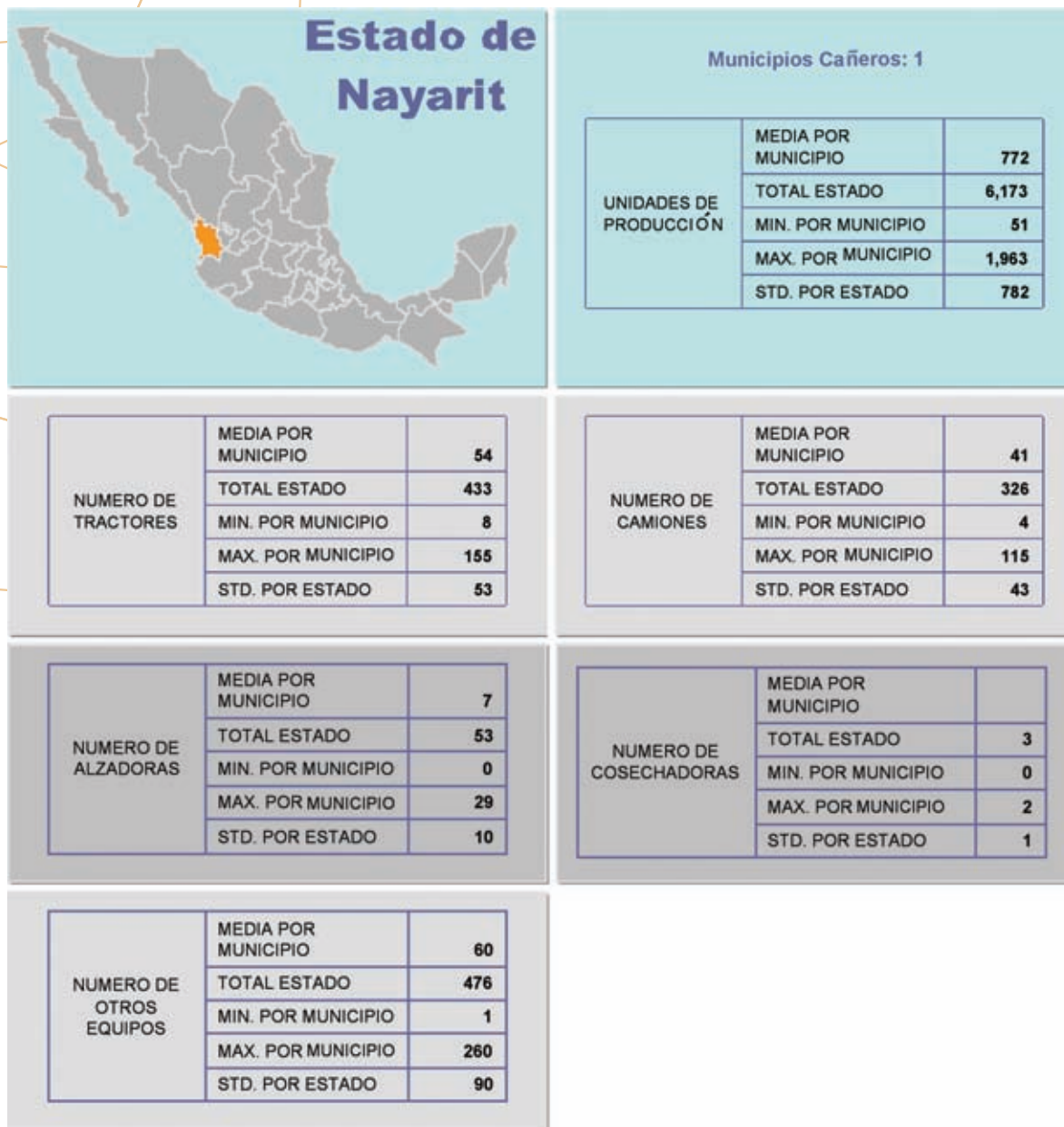
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 7. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Morelos



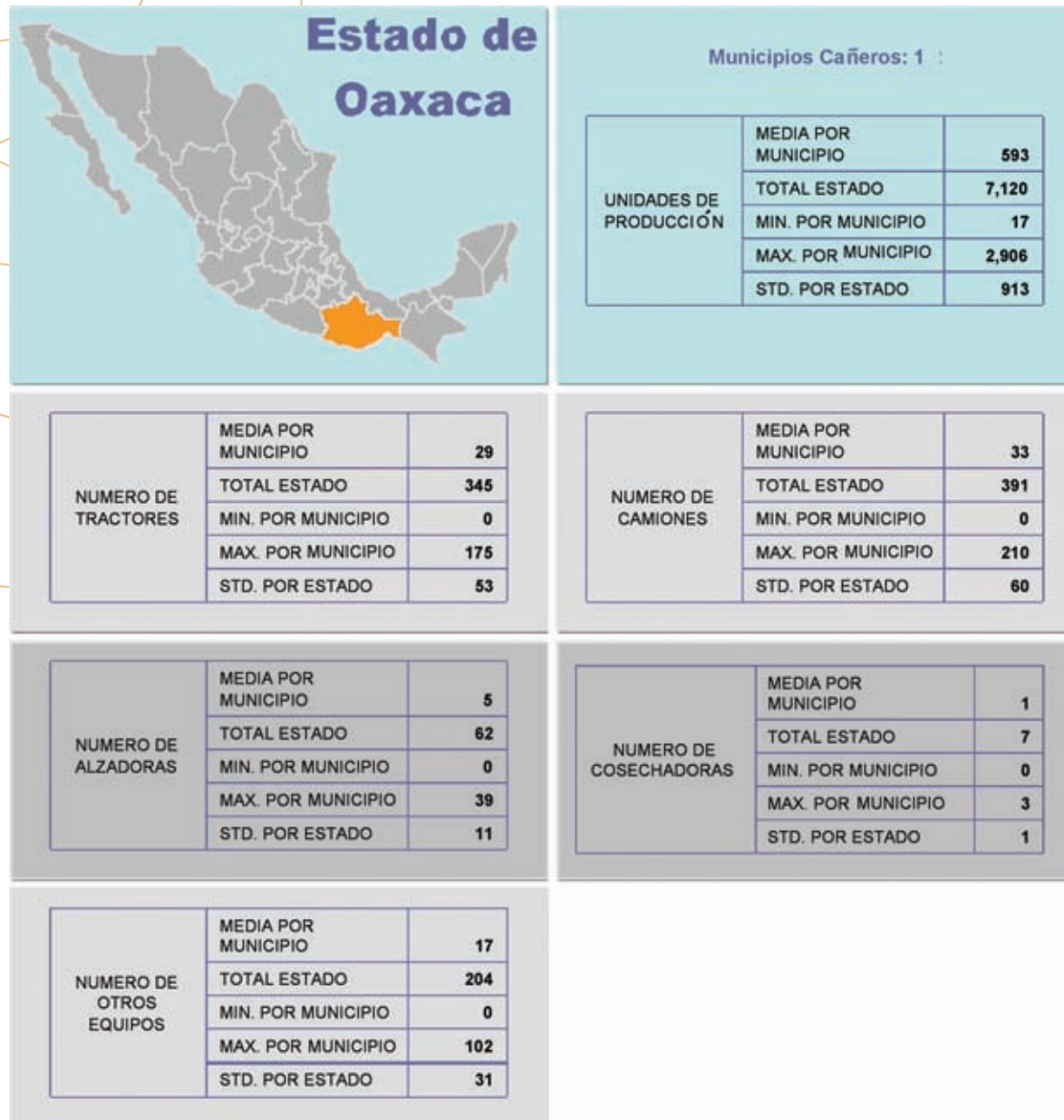
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 8. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Nayarit



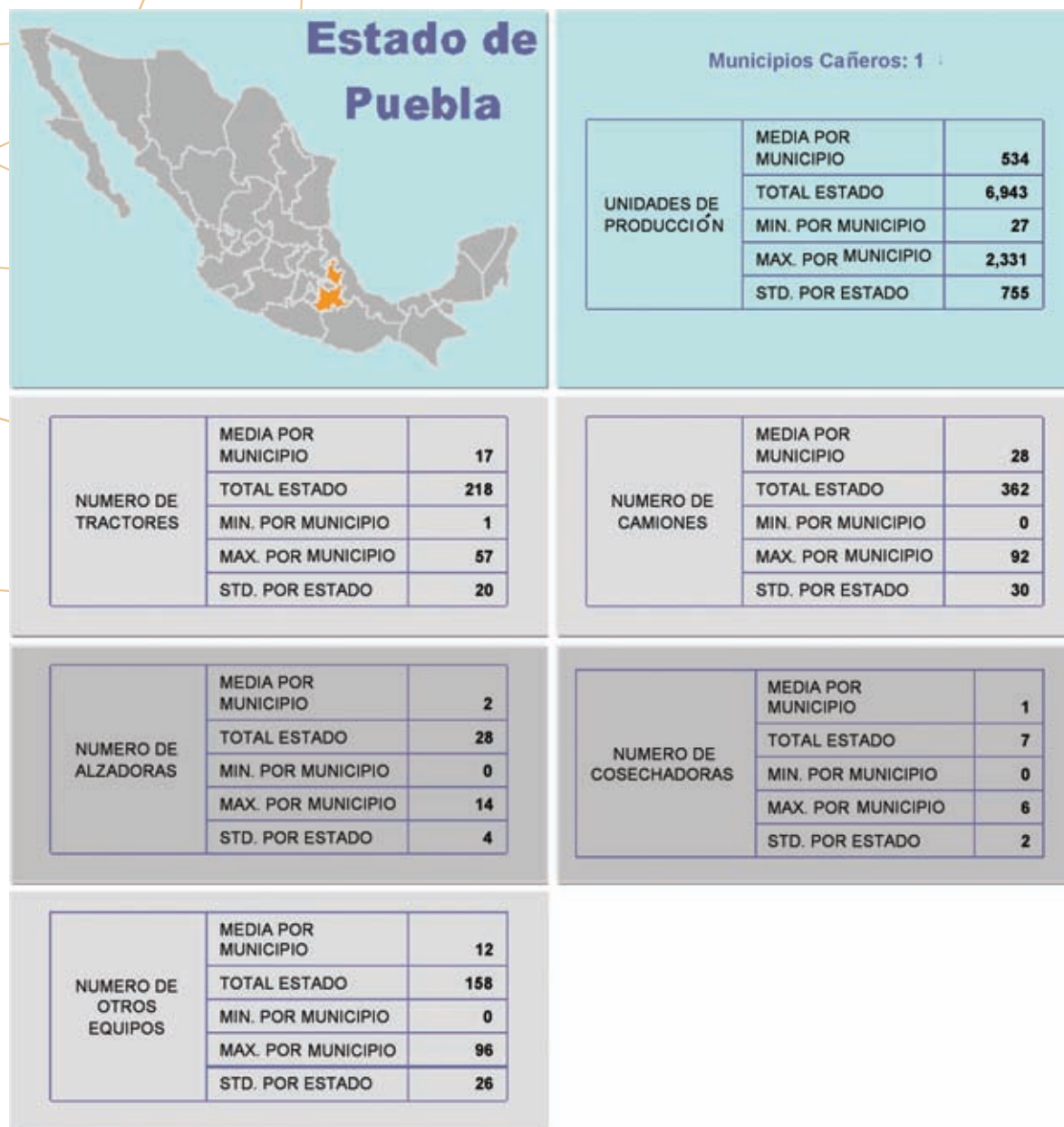
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 9. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Oaxaca



(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 10. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Puebla



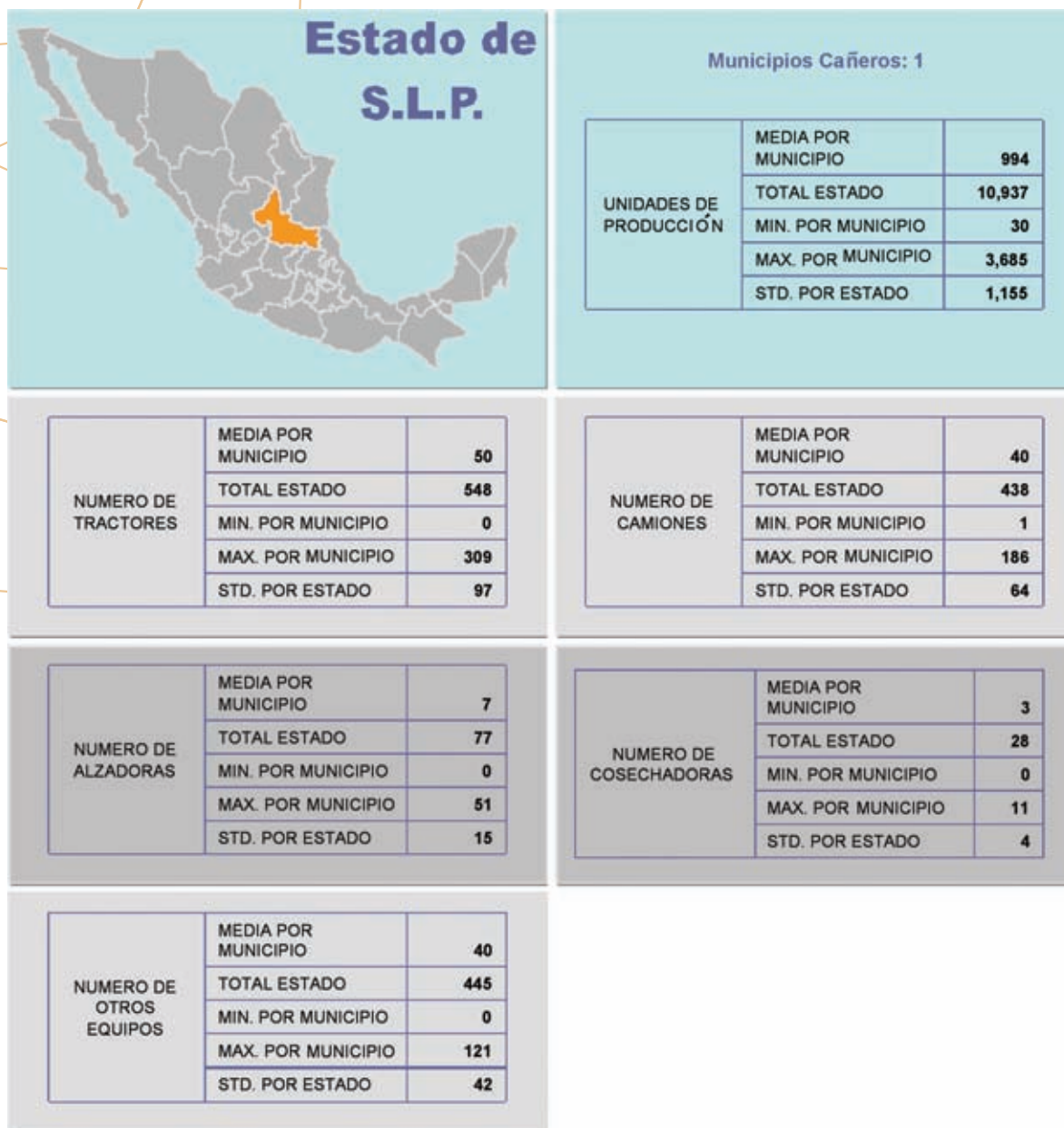
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 11. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Quintana Roo



(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 12. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de S.L.P.



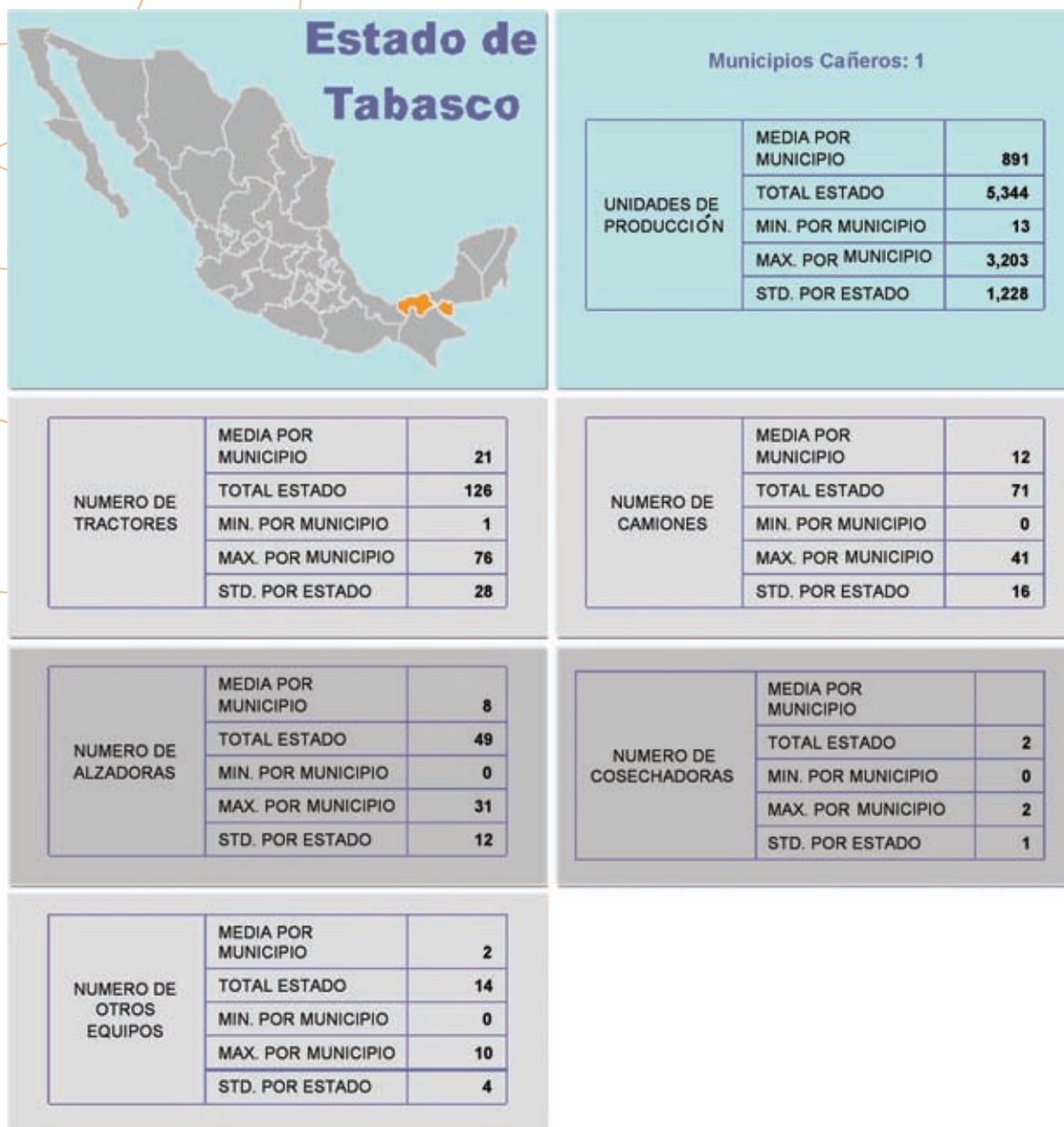
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 13. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Sinaloa.



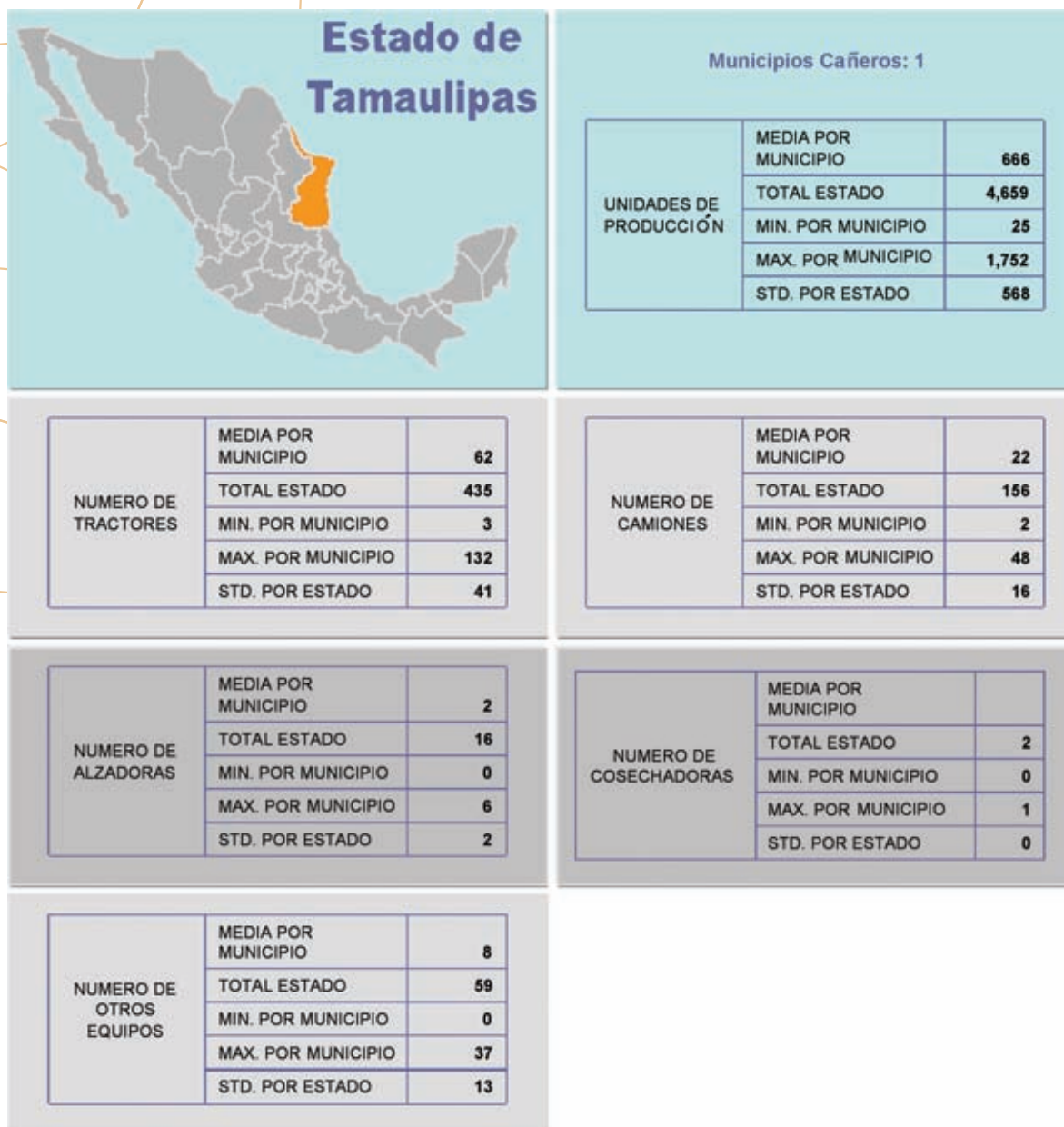
(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 14. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Tabasco.



(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 15. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Tamaulipas.



(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

Fig. 16. Variación de la Mecanización Agrícola por Municipio Cañero en el Estado de Veracruz.



(Elaborado en base a: Padrón de Productores de Caña de Azúcar 2007, INEGI y Sistemas Geográficos COLPOS, 2010)

LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN LOS TERRENOS CAÑEROS

El realizar un estudio como el presente para diagnosticar el estado que guarda la maquinaria y la mecanización del campo cañero aunada a su verificación en campo permite generar índices que también ayudan a encontrar otras deficiencias que se reflejan en el rendimiento de caña de azúcar en campo.

Para realizar este diagnóstico y poder entender de manera global lo que ocurre en el campo cañero, es necesario tener en cuenta para el futuro el tamaño mínimo operativo de superficies, la pendiente, la pedregosidad, el drenaje y la maquinaria óptima, de manera tal que, los índices generados en este trabajo puedan ser aplicados y redunden en beneficio de los cañeros.

La descripción de las labores mencionadas en el Capítulo 1, permitirán entender cómo se generaron los índices y cómo se pueden aplicar, así como la situación que guarda el parque de maquinaria actual para una mejor utilización.

Es importante mencionar que en la mecanización del campo cañero, la preparación y calidad del cultivo jugarán un papel determinante en la productividad, así como las máquinas e implementos en las diferentes operaciones o labores. En México el 65% del costo de cultivo y cosecha están vinculados a la utilización y mantenimiento de la maquinaria.

La mecanización del cultivo de caña de azúcar en los ciclos plantilla y socas, tiene por objetivo disminuir la compactación del suelo, ocasionada por el paso de camiones y maquinaria durante la cosecha. En el caso de siembras nuevas preparar el suelo para una buena germinación, nacencia y prendimiento del cultivo. La compactación de suelos afecta drásticamente la productividad del cultivo de caña de azúcar, cuando ésta llega a una profundidad promedio de 25 cm, su efecto se puede determinar en la época de lluvias, ya que ocasiona encharcamientos y lavado de suelos, llegando o a formar cárcavas sobre todo cuando la preparación y las labores del cultivo se realizan en sentido de la pendiente y cuando ésta es mayor al 5 %.

Como ejemplo de la compactación podemos citar que un camión tipo rabón (capacidad de carga 10-12 Toneladas), tiene un peso total promedio de 15 a 17 toneladas y una presión al suelo de $13.3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$, y una superficie de contacto de 1.2 m^2 , si a esto, le sumamos el peso y el tránsito de alzadoras o cosechadoras y otros equipos, podemos decir que la presión puede incrementarse a $20.0 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$, sobre suelos donde predominan las texturas arcillosas y que ocupan el 75% de la superficie del campo cañero.

Como se ha mencionado, el volumen y el peso de la caña que se transporta en forma continua durante la época de zafra, tanto en períodos secos como lluviosos, requiere de equipos pesados





y de gran potencia que se movilizan dentro de los surcos de cultivo, y pocas veces se tiene en consideración los daños y bajas de rendimiento debido a que causan pérdidas de cepas, ya que éstas se reflejan un ciclo posterior a la cosecha, además de ocasionar daños al suelo debido al patinaje y enterramiento de equipos.

COMPACTACIÓN DE SUELOS DEBIDA A LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE Y A LA MAQUINARIA EMPLEADA.

Las llantas traseras de tractores, alzas, cosechadoras, camiones, tractocamiones y carretas, son el factor determinante en la compactación de suelos. Este factor determina el índice de mecanización de acuerdo con los componentes del peso de los equipos que se utilizan en las operaciones de cosecha y las componentes de la fuerza vertical y tiro en el caso de tractores y carretas.

El campo cañero Mexicano tiene características propias, debido a que el cultivo de caña de azúcar, como en la mayoría de países de América Latina, ha evolucionado utilizando equipos modificados utilizados para otros cultivos. Otro aspecto relevante es que en México existen pocos estudios que determinen el efecto de los sistemas de cultivo y cosecha mecanizada y semimecanizada, así como del efecto de los patrones y modelos de tráfico utilizados durante la siembra y la cosecha de caña de azúcar. La utilización de equipos y llantas comunes en caña de azúcar, debe tener en cuenta que se trata de una planta semipermanente y que como cultivo es anual o cíclico según sea el caso y que su rendimiento estará en función de la calidad de las labores de cultivo y de los equipos y llantas

utilizadas. Como ejemplo obtenido durante la verificación de campo en este trabajo, podemos decir que se obtuvieron datos que demuestran que camiones y tractores que tiraban carretas causan compactación en suelos a profundidades superiores a 40 cm, mientras que en equipos que utilizan llantas de flotación (tipo avión), la compactación no superó los 15 cm de profundidad al determinar la densidad aparente del suelo por el método de pesada.

Para el caso de la operación de equipos en siembras mecanizada o semimecanizada, la compactación de suelos llega a los primeros 12 cm, causando problemas de desarrollo y fijación de las raíces de soporte de las plantas de caña provocando caída en la época de vientos (acame) que genera bajas de rendimiento y ocasiona problemas durante la cosecha.

La compactación de suelos provoca reducción del sistema radicular, disminuyen la infiltración de agua, así como su almacenamiento en la capa arable limitando el desarrollo del cultivo y con ello su rendimiento. La disminución del rendimiento en caña de azúcar puede llegar hasta el 20 %. (Bowen y Kratky, 1985), (GEPLACEA, CONACYT, CIATEQ, 1992).

Torres, et al., 1990. Señala que la compactación puede reducir la absorción de nutrimentos tales como potasio, nitrógeno, magnesio y calcio, en 40%, 30%, 20% y 10% respectivamente, esta reducción dependerá de la textura del suelo y de la disponibilidad de oxígeno en la zona radicular debido al incremento de la densidad aparente.

Fig. 17. Fuerzas componentes que actúan en la distribución del peso del tractor agrícola.

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Frt	Fuerza de reacción del suelo a la carga de las llantas traseras
Frd	Fuerza de reacción del suelo a la carga de las llantas delanteras.
Fr	Fuerzas de resistencia al rodamiento al suelo y a la deformación de las llantas.
P	Peso del tractor sin incluir el peso del implemento.
Ft	Fuerzas de tracción de las llantas sobre el suelo.
Fti	Fuerza de trabajo necesaria para mover el implemento de trabajo.
Fvi	Fuerza vertical transferida por el implemento al tractor.
xL	Distancia entre ejes.
Dgd	Distancia entre el centro de gravedad y el eje delantero.
DdTp	Distancia entre el eje delantero y el tercer punto de acople del implemento.
Hei	Altura efectiva al punto de acople del implemento.

EFFECTOS DEL LABOREO AGRÍCOLA EN LOS TERRENOS CAÑEROS Y RECOMENDACIONES DE MANEJO

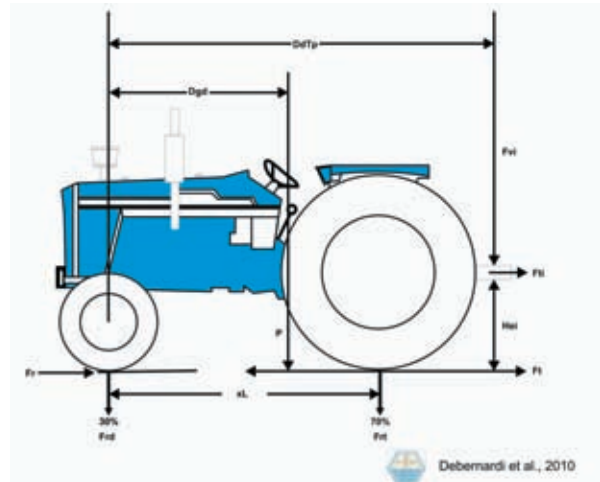
Preparación para la siembra

SUBSOLEO. Es la labor primaria usada en la etapa de preparación de suelos para siembra de caña de azúcar, y forzosa cuando la cosecha se realiza en condiciones de alta precipitación en suelos de texturas arcillosas o pesadas.

En la mayoría de la superficie de las zonas cañeras de México se presentan superficies con capas endurecidas en la superficie y en el subsuelo que impiden la infiltración de agua a través del perfil provocando encharcamientos y problemas de emergencia de brotes de caña de azúcar en plantillas y bajo desarrollo del sistema radicular y anclaje en socas y resocas, tal y como lo muestran en los resultados de las encuestas y la verificación de campo.

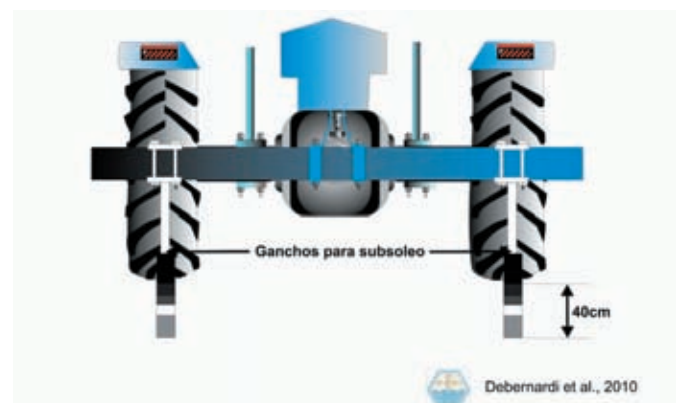
En estas condiciones, el agua se pierde por escorrentía, lo que causa déficit de humedad en el suelo, por lo que el cultivo de caña de azúcar en las zonas temporales, presenta rendimientos por debajo del promedio nacional que es de $65 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, para el caso de las áreas con riego una mayor necesidad de agua en la época seca.

El Subsoleo tiene como fundamento roturar la superficie compactada con un subsolador para mejorar las condiciones de permeabilidad de la capa arable, propiciando un medio adecuado para el crecimiento y desarrollo del sistema radicular



de las cepas de caña. Esta labor se debe realizar en promedio a 40 cm de profundidad y la potencia requerida para realizar esta labor es de 100 kW, es decir 135 HP, se recomiendan tractores de orugas o de llantas de doble tracción, con la finalidad de evitar el patinamiento. El implemento recomendado a la barra portaherramientas consiste en un gancho curvo fabricado en placa de acero que en su extremo inferior presenta una zapata de acero con relevamiento de esfuerzo manufacturado con un recubrimiento de acero endurecido que realiza la roturación del suelo, tal y como se muestra en la Figura 18.

Fig. 18. Vista posterior del tractor equipado con un par de subsuelos a la barra portaherramientas.



Los ingenios de la región central de Veracruz y Este del Estado de Oaxaca, los campos cañeros presentan texturas arcillosas en un 60 % y pedregosidad de mediana a alta por lo que la capacidad de trabajo en los ingenios San Miguelito, Constanica, El Carmen, Central Motzorongo, El Refugio, San José de abajo, El Potrero, La Margarita, La gloria, Mahuixtlan, La concepción, Independencia, El modelo, San Pedro y San Francisco, para realizar esta labor va de 2.5 a 3.5 ha · día⁻¹, mientras que para el caso del ingenio Central Progreso que presenta altos índices de pedregosidad, la capacidad operativa promedio para esta labor es de 1.5 a 2.0 ha · día⁻¹. En la zona de abasto de los ingenios López Mateos, Tres Valles, San Cristóbal y Cuatutolapan las texturas en su mayoría son arcillosas y franco arcillosas y el contenido de pedregosidad es bajo por lo que la capacidad de subsuelo en sus campos va de 2.5 a 4.5 ha · día⁻¹.

Un factor importante a destacar en esta región, es la topografía que en un 30% de la superficie presenta pendientes mayores al 5% y se encuentra asociada a contenidos de pedregosidad medios y altos, lo que genera una disminución de la capacidad operativa, por lo que se recomienda realizar operaciones de preparación de suelos en el contorno de la pendiente. Las observaciones de campo muestran que en un 80% de la superficie, las labores se realizan en sentido de la pendiente por lo que en algunos casos se presentan problemas de lavado de suelos y cárcavas.

ARADURA. La aradura es la operación que tiene como propósito roturar el suelo mediante un implemento tirado por un tractor conocido como arado. Los arados se clasifican en arado de vertederas y arado de discos, que a su vez pueden estar dispuestos en línea o excéntricos, esta labor es necesaria para romper la compactación de la capa arable. En algunos ingenios

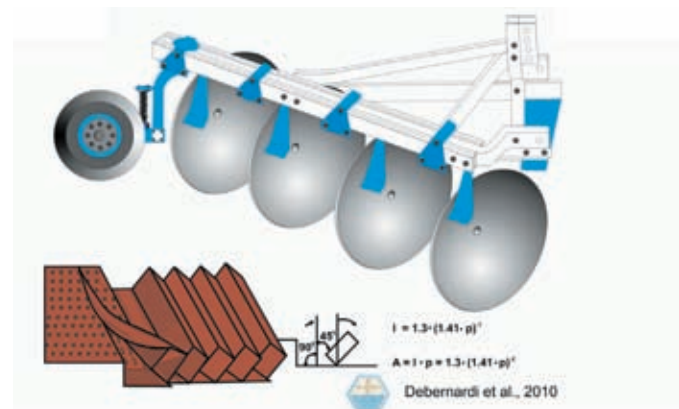
la aradura se realiza con cinceles parecidos a los ganchos de subsuelo pero de menor tamaño, sobre todo en terrenos con mediano y alto contenido de pedregosidad. La operación de aradura permitirá dejar al terreno listo para la operación de rastreo, en suelos de textura arcillosa o muy pesados se realiza la operación en forma cruzada. La operación de aradura también se utiliza en las superficies donde se renuevan los campos cañeros, la aradura tiene como finalidad aflojar, pulverizar y airear el suelo, así como voltear y enterrar los residuos de caña en el caso de volteo de cepas.

El volteo completo de la capa arable y el transporte de nutrimentos a la superficie pueden ser aprovechados por el nuevo cultivo. La Figura 19, muestra un arado reversible de cuatro discos.

En la operación de aradura requiere el 75% de la potencia efectiva del tractor, en suelos muy pesados se recomienda el uso de tractores de llantas de doble tracción y de potencia mayor a los 100 kW o 140 HP. Para realizar la operación con calidad, es importante considerar que la potencia requerida estará en función del número de cuerpos o discos que tenga el arado y la profundidad de trabajo, que debe ser mayor a 30 cm, esto debido a que la mayoría de las variedades de caña de azúcar cultivadas en México de acuerdo a la verificación en campo, muestran que el 80% de su sistema radicular se encuentra en los primeros 40 cm y el 20% restante, se localiza en promedio a 80 cm de profundidad. Otra función de la aradura es fijar las cepas de caña al suelo, al promover un mejor desarrollo de su sistema radicular, además de obtener los elementos nutrimentales que requieren, por lo que la aradura favorece la superficie de contacto de las raíces de absorción y de anclaje.



Fig. 19. Arado reversible de cuatro discos.



Los arados más utilizados en México de acuerdo a las entrevistas y verificación en campo, son los de discos y en menor proporción, ganchos y arados de rejas. Los arados de discos no operan ejerciendo presión a diferencia de los ganchos y el arado de rejas. Los arados de discos, basan su principio de operación en su peso y ángulo con que cortan los prismas de suelo, su efecto es parecido al de cuchillas giratorias. La velocidad de operación en la mayoría del campo cañero en México, es en promedio de $2.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, su mantenimiento es mínimo comparado con el arado de rejas y se puede utilizar en toda la gama de texturas, solo presenta el inconveniente de ver disminuida su capacidad en suelos con baja pedregosidad y en suelos con mediana y alta pedregosidad no se puede utilizar al igual que el de rejas por lo que se usan ganchos de cultivo para realizar esta labor.

La potencia requerida en el campo cañero Mexicano obtenida en este trabajo y verificada en campo para la aradura de acuerdo con la NMX-O-183-SCFI-2003, que en su apartado 4.2.1. Señala que: Las dimensiones del enganche del arado, debe corresponder al enganche de los tres puntos del tractor, para categorías I, y II correspondiente al tipo de tractor indicado por el fabricante, clasificado de acuerdo a la norma mexicana NMX-O-185, se calculó teniendo en cuenta la resistencia del suelo, Cuadro 1. Mediante la fórmula y las equivalencias del Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI), de la siguiente manera:

Primero debemos precisar que el SI tiene como unidad de potencia el kilowatt (kW), que equivale a 1.34 caballos de fuerza (CF) o HP, en la operación se conoce el término HP, por ser frecuentemente utilizado por los fabricantes y distribuidores de maquinaria e implementos agrícolas en México, pero que de acuerdo a la NOM la unidad de medida de potencia es el kW.

$$kW = \frac{d \cdot F}{3404.5}$$

Fórmula:

Donde:

kW= kilowatt (1.34 HP).

d= distancia en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$.

F= Fuerza en kg.

3404.5 = Valor constante equivalente a 1 kW en $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$.

La verificación de campo en un vertisol del área de abasto del Ingenio San Miguelito, nos permitió corroborar que el arado comúnmente utilizado es el de cuatro discos y que su

corte prismático es de 35 cm de ancho y que la profundidad promedio de corte de 40 cm, por lo que la sección de corte es de 1400 cm^2 o 1.4 m^2 , si consideramos que el suelo arcilloso pesado se requieren $0.7 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$ de fuerza de tiro, (Cuadro 1) por lo que:

Fuerza de tiro

(FT)= Sección de corte x resistencia del suelo.

FT= $1400 \text{ cm}^2 \times 0.7 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$.

FT= 980 kgf.

Por lo que si consideramos que el arado utilizado fue de cuatro discos, entonces tenemos que:

FT= $980 \times \text{Número de discos o cuerpos}$

FT= $980 \text{ kgf} \times 4$

FT= 3920 kgf.

La distancia d, de trabajo está determinada por la velocidad de trabajo que en este caso fue de $4.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ o $75 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Ahora utilizamos la fórmula para calcular la potencia requerida.

$$kW = \frac{d \cdot F}{3404.5}$$

$$kW = \frac{75 \cdot 3920}{3404.5}$$

kW= 86.4 o 115.9 HP.

Este cálculo se realizó para determinar, corroborar y fundamentar los cálculos requeridos para determinar los índices de mecanización de este trabajo.

Cuadro 1. Resistencia del suelo a la aradura según su textura.

TEXTURA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA ARADURA EN $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
Arenoso	0.22
Arenoso, húmedo	0.25
Arenoso, seco	0.35
Limoso, seco	0.39
Limoso, húmedo	0.46
Arcilloso, seco	0.52
Arcilloso, húmedo	0.59
Arcilla pesada, seca	0.70

La potencia consumida se puede también expresar utilizando el Galgas extensiométricas Ortiz, et al., 2008. El tractor utiliza el 18% de la potencia efectiva para el tiro del arado, el 48% en el corte del prisma del suelo y el 38% en el volteo del suelo. Como ya hemos mencionado, el arado de discos es el más utilizado en el campo cañero y el más eficiente. Sin embargo, su utilización se recomienda para suelos con pendiente no mayores del 5% y realizando la operación siguiendo el contorno de la pendiente.

Actualmente existe un implemento denominado Multiarado, cuya operación requiere un 30% de la potencia efectiva del tractor, la operación consiste en trozar a una profundidad de 5 cm las cepas de caña de azúcar, al igual que el arado tradicional disminuye su eficiencia al aumentar la pedregosidad. Además, después del paso de este implemento es necesaria la aplicación de herbicidas para eliminar los brotes y secar las plantas de caña que quedan en el campo, se recomienda en suelos con pendientes mayores al 5%, su costo se considera alto, debido a la aplicación adicional de herbicidas, pero su beneficio se aplica a los programas de labranza de conservación de suelos, se recomienda en suelos que no presenten problemas de drenaje y compactación.

RASTREO. Esta operación se lleva a cabo con un implemento conocido como rastra o grada de discos, éstos están dispuestos en tándem, las rastras se clasifican en pesadas, semipesadas y ligeras, esto en función del número y diámetro de los discos que las componen y su peso, así también se denominan de tiro y portadas, las primeras son tiradas por el tractor agrícola y generalmente son de los tipos pesada y semipesada, mientras que las portadas van soportadas por el tractor al sistema de tres puntos y se clasifican como ligeras, su uso está condicionado a la capacidad de levante del sistema hidráulico del tractor agrícola, a las dimensiones de los predios, a la pedregosidad, y a la textura del suelo.

La potencia requerida para la operación de este implemento estará en función del número de cuerpos o discos, al peso del implemento, al ángulo de corte que forman el chasis del disco anterior respecto al posterior, dicho ángulo debe tener una abertura máxima de 20° entre las dos secciones que soportan los discos, a la textura del suelo y a la velocidad de operación que permitan mullir y pulverizar el suelo. La Figura 20, muestra una rastra como la que se describe. El propósito agronómico de esta operación es preparar el suelo después del paso del arado

para tener suelo mullido y aireado que propicie condiciones óptimas para una buena cama para la siembra de caña de azúcar. La finalidad del rastreo es entonces, desmenuzar y homogenizar los terrones provenientes de la aradura. Es decir, permite un cultivo mecánico ideal que disminuye el uso de agroquímicos ya que la superficie de contacto aumenta y mejora la eficiencia de productos a aplicar. Además, elimina los espacios libres, permite el mezclado y eliminación de residuos de cultivos y malezas y disminuye los costos de nivelación.

Otras ventajas de esta operación, es que al propiciar uniformidad de partículas de suelo, la aplicación de fertilizantes hace que éstos se distribuyan normalmente y el sistema radicular de absorción y de anclaje tenga mayor superficie de contacto.

La profundidad mínima de rastreo, debe ser en promedio de 12.5 cm. El rastreo logra voltear la parte superficial del suelo exponiendo las semillas de malezas, por lo que se recomienda el paso cruzado de rastra espaciado uno de otro por un periodo de 8 a 15 días dependiendo de la textura. Para texturas pesadas y suelos húmedos, periodos de cruza no mayores a 8 días y en suelos de texturas ligeras, espaciamientos de 15 días. La profundidad óptima es de 20 cm para caña de azúcar, esto con la finalidad de que en las áreas de riego después de la nivelación, la semilla quede bien enterrada para evitar problemas de germinación, mala distribución de la lamina de riego en el caso de riego rodado o por surcos y problemas de pudrición de la semilla provocados por la oxidación de azúcares, debido a espacios con aire en el fondo de surco o bien surcos poco profundos que provoquen encostramiento o deshidratado de la semilla al quedar expuesta al sol.

Fig. 20. Rastra portada ligera de 20 discos equipada con sistema de acoplamiento de tres puntos.



Al verificar los datos de las encuestas en campo, encontramos que existen rastras de los tres tipos mencionados prevaleciendo las de tipo de tiro y semipesadas, sus condiciones mecánicas y de vida útil indican que requieren de reparaciones y en la mayoría de los casos el remplazo total.

El costo de mantenimiento es alto ya que los discos y rodamientos en las condiciones del campo cañero tienen una vida útil no mayor a 300 ha de preparación. La mayoría de estos implementos están en el rango de vida útil de 10 años o más de utilización y su grado de obsolescencia es alto. Otro factor observado es la mala preparación realizada por estos equipos debido al tamaño de la superficie que en el 80 % de terrenos de siembras nuevas o de renuevo de cepas no es mayor a 3 ha, por lo que las dimensiones de las rastras semipesadas causa complicaciones, debido a que la operación se realiza a velocidades menores a $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, situación que no permite el mullido y la profundidad correctas para tener una buena cama de siembra antes de la nivelación y el surcado según sea el caso.

Después de haber verificado los resultados de las encuestas en campo podemos señalar que el tamaño de rastra óptima para la labor en el campo cañero, es en su mayoría la de tipo portado de 20 discos en tándem.

Las mediciones realizadas en campo nos dieron los resultados siguientes: Cuando se utilizó la labor con una rastra portada de 20 discos con un ancho de trabajo de 2.20 m y un peso de 650 kg de acuerdo con los datos de placa del fabricante en un predio de 8000 m² donde se voltearon cepas y posteriormente se realizó el rastreo se pudo laborar a una velocidad de $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, utilizando un tractor de tipo II, el consumo de potencia en un suelo arcilloso pesado fue de 33.6 kW o 45 HP de acuerdo a la NMX-O-183-SCFI-2003, la labor se realizó con calidad, el mullido del suelo fue uniforme y la profundidad fue de 20 cm en promedio.

También se pudo observar que en esta operación, la eficiencia y calidad disminuyen cuando aumenta la pedregosidad haciéndose inoperante para contenidos medios y altos de piedra en suelos.

De acuerdo con lo anterior, la labor de rastreo para obtener una buena preparación de suelos para el cultivo de caña de azúcar debe realizarse a velocidades superiores a $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ y de bajo costo si se logra adaptar adecuadamente la rastra al tractor que

se tiene. Se debe considerar que esta labor antecede a las labores de surcado, siembra y cultivo de las nuevas plantaciones de caña de azúcar, por lo que es importante realizarla con calidad, ya que de lo contrario se pueden desencadenar una serie de ineficiencias que ponen en riesgo la inversión y el tiempo empleado sobre todo en las zonas donde se siembra caña de temporal.

NIVELACIÓN Y DESPIEDRE. La nivelación se define como la operación agrícola necesaria para modificar la pendiente natural del suelo con propósitos de producción. Básicamente esta operación es considerada de gran importancia en terrenos donde se implementará riego por inundación o riego rodado por surcos en caña de azúcar.

La nivelación tiene tres aspectos fundamentales que justifican su ejecución:

1. Hace posible el aprovechamiento de agua de lluvia, ya que esta al distribuirse uniformemente sobre el terreno, permite que los excedentes se infiltren fácilmente evitando inundaciones o anegamientos. El drenaje superficial se mejora al tener un gradiente uniforme, se aprovecha la totalidad del terreno al eliminar zanjas profundas y se rediseña la ubicación de nuevas zanjas en donde se pueden establecer áreas de tránsito de máquinas y equipos para el cultivo y la cosecha.
2. La humedad en el suelo se distribuye uniformemente, aumentando la producción y uniformizando rendimientos, así como la aplicación de riego por gravedad se torna eficiente y resulta económico.
3. La operación de maquinaria se realiza a mayor velocidad y por lo tanto se disminuye el costo de las labores. Cuando se realiza cosecha mecánica ésta se aprovecha al realizar corte uniforme casi a ras del suelo y se incrementa el rendimiento de azúcar al aumentar la producción de caña.

Los equipos utilizados en esta operación demandan una gran potencia sobre todo cuando se trata de grandes extensiones a nivel o cuando la operación se combina con el despiedre, la potencia requerida es mayor. Es importante tener en cuenta que en suelos poco profundos, la nivelación no deberá mover la capa superficial a más de 15 cm de profundidad.

En superficies menores a 15 ha se deben usar niveladoras pequeñas, si son suspendidas en llantas, se recomienda que éstas sean de flotación.

La potencia de tiro y la velocidad, son importantes cuando se trata de suelos endurecidos o con pedregosidad mediana la máquina debe contar con ganchos escarificadores.

Dadas las circunstancias existentes en el campo cañero Mexicano, donde se considera que la nivelación precisa de suelos, requiere de un análisis económico que asegure el retorno de capital en términos productivos, del manejo del agua y la eficiencia en el uso de esta maquinaria que es especializada y que en la actualidad cuentan con un sistema de estación láser. La Figura 21, muestra un equipo de nivelación.

La nivelación trata de lograr una superficie plana con una pendiente que varíe de acuerdo con la estructura del suelo, de tal manera que no se produzcan arrastres y erosión que eliminarían gradualmente los surcos de caña de azúcar. En las encuestas realizadas para este trabajo se estima que la superficie nivelada mediante estos equipos con sistema láser, representa el 7% de la superficie total y la demanda no es generalizada, el principal argumento es el costo de operación y el valor de los equipos, en algunos ingenios para evitar realizar esta labor, invierten preferentemente en riego presurizado que comparado con el riego rodado no presenta diferencias en cuanto a producción, pero sí en cuanto a la inversión a favor de usar sistemas presurizados con el consecuente ahorro de agua.

El Cuadro 2, muestra las pendientes máximas promedio recomendadas para el cultivo de caña de azúcar en función a la textura del suelo.

Fig. 21. Equipo de nivelación, Motoconformadora con equipo de nivelación láser.



Es importante señalar que para efectuar la correcta operación de nivelación, se requiere un estudio topográfico previo que permita determinar los movimientos de tierra en términos de m^3 a remover, la ubicación de drenes primarios y secundarios y los caminos conocidos como de saca o de transporte de caña y de movimiento de maquinaria y equipos, así como los canales de riego, drenes primarios y secundarios y su conexión a la red principal de drenaje.

La operación de nivelación requiere de tractores o máquinas especializadas cuya potencia de tiro va de 70 a 250 kW o 100 a 330 HP.

Cuadro 2. Pendientes máximas recomendadas para el cultivo de caña de azúcar en función a la textura del suelo.

TEXTURA	PENDIENTES
Arenosa	1.25% en 150 m de longitud
Limo-arenosa	2.50% en 150 m de longitud
Limo-arcillosa	0.90% en 250 m de longitud
Arcillosa	4.50% en 250 m de longitud
Franca	1.00% en 225 m de longitud

DESPIEDRE. El despiedre se realiza actualmente en aproximadamente 4% de la superficie cultivada de Caña de azúcar en México. Esta operación se realiza antes del subsueleo cuando se trata de rocas o piedras de gran tamaño, y cuando se trata de piedras entre 7 y 14 cm de diámetro se realiza después del primer paso de rastra. Esta operación resulta económicamente factible en terrenos de mediana pedregosidad, así lo demuestra la verificación de campo. En terrenos con alta pedregosidad 80% piedra 20% suelo, como en el caso de los suelos del ingenio central progreso, zonas cañeras del Estado de Colima en el Ingenio Quesería cercanas al nevado de Colima, en la zonas de abasto cercanas a las áreas volcánicas de los Ingenios Puga y el Molino en el Estado de Nayarit, la zona de Pedernales en el Estado de Michoacán y las zonas cercanas a la región Montañosa de los Ingenios La Gloria, El Modelo, San Miguelito, El Carmen, Providencia, Motzorongo, Potrero, San José de Abajo, Mahuixtlán y la Concepción en el Estado de Veracruz; resulta antieconómica la remoción de piedras, además las pendientes son superiores al 5% situación que puede causar erosión y que en la práctica no se pueden nivelar, en algunos casos debido a la pendiente y la pedregosidad se opta por el sistema de cultivo con yuntas y la cosecha y carga se realiza manual, como se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Alce manual y acarreo con tracción animal en la zona de Pedernales en Michoacán.

El despiedre en superficies establecidas con caña de azúcar con pendientes entre 0 y 5%, se realiza después o durante la zafra cuando se utiliza corte manual y alza mecánica, esto con la finalidad de mantener los surcos libres de piedra para el cultivo y poder transitar con camiones y carretas durante la zafra. En este caso se utilizan palas frontales montadas en tractores agrícolas con ayuda de personal contratado para tal fin. En este caso, se retiran solo las piedras que dificultan la operación de cultivo y cosecha que normalmente son rocas de gran tamaño y muy pesadas, como se pudo corroborar durante las verificaciones hechas en campo. La Figura 23 muestra una despedradora a la barra de tiro de un tractor agrícola equipada con un sistema de triturado de piedra.

Fig. 23. Despedradora a la barra de tiro de un tractor agrícola equipada con un sistema de triturado de piedra.



SURCADO. El surcado o formación de surcos o hileras se realiza con la finalidad de poder realizarse la cosecha de manera

ordenada y poder cuantificar la producción de caña de azúcar. La distancia entre surcos y la profundidad de surcado, se realiza de acuerdo con el tipo de cosecha, suelo, humedad y precipitación. Es importante considerar también el sentido del surcado respecto a la pendiente y accesos al terreno, con la finalidad de no causar mermas en la producción y evitar la pérdida de cepas por pisoteo de los equipos empleados en la operación de corte. En el surcado es importante trabajar a profundidad uniforme y no menor a 15 cm.

La experiencia generada en los campos cañeros como se pudo constatar a través de las encuestas y la verificación de campo, muestran que la formación del surco se hace manual en pendientes pronunciadas cercanas a las zonas de montaña y sierras, como en el caso de los Ingenios El Potrero, Central Motzorongo, Tala, Central Progreso y San Miguelito principalmente. En el resto de los ingenios donde las pendientes no son tan pronunciadas, el cultivo de caña de azúcar es mecanizado al menos en un 75 %, las distancias entre surcos van de 1.00m, a 1.60m, siendo la más común la distancia entre surcos de 1.20 m, es decir, 8,333.3 metros lineales de caña de azúcar por hectárea. Últimamente se han incrementado las distancias entre surco comprendidas entre 1.40m y 1.60m, esto, debido al incremento de la cosecha mecanizada en pendientes menores a 5% y en terrenos donde la pedregosidad es baja o donde prácticamente no hay piedras. Estas superficies están prácticamente asociadas a riego y a programas de alta productividad en caña de azúcar.

Como ya se ha mencionado, en México la maquinaria y los equipos se han adaptado a las condiciones regionales y en algunos caso a las condiciones de operación de cada ingenio, debido a que no existen programas de desarrollo tecnológico en



México para la mecanización de caña de azúcar, con excepción de algunos implementos desarrollados por el Colegio de Postgraduados, el CIATEQ y particulares que han desarrollado pequeños implementos como el contenedor o modificaciones a implementos y maquinas existentes sobre todo, para las labores primarias del cultivo de caña de azúcar. Debernardi, 2009.

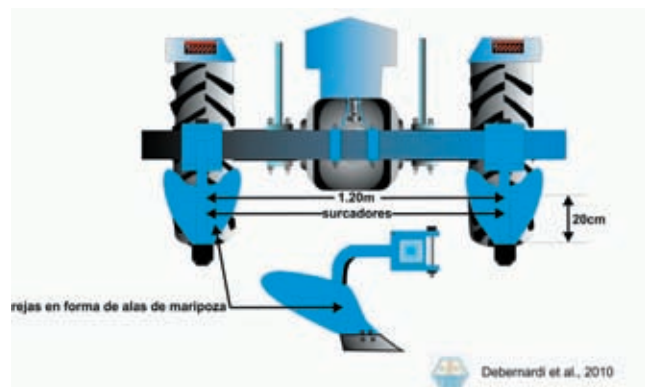
La importación y dependencia tecnológica de maquinaria e implementos para caña de azúcar es alta, es decir, superior al 60% y en algunos casos se depende de desarrollos que hacen las marcas transnacionales y fabricantes que por lo general, argumentan que en México no se pueden desarrollar maquinas específicas para caña de azúcar debido a que el tamaño de parcelas es muy pequeño en un 80% de la superficie total y donde las posibilidades de ventas son bajas.

El largo de los surcos es otro factor importante cuando se trata de cosecha mecánica. De acuerdo con los datos de las encuestas, se pudo determinar que la longitud de los surcos para cosecha mecánica debe ser entre 200 y 300 m, así también, que en trabajos de siembra y despacho se disminuyen costos del orden del 25% con esta longitud. Esto se debe que en lotes muy pequeños el cabeceo y las vueltas disminuyen la productividad y términos de operación en 25% de la capacidad efectiva de la maquinaria y se aumenta el consumo de combustibles, situación que incrementa el costo de las labores de mecanización. Para el caso de la cosecha manual, este factor no es importante, ya que el corte se asigna de acuerdo a la clave del productor y al grado de madurez de la caña sin importar las dimensiones de la superficie y del espaciamiento entre surcos, el problema de pérdidas se presenta por pisoteo de cepas y patinamiento de los equipos cuando la distancia entre surcos no es acorde a las dimensiones de la distancia entre ejes de los equipos de cosecha, tales como alzadoras, camiones, tractores y carretas.

La profundidad del surcado y colocación de la semilla de caña, está relacionada al régimen pluviométrico, al tipo de suelos y a la pedregosidad; de acuerdo a las entrevistas, cuando la siembra se realiza en zonas con precipitaciones menores a 800 mm y en suelos profundos, el surcado se realiza a 20 cm de profundidad, mientras que en condiciones de tepetate o capas endurecidas, como el caso del Ingenio La Joya en Campeche y Atencingo en Puebla, así como en suelos poco profundos, se recomienda al menos cubrir la semilla con un capa delgada de suelo. El implemento usado para esta labor es similar a los ganchos de subsileo, pero de menor tamaño y consiste en un

cíncel curvo que en los extremos presenta dos rejas en forma de alas de mariposa, a dichas rejas se les conoce en el campo cañero como “rejas de mariposa”, que se sujetan a una barra portaherramientas y acoplados al tercer punto de un tractor agrícola, por lo que deben estar alineados para conseguir la distancia entre surcos, el alineamiento se realiza considerando la parte central del tractor tomando en cuenta la distancia de la parte media del eje trasero del tractor. En México se le denomina “trocha”. Una vez alineado el implemento, en la mayoría de los casos se realiza de derecha a izquierda procurando que las llantas delanteras y traseras del tractor queden alineadas al entresurco con la finalidad de mantener el paralelismo de los mismos. Cuando se presentan pendientes mayores al 5% se recomienda seguir el contorno de la pendiente. La Figura 24, muestra el implemento usado para surcado en caña de azúcar y su acoplamiento y alineación para surcos a 1.20 cm.

Fig. 24. Implemento usado para surcado en caña de azúcar y su acoplamiento y alineación para surcos a 1.20 cm.



SIEMBRA. La siembra de caña de azúcar, es la operación de campo posterior al surcado. Consiste en colocar al fondo del surco, esquejes de trozos de tallos y cubrir dichos trozos con una capa de suelo de no más de 5 cm de espesor. También se pueden obtener plántulas por medio de un saca yemas, o bien a través de un programa de cultivo de tejidos de una variedad de caña de azúcar previamente evaluada para la zona del Ingenio azucarero o una aérea específica dentro de su campo cañero. Las encuestas y la verificación de campo, demuestran que el Programa de Semilleros Certificados implementado por la SAGARPA en 2009, ha comenzado a incentivar y generar un programa de siembras de mayor responsabilidad y seriedad.

Sin embargo, los ingenios y grupos azucareros han empezado a generar sus variedades con experiencias propias, sin que se tenga la certificación oficial de las mismas, e incluso han cambiado las claves y la nomenclatura de identificación de variedades MEX, a nombres propios de los grupos azucareros o de los ingenios sin ninguna certificación y registro en la mayoría de los casos.

La multiplicación de la caña por medio del cultivo de tejidos utilizando el meristemo, o la obtención de plántulas a partir de yemas extraídas con sacabocado, son técnicas que en la actualidad se utilizan en la siembra mecánica. Sin embargo, las plántulas obtenidas se deben plantar bajo un esquema diferente al que en forma tradicional se utiliza para la siembra de material vegetativo. Por lo anterior, la siembra se clasifica en manual y mecánica.

Algunos grupos azucareros tienen sus bio-fábricas de vitroplantas, como en el caso del Ingenio Pablo Machado, La Margarita, Oax., que utiliza el método de cultivo de tejidos para la multiplicación de variedades tanto para la siembra como para la reposición de cepas o resiembra. Esta operación no es muy común ya que en México no todos los ingenios cuentan con sembradoras mecánicas, situación que eleva el costo de trasplante. Algunos ingenios del grupo Beta San Miguel como el Constanza han comenzado a utilizar máquinas modificadas utilizadas para el trasplante de cultivos como jitomate, pero adaptadas y modificadas, en este caso el rendimiento es de 2 a 3 ha · día⁻¹ de siembra, sin embargo el trasplante mecanizado en el campo cañero en México, es incipiente y se encuentra en fase de desarrollo.

Los datos anteriores fueron obtenidos en las encuestas y corroborados en campo, pudiéndose constatar también, que la mayoría del trasplante y siembra de plántulas, se realiza manual preferentemente a la entrada de la época de lluvias en las zonas temporales; mientras que en las de riego, se efectúa con un riego pre-siembra con la finalidad de coadyuvar a tener mayor eficacia al permitir una mayor penetración de la coa que utilizan los sembradores, además de evitar la deshidratación de las plántulas y asegurar alto prendimiento. La siembra con plántulas obtenidas por cultivos de tejidos o de yemas obtenidas por un sacabocado mecánico, dan como resultado pureza varietal, sanidad vegetal y uniformidad en el cierre de campo y por lo tanto mayores rendimientos de azúcar y caña por unidad de superficie.

La siembra por esquejes o material vegetativo requiere de una buena preparación de suelos y un surcado bien alineado. Esta adecuación tiene como propósito la preparación del campo, de acuerdo con la pendiente y la infraestructura de riego y drenaje necesario para el cultivo. En zonas planas, la pendiente no debe ser mayor de 2%, para facilitar el riego por gravedad y el escurrimiento de excesos de lluvia, lo que requiere la construcción de canales u obras de drenaje subterráneo como en el caso del Ingenio Benito Juárez y Santa Rosalía en el Estado de Tabasco, el Huixtla en el Estado de Chiapas; San Cristóbal, La Gloria y El Modelo en el Estado de Veracruz. En las zonas cercanas a las cadenas montañosas, donde la pendiente natural es mayor, la adecuación se limita a mejorar el relieve, a la construcción de la red de canales de riego y drenaje y a realizar surcos en contorno para evitar la erosión. La profundidad de surcado en suelos de texturas franco-arenosas, debe ser de 30 y 35 cm y en suelos de textura arcillosa, entre 20 y 30 cm. La siembra de caña de azúcar por esquejes, es la más difundida en México en el 95% de la superficie, tanto en resiembra, como en nuevas plantaciones y renuevo o siembras de reposición de superficies. La mayoría de los ingenios realizan siembras de reposición en cada ciclo en aproximadamente 10% de la superficie zafrada, la siembra por esquejes es en su mayoría manual y solo algunos ingenios como Tres Valles en el Estado de Veracruz y Adolfo López Mateos en el Estado de Oaxaca, realizan la siembra mecánica. En las encuestas la mayoría de los ingenios señalan que la siembra mecánica presenta problemas que reflejan pérdidas hasta del 25 % del material de siembra por diversas razones que explicaremos a detalle en el apartado de siembra mecánica.

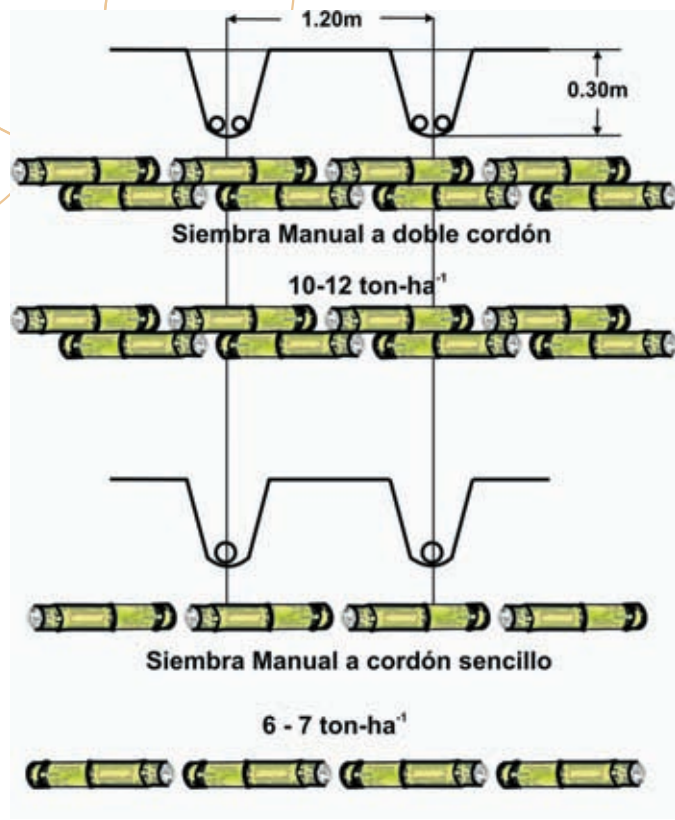
La preparación y preselección de la semilla vegetativa previa a la siembra, es un aspecto básico y consiste en el tratamiento térmico con la finalidad de eliminar huevecillos e insectos en la fase larval y adulta. El pelado o despajado de los tallos de caña, consiste en la remoción de las hojas, pero sobretodo de la vaina de las mismas que envuelve el entrenudo y protege a las yemas del sol, lo cual evita su deshidratación y daños mecánicos. Esta operación se debe realizar únicamente a la semilla que va a ser sembrada durante la jornada de trabajo, la preselección permite también desechar cañas deshidratadas o dañadas para asegurar buena germinación y altos prendimientos.

La densidad de siembra que se maneja en el campo cañero en México, en práctica sigue la metodología explicada anteriormente como se pudo determinar de acuerdo a las encuestas y entrevistas de campo. Para la siembra con

plántulas, se siembran de 3 a 4 plántulas por metro lineal dependiendo de la variedad y el régimen pluviométrico de la zona cañera, si es de riego o temporal, mientras que para el caso del material vegetativo varía de 9 a 12 yemas por metro lineal. La cantidad de semilla varía con la distancia entre surcos y con la profundidad de siembra, las encuestas y la verificación de campo así lo confirman, de manera general se utilizan de 10 a 12 $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, dependiendo principalmente de la calidad de la semilla y de su edad fisiológica que no debe ser mayor a 10 meses de edad y de semilleros puros y certificados previamente.

La Figura 25, muestra la disposición de la semilla de caña de azúcar al fondo del surco, bajo el sistema de siembra de trozos o esquejes.

Figura 25. Disposición de la semilla de caña de azúcar al fondo del surco, bajo el sistema de siembra de trozos o esquejes.



SIEMBRA MANUAL. Como su nombre lo indica, toda la operación se realiza manualmente, depositar pelar y tajar la semilla de caña, tiene muchas ventajas respecto a la siembra mecanizada, el troceado se realiza con machete al fondo del

surco y a la mitad del entrenudo, cada tallo se selecciona y se pela manualmente al momento de la siembra, con este método de siembra se obtienen altas poblaciones. En las condiciones de México, esta operación requiere de 16 a 20 jornales por hectárea y de acuerdo a las entrevistas y a la verificación de campo, los productores la consideran costosa, pero señalan que en la práctica, la seguridad de prendimiento bajo este método está por encima del 90%.

Otra versión del sistema de siembra manual es la semimecanizada, que es una combinación de operaciones manual y mecánica: el surcado, el tape de la semilla, la aplicación de insecticidas y fertilizantes, se efectúan mecánicamente, mientras que la distribución de la semilla, su fraccionamiento y colocación en el surco, son tareas manuales.

En este sistema los tallos de caña que van a ser usados como semilla, son cortados en forma manual para evitar daños en las yemas. Ense-guida, las semillas son cargadas en un camión o en carretas cañeras acopladas a un tractor agrícola para transportarlas al lugar de la siembra. El vehículo de transporte entra al lote que se sembrará en el sentido de los surcos y una cuadrilla formada por 2 a 6 hombres retira los tallos y los distribuye en los surcos, cruzando la base de un tallo con la punta del siguiente a doble cordón (punta-cola) como se observa en la figura 25 anterior. Posteriormente otro grupo de trabajadores con machetes recorre los surcos cortando los tallos en trozos de aproximadamente tres yemas.



Después de la operación de picado de la semilla, ésta es cubierta con tierra. La capa para cubrir la semilla tiene un espesor de 5 a 8 cm de tierra, lo anterior se debe al tipo de suelo, las condiciones de preparación y las condiciones climáticas, así como a la época de siembra. El tapado de la semilla se realiza manualmente. Posteriormente se supervisa la siembra y se realiza el retape, para corregir las fallas en la cobertura de las semillas.

SIEMBRA MECÁNICA. Esta se realiza totalmente con maquinaria agrícola diseñada para este propósito. En México la siembra mecánica se realiza en forma reducida en pocos Ingenios como es el caso del campo cañero del ingenio Tres Valles en el Estado de Veracruz. En la década pasada se hacía generalizada aunque en pequeñas superficies ya que de acuerdo a las entrevistas a cañeros y funcionarios de campo de la mayoría de los ingenios, señalan varios problemas como los listados a continuación:

- Desperdicio de mucha semilla, sobre todo cuando los tallos se curvan y no entran en el canal de conducción y equipo de troceado y corte causando taponamientos.
- Deterioro que sufre la semilla por arranque y desprendimiento de yemas
- Daño por pisoteo, por parte del operario al mantenerse parado sobre las tolvas de conducción, donde se coloca la semilla.

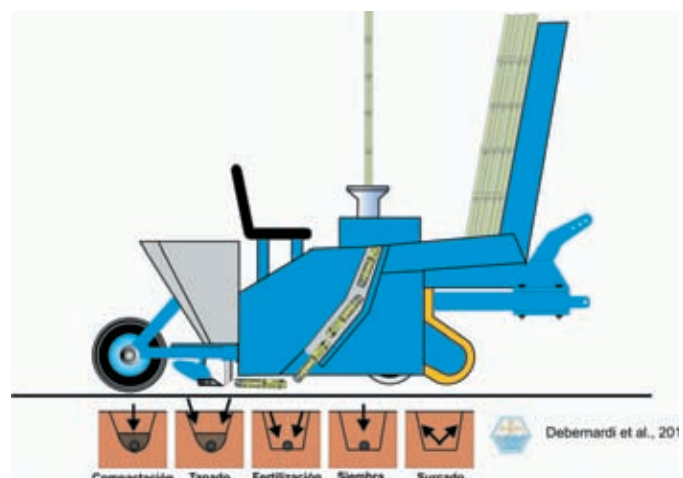


- Falta de calibración del avance de acuerdo a la frecuencia de corte de la cuchilla cortadora.
- Desgarramiento de la semilla y arranque de las yemas, ya que no siempre el material es uniforme.

La ventaja de la siembra mecánica es la disminución de costos respecto a la manual. En condiciones del campo cañero Mexicano, el rendimiento promedio es de $4 \text{ ha} \cdot \text{día}^{-1}$, pero las pérdidas, fallas y deficiencias germinativas llegan a ser del 25%, situación que se tiene que corregir con resiembra manual, que normalmente se realiza a destiempo, es decir, 30 días después de la siembra cuando la emergencia de tallos se ha completado. La figura 26, muestra el principio mecánico y operativo de la sembradora de caña tirada por un tractor agrícola de tipo II. Es pertinente mencionar que en Brasil, existen máquinas autopropulsadas diseñadas para este fin, pero que para nuestras condiciones, debido al tamaño de las superficies, resultan demasiado costosas e inoperantes, el costo de estas máquinas es equiparable al de una cosechadora de caña.

La siembra mecánica resulta útil cuando se trata de grandes superficies, en terrenos bien preparados y cuando el tamaño y diámetro de la semilla tienen cierta uniformidad, ya que bajo estas condiciones se pueden alcanzar rendimientos operativos del orden de las $10 \text{ ha} \cdot \text{día}^{-1}$. La figura 26. Muestra el sistema de una sembradora de caña de azúcar de tiro.

Figura 26 Esquema operativo de una sembradora de caña, tirada por un tractor de tipo II.



CULTIVO. El cultivo de caña de azúcar también es conocido como despacho y consiste en limpiar de malezas el entresurco y la aplicación de fertilizante. Estas operaciones se pueden realizar de dos maneras, manual y mecánica, siendo ésta última de acuerdo con las encuestas, la más utilizada. La limpieza y fertilización manual se realizan en pendientes mayores a 5 % y en suelos con alta pedregosidad, el número de jornales va de 10 a 16 por hectárea y en el caso de la fertilización, ésta no es uniforme y más costosa que la mecánica por lo que se considera ineficiente.

FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Para planificar los programas de fertilización tomamos en cuenta varios factores como la fertilidad del suelo, la demanda de nutrientes, el tipo de fertilizante a utilizar y la forma en que debe ser aplicado.

Para este propósito, promovemos el concepto de fertilización incorporada por medio de una Fertilizadora-cultivadora, especialmente en los fertilizantes fosfatados: cal dolomítica, sulfato de zinc y sulfato de cobre. Esta técnica, además de contrarrestar la eutrofización de los cuerpos superficiales de agua, incrementa el crecimiento en las socas y plantillas, restringiendo la pérdida de agua del suelo por evaporación. Asimismo, debido a que este implemento, da suficiente soltura al suelo, incrementa notablemente la infiltración de las primeras lluvias, reduciendo su efecto erosivo. Como resultado, se logra un desarrollo más rápido de las plantaciones y un cierre de campo más temprano, lo que reduce la erosión y las malezas post-emergentes.

FERTILIZACIÓN MANUAL. La fertilización y la aplicación de insumos y mejoradores son de gran importancia para la producción de azúcar. La aplicación de fertilizantes en los ingenios del campo cañero mexicano, se realiza en algunos casos de forma manual, situación que requiere de aplicación de fertilizantes perdigonados y disminuir el uso de derivados de la urea para evitar pérdidas por evaporación. La incorporación de nutrimentos lo más cercano a la zona radicular de la caña de azúcar, es un factor que determina el rendimiento en el ciclo posterior en términos de kilogramos de azúcar por hectárea.

Las desventajas de emplear este tipo de fertilización se enlistan a continuación:

- Aplicación de fertilizantes fosfatados, puesto que el fósforo, debido a su nula movilidad, no es aprovechado en su totalidad.

- Aplicación de mezclas físicas, debido a que en ocasiones, los elementos se separan, lo que provoca aplicaciones no uniformes.
- Falta de limpieza previa del terreno, lo que fomenta el crecimiento de malezas y un inadecuado aprovechamiento del fertilizante por la caña de azúcar.
- La correcta dosificación, que no se puede controlar aún con la experiencia de los aplicadores

Esta serie de inconvenientes, hacen que cada día se limite este tipo de aplicación. El resultado de las encuestas indican que en 2009 se aplicaron fertilizantes en el 80 % de siembras nuevas y solo en el 40 % de socas y resocas, argumentando que ésta disminución, se debió al alto costo de los fertilizantes. De las 2,650,000 ha fertilizadas, el 45% se fertilizó manualmente y el 55% restante se fertilizó mecánicamente. Otro argumento fue, que debido al tamaño de las superficies y a la baja en la cantidad de superficies a aplicar, los maquileros que cuentan con equipos para la aplicación de fertilizantes, incrementaron el costo de la aplicación en 25 % para la labor combinada, llegando a tener un costo por hectárea de \$ 1,400.00. Los entrevistados recomiendan la aplicación manual de fertilizante solamente en suelos donde por altos contenidos de piedra y pendientes pronunciadas, no se pueda utilizar la fertilización mecánica, o su operación sea prácticamente imposible.

FERTILIZACIÓN MECÁNICA. Se debe considerar que la fertilización de la caña de azúcar se debe realizar entre 75 y 90 días después del corte. De acuerdo con las encuestas, los equipos existentes en México conocidos como fertilizadoras, tienen una capacidad entre 300 y 600 kg en sus tolvas de carga, la mayoría son de transmisión mecánica y en menor cantidad de transmisión hidráulica. Estas últimas son más precisas pero más costosas y casi no requieren de mantenimiento si se operan de acuerdo con las normas del fabricante. Los datos obtenidos, señalan que la mayoría de estas máquinas, distribuyen el fertilizante mediante sinfines helicoidales. Su requerimiento de potencia cuando cuentan con ganchos de cultivo, es de 44.7kW o 60 HP y de 29.8kW o 40HP, cuando el implemento que aplica el fertilizante es un disco de 90 cm de diámetro, conocido también en el campo cañero Mexicano como disco central.

La fertilización mecanizada presenta una serie de ventajas respecto de la manual, entre las más importantes se encuentran las siguientes:

- El rendimiento operativo promedio obtenido en las encuestas es de $4.5 \text{ ha} \cdot \text{día}^{-1}$, por lo que una máquina de éstas puede fertilizar en promedio 540 ha por ciclo.
- La fertilización se puede realizar inmediatamente después de la zafra.
- Se realiza una doble labor, “labor combinada”, cuando se utilizan ganchos de cultivo, es decir se efectúa al mismo tiempo el cultivo (aporque, descompactación de suelos y limpia del entresurco).
- El fertilizante se deposita en el suelo y bajo la superficie situación que evita pérdidas por evaporación.
- La aplicación de fertilizantes es uniforme y calibrada en función de las necesidades y particularidades de cada zona de abasto de los ingenios.
- La fertilización mecánica se puede realizar en suelos con contenidos medios de pedregosidad.
- Cuando la fertilización se realiza con el disco central, ésta presenta, además de los beneficios anteriores, el que los

elementos fertilizantes queden depositados en la zona radical del cultivo, es decir, en la parte central de las cepas, por lo que nutrientes inmóviles como el fósforo, quedarán en contacto con las raíces de absorción. Con el corte de cepas, se provoca una mayor emergencia de tallos y debido a la localización del fertilizante se puede reducir la dosis hasta en un 25 %. Con el uso del disco central se han incrementado los rendimientos hasta en un 20 % cuando se utilizan ganchos de cultivo, y hasta en un 35% con la aplicación manual. El único inconveniente es que el disco sólo se puede utilizar en suelos con nula a baja pedregosidad y se vuelve inoperante a medida que incrementa la pedregosidad.

La figura 27. Muestra un equipo de fertilización equipado con disco central, que en la actualidad es el más utilizado en México, conocido como Fertilizadora CP-36 acoplada al disco Central CP-40. Ambos equipos fueron diseñados por los investigadores del Colegio de Postgraduados y resultaron ser los más eficientes en la aplicación de fertilizantes e insumos en el campo cañero de acuerdo a la información obtenida; no solo por su alta precisión y desempeño, sino también por los materiales con los que están fabricados.

Fig. 27. Fertilizadora CP-36 y Disco Central CP-40, para el cultivo de caña de azúcar



Colegio de Postgraduados, 2010.

Esta labor se realiza con un tractor de tipo II de 52kW o 70HP, a la barra de tiro y 540 rpm a la toma de fuerza, mientras que en las hidráulicas el régimen es para una bomba de $34.1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ o $9 \text{ galones} \cdot \text{min}^{-1}$, lo cual no requiere de equipos adicionales como en otras máquinas.

De acuerdo con las encuestas, la fertilización mecánica está limitada a superficies grandes y en menor escala a superficies mayores de 5ha, por lo que a menor escala, los costos se incrementan de manera considerable.

Cosecha, alce y Acarreo de Caña de azúcar.

OPERACIÓN DE LA COSECHA. El Departamento de campo de cada ingenio a través de su comité cañero coordina ésta labor. En México existen varios sistemas para la cosecha de la caña de azúcar. Las ventajas y desventajas de cada uno de ellos se presentan a continuación.

CORTE MANUAL. Es una labor pesada que se realiza debido a que se tienen condiciones de mano de obra en México.

De acuerdo con la información obtenida, existen varios factores que limitan la cosecha mecánica, entre los más importantes se encuentran la pedregosidad, la pendiente y el costo y operación de la maquinaria. La ventaja principal es la calidad de la caña cuando se corta manualmente. Cabe mencionar que es difícil de obtener rendimientos operativos similares con el sistema de cosecha mecánico, el cuál es un factor obligado por las condiciones de cosecha.

Aproximadamente, solo un 15% de la superficie se cosecha mecánicamente, mientras que el 85% restante se realiza mediante cosecha manual y semimecanizada. Al inicio de la zafra debido a las condiciones climatológicas de invierno, la caña se corta manualmente sin quemar, para este caso, el rendimiento por jornal es de 2.5 toneladas diarias. En el mes de febrero empiezan a quemar los cañales de forma arrasiba, en este caso el rendimiento promedio aumenta a 3.5 toneladas por día por cortador.

Como ventajas de este sistema se pueden mencionar:

- El correcto beneficio de la plantación, ya que permite cortar los tallos a ras del suelo, el descogolle entre hojas verdes y maduras y la colocación ordenada de los tallos en el suelo para el alce mecánico.

- Facilita la selección inicial del material moleadero desechando los tallos secos e inmaduros y malezas. No obstante, la quema y el corte manual están siendo cuestionados como resultado de la apertura de nuevos mercados y del impacto de estas prácticas sobre el medio ambiente; por lo tanto, se deben evaluar nuevas alternativas para la cosecha.

El corte se hace con machete común de forma recta con el cual se alcanza un rendimiento en promedio, de 2.5 a 3.0 ton en 8 horas de trabajo, como ya se ha mencionado, situación que se pudo verificar en campo.

Entre las principales ventajas del corte a machete se pueden mencionar:

- La Caña obtenida es de mayor calidad al cortar la parte apical y basal de la caña de azúcar, de manera más precisa en la sección 8^{to} (cogollo) y en el área basal al ras del suelo, originando menor riesgo de accidentes ya que el área de exposición es menor.
- La caña se transporta entera, por lo que el riego de deshidratación es menor y prácticamente libre de impurezas, mientras que en la cosecha mecánica son del orden del 15 % en promedio.
- No es necesario un espacio entre surcos definido ni uniforme.

El programa de corte manual de caña, depende de la programación anual de actividades, que debe ajustarse cada mes de acuerdo con el estado de maduración del cultivo, la variedad y la eficiencia y disponibilidad de mano de obra y maquinaria.

FRENTE DE CORTE. Está formado en México de manera general de la siguiente manera:

1. Grupo de cosecha. Éste agrupa a un número de cortadores, alzadoras y equipos de transporte asignados a una superficie en cada zona de los ingenios azucareros.
2. Jefe de grupo. Es el encargado de controlar las operaciones para alcanzar la cuota diaria asignada en toneladas de caña por jornada

3. Cabo-corte'. Encargado de la asistencia del frente de corte; y además encargado de vigilar varios factores en esta actividad.

Para el control del corte, los ingenios disponen de un sistema de registro que incluye, entre otros datos, la condición del cultivo, la fecha de corte, la hora de inicio y finalización del corte, código de los equipos de alce y transporte. (Orden de corte y quema a la que le asignan un número de boletas o tickets de acuerdo con el rendimiento estimado, previo muestreo al momento de safrar). Con estos tickets o boletas se controla el peso y por lo tanto, el pago al productor, al cortador y el flete al transportista.

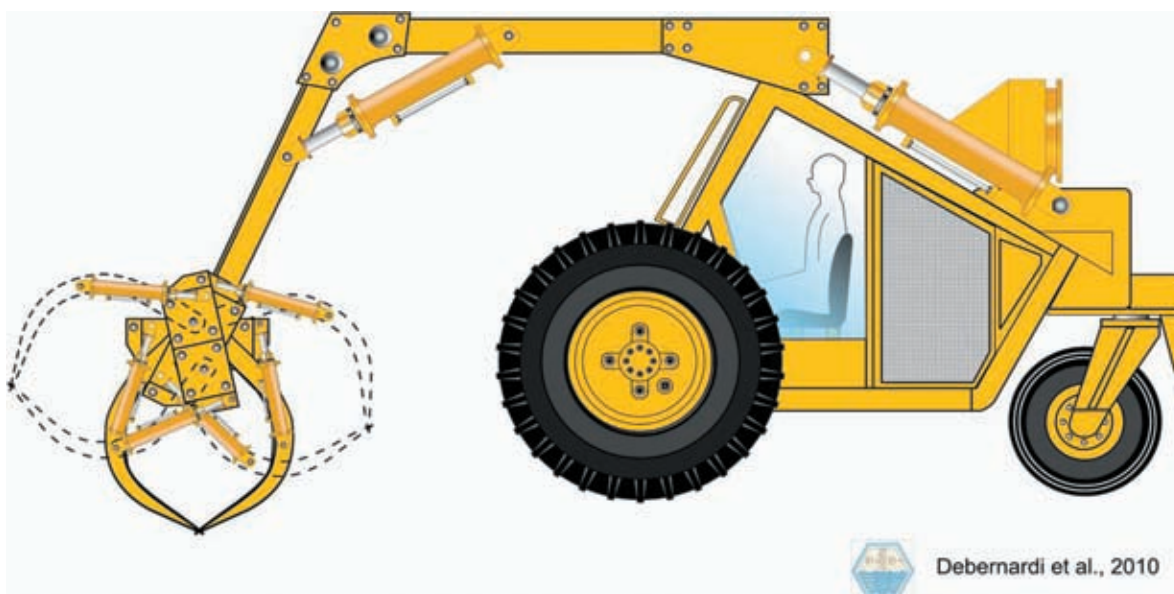
ALCE MECÁNICO. El levantado de la caña de azúcar en la década de los sesentas, se hacía manual en el 100 % de la superficie, de acuerdo con las encuestas realizadas y la verificación de campo, en la actualidad se realiza solamente en áreas de montaña y zonas serranas y no representa más del 1% de la superficie safrable. La operación se lleva a cabo después del corte y consiste en levantar bultos o montones de caña que acomoda el cortador en el suelo o bien sobre un contenedor, el peso de estos bultos es de 350 kg promedio, como se pudo verificar en las visitas de campo. La operación mecánica la realiza una maquina conocida como alzadora, que consiste en una especie de trascabo, que en su parte frontal, en el lugar de la tolva de

depósito de materiales, tiene una especie de ganchos en forma de patas (araña) con las que sujeta y levanta el bulto de caña y lo deposita en la carrocería o tolva del equipo de transporte.

Este equipo puede encontrarse en el mercado solo como alzadora para caña de azúcar, o bien en algunos casos se monta a un tractor de tipo II y se adapta para la labor, el 85 % de los equipos encontrados y las encuestas en verificación de campo fueron adaptados al chasis de un tractor agrícola de las distintas marcas comerciales que se distribuyen en México. También se pudo constatar que el consumo de potencia óptima en estos equipos es de 74.5kW o 100 HP, su capacidad operativa por jornada promedio es de 160 ton · día⁻¹ y la asignación de superficie promedio por safra es de 275 ha por alzadora. El equipo puede incrementar su capacidad operativa cuando los terrenos sembrados con caña tienen longitudes superiores a 300m y pendientes menores a 5 % con baja pedregosidad. Otro factor importante es la habilidad del operador y la potencia y capacidad de giro de las maquinas en el campo cañero, cuando existen estas condiciones el rendimiento operativo de las alzadoras de caña llega a ser en promedio de 240 ton · día⁻¹. La figura 28, muestra una alzadora para caña de azúcar.

Se estima que una alzadora es rentable cuando durante la safra tiene una productividad promedio de 20800 toneladas de caña levantadas o 300 hectáreas de superficie atendidas. Este dato fue proporcionado en las entrevistas en verificado en campo.

Fig. 28. Alzadora mecánica de caña de azúcar tipo Bell



Debernardi et al., 2010

COSECHA MECANIZADA DE CAÑA DE AZÚCAR. La cosecha mecánica de caña de azúcar implica la realización de todas las operaciones de cosecha (corte, limpieza y levantado) realizado por una máquina diseñada ex profeso para este propósito.

El corte se realiza en campos que se siembran para ser cosechados mecánicamente, debido a la amplitud del espacio entre surcos de 1.30 a 1.60 m estándar, que se maneja a nivel mundial para la cosecha mecánica. En el procedimiento de cosecha la caña es cortada en trozos de una longitud aproximada de 25 a 35 cm como se pudo observar durante la verificación de campo. La preparación inicial y de este tipo de corte en trozos facilita las operaciones posteriores al interior de la máquina, facilita además la limpieza de la caña, ya que un alto porcentaje de hojas se desprende durante el troceado y hace posible la carga continua de los equipos de transporte. La caña troceada ocupa un menor volumen, lo que facilita su transporte y requiere menor preparación en los ingenios para entrar al tándem de molinos.

Se pudo observar que en algunos campos de ingenios como, Central Progreso, Motzorongo, El Carmen y San Cristóbal, la cosecha mecánica de caña quemada se considera más barata y disminuye los castigos por impurezas, que de manera normal,

en la mayoría de los ingenios se tasan entre el 10 y 15%.

La cosecha mecánica requiere de una buena sincronización en la recepción de la caña en los Ingenios, ya que el deterioro de la misma es acelerado, debido a la acción de bacterias que tienen mayor superficie de contacto. En la figura 29 se observan las filas de camiones cargados de caña para entrar al Batey.

Otro aspecto importante observado, es que los medios de transporte se modificaron para esta operación y la molienda en los ingenios, debe ser continua, sobre todo cuando se corta mecánicamente caña quemada y el tiempo de molienda o de espera no debe ser mayor a 18 horas (frescura), para evitar pérdidas de azúcar provocado por invertirlas.

La potencia requerida para esta operación es superior en la mayoría de los casos a los 186 kW o 250 HP, dato obtenido durante las encuestas y medido de acuerdo a las máquinas encontradas en la verificación de campo. Por lo anterior, se puede decir que una cosechadora de caña es una estación de trabajo. En el cuadro 3 se observan los requerimientos de potencia de los componentes de una cosechadora de caña de azúcar.

Figura 29. Fila de Camiones esperando su turno para la Entrada al Batey.



Cuadro. 3 Requerimientos de potencia promedio de los componentes principales de una cosechadora de caña de azúcar calculados para este trabajo

COMPONENTES	POTENCIA KW - HP	PORCENTAJE DE LA POTENCIA TOTAL	PORCENTAJE DE POTENCIA CONSUMIDA POR LOS SISTEMAS.
Tracción	30 - 40	27	10
Cortadores	15 - 20	11	15
Troceado	16 - 21	15	22
Transporte	10 - 13	9	12
Extractores	40 - 54	38	41
Total	111 - 150	100	100

Basados en el Cuadro 3 y en la información obtenida, una cosechadora requiere una potencia por encima de 100 kW o 140 H.P., como es el caso de las utilizadas en el campo cañero Mexicano. Ésta debe atender por lo menos una superficie por zafra de 360 hectáreas como mínimo y el óptimo en nuestras condiciones es de 500 hectáreas, como se pudo constatar en el Ingenio Huixtla, debiendo cosechar como mínimo 23 400 toneladas por zafra.

Debemos considerar que las condiciones del campo cañero Mexicano no permiten la cosecha nocturna como en el caso de Australia y Brasil, situación que obliga a modificar las operaciones de la cosecha mecanizada sobre todo en el transporte para evitar deterioro de la caña de azúcar. La siembra de caña de azúcar se hace por costumbre a distancias no aptas para cosecha mecánica, esta situación provoca pérdidas

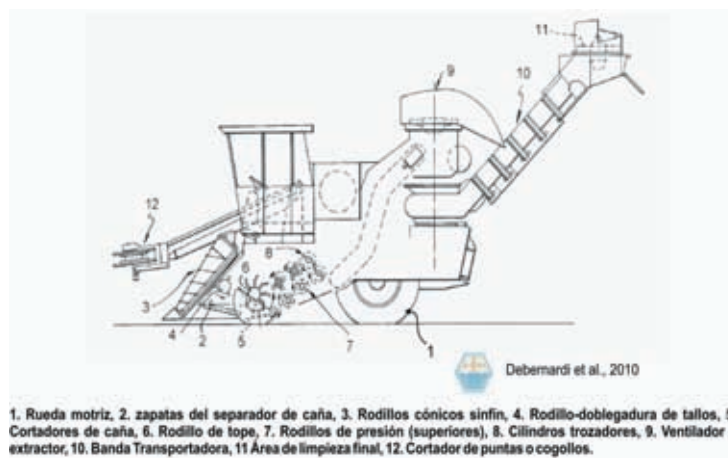
operativas, ya que la distancia y la cabecera de los lotes hacen disminuir el rendimiento operativo de éstas máquinas.

La figura 30 muestra una cosechadora mecánica de caña de azúcar, en donde se observan los componentes principales de la misma. En general, todas éstas máquinas se basan en los mismos principios y mecanismos operativos.

TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR. El transporte de caña de azúcar es la operación final de campo y consiste en transportar la caña del campo al ingenio. Ésta operación se realiza con diferentes medios de transporte.

Los más utilizados son, en orden de importancia y por capacidad, camiones tipo torton, patines (16 a18 ton) y camiones tipo rabón (10 a 12 ton) 88%, tractocamiones (25

Figura 30. Componentes principales de una cosechadora mecánica de caña de azúcar.



a 35 ton) 5.28% y Carretas cañeras (equipos: tractor II y 5 carretas, 30 ton) 6.62 %; datos promedio de las encuestas y verificados en campo.

El transporte en la mayoría de los ingenios se realiza con camiones y en algunos ingenios se presentan excedentes en el número de éstos, superiores al 60% de la capacidad óptima de molienda y generando problemas de frescura. Esto se determinó midiendo el tiempo de espera y de salida del campo cañero y de acuerdo con la capacidad de carga y por tipo de transporte que ya hemos descrito. Las encuestas y observaciones en campo en el batey, señalan un rezago inicial de 9 horas en la frescura de manera normal, esto debido a que la carga y cosecha se realiza de día y por periodos no mayores a 16 horas por día. Si a este factor le adicionamos el excedente de transporte en el tiempo de descarga normal, aumenta a 14.5 horas de rezago. Este tiempo de rezago puede aumentar por lluvias, reparaciones, días festivos y paros no imputables a la operación del campo.

El costo del transporte de caña de azúcar se determinó de acuerdo a la capacidad de carga y fluidez del transporte, teniendo en cuenta factores como el costo de mantenimiento

de equipos, precios de combustibles, lubricantes y llantas. De acuerdo con lo anterior, el costo por tonelada fue de \$2.30 por km, si consideramos la media de distancia nacional de acarreo en 20 km, el costo promedio del flete por tonelada es de \$46 por tonelada de caña. La potencia promedio requerida para esta operación es de 74.5 kW o 100HP, al respecto de la operación, podemos decir que en el caso del transporte con camiones, la eficiencia es mayor y el riesgo de accidentes es menor.

En el caso del transporte de caña con carretas, esta operación requiere destreza para la operación y además de espacio suficiente en el patio de maniobras y descarga de los ingenios azucareros, los ingenios que utilizan actualmente carretas son Cuatutolapan, San Pedro, San Francisco y Tres Valles. La descarga en los ingenios es alternada y en promedio un equipo de estos mueve 7500 toneladas por zafra, mientras que un camión tipo rabón transporta 3000 toneladas. Para el camión tipo torton y patín de 3900 ton, el camión tandem doble 6600 y para el tráiler 8000 ton por zafra, este último resulta ser el más ventajoso cuando las distancias de movimiento son grandes o se usan patios de trasbordo. La figura 31, muestra un camión tipo torton a la llegada al batey del ingenio Casasano en el Estado de Morelos.

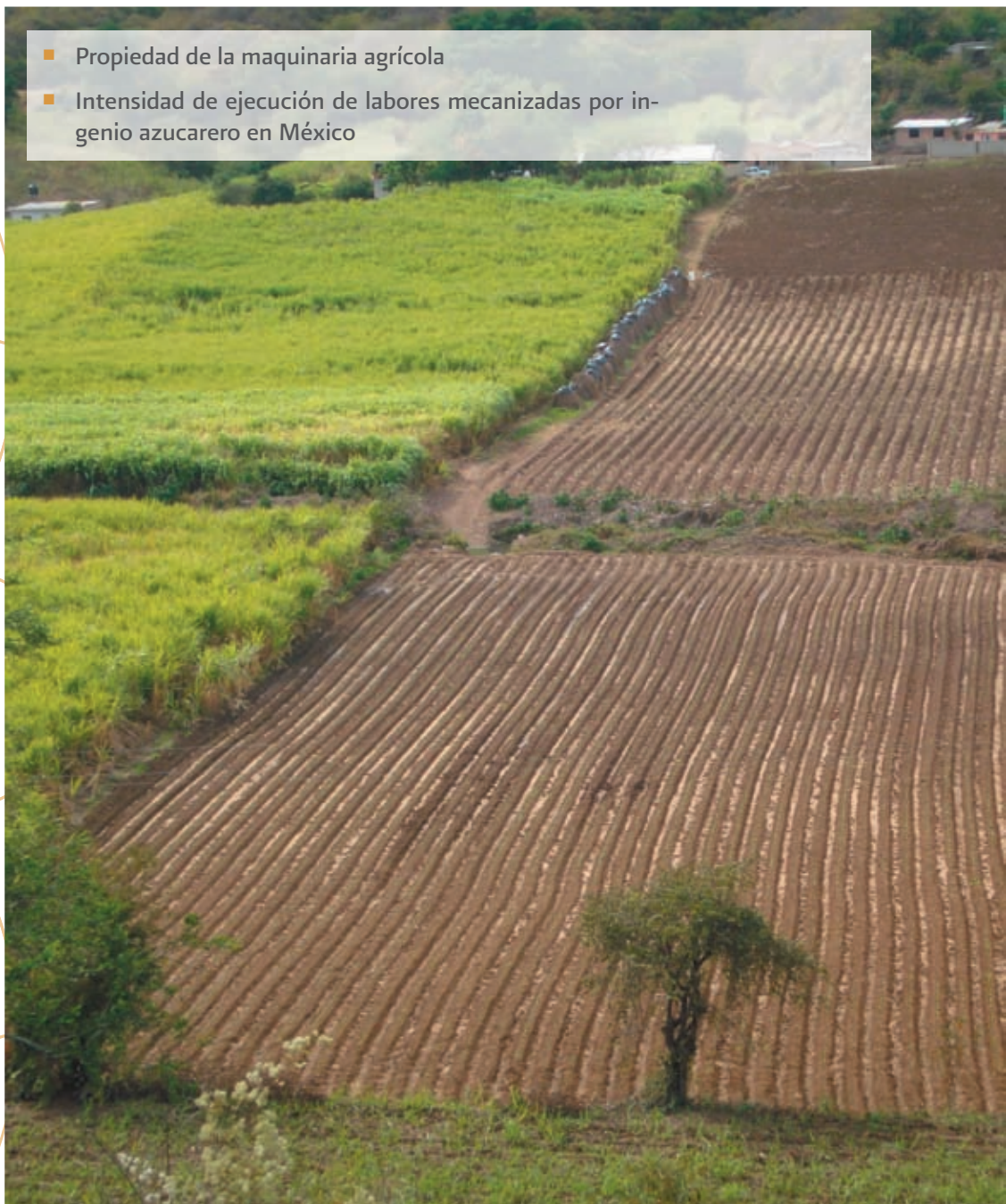
Fig. 31. Camión tipo tortón a la llegada al batey del ingenio Casasano en el Estado de Morelos. (Foto obtenida durante el trabajo de campo).



Capítulo 3.

Paquetes Tecnológicos Mecanizados por Ingenio en México

- Propiedad de la maquinaria agrícola
- Intensidad de ejecución de labores mecanizadas por ingenio azucarero en México



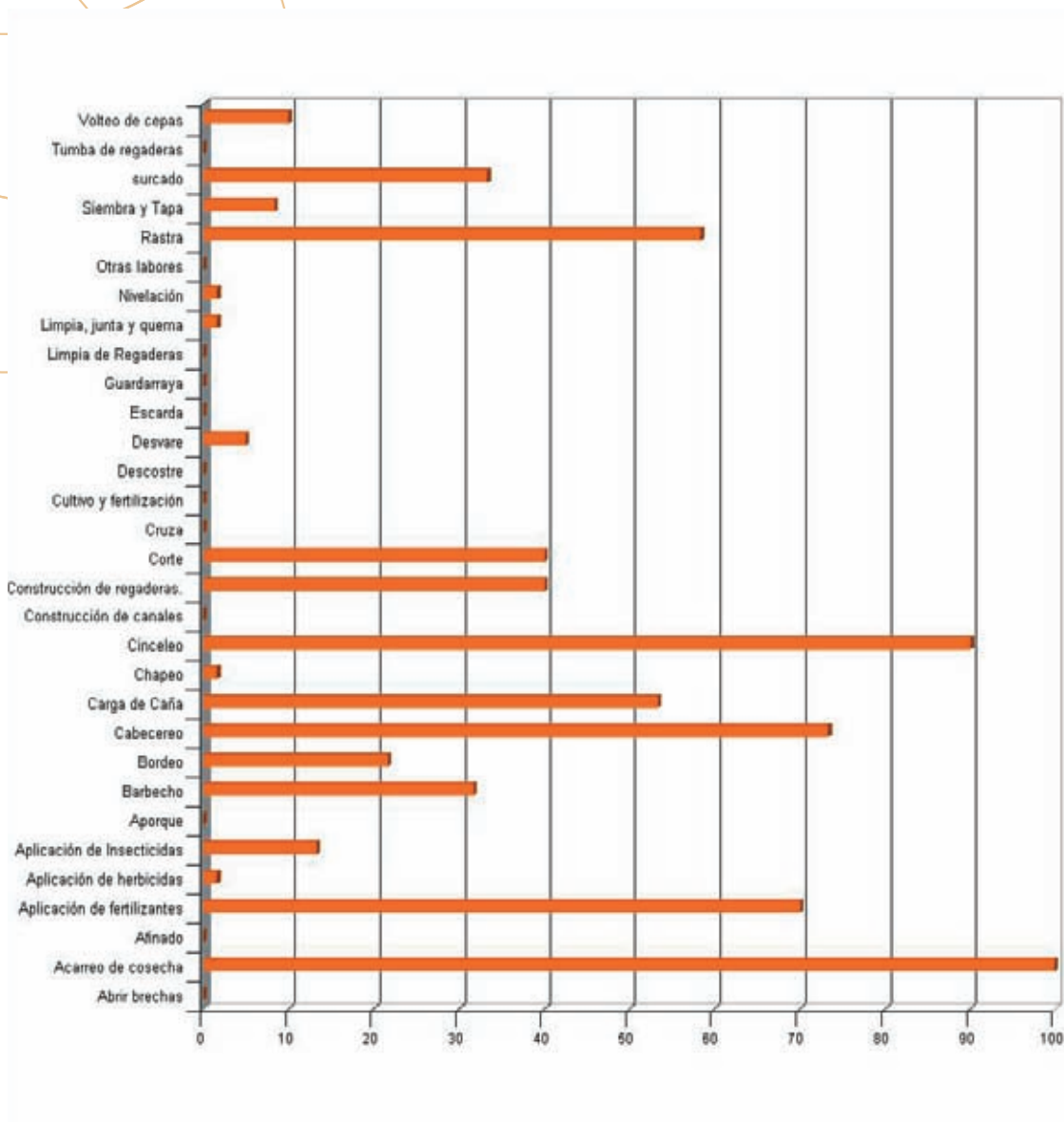
INTENSIDAD DE EJECUCIÓN DE LABORES MECANIZADAS POR INGENIO AZUCARERO EN MÉXICO

La intensidad de ejecución de labores mecanizadas representa el porcentaje de los productores entrevistados que informaron realizar dichas labores con el empleo de maquinaria agrícola propia y/o alquilada para una zafra (2008-2009). (Algunos ingenios no se presentan debido a información insuficiente)

Ingenio Aaron Sáenz.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Cabecereo y Aplicación de fertilizantes.

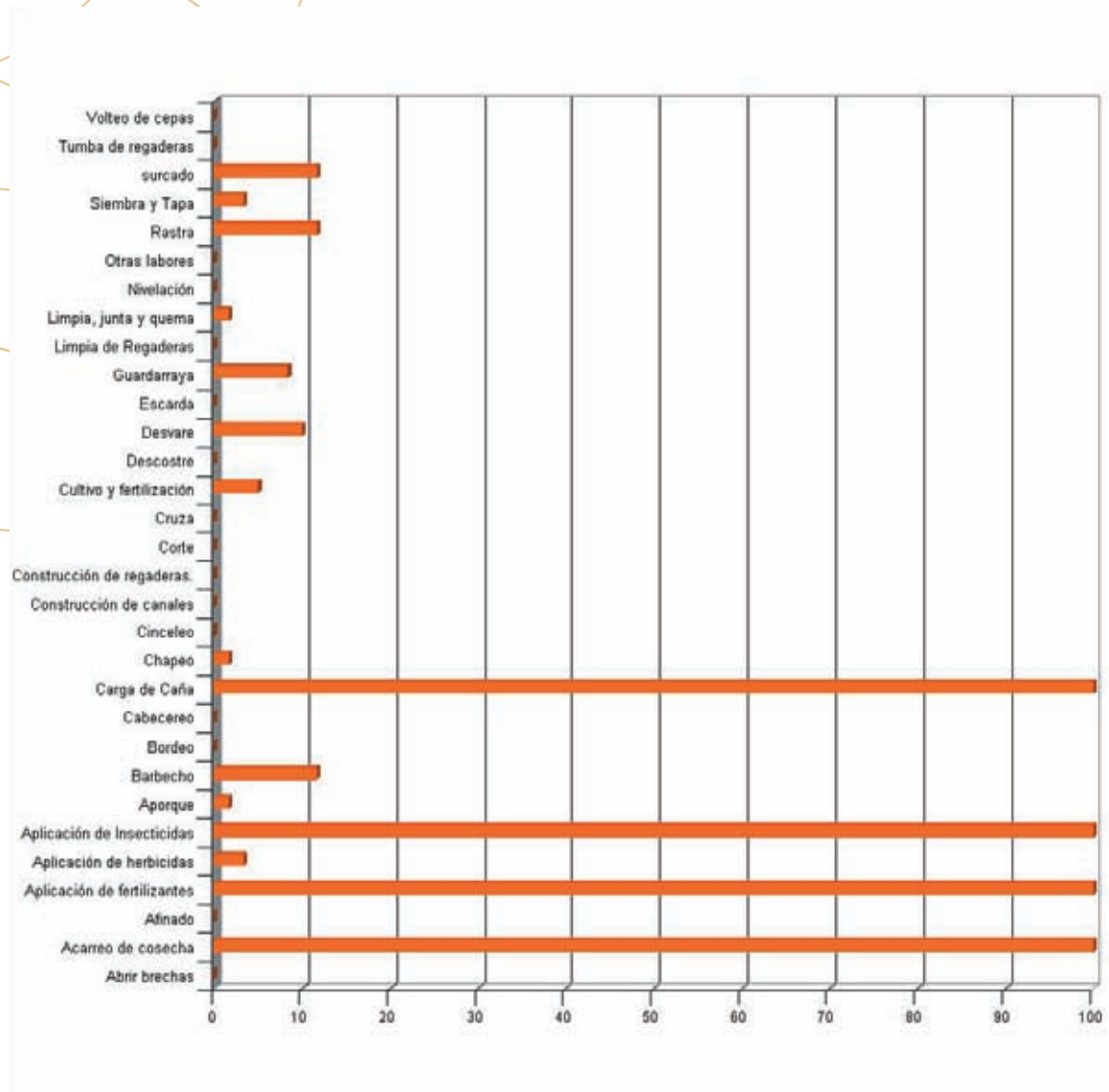
Fig 2. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Aaron Sáenz



Ingenio Adolfo López Mateos.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Aplicación de fertilizantes, Aplicación de Insecticidas y Carga de Caña.

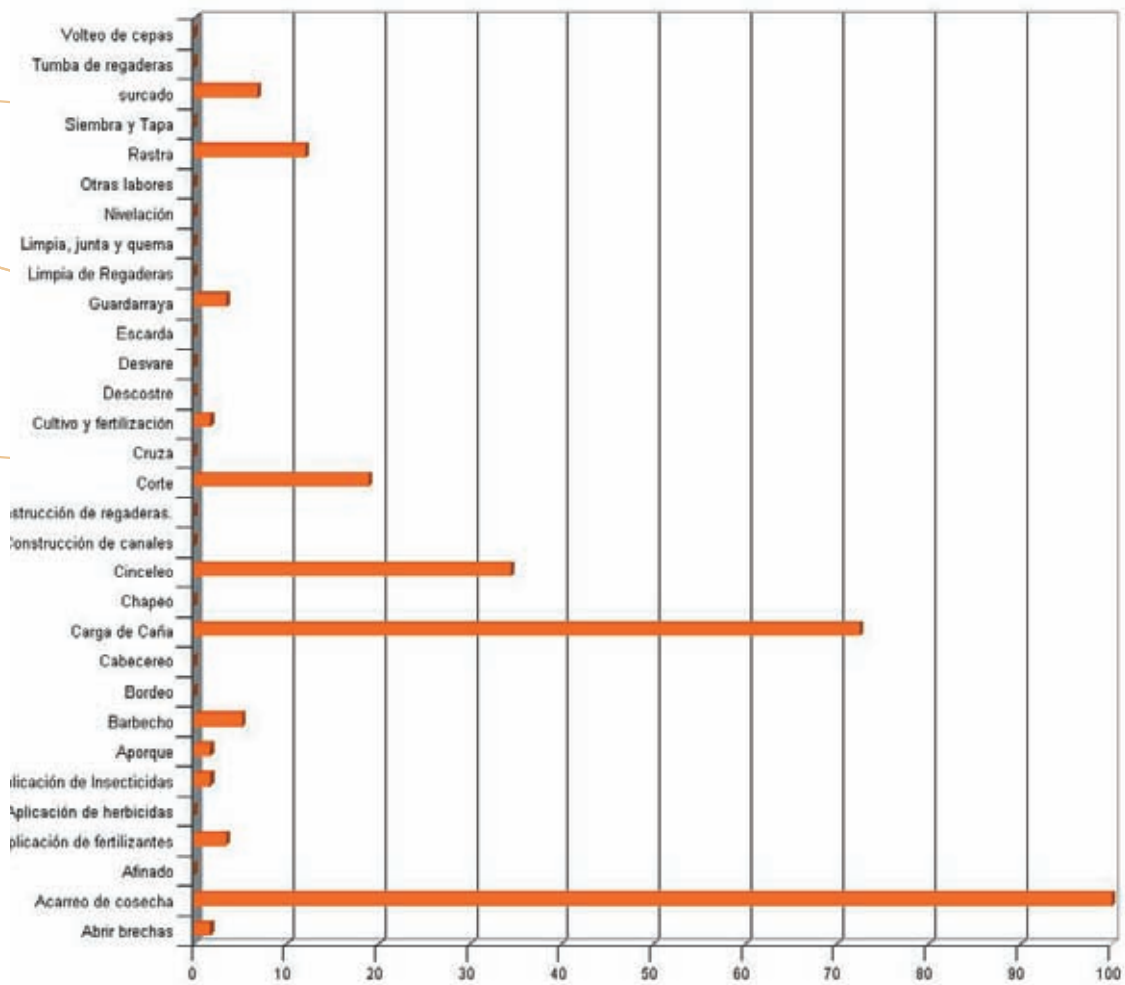
Fig 3. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Adolfo López Mateos



Ingenio Alianza Popular.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña y Cinceleo.

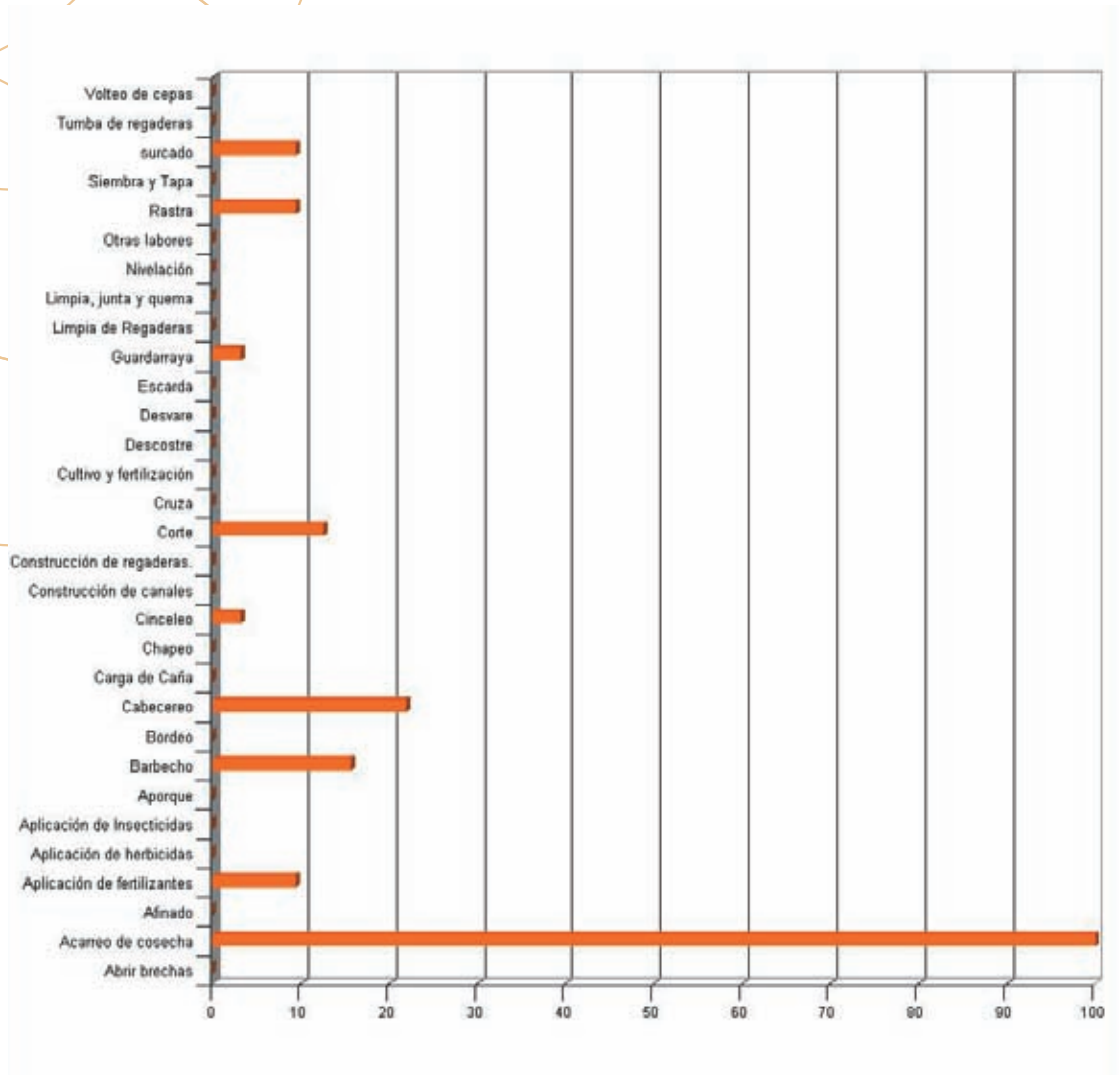
Fig 4. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Alianza Popular



Ingenio Atencingo.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cabecereo y Barbecho.

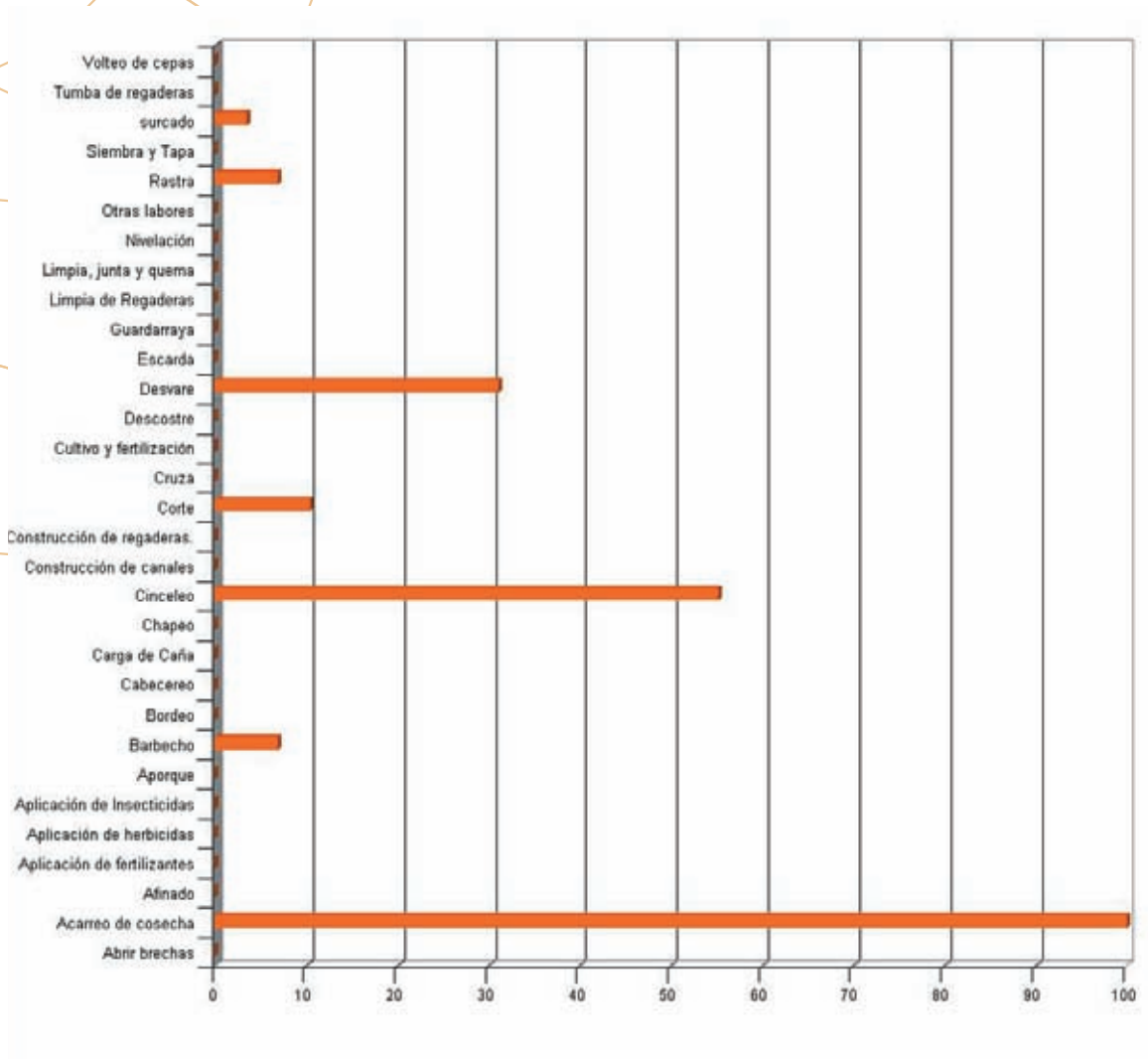
Fig 5. Intensidad de Ejecución de labores Mecanizadas en el Ingenio Atencingo



Ingenio Bellavista.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Desvare y Corte de Caña.

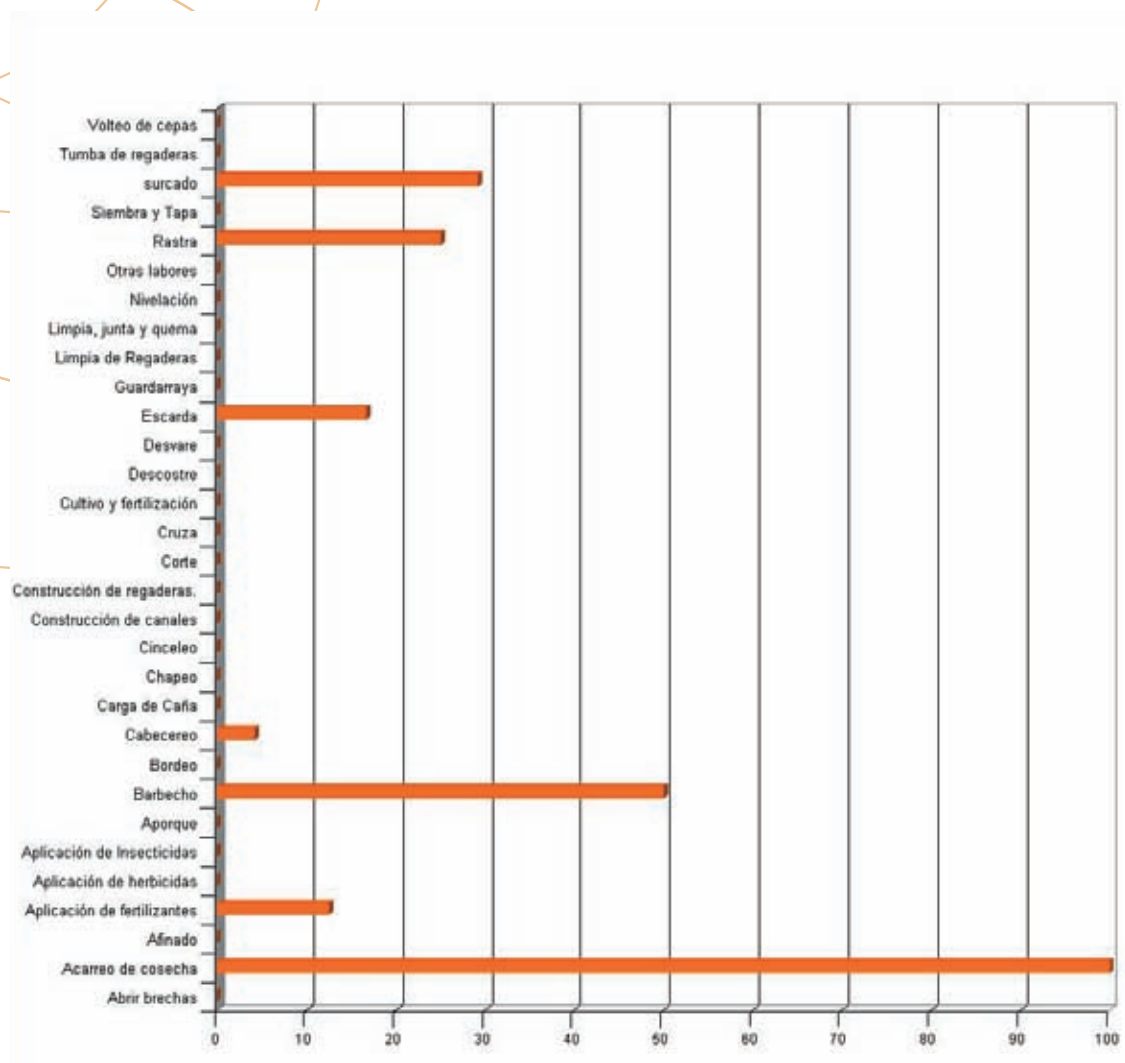
Fig 6. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Bellavista



Ingenio Casasano.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Barbecho, surcado y Rastra.

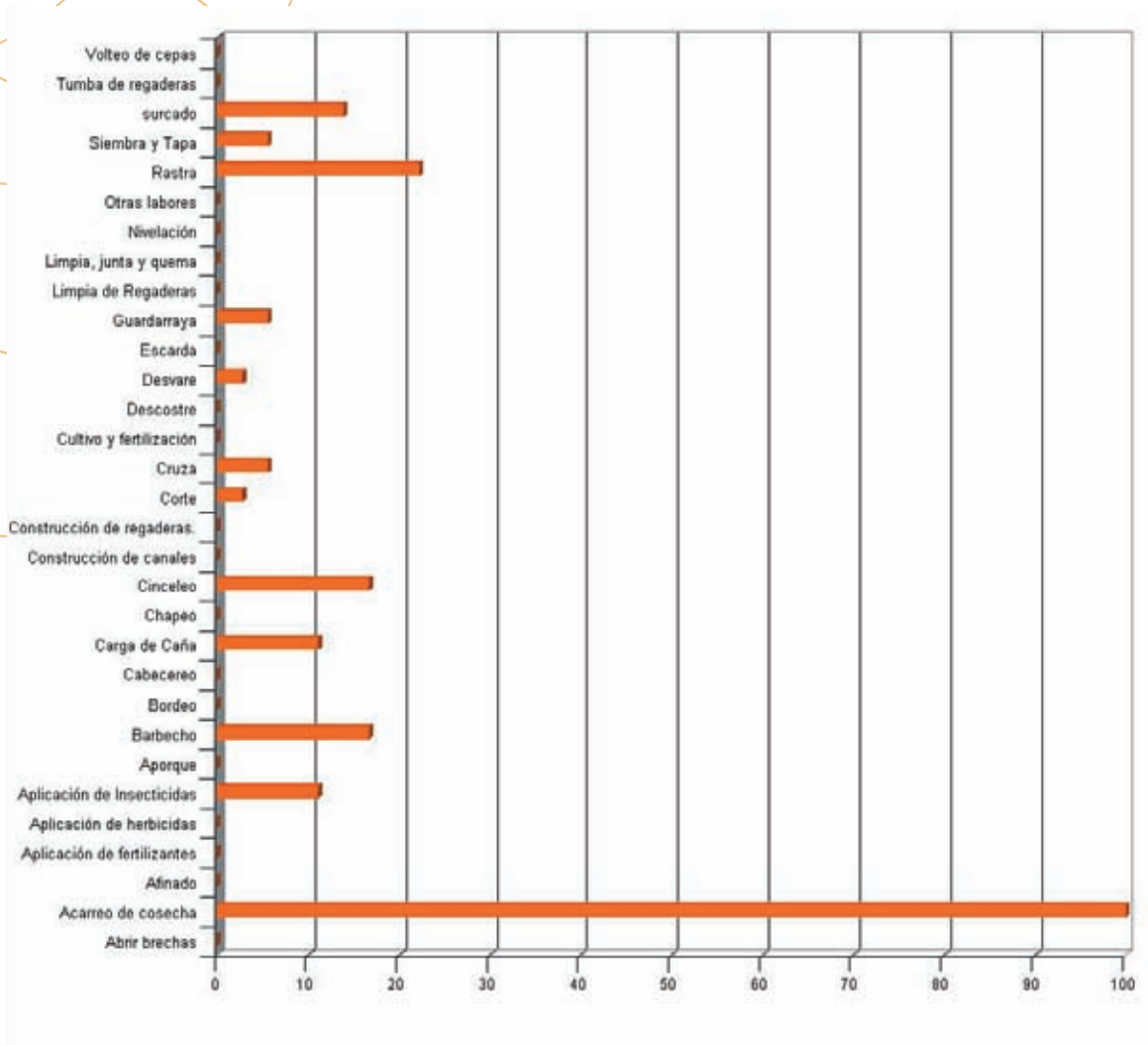
Fig 7. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Casasano



Ingenio Coatotolapam.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Rastra, Cinceleo, Barbecho y Surcado.

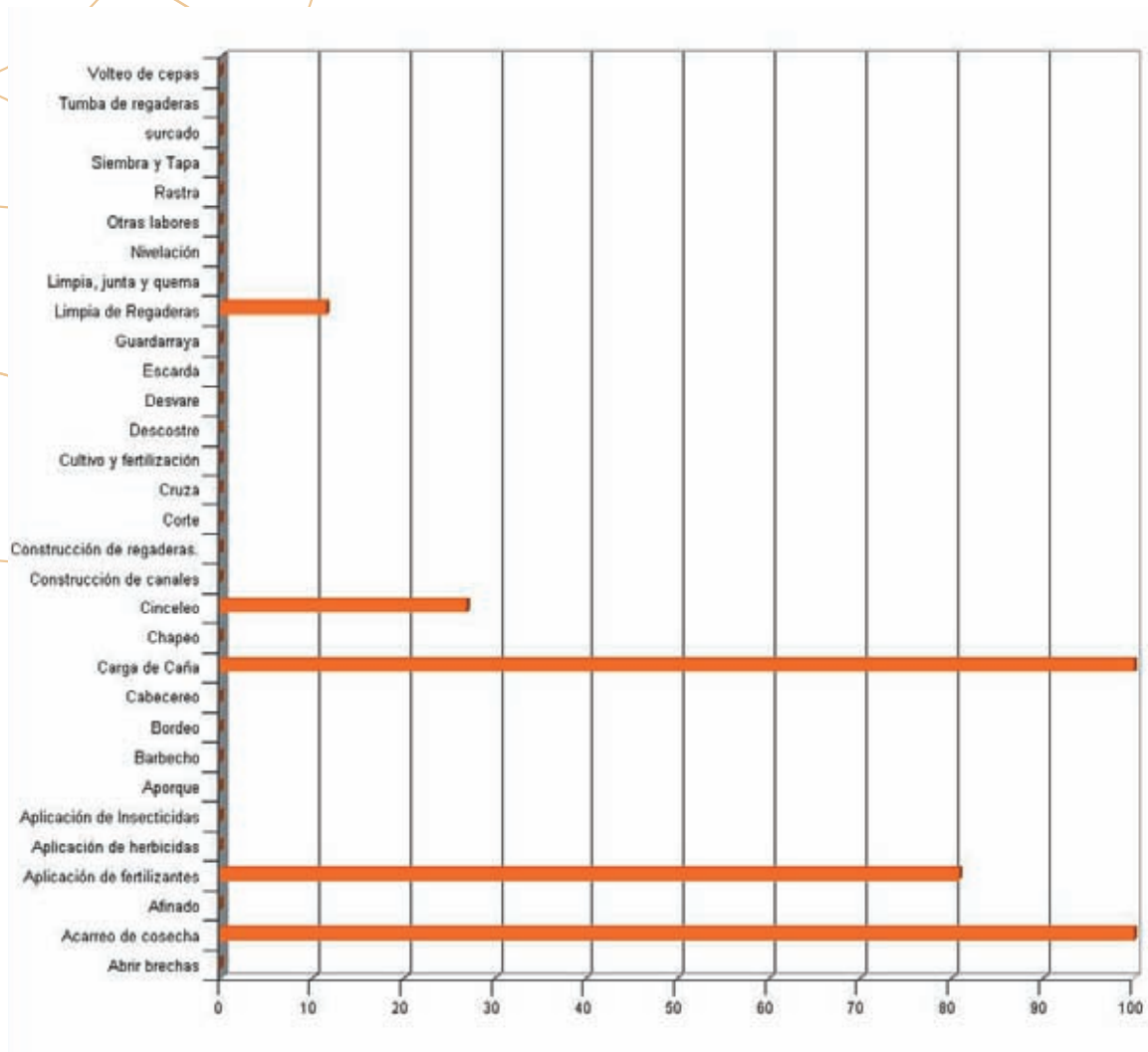
Fig 8. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Coatotolapam



Ingenio El Higo.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña y Aplicación de Fertilizantes.

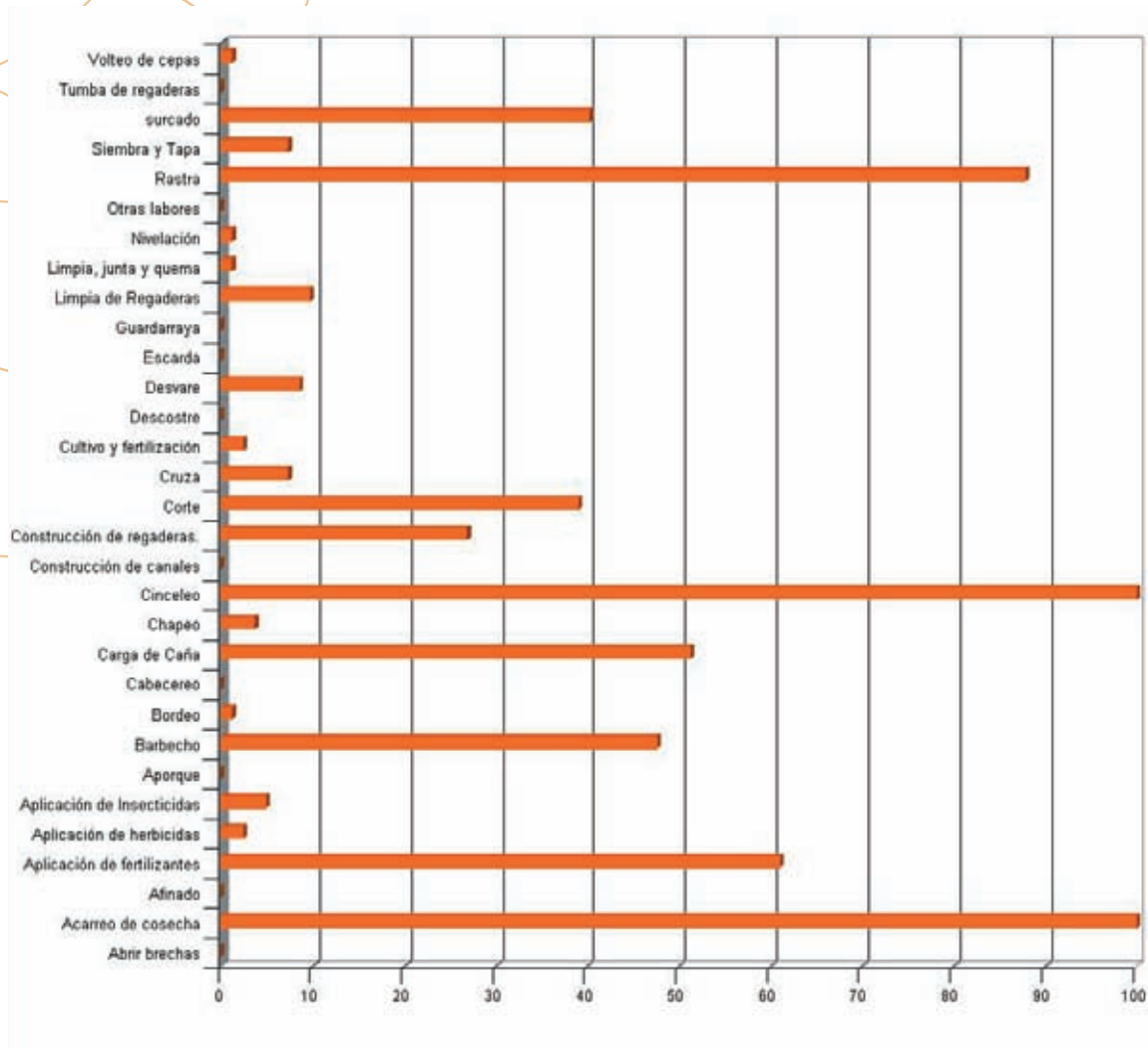
Fig 9. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio El Higo.



Ingenio El Mante.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Rastra y Aplicación de Fertilizantes.

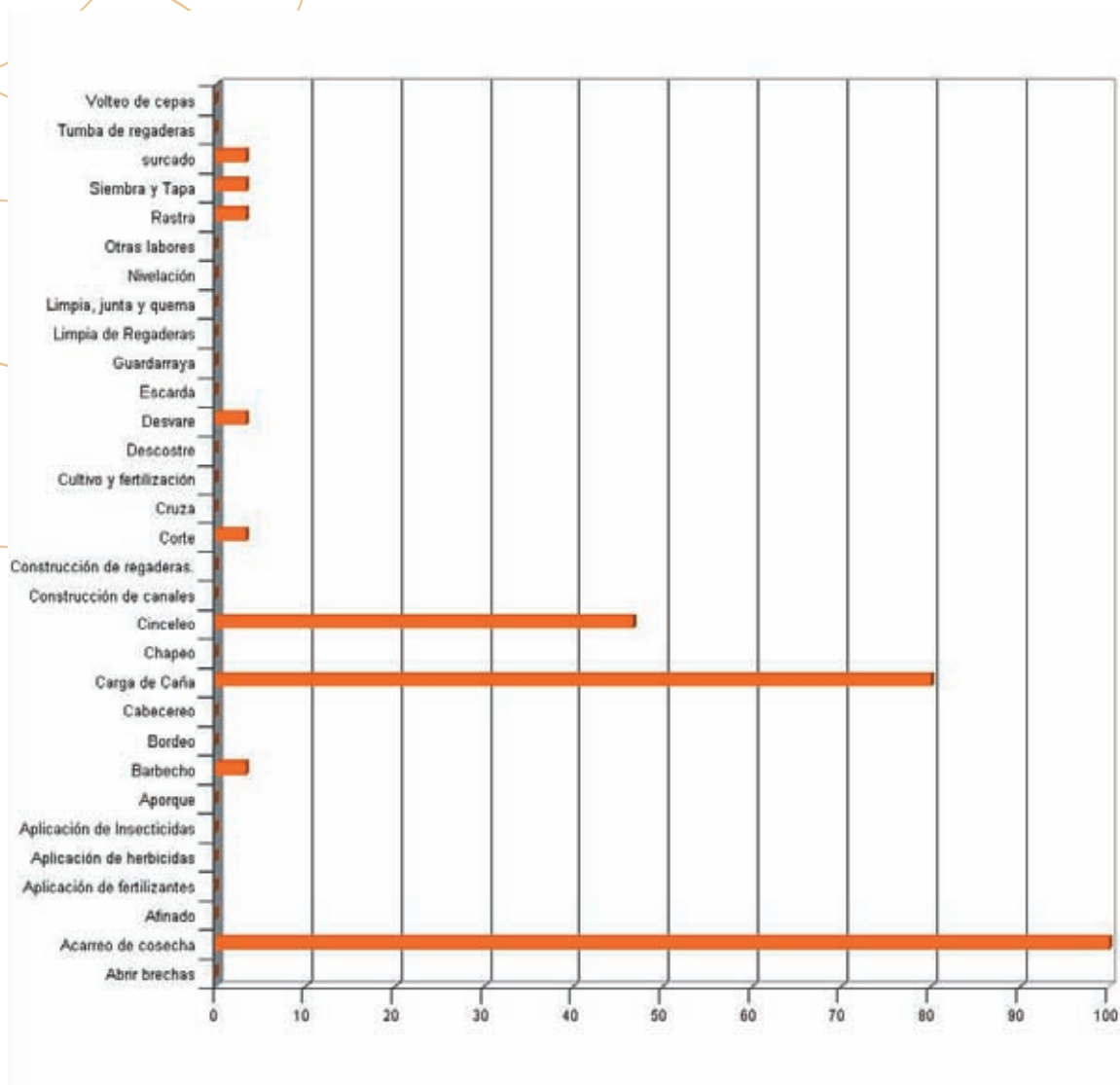
Fig 10. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio El Mante.



Ingenio El Molino.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña y Cinceleo.

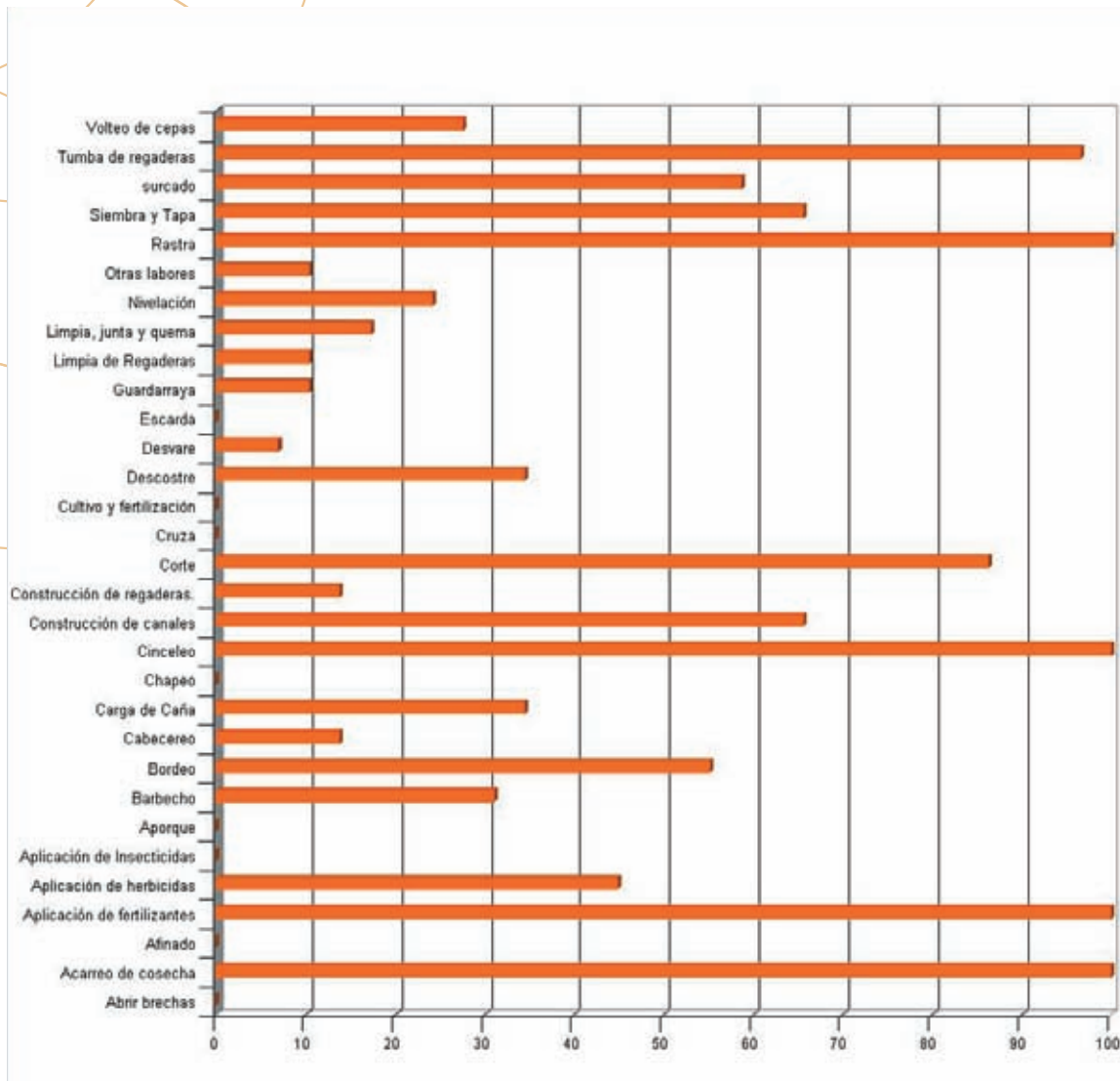
Fig 11. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio El Molino.



Ingenio El Dorado.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Aplicación de fertilizantes, Cinceleo, Rastra y Surcado.

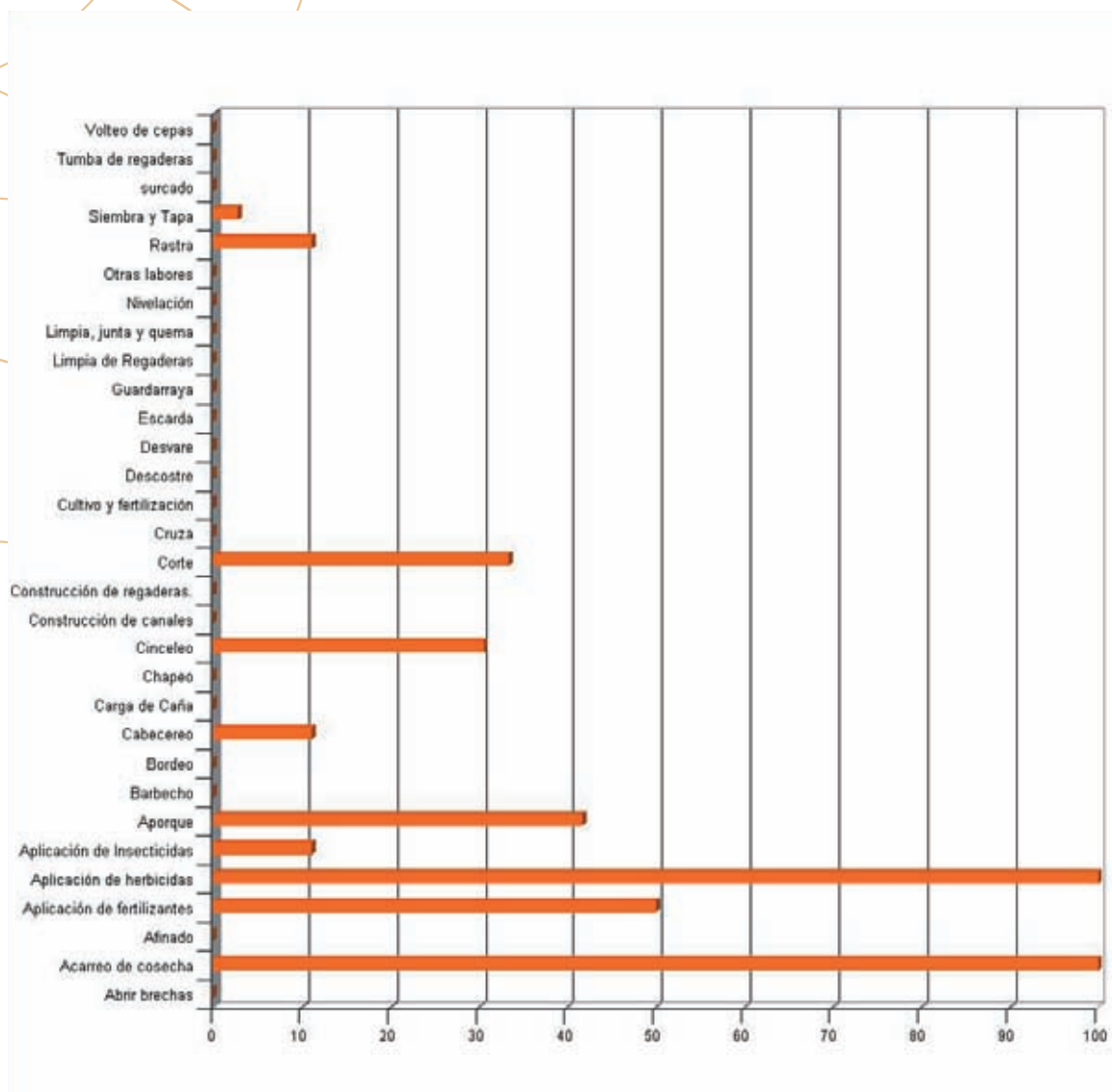
Fig 12. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio El Dorado.



Ingenio Huixtla.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Aplicación de Herbicidas, Aplicación de fertilizantes y Aporque.

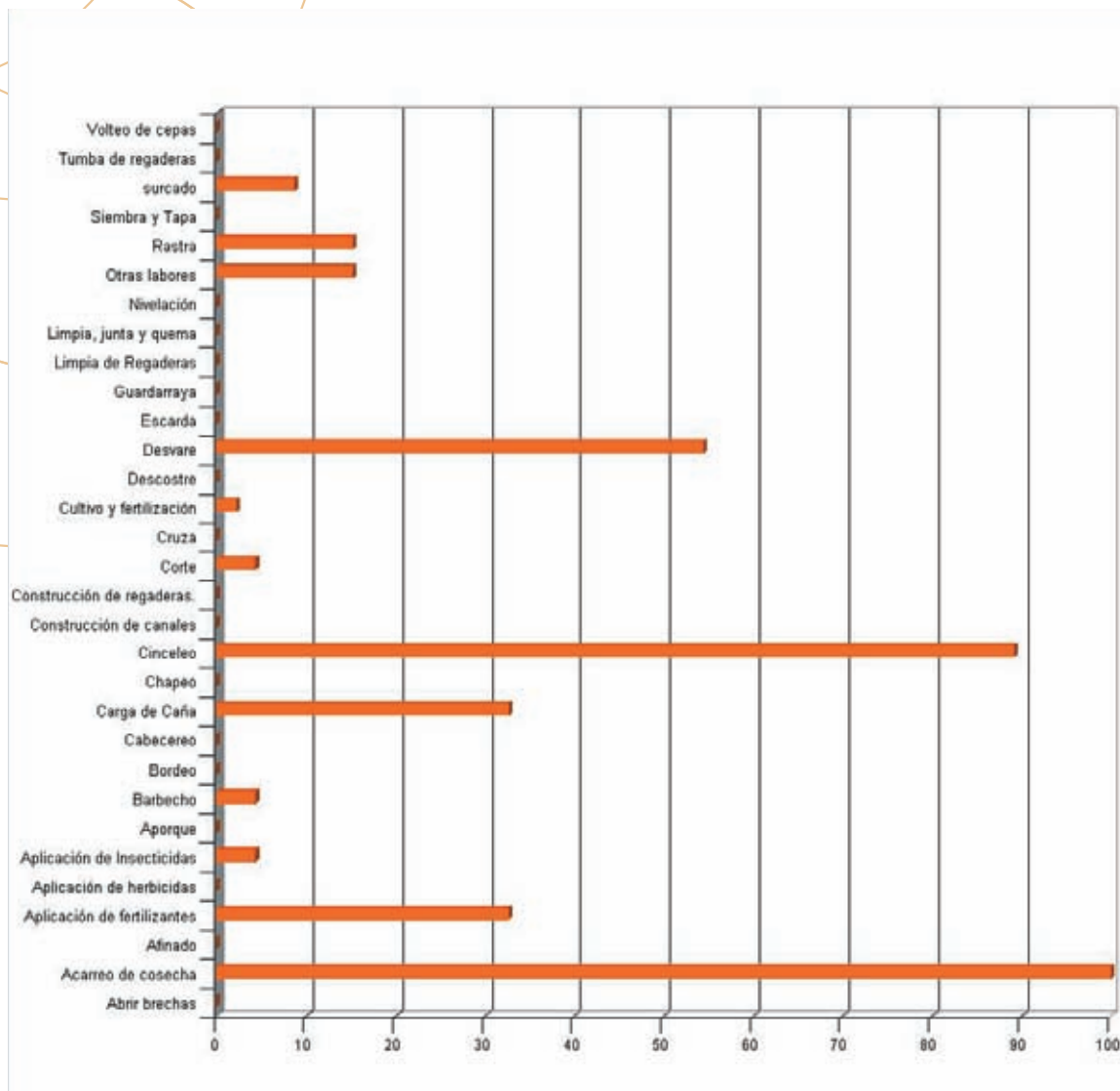
Fig 13. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Huixtla.



Ingenio Tala.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Desvare y Aplicación de fertilizantes.

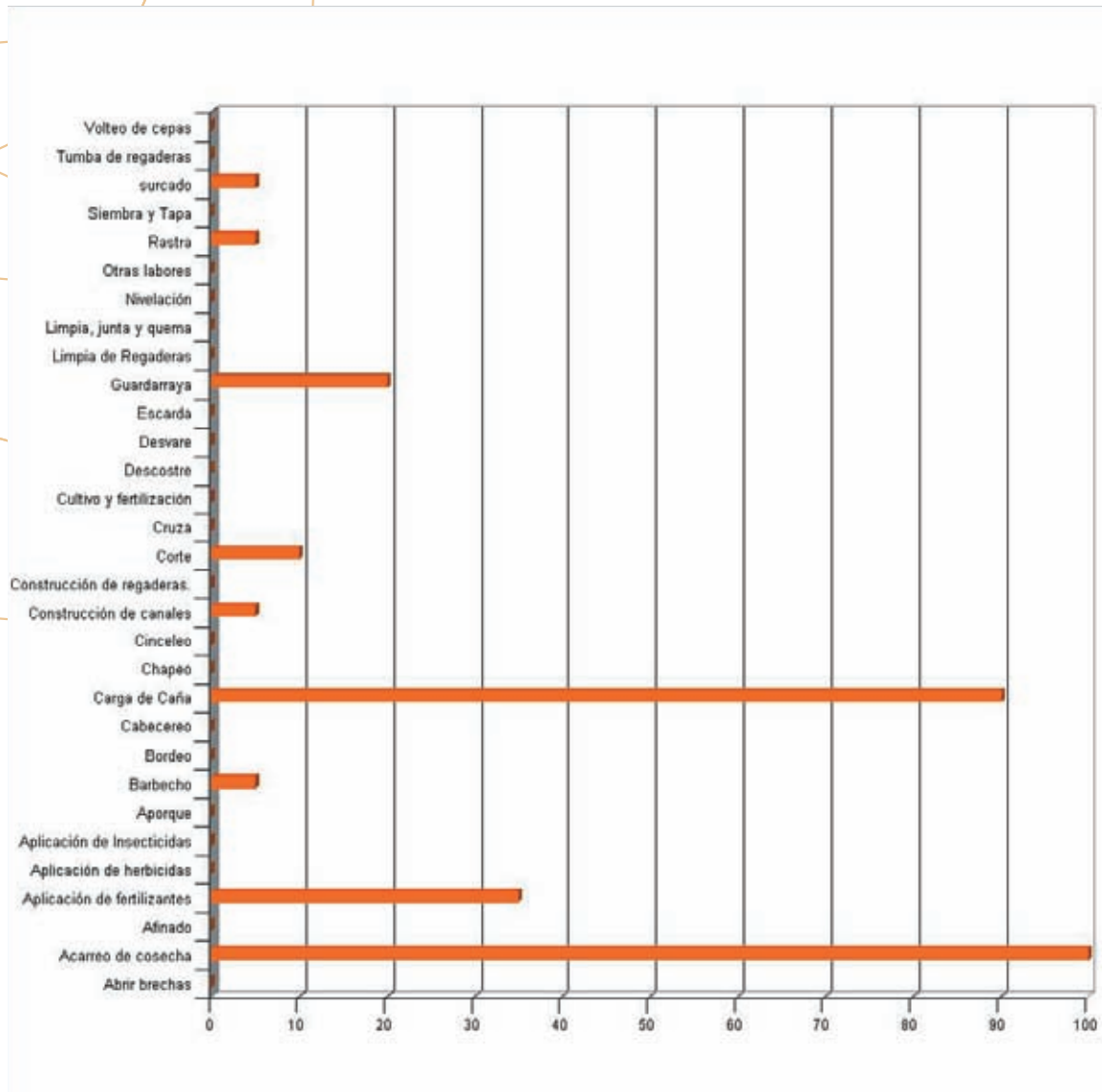
Fig 14. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Tala.



Ingenio La Joya.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Aplicación de fertilizantes y Guardarraya.

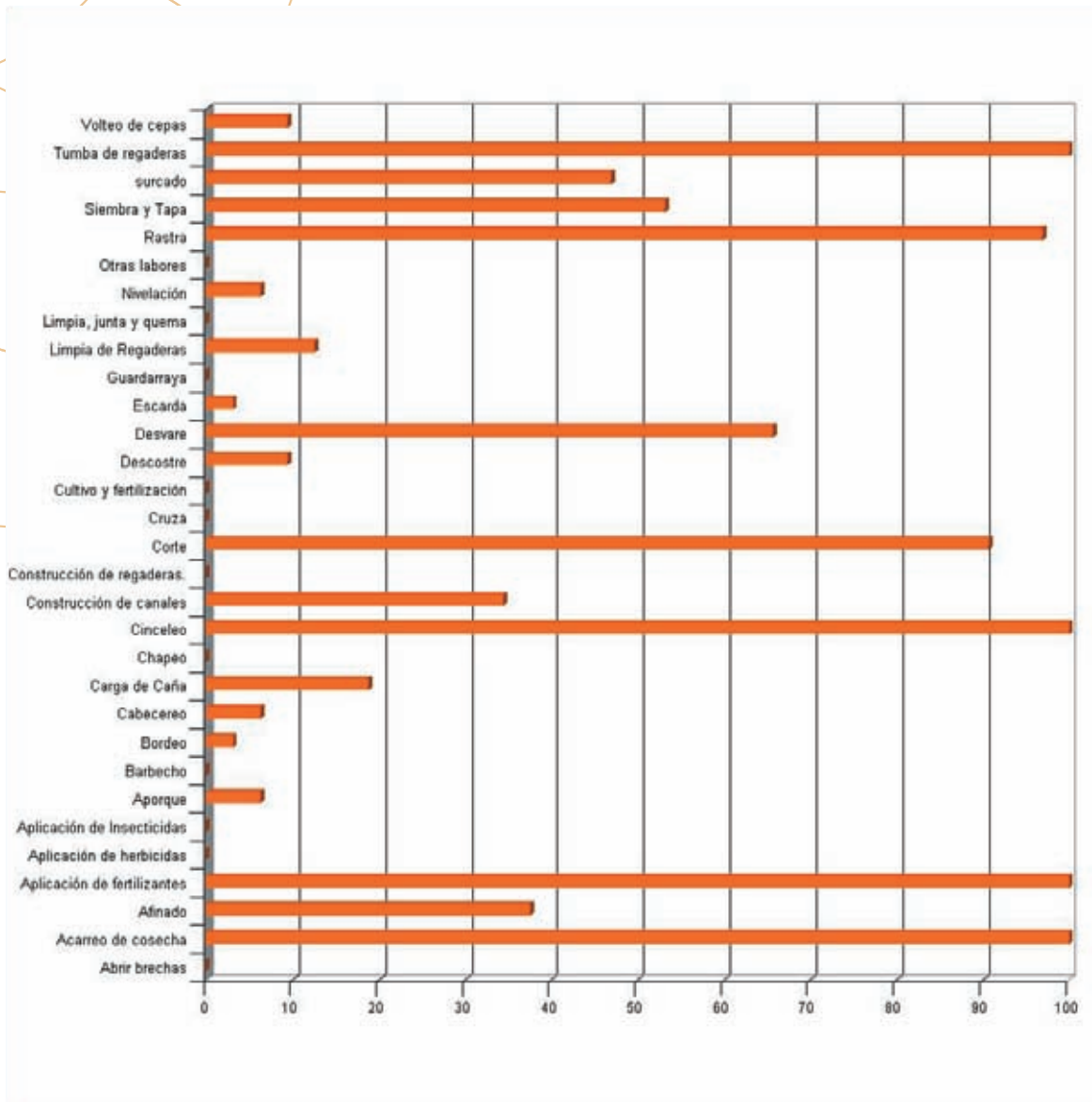
Fig 15. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio La Joya.



Ingenio La Primavera.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Aplicación de fertilizantes, Cinceleo, Tumba de Regaderas y Rastra.

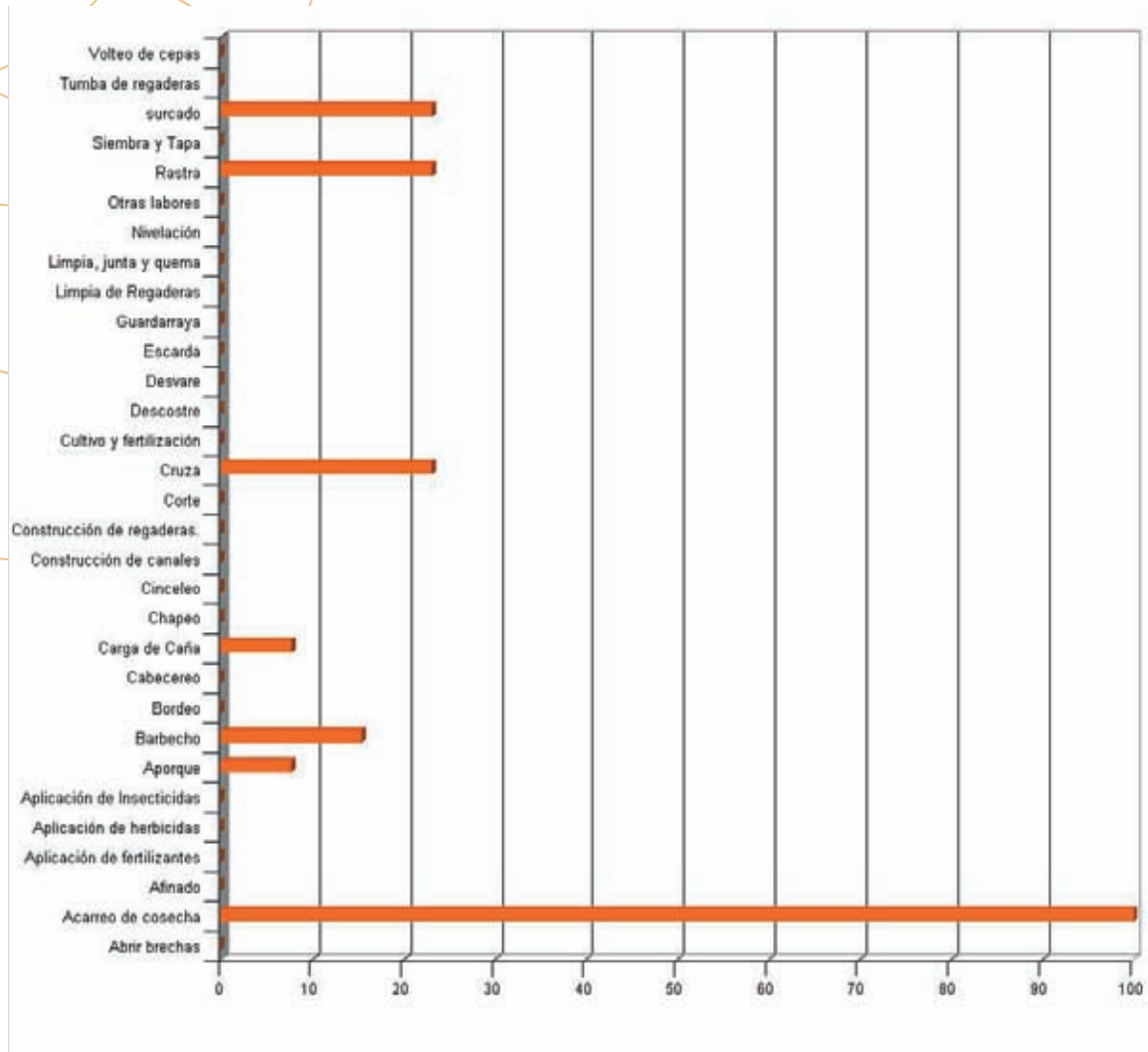
Fig 16. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio La Primavera.



Ingenio Lázaro Cárdenas.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cruza, Surcado y Rastra.

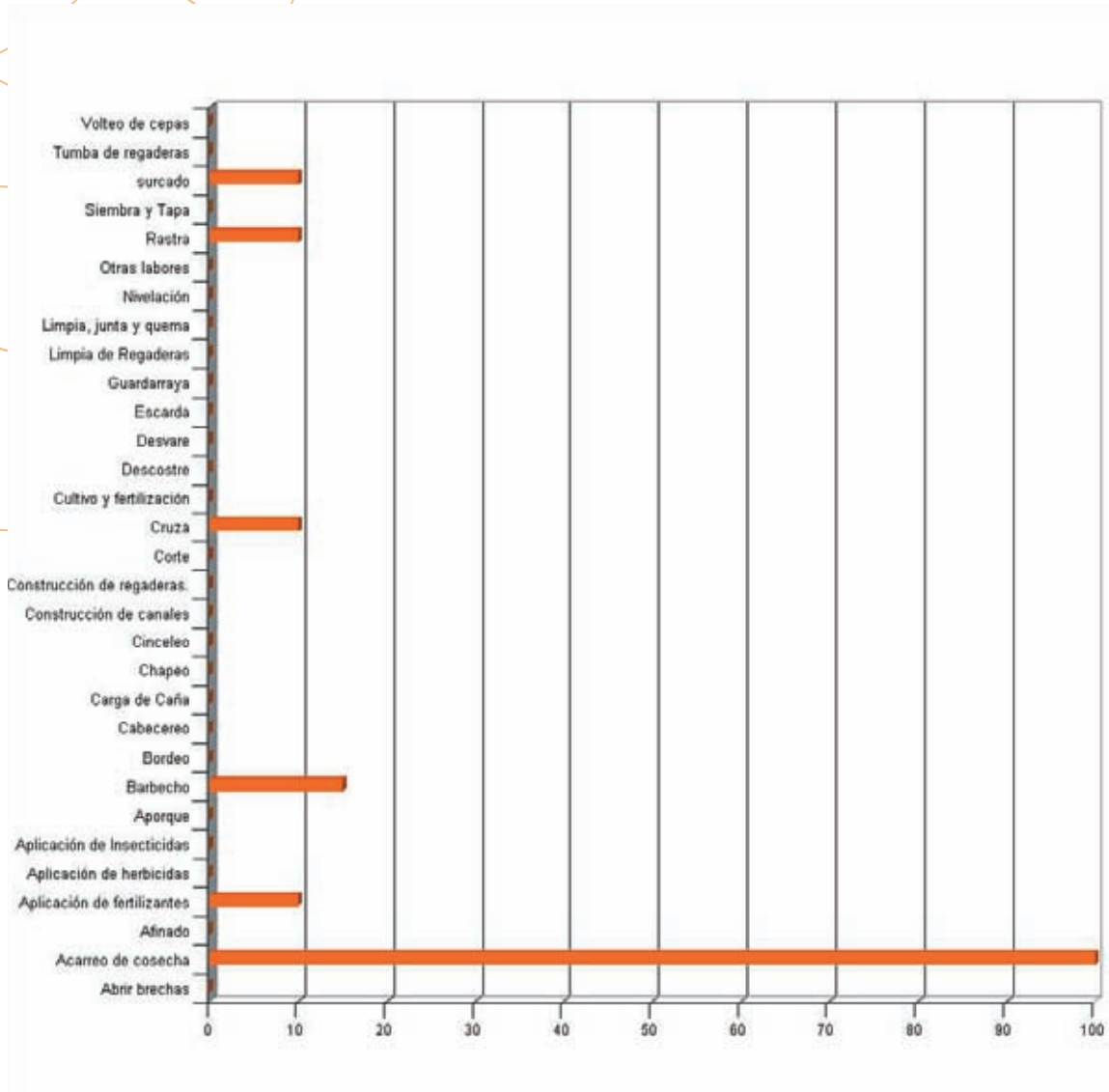
Fig 17. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Lázaro Cárdenas.



Ingenio Mahuixtlán.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Barbecho, Cruza, Surcado y Rastra.

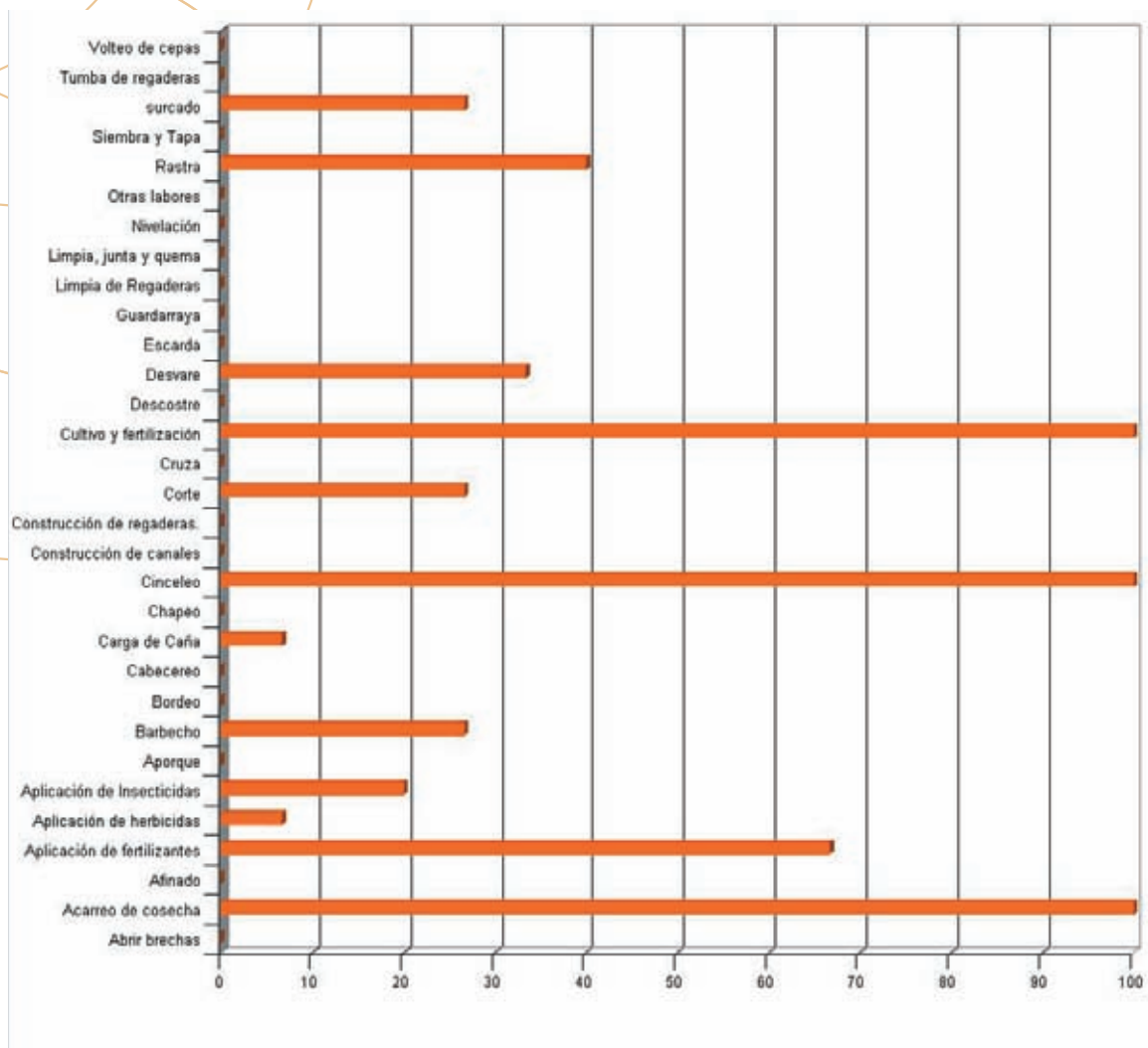
Fig 18. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Mahuixtlán.



Ingenio Melchor Ocampo.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Cultivo y Fertilización.

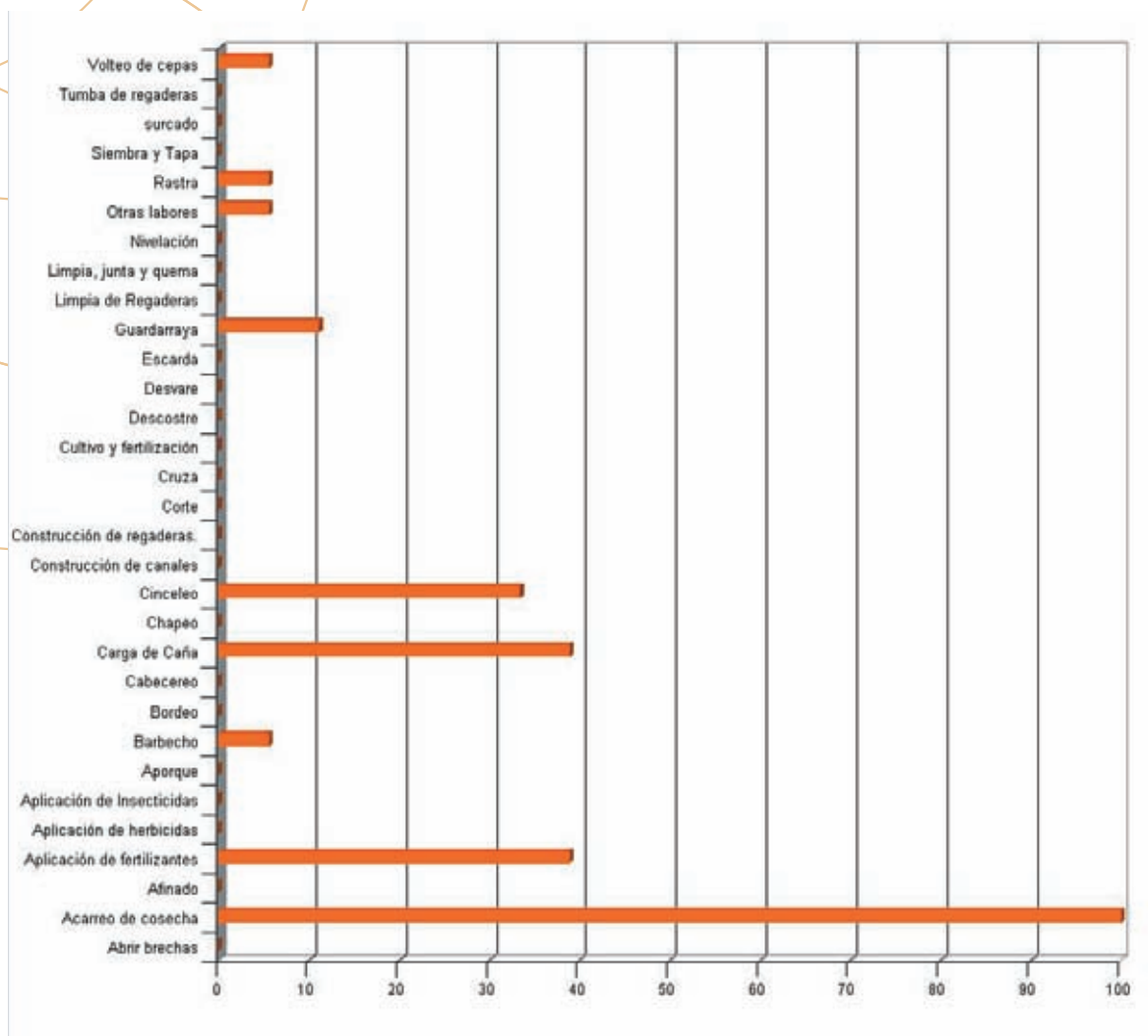
Fig 19. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Melchor Ocampo.



Ingenio Pablo Machado.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Aplicación de Fertilizantes y Cinceleo.

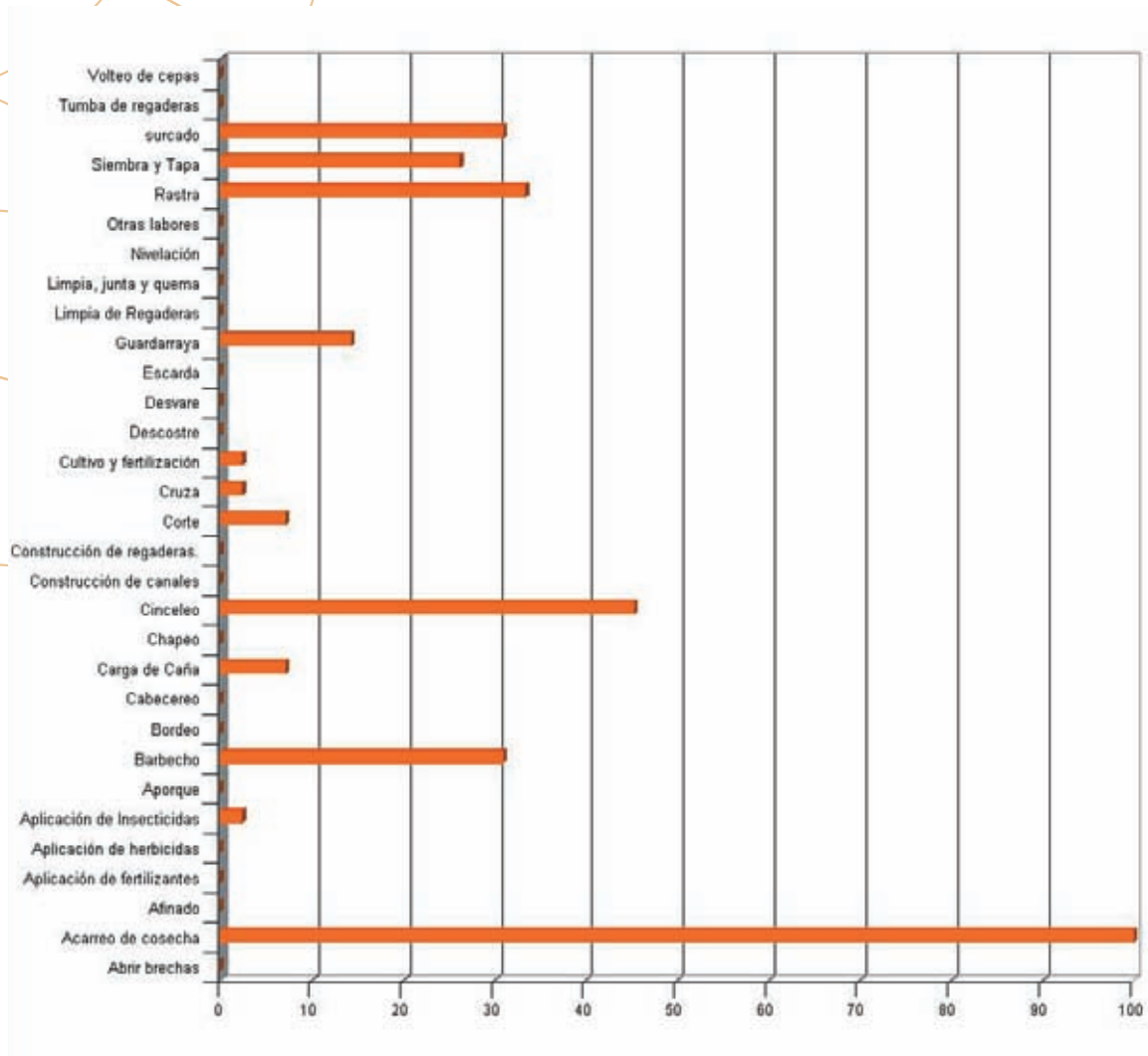
Fig 20. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Pablo Machado.



Ingenio Plan de Ayala.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Rastra, Surcado y Barbecho.

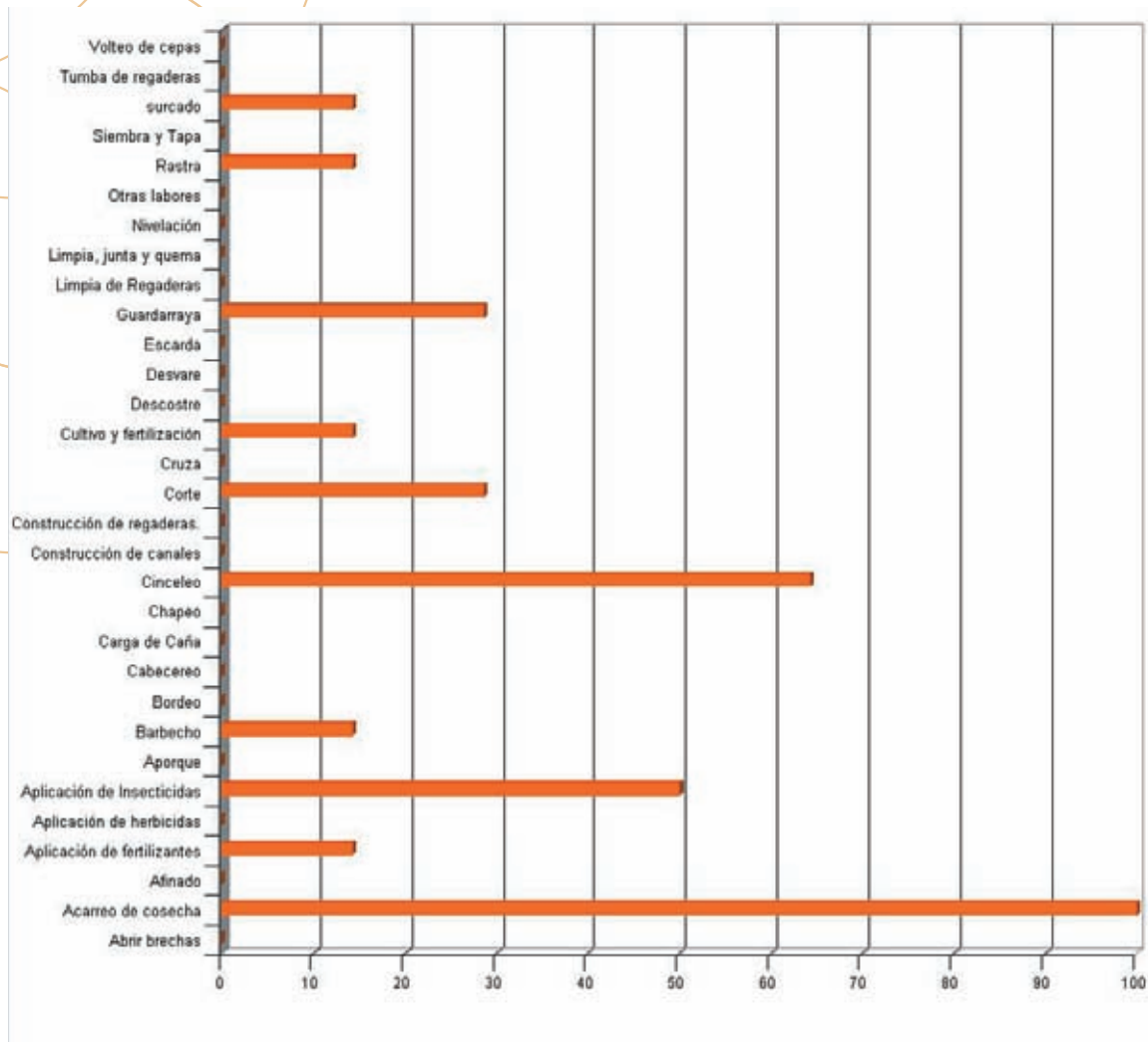
Fig 21. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Plan de Ayala.



Ingenio Plan de San Luis.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Aplicación de Herbicidas y Guardarraya.

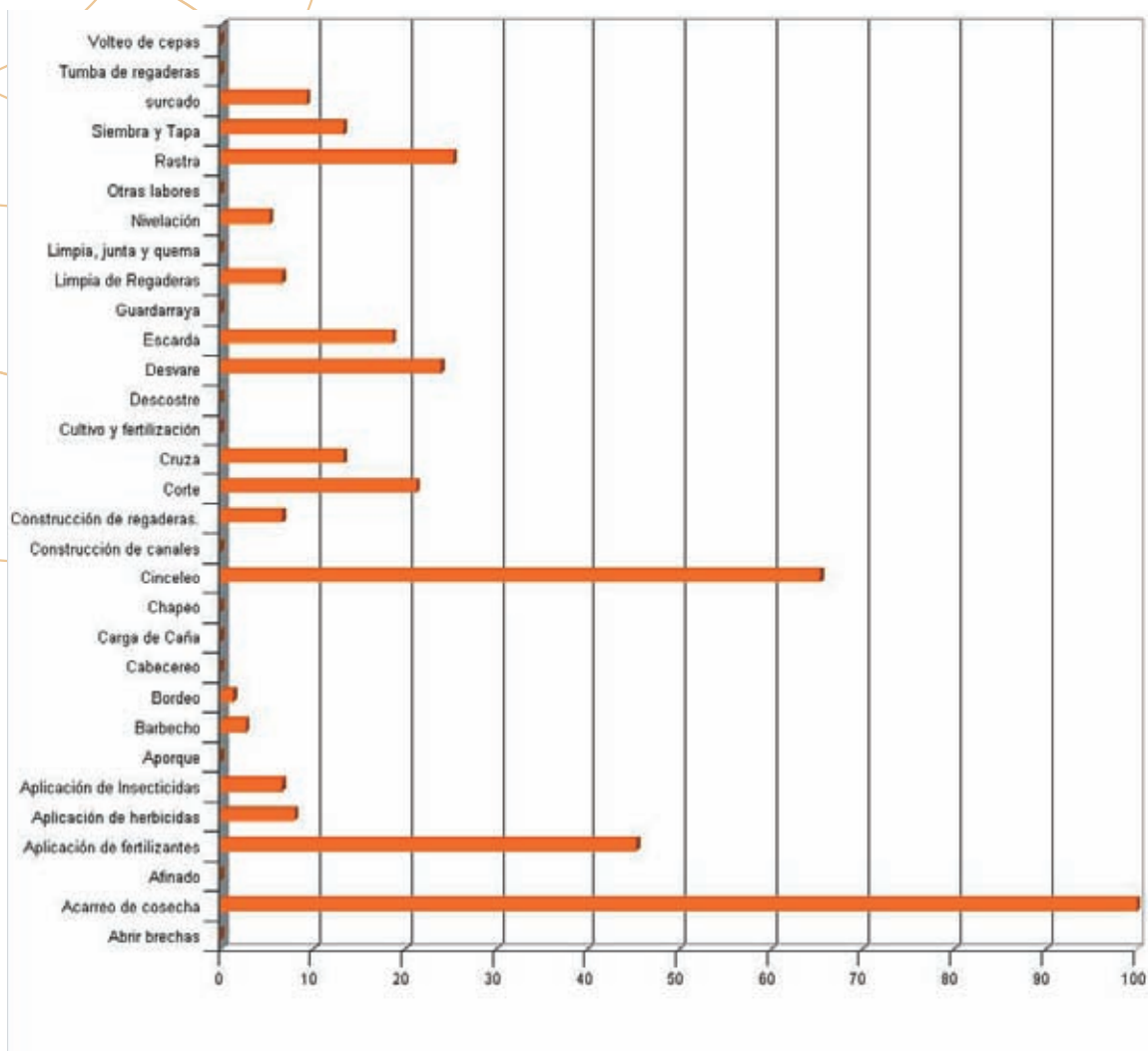
Fig 22. Intensidad de Ejecución de labores Mecanizadas en el Ingenio Plan de San Luis.



Ingenio Puga.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Aplicación de Fertilizantes y Rastra.

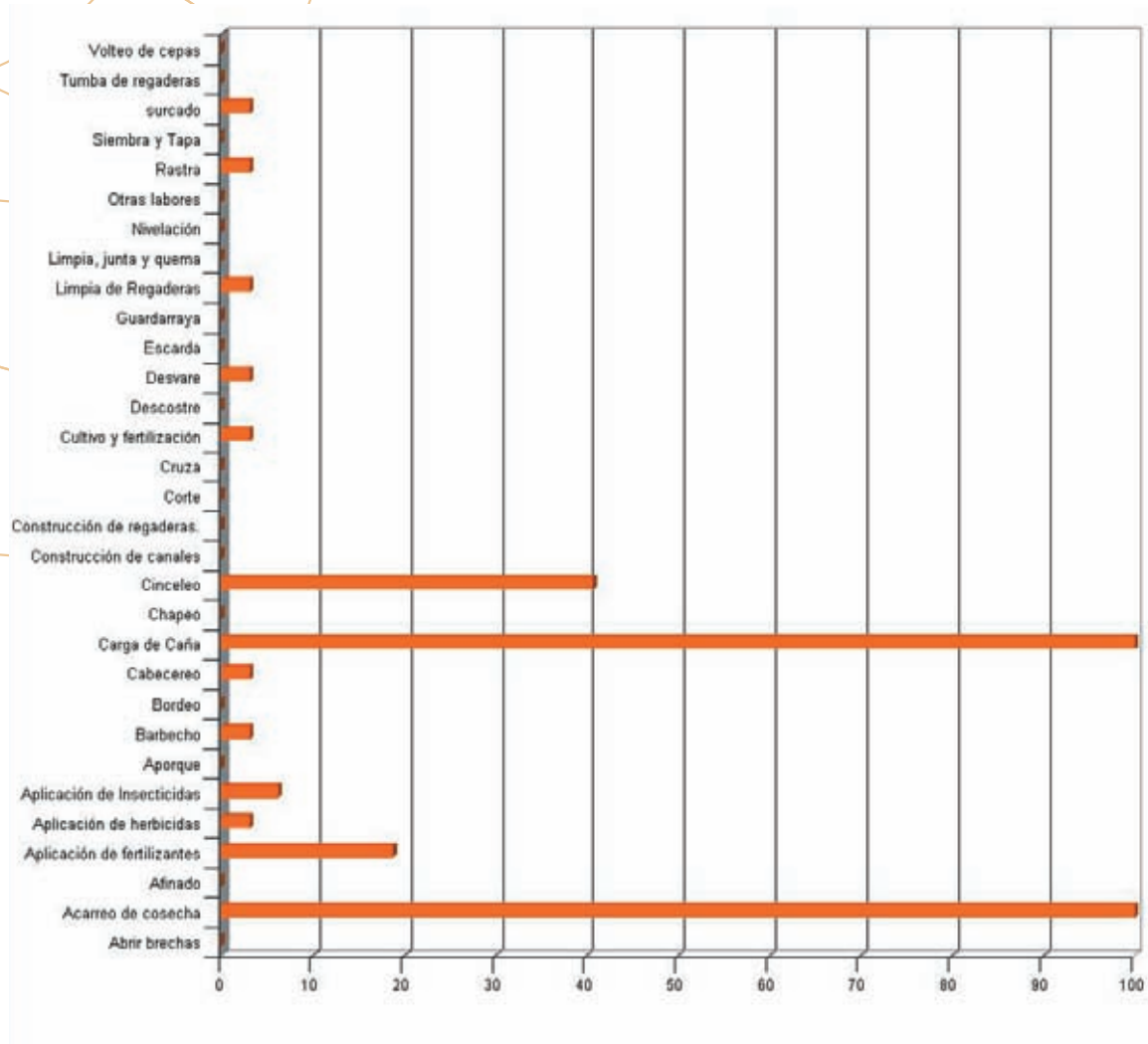
Fig 23. Intensidad de Ejecución de labores Mecanizadas en el Ingenio Puga.



Ingenio Pujilic.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Cinceleo y Aplicación de Fertilizantes.

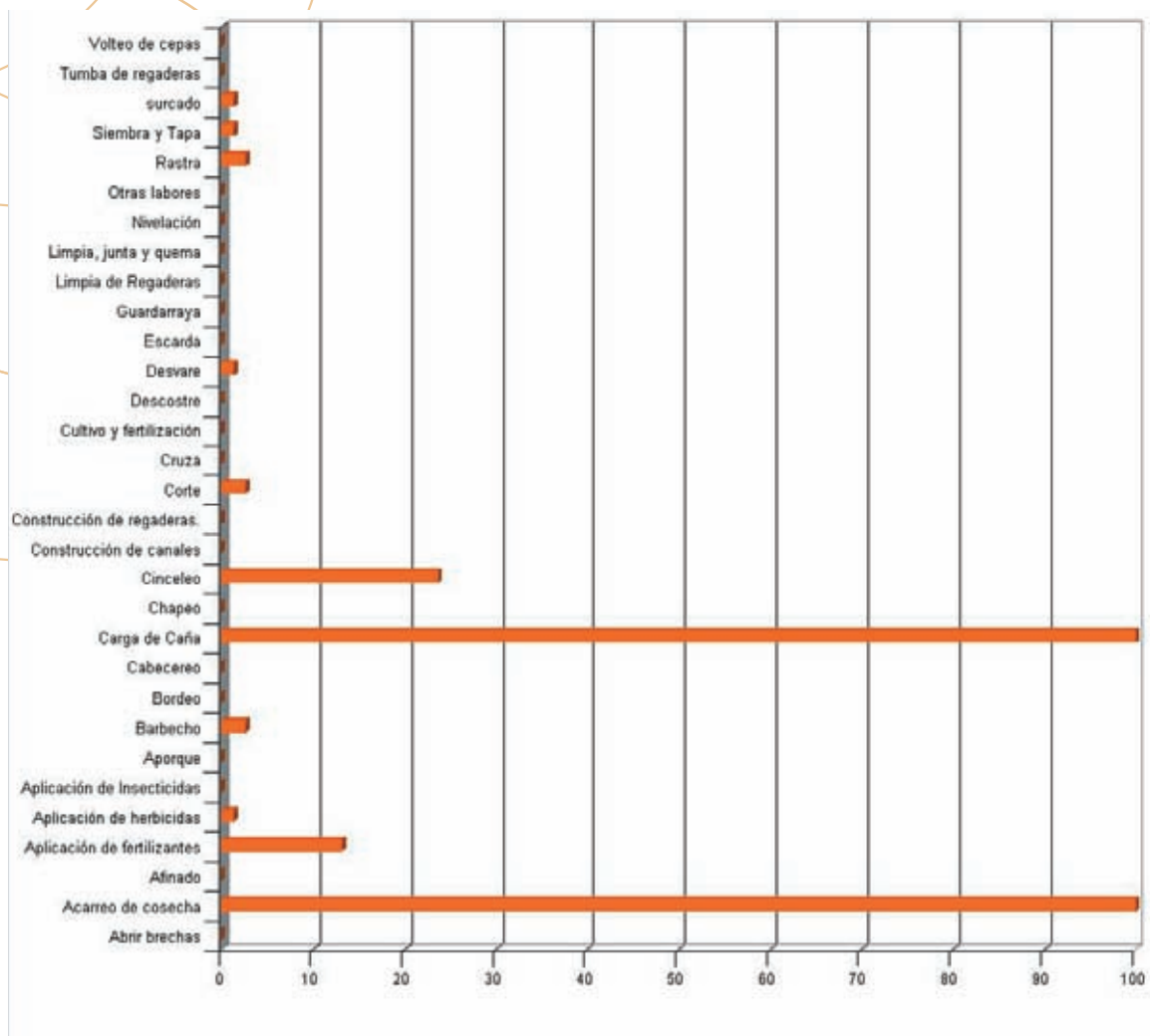
Fig 24. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Pujilic.



Ingenio Quesería.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Cinceleo y Aplicación de Fertilizantes.

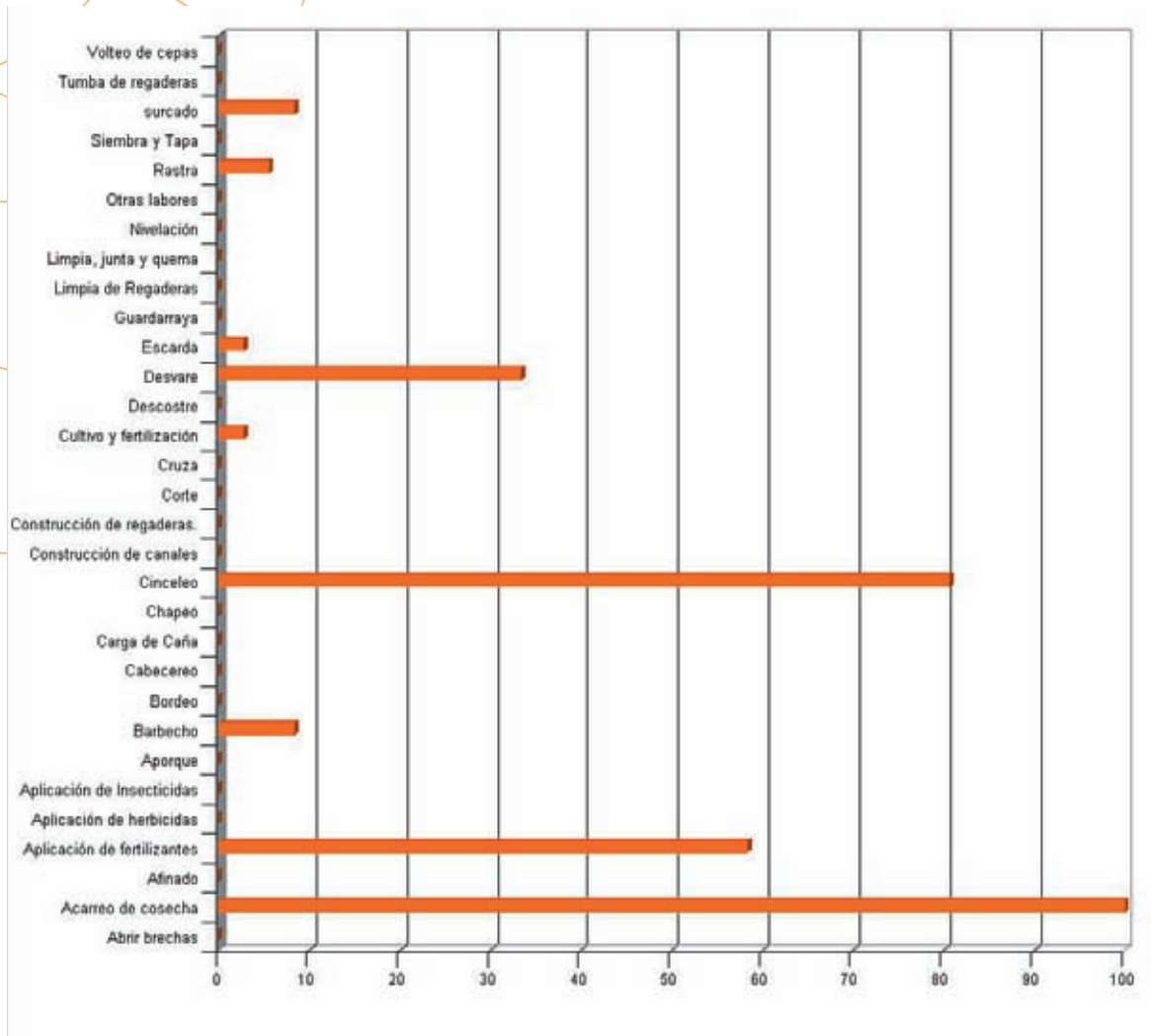
Fig 25. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Quesería.



Ingenio San Francisco Ameca.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo y Aplicación de Fertilizantes.

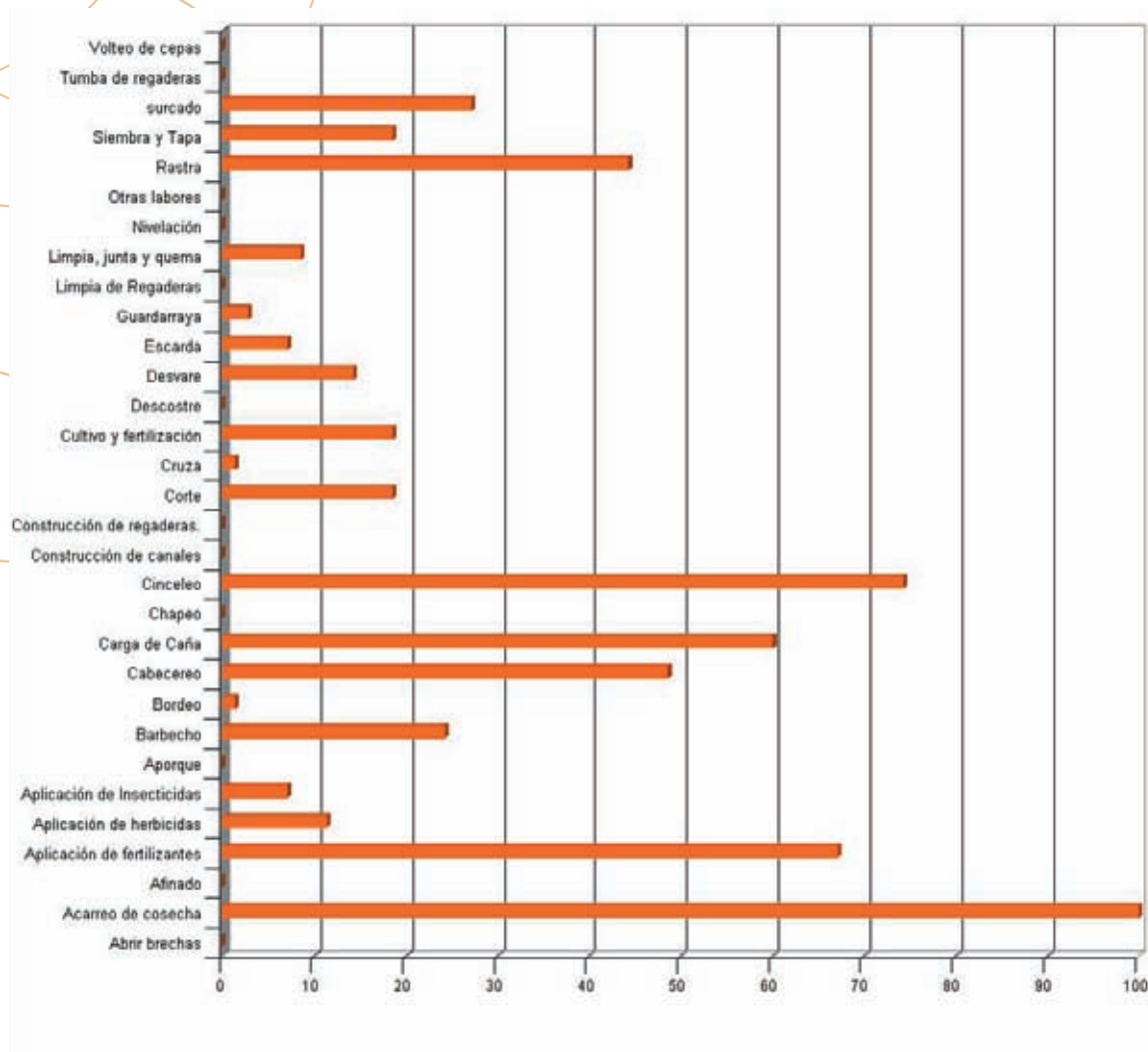
Fig 26. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio San Francisco Ameca.



Ingenio San Miguel del Naranjo.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Cinceleo, Aplicación de Fertilizantes y Carga de Caña.

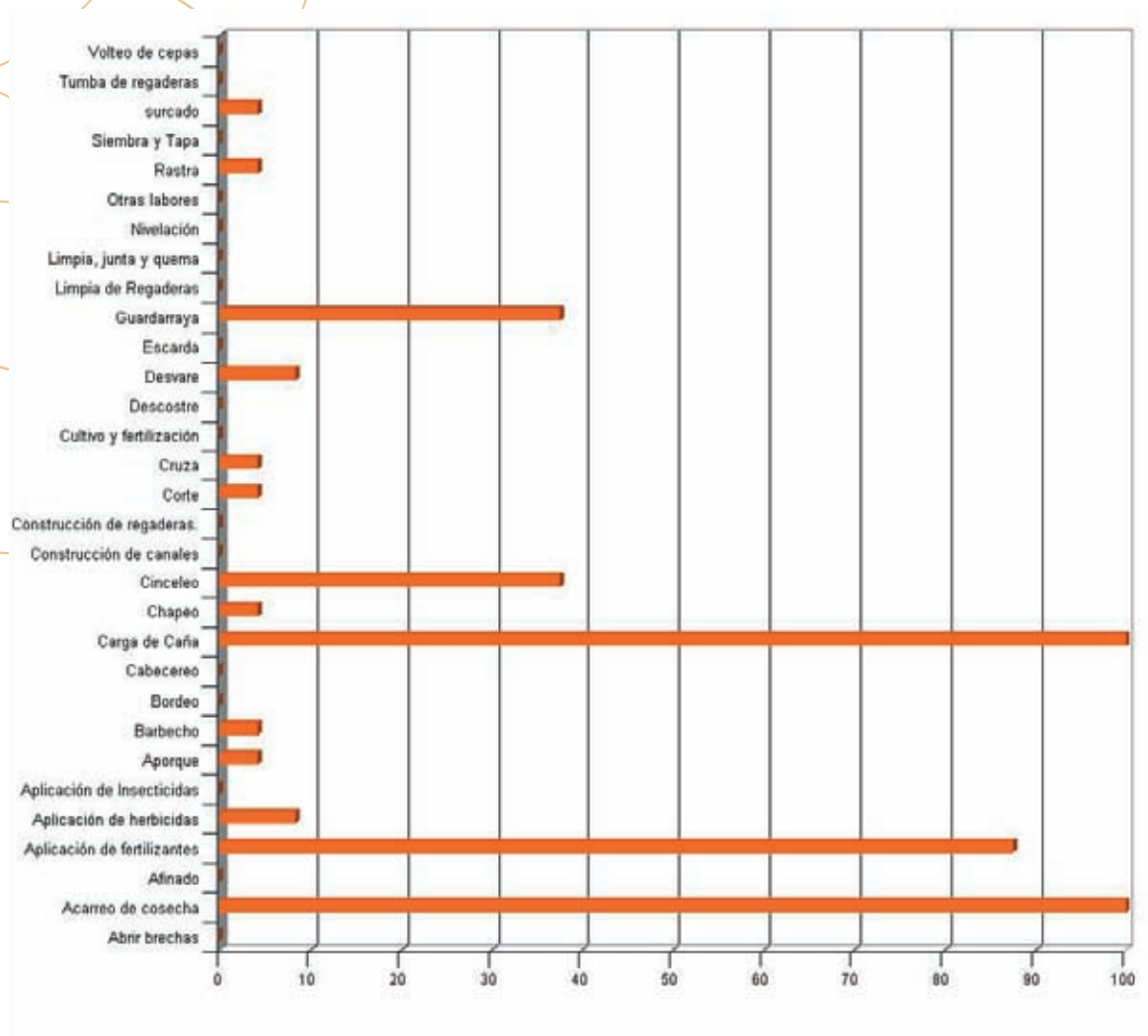
Fig 27. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio San Miguel del Naranjo.



Ingenio San Rafael de Pucté.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Aplicación de Fertilizantes y Guardarraya.

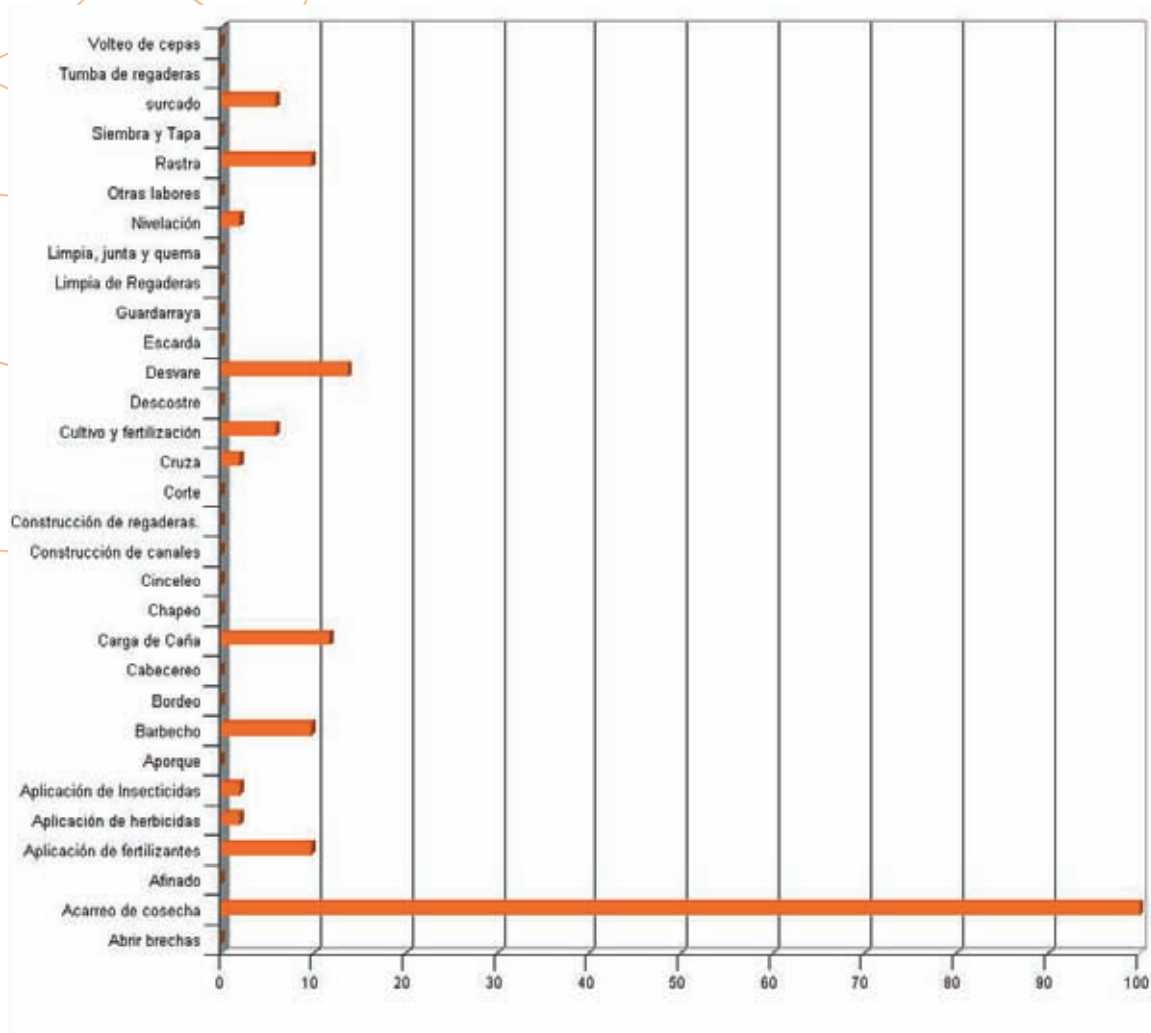
Fig 28. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio San Rafael de Pucté.



Ingenio Santa Clara.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Desvare, Carga de Caña y Barbecho.

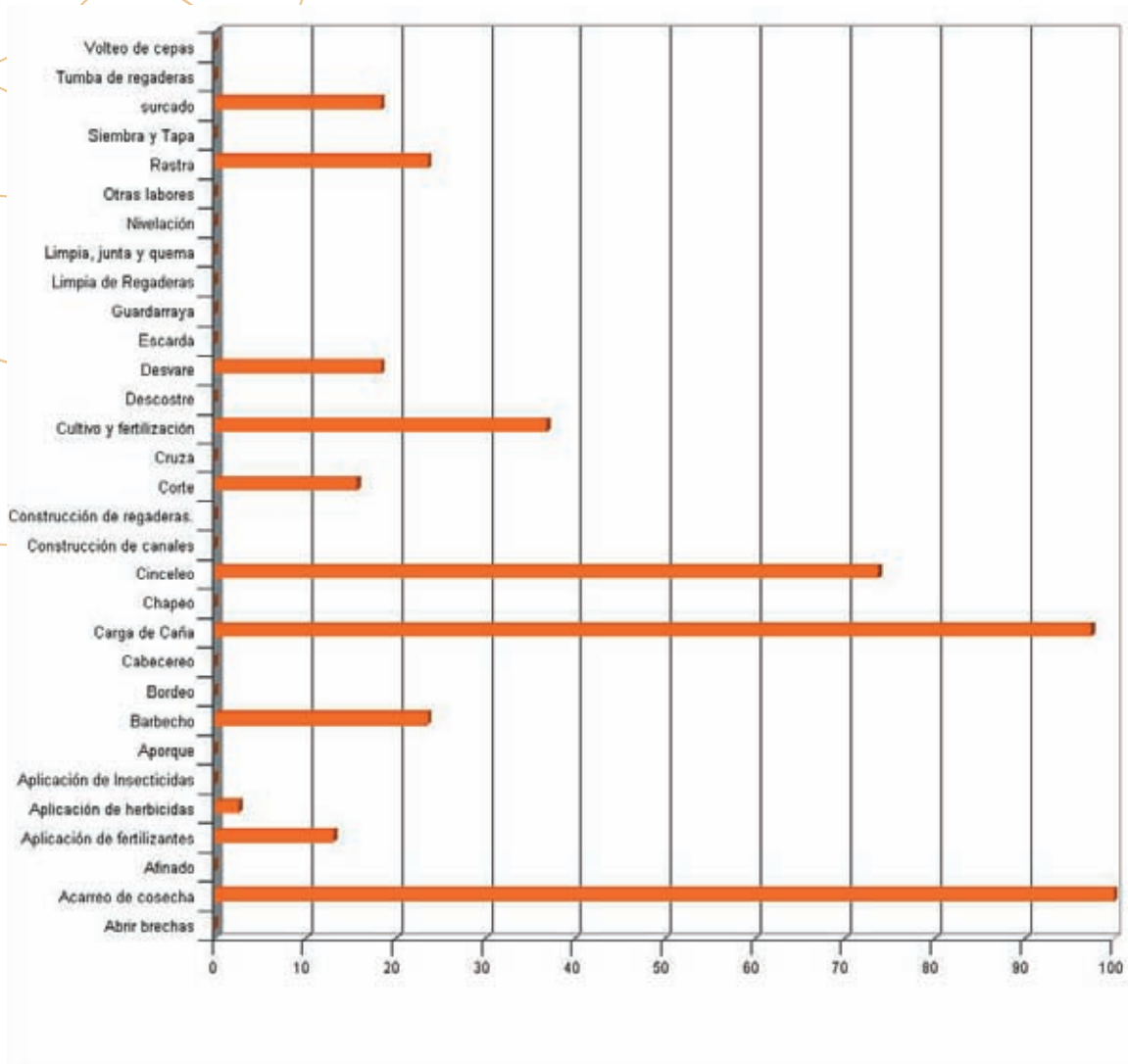
Fig 29. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Santa Clara.



Ingenio Tamazula.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Cinceleo, Cultivo y Fertilización.

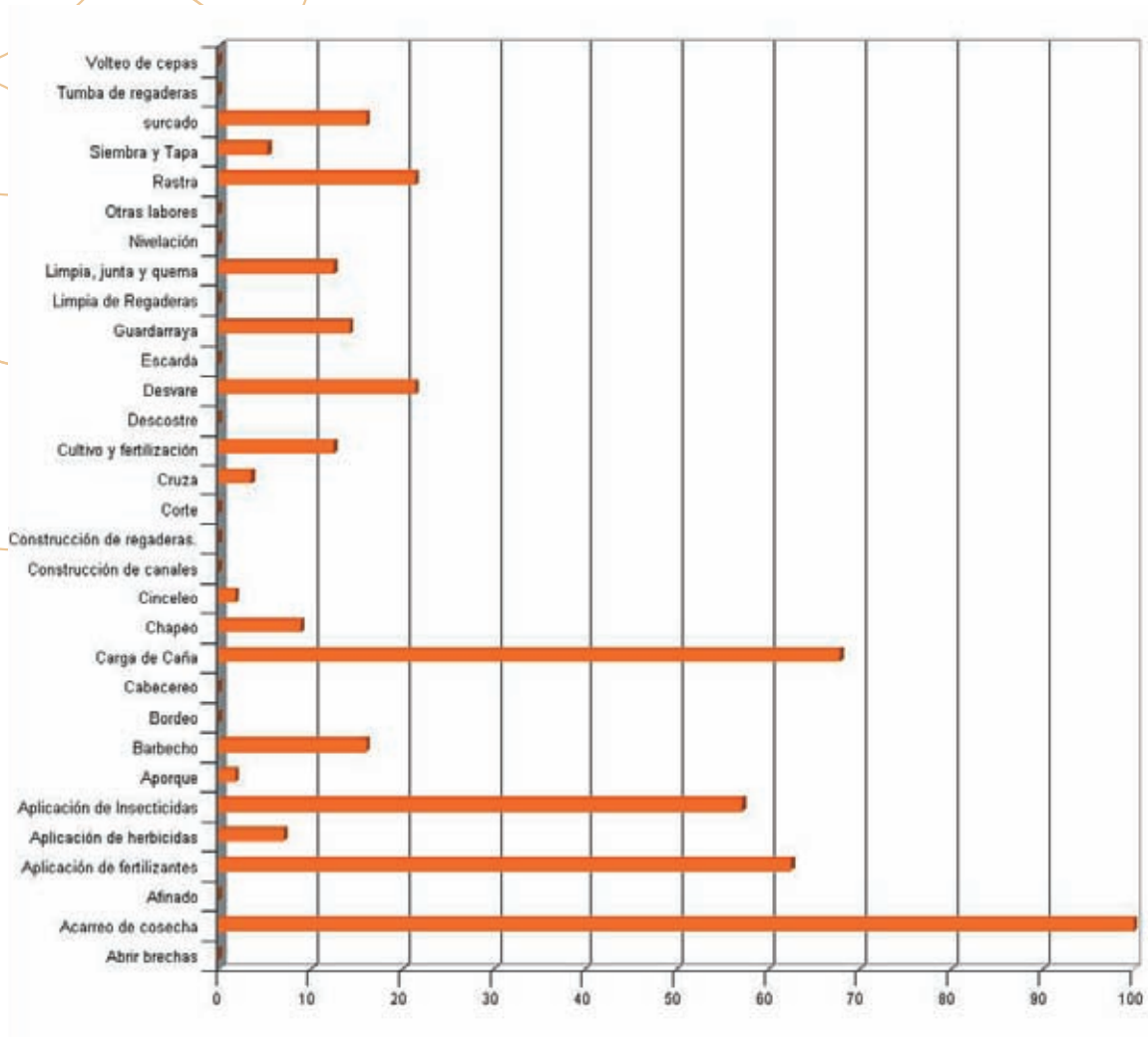
Fig 30. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Tamazula.



Ingenio Tres Valles.

Las labores mecanizadas más frecuentes son: Acarreo de cosecha, Carga de Caña, Aplicación de Fertilizantes y Aplicación de Insecticidas.

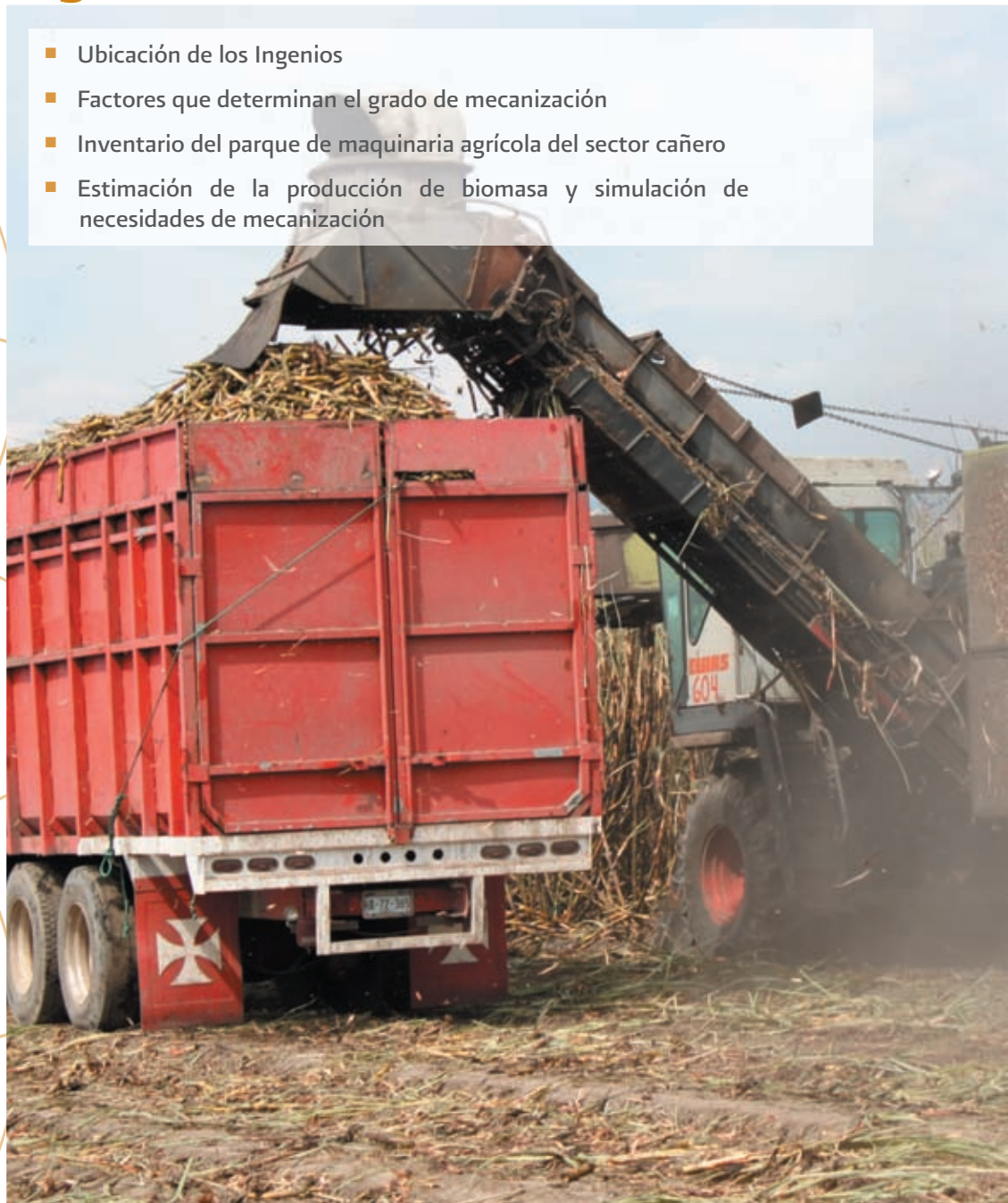
Fig 31. Intensidad de Ejecución de labores mecanizadas en el Ingenio Tres Valles.



Capítulo 4.

Simulación de la Productividad y Necesidades de Mecanización por Ingenio Azucarero

- Ubicación de los Ingenios
- Factores que determinan el grado de mecanización
- Inventario del parque de maquinaria agrícola del sector cañero
- Estimación de la producción de biomasa y simulación de necesidades de mecanización



Simulación de la Productividad y Necesidades de Mecanización por Ingenio Azucarero

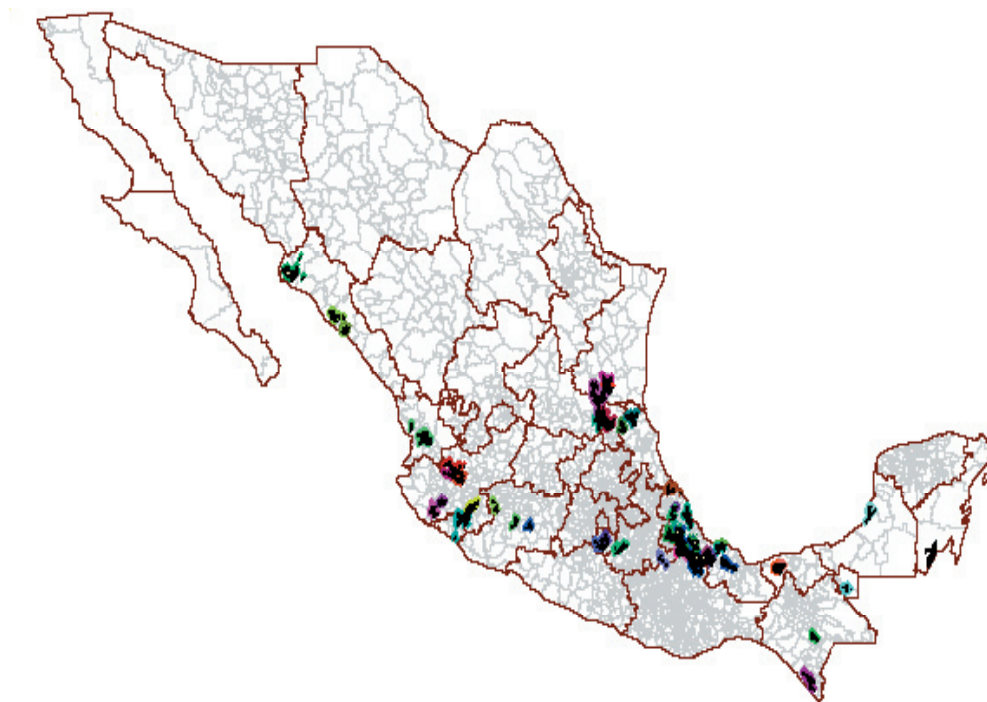
UBICACIÓN DE LOS INGENIOS

En la actualidad, México cuenta con 57 ingenios azucareros ubicados en 15 estados de la república, los que cultivan aproximadamente 750 mil hectáreas de caña de azúcar y cosechan alrededor de las 60 millones de toneladas de biomasa por año.

Veracruz es el estado del país donde se localiza el mayor número de ingenios (22) y en consecuencia, es el estado que hace la mayor aportación a la producción nacional de biomasa (más de 25 millones de toneladas por año) y de azúcar. Por su parte, Campeche y Colima hacen la menor aportación, con poco más de 800 mil toneladas de biomasa por año (Cuadros 1 y 2).

Además de la extensión que cada estado dedica a la producción de caña de azúcar, el volumen de la producción de caña está determinado por las características propias de los ingenios, tal como el clima, la superficie de tierras cultivables, tipos de suelos, nivel tecnológico aplicado, vías de comunicación, etc., pero que el conjunto de variables determina el grado de mecanización requerida para la producción objetivo. Desafortunadamente, la mayoría de los ingenios no han logrado un equipamiento satisfactorio que les permita alcanzar los niveles de productividad deseados.

Fig. 1. Localización geográfica de los ingenios azucareros que aportaron información para la simulación.



Cuadro 1. Modelación de la producción de la biomasa de caña de azúcar.

	RENDIMIENTO (MV/ha/año)		SUPERFICIE (ha)		PRODUCCION (tons)		TOTAL/TONS
	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	
Campeche	75.1	96.5	9926	653	745,581	62,990	808,571
Colima	56.5	81.2	11,955	2,357	675,410	191,298	866,708
Chiapas	56.6	98.2	14,143	12,253	800,954	1,203,102	2,004,056
Jalisco	63.7	80.3	15,245	53,311	971,299	4,279,692	5,250,991
Michoacán	69.7	71.4	221	14,521	15,411	1,036,063	1,051,474
Morelos	65.3	97.5	19	21,948	1,253	2,139,564	2,140,817
Nayarit	71.9	70.4	24,474	8,142	1,759,480	573,404	2,332,884
Oaxaca	78.0	104.2	59,820	3,438	4,663,914	358,118	5,022,032
Puebla	53.1	79.5	853	18,267	45,261	1,452,654	1,497,915
San Luis P.	86.9	95.8	71,199	15,368	6,188,670	1,471,533	7,660,203
Sinaloa	46.4	83.1	155	29,742	7,200	2,471,830	2,479,030
Tabasco	80.0	99.4	27,145	518	2,171,749	51,479	2,223,228
Tamaulipas	67.5	98.5	12,681	34,773	856,156	3,423,458	4,279,614
Veracruz	81.8	96.1	225,816	70,549	18,482,514	6,777,300	25,259,814
TOTAL					37,384,852	25,492,487	62,877,338

Cuadro 2. Ingenios azucareros, ubicación y extensión de la superficie de abasto.

INGENIO	EDO	MUNICIPIO PRINCIPAL	SUPERFICIE (HA)		
			ABASTO	RIEGO	TEMPORAL
AARÓN SÁENZ GARZA	Tams	Xicotencatl	13,952	10,464	3,488
ADOLFO LÓPEZ MATEOS	Oax	San Jose Chiltepec	18,380	372	18,008
ALIANZA POPULAR	SLP	Ciudad Valles	18,741	3,077	15,665
ATENCINGO	Pue	Huaquechula	13,812	13,812	-
AZSUREMEX - TENOSIQUE	Tab	Tenosique	3,680	-	3,680
BELLAVISTA	Jal	Cocula	5,952	-	5,952
CALIPAM	Oax	San Antonio Nanahuatipam	2,453	975	1,478
CASASANO (LA ABEJA)	Mor	Yautepec	3,444	3,444	-
CENTRAL PROGRESO	Ver	Carrillo Puerto	10,365	222	10,143
CUATOTOLAPAM	Ver	Acayucan	8,898	-	8,898
EL CARMEN	Ver	Tierra Blanca	7,053	1,475	5,578
EL DORADO	Sin	Culiacán	6,748	6,748	-
EL HIGO	Ver	El Higo	13,459	13,459	-
EL MANTE	Tams	Gómez Farías	13,590	10,193	3,398
EL MODELO	Ver	Paso de Ovejas	11,983	11,983	-
EL MOLINO	Nay	Xalisco	8,591	-	8,591
EL POTRERO	Ver	Yanga	21,396	4,000	17,396
EL REFUGIO	Oax	San Miguel Soyaltepec	5,970	-	5,970
EMILIANO ZAPATA	Mor	Ayala	9,045	9,045	-
HUIXTLA	Chis	Escuintla	11,856	-	11,856
INDEPENDENCIA	Ver	Nautla	3,696	-	3,696
JOSE MA. MARTINEZ (TALA)	Jal	Etzatlán	24,543	11,233	13,310
JOSÉ MARÍA MORELOS	Jal	Cuautitlán de García Barraga	8,169	2,416	5,743
LA CONCEPCIÓN	Ver	Naolinco	1,978	-	1,978
LA CONSTANCIA	Ver	Tezonapa	10,260	711	9,549
LA GLORIA	Ver	Actopan	13,880	-	13,880
LA JOYA	Camp	Chamotón	8,501	1,458	7,043
LA PRIMAVERA	Sin	Navolato	6,341	6,341	-
LA PROVIDENCIA	Ver	Tierra Blanca	10,377	5,932	4,445
LÁZARO CÁRDENAS	Mich	Taretán	3,900	3,900	-
LOS MOCHIS	Sin	Ahome	12,732	12,732	-
MAHUIXTLAN	Ver	Tlaltela	4,126	1,550	2,576
MELCHOR OCAMPO	Jal	El Limón	8,117	8,117	-
MOTZORONGO	Ver	Tezonapa	19,500	-	19,500
PABLO MACHADO (LA MARGARITA)	Oax	Acatlán de Pérez Figueroa	15,800	7,964	7,836
PEDERNALES	Mich	Turicato	3,391	-	3,391
PLAN DE AYALA	SLP	Ciudad Valles	17,300	4,532	12,768
PLAN DE SAN LUIS	SLP	Ciudad Valles	15,364	3,531	11,833
PRESIDENTE BENITO JUÁREZ	Tab	Cárdenas	16,500	-	16,500
PUGA	Nay	San Blas	17,903	-	17,903
PUJILTI (CIA. LA FE)	Chis	Venustiano Carranza	15,232	15,484	-
QUESERIA	Col	Colima	10,371	2,200	8,171
SAN CRISTOBAL	Ver	Cosamaloapan de Carpio	41,809	-	41,809
SAN FRANCISCO AMECA	Jal	Ameca	9,279	9,279	-
SAN FRANCISCO (NARANJAL)	Ver	San Andrés Tuxtla	6,618	-	6,618
SAN GABRIEL	Ver	Ixmatalhuacan	7,500	-	7,500
SAN JOSÉ DE ABAJO	Ver	Cuitlahuac	7,537	-	7,537
SAN MIGUEL DEL NARANJO	SLP	El Naranjo	16,087	2,500	13,587
SAN MIGUELITO	Ver	Córdoba	7,066	-	7,066
SAN NICOLAS	Ver	Omealca	9,488	1,664	7,824
SAN PEDRO	Ver	Angel R. Cabada	11,746	-	11,746
SANTA CLARA	Mich	Cotija	6,714	6,714	-
SANTA ROSALIA	Tab	Cárdenas	9,038	-	9,038
TAMAZULA	Jal	Tamazula de Gordiano	11,850	4,740	7,110
TRES VALLES	Ver	Tierra Blanca	23,045	2,287	20,758
ZAPOAPITA - PÁNUCO	Ver	Pánuco	18,035	-	18,035

El clima determina el potencial de producción de caña de azúcar, pero el agua es el factor más limitante de la producción, principalmente durante la época seca del año (febrero a mayo). En el empeño por alcanzar los mayores rendimientos posibles, muchos ingenios han establecido sistemas de irrigación siempre y cuando exista el recurso.

Se estima que en el país se irrigan 286 mil hectáreas de las 750 mil hectáreas con caña de azúcar, o sea el 38%. Esto es un indicador muy importante de la modernización del sector cañero ya que sobre las áreas irrigadas es donde concurre la mejor tecnología para la producción ante el interés de recuperar las inversiones de los sistemas de riego.

Es importante mencionar que las superficies de los ingenios azucareros han variado a través de los años, como respuesta a los altibajos en el precio del azúcar, principalmente en los últimos 12 a 15 años, tal como lo demostró el estudio de bases técnicas para el fomento de biocombustibles a partir de caña de azúcar en su etapa 1, del Colegio de Postgraduados. Sin embargo, puede decirse que la superficie nacional de abasto de caña; se encuentra en las 750 mil hectáreas y que actualmente producen 60 millones de toneladas de biomasa por año.

FACTORES QUE DETERMINAN EL GRADO DE MECANIZACIÓN

Un elemento integrador que determina el volumen de la producción de biomasa de caña, es la fisiografía del área de abasto. Las tierras que pueden destinarse a la producción de caña de azúcar, están definidas por la pendiente, topografía, pedregosidad, fertilidad de los suelos, susceptibilidad de inundación o irrigación y el grado de compactación de las parcelas, entre otros factores. Este conjunto de variables determinan el grado de mecanización y el potencial de producción de la caña, tales como:

1. La pendiente y pedregosidad limitan la utilización de cortadoras de caña de alto despeño, así como de maquinaria de gran tamaño.
2. La fertilización manual es la única manera de realizar esta práctica en terrenos de pendientes pronunciadas y de difícil acceso.

3. La pedregosidad elevada, disminuye el desempeño de la maquinaria agrícola y la vuelve incosteable, ante el desgaste que ésta sufre en la preparación de los suelos.
4. La parcelización no permite utilizar maquinaria de gran tamaño que ha sido diseñada para la cosecha de grandes volúmenes de biomasa en poco tiempo. La atomización del uso del suelo baja la eficiencia de laboreo.
5. Los suelos poco profundos con rocas someras dañan a los arados y cultivadoras, y solo es posible cultivarlas con implementos de tracción animal.
6. La susceptibilidad de los terrenos a la inundación imposibilitan el laboreo en determinadas épocas del año, principalmente en tierras bajas con suelos andosoles.
7. Los suelos pesados arcillosos húmedos reducen la eficiencia de maquinaria hasta menos de un tercio de la eficiencia para la cual fue diseñada.

Los Cuadros 3 y 4 presentan los parámetros de eficiencia que se obtienen de la maquinaria agrícola en el cultivo de la caña de azúcar, considerando los factores del tipo de suelo, pedregosidad, pendiente y la reducción de la eficiencia por concepto de parcelización de los ingenios azucareros.

Esta información proviene de estudios realizados en los campos cañeros mexicanos por parte del Colegio de Postgraduados, por lo que constituyen un buen acercamiento a la realidad nacional del sector en estudio.



Cuadro. 3. Parámetros técnicos de labores del cultivo caña de azúcar por tipo de suelo y factor de pedregosidad (Fuente: Inédito, Debernardi, 2010).

LABOR		ANCHO (M)			VELOCIDAD (KM-HR ⁻¹)				POTENCIA DE TIRO (KW-M ⁻¹)				POTENCIA DE TIRO (HP-M ⁻¹)			
Subsuelo					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
2G	arcilloso	1.00	1.20	1.40	6.10	5.20	4.20	2.75	32.75	47.55	56.40	60.35	43.92	63.77	56.40	60.35
	limoso	1.00	1.20	1.40	7.35	5.75	5.15	3.25	28.45	36.75	45.22	56.67	38.15	49.28	45.22	56.67
	arenoso	1.00	1.20	1.40	8.50	6.35	5.50	4.35	24.75	30.42	38.93	49.24	33.19	40.79	38.93	49.24
Barbecho					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
Arado3D/4D	arcilloso	1.00	0		6.35	5.56	4.73	2.96	33.22	49.16	58.64	62.83	44.55	49.16	58.64	62.83
	limoso	1.00	0		7.53	5.62	5.06	3.18	29.35	39.63	47.93	57.16	29.35	53.14	47.93	57.16
	arenoso	1.00	0		8.68	6.17	5.35	4.26	25.23	32.98	40.15	50.28	33.83	44.23	40.15	50.28
Rastreo C-2					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
Rastra 24 D/SP	arcilloso	3.60			7.96	5.72	5.20	4.80	13.46	17.22	25.32	27.33	18.05	23.09	25.32	27.33
	limoso	3.60			8.33	7.35	6.43	5.28	10.25	12.67	22.75	24.83	13.75	16.99	22.75	24.83
	arenoso	3.60			9.67	8.34	7.21	6.10	9.22	10.75	17.37	20.45	12.36	14.42	17.37	20.45
LABOR		ANCHO (M)			VELOCIDAD (KM-HR ⁻¹)				POTENCIA DE TIRO (KW-M ⁻¹)				POTENCIA DE TIRO (HP-M ⁻¹)			
Surcado					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
	arcilloso	1.00	1.20	1.40	5.83	4.35	3.72	2.45	24.85	26.65	34.38	36.84	33.32	35.74	34.38	36.84
	limoso	1.00	1.20	1.40	6.93	5.47	4.35	3.11	22.81	24.91	32.21	34.28	30.59	33.40	32.21	34.28
	arenoso	1.00	1.20	1.40	7.62	6.12	5.23	3.75	20.33	22.16	30.46	32.54	27.26	29.72	30.46	32.54
Fertilización mecánica					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
	arcilloso	1.00	1.20	1.40	5.83	4.35	3.72	2.45	24.85	26.65	34.38	36.84	33.32	35.74	34.38	36.84
	limoso	1.00	1.20	1.40	6.93	5.47	4.35	3.11	22.81	24.91	32.21	34.28	30.59	33.40	32.21	34.28
	arenoso	1.00	1.20	1.40	7.62	6.12	5.23	3.75	20.33	22.16	30.46	32.54	27.26	29.72	30.46	32.54
Siembra mecánica					sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap	sp	bp	pm	ap
	arcilloso	1.00	1.20	1.40	4.50	4.03	3.23	2.32	16.98	18.74	23.14	27.87	22.77	25.13	31.03	37.37
	limoso	1.00	1.20	1.40	5.10	4.25	3.57	2.46	14.65	16.92	19.82	24.15	19.65	22.69	26.58	32.39
	arenoso	1.00	1.20	1.40	5.75	4.57	3.95	2.87	12.24	14.64	17.21	21.32	16.41	19.63	23.08	28.59

sp= sin piedra

bp= baja pedregosidad pm= pedregosidad media

ap= alta pedregosidad

Cuadro. 4. Parámetros de desempeño de implementos agrícolas para la producción de caña en México.

SUELO	RENDIMIENTO (HA-HR-1)			EFICIENCIA (%)			HAS X DIA			HAS X AÑO		
	BAJO	MEDIO	OPTIMO	BAJO	MEDIO	OPTIMO	BAJO	MEDIO	OPTIMO	BAJO	MEDIO	OPTIMO
Subsuelo	1.75	3.30	4.50	0.60	0.70	0.80	1.05	2.31	3.60	31.50	69.30	108.00
Barbecho	2.50	3.10	4.75	0.60	0.65	0.80	1.50	2.02	3.80	45.00	60.45	114.00
Rastreo C-2	2.75	4.20	6.50	0.30	0.60	0.90	0.83	2.52	5.85	24.75	75.60	175.50
Surcado 1.20m	2.00	3.00	4.50	0.35	0.55	0.70	0.70	1.65	3.15	21.00	49.50	94.50
Surcado 1.40m	2.75	3.75	5.75	0.35	0.55	0.70	0.96	2.06	4.03	28.88	61.88	120.75
Fertilización mecánica	3.25	4.25	6.00	0.50	0.65	0.80	1.63	2.76	4.80	48.75	82.88	144.00
Siembra mecánica	2.50	4.00	5.75	0.50	0.70	0.90	1.25	2.80	5.18	37.50	84.00	155.25
Alza mecánica	0.18	0.25	0.35	0.40	0.55	0.70	0.58	1.10	1.96	69.12	132.00	235.20
Cosecha mecánica	0.21	0.33	0.52	0.30	0.50	0.70	0.50	1.32	2.91	60.48	158.4	349.44

INVENTARIO DEL PARQUE DE MAQUINARIA AGRÍCOLA DEL SECTOR CAÑERO

La aplicación de una encuesta a los ingenios azucareros del país por parte de este estudio, permitió disponer de un panorama de la maquinaria agrícola, tractores y camiones que utilizan los ingenios, con la intención de cuantificar la deficiencia en equipos que debe de subsanarse en el corto plazo dentro del programa de modernización de sector de la caña de azúcar.

Es importante señalar, que aunque se obtuvo información del número de tractores disponibles, el estudio no se orientó a contabilizar los implementos disponibles, dada la falta de recursos para ello; sino que se orientó en conocer la disponibilidad, eficiencia y antigüedad de los mismos. Por lo general, la reposición de los implementos agrícolas ha pasado a un segundo término en los programas de equipamiento del sector, por lo que se han detectado serios cuellos de botella en la producción al no disponer de los implementos adecuados en las áreas de abasto de caña.

Independientemente de la cantidad y tipo de equipos disponibles en los ingenios, es importante señalar que la maquinaria disponible es utilizada por la mayoría de los productores en otros cultivos fuera del contexto de la producción de azúcar, lo cual le resta oportunidad al ingenio para preparar los terrenos de cultivos en el momento requerido.

Por otra parte, este estudio estimó de forma genérica el estado o condición de los implementos de labranza, teniendo en consideración que los equipos en mal estado merman eficiencia de operación durante la preparación de los terrenos. Sin embargo, las inspecciones visuales por los técnicos que participaron en el estudio permitieron detectar que solamente alrededor del 30% de los equipos están en condiciones óptimas para ser utilizados en forma inmediata. El resto son implementos que requieren alguna reparación o ya son simplemente chatarra.



Cuadro 5. Inventario de maquinaria agrícola en ingenios del país.

	Tractores				Implementos								Arrastre				
	55 - 75 HP	76 - 95 HP	96 - 115 HP	Más de 115 HP	Acados	Rastras	Niveladoras	Sembradoras	Fertilizadoras	Cultivadoras	Alzadoras	Cosechadoras	Camiones rabones	Torton	Tracto camiones	Carretas 10-15 ton	Carretas < 10 ton
Aa. Saenz (Xico)																	
Adolfo López Mateos					86	67	0	0	98	63	69	0	148	112	6	45	163
Alianza Popular	12	75	24	14	122	122	1	0	58	125	54	9	10	440	3	14	0
Atencingo	169	153	38	3	278	252	0	1	17	205	80	7	317	110	0	4	354
Azuremex-Tenosique																	
Bellavista																	
Calipam	0	35	0	0	34	31	33	0	0	28	20	0	85	4	0	0	0
Casasano	34	47	2	4	54	38	3	2	8	18	16	4	44	71	0	0	0
Central Progreso	0	36	14	8	47	4	0	0	4	47	60	0	145	67	0	4	0
Cuatotolapam	3	11	46	21	66	69	1	0	23	73	38	6	118	104	0	57	235
El Potrero	0	150	18	0	80	28	0	0	15	100	130	0	615	35	0	0	0
El Carmen	10	12	8	4	34	16	0	0	18	34	22	4	97	111	3	0	0
El Dorado	0	0	0	28	13	26	6	0	47	28	12	7	0	109	0	0	0
El Higo	0	45	40	0	18	20	1	0	30	50	37	10	0	159	41	201	78
El Mante																	
El Modelo	41	78	20	5	114	109	32	0	89	75	41	8	21	383	0	0	0
El Molino																	
El Refugio	0	0	0	43	40	35	0	0	10	43	40	1	20	166	0	0	0
Emiliano Zapata	121	143	21	6	272	183	32	4	17	183	35	9	0	378	0	0	0
Huixtla	8	14	9	19	49	56	1	2	28	76	32	10	53	88	5	146	22
Independencia	0		0	0	0	0	0	0	0	0	18	1	30	110	0	0	0
José María Martínez Tala	88	209	137	50	377	372	20	8	182	389	100	9	0	410	0	0	0
José María Morelos	0	138	6	30	165	174	0	0	33	95	15	9	0	127	0	0	0
La Concepcion																	
La Constanza	32	5	2	19	39	39	0	2	18	43	45	5	40	158	12	0	0
La Gloria																	
La Joya					3	3	0	0	2	3	21	3	30	103	0	0	77
La Primavera	15	12	11	27	25	25	5	0	15	25	5	12	0	0	39	60	90
La Providencia	8	34	19	0	59	31	0	0	16	48	56	0	50	225	0	0	0
Lázaro Cárdenas	0	12	0	0	12	8	0	0	2	5	13	0	58	46	0	0	0
Los Mochis																	
Mahuixtlan	4	3	9	0	12	6	0	0	3	12	8	2	108	8	0	0	0
Melchor ocampo	13	31	22	36	78	89	23	0	60	73	18	7	0	182	0	0	0
Motzorongo																	
Pablo Machado	39	28	37	0	80	91	0	0	35	93	65	4	42	200	0	45	6
Pedernales																	
Plan de Ayala	27	60	50	122	208	209	6	0	84	217	55	12	11	425	12	0	0
Plan de San Luis	12	34	61	50	134	142	0	0	71	160	39	15	42	235	19	230	0
Presidente Benito Juárez	0	12	0	53	65	65	0	1	20	55	68	4	70	36	0	620	20
Puga																	
Pujilic	10	50	27	0	83	84	3	0	28	73	40	0	58	358	0	0	0
Queseria	12	38	50	10	100	95	0	5	38	90	55	6	180	120	0	0	0
San Cristobal	59	38	37	122	214	222	0	0	90	203	110	30	10	200	11	450	750
San Francisco Ameca	4	56	12	6	70	73	2	7	18	73	29	5	0	170	10	0	0
San Francisco Naranjal	0	31	0	25	56	13	0	0	56	13	38	6	27	180	0	0	283
San Gabriel	4	16	3	0	15	20	0	0	8	20	30	3	0	47	0	188	229
San José de Abajo																	
San Miguel del Naranjo	0	90	10	0	100	100	0	0	100	100	32	12	0	380	0	0	0
San Miguelito	0	8	0	0	8	0	0	0	0	8	29	0	201	58	0	0	0
San Nicolas					45	41	7	0	24	35	35	4	79	84	30	1	0
San Pedro	7	31	27	20	74	75	0	0	61	72	70	0	171	107	0	212	462
Santa Clara	8	42	36	13	91	62	2	6	26	45	33	4	62	165	4	0	0
Santa Rosalia	8	9	8	6	15	17	0	2	19	31	33	2	62	2	0	64	344
Tamazula																	
Tres Valles	65	69	98	0	221	221	0	0	203	160	104	3	113	249	24	496	0
Zapoapita	58	74	77	18	174	189	2	0	147	177	56	5	0	319	0	0	0

Fuente: SAGARPA 2007, con información de los Ingenios Azucareros

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y SIMULACIÓN DE NECESIDADES DE MECANIZACIÓN

Un punto medular de este estudio, fue estimar la producción actual y potencial de biomasa de caña de azúcar en los ingenios azucareros, con el propósito de conocer las necesidades actuales y potenciales de alzadoras y cosechadoras mecánicas. Con este propósito, se aplicó la modelación del crecimiento vegetal utilizando datos de clima, suelos, manejo agronómico y extensión de la superficie con caña de azúcar para estimar los volúmenes de biomasa.

Así mismo, el modelo consideró los aspectos de pendiente, pedregosidad y textura de los suelos laboreados en el desempeño de la maquinaria agrícola aplicada.

Para modelar la producción de biomasa de caña de azúcar, se utilizó el modelo EPIC (Erosión Productivity Impact Calculator) desarrollado por J. Williams del Agricultural Research Service del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en colaboración con la estación experimental de Blackland Research Center de la Universidad de Texas A&M. EPIC ha sido ampliamente utilizado por el gobierno de los Estados Unidos y de otros países del mundo en la investigación del cambio en la productividad primaria por efectos del clima, como es el impacto del fenómeno El Niño en la Agricultura (Izaurre et al. 1998; Tiscareno et al. 1999; Adams et al. 2002) en cambio climático (Izaurre et al. 2006) y secuestro de carbono atmosférico (Izaurre et al. 2007).

EPIC es un modelo de simulación de procesos biofísicos diseñado para la estimación del impacto del manejo de los cultivos en su rendimiento, contaminación, erosión y conservación de suelos y costos de producción, en áreas agrícolas representativas de unidades de producción. EPIC agrega los componentes de clima, hidrología, erosión (eólica e hídrica), flujo de nutrientes (N, P y K), pesticidas, salinidad, labranza, crecimiento vegetal, manejo agronómico, pastoreo, aplicación de abonos orgánicos y economía.

El componente climático, ampliamente utilizado en esta investigación, contiene un simulador estocástico para la generación de clima bajo un esquema de Cadenas de Markov; a fin de producir series de precipitación diaria (Nicks, 1974), así como la temperatura máxima y mínima del aire correlacionada con la radiación solar (Richardson, 1981). La generación de lluvia a partir de parámetros estadísticos de las estaciones,

utiliza las probabilidades de transición de las secuencias de días secos y lluviosos de las series reales de precipitación. La cantidad de lluvia es generada por una distribución normal asimétrica (Sharpley and Williams, 1990).

EPIC calcula el crecimiento vegetal diario del cultivo, el cual se realiza con una función para cada especie vegetal, su eficiencia en la utilización de la radiación solar y la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la cubierta vegetal. El déficit de vapor y la concentración del CO₂ atmosférico, tienen un efecto directo en la conversión de energía solar a biomasa de la planta (Stockle et al., 1992). La temperatura promedio determina las tasas de fotosíntesis, respiración, transpiración y de desarrollo fenológico. El nivel de nitrógeno y fósforo disponible en el suelo, tiene un efecto en el rendimiento del cultivo. De esta manera, el rendimiento final es el resultado de la acumulación de biomasa multiplicado por el Índice de Eficiencia de Cosecha que utiliza una función no-lineal para la acumulación de Unidades Calor, desde cero en el momento de la siembra hasta su valor más alto en la madurez del cultivo (Sharpley and Williams, 1990).

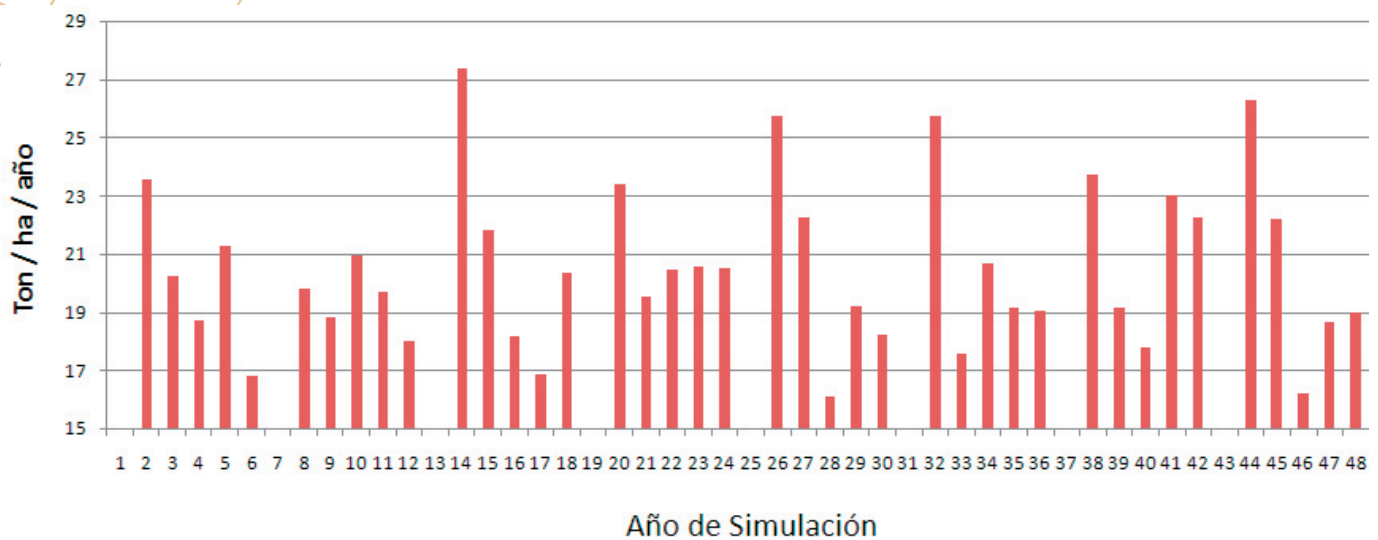
Se utilizaron datos de 384 estaciones meteorológicas localizadas en las cercanías de los ingenios azucareros, para calcular los parámetros que permitieran la generación sintética del clima requeridos en este estudio, principalmente para efectos de cambio climático. Los parámetros fueron las medias y desviaciones estándar de la precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad y dirección del viento, probabilidad de precipitación y número de días lluviosos, para cada mes del año.

Así mismo, las características físico-químicas de los suelos utilizados en la simulación de biomasa, fueron: arena, limo, arcilla, densidad aparente, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y pH; además de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, para cada una de las capas edafológicas del perfil del suelo. El modelo calculó otras variables del suelo, tal como capacidad de campo, punto de marchitez permanente y conductividad hidráulica, entre otras. Con dicha simulación, se obtuvo la biomasa producida y a partir de la media de biomasa estimada, se obtuvieron las necesidades de mecanización agrícola para el 100% de esa productividad media y condiciones localizadas de pendiente y pedregosidad del terreno, considerando la eficiencia de los equipos reportada por las encuestas y verificaciones en campo de este Estudio.

Cuadro 6. Variables de suelo utilizadas por EPIC para la simulación de la biomasa de la caña de azúcar, ejemplificada para el ingenio Aarón Sáenz en Xicoténcatl, Tams.

CODIGO	INGENIO	EDO	MUNICIPIO	LONG	LAT	N	P	K	CE	PH	MO	NA	CACO3	CC	PMP	ARCILLA	LIMO	ARENA	CIC
010128	AA. Sáenz	Tams	Xicoténcatl	-99.10	23.06	12.0	2.0	1089.0	0.27	8.0	3.9	69.0	0.0	33.0	20.0	51.0	25.0	24.0	23.5
020128	AA. Sáenz	Tams	Xicoténcatl	-98.97	22.95	42.0	2.0	64.0	3.46	7.7	4.7	113.0	0.0	32.0	20.0	41.0	23.0	36.0	22.2
030128	AA. Sáenz	Tams	Gómez Farías	-99.09	22.91	10.0	2.0	1062.0	0.92	8.5	6.7	282.0	25.1	34.0	26.0	57.0	20.0	23.0	23.5
040128	AA. Sáenz	Tams	González	-98.83	22.81	12.0	2.0	990.0	0.62	8.4	5.1	77.0	40.9	32.0	18.0	45.0	47.0	8.0	22.5
050128	AA. Sáenz	Tams	Xicoténcatl	-98.97	22.83	14.0	2.0	924.0	0.39	7.8	3.7	49.0	44.6	32.0	22.0	56.0	34.0	10.0	22.2
060128	AA. Sáenz	Tams	Xicoténcatl	-98.87	23.00	10.0	2.0	1200.0	0.84	7.9	4.2	80.0	43.8	32.0	23.0	54.0	32.0	14.0	22.2
070128	AA. Sáenz	Tams	Xicoténcatl	-99.00	22.89	12.0	2.0	554.0	0.81	8.1	2.1	10.0	46.7	29.0	21.0	36.0	43.0	21.0	22.2

Fig. 2. Simulación de la producción de materia seca de caña de azúcar en ciclos de cinco años de producción en el ingenio A.A. Sáenz en Xicoténcatl, Tams.

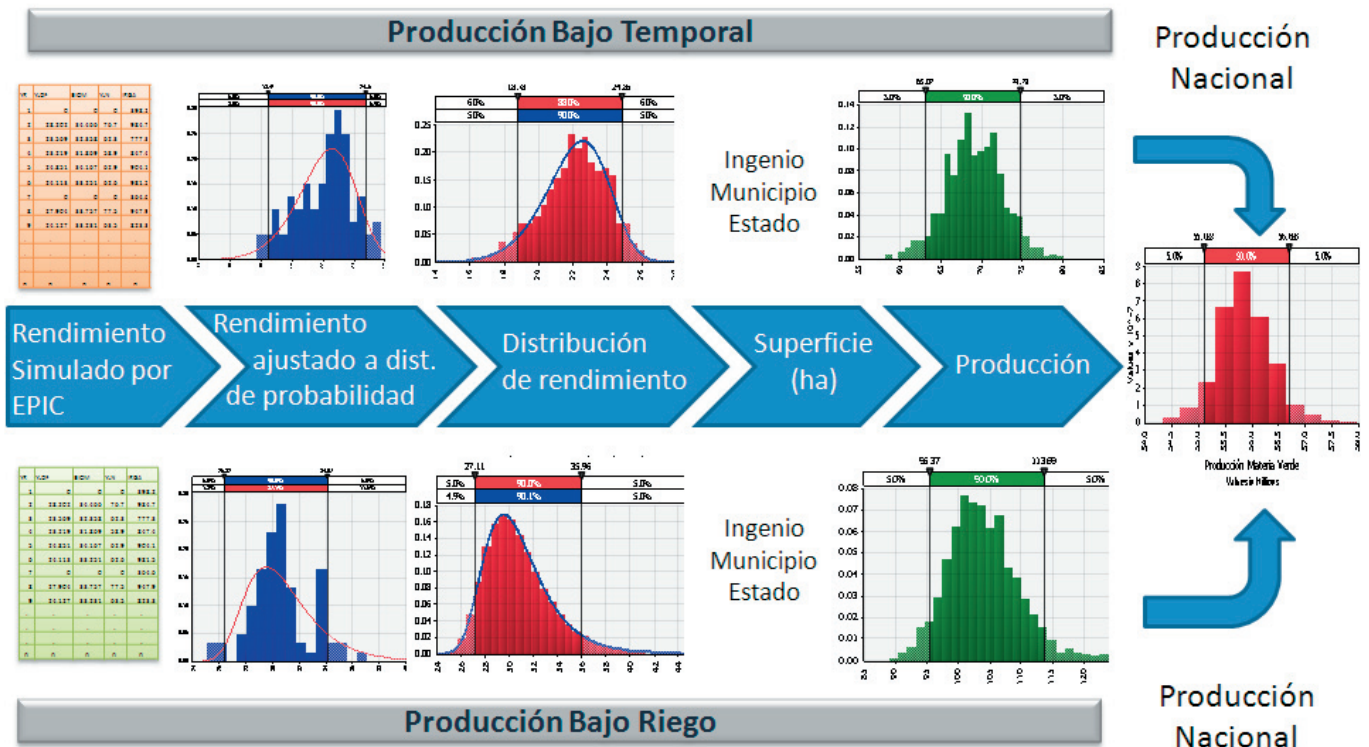


Ante la dificultad de tener datos confiables sobre los rendimientos de biomasa de caña de azúcar de cada ingenio bajo las modalidades de riego y de temporal así como la superficie real en cada modalidad, se aplicó la simulación Monte Carlo para obtener la distribución de las producciones de biomasa con base a los estadísticos obtenidos a través de las simulaciones con el modelo de crecimiento vegetal. La Figura 3 ilustra el

procedimiento de manera esquemática que se aplicó en este estudio. Los resultados del método Monte Carlo tuvieron un acercamiento a la producción nacional reportada por el SIAP-SAGARPA pero con la ventaja de que ahora se dispone de los rendimientos de los ingenios bajo las condiciones de riego y de temporal.

Figura 3. Esquema de Simulación MonteCarlo de la producción de biomasa de caña de azúcar por modalidad

ESTIMACION PROBABILISTICA DE LA PRODUCCION NACIONAL DE BIOMASA Simulación Monte Carlo(1,500 realizaciones x sitio)



Capítulo 5.

Estimación de Necesidades de Mecanización en los Ingenios Azucareros del País

- Modelación de las necesidades de maquinaria agrícola
- Estimación de las necesidades de maquinaria agrícola



Capítulo 5. Estimación de Necesidades de Mecanización en los Ingenios Azucareros del País

MODELACION DE LAS NECESIDADES DE MAQUINARIA AGRICOLA

Para llegar a conocer las necesidades reales de maquinaria agrícola en cada uno de los ingenios, se tomaron en consideración los siguientes elementos:

- a. Superficie del área de abasto o zona de producción
- b. Superficie con caña bajo irrigación y temporal
- c. Producción actual y potencial de biomasa de caña
- d. Porcentaje de renovación de las plantaciones (siembras)
- e. Cantidad y tipo de actividad de laboreo a través del año
- f. Inventario de los equipos disponibles
- g. Características físico-químicas de los suelos
- h. Pendiente de los terrenos de cultivo
- i. Grado de pedregosidad
- j. Parcelización o dispersión de las parcelas que integran el área de abasto
- k. Parámetros de eficiencia de la maquinaria agrícola

Teniendo en consideración que las necesidades de maquinaria agrícola varían entre años en un mismo ingenio, como resultado del volumen de la cosecha, variaciones en la superficie de caña de renovación (plantillas) y factores no controlables como el clima que pueden determinar áreas laborables en función de la humedad en el suelo, esta investigación partió de las premisas siguientes:

A. SUPERFICIE DEL ÁREA DE ABASTO: Obtenida por procedimientos de sistemas de información geográfica y verificaciones de campo. Las variaciones entre años en un mismo ingenio se obtuvo de las estadísticas provistas del estudio cañero nacional elaborado por la SAGARPA. Esto permitió identificar las variaciones en superficie y por consiguiente las variaciones en las necesidades de maquinaria agrícola

B. SUPERFICIE IRRIGADA Y DE TEMPORAL: Se obtuvo de las encuestas a cada ingenio y de estadísticas oficiales. Con la modelación del rendimiento, más la superficie irrigada y de temporal, se llegó a conocer el volumen de producción en los ingenios bajo las dos modalidades.

C. PRODUCCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE CAÑA: La modelación del cultivo de la caña permitió corroborar las estadísticas actuales de la producción de biomasa. Se identificaron variaciones entre años en los volúmenes de producción debido a efectos del clima y mejoramiento de la tecnología.

D. RENOVACIÓN DE PLANTACIONES DE CAÑA: Aunque se sabe que muchos ingenios dejan sus plantaciones hasta más de 10 años, este estudio asumió que el 20% de la superficie con caña se renueva cada año, ésta es una situación ideal hacia la modernización de la producción de caña de azúcar.

E. CANTIDAD Y TIPO DE LABOREO: Se partió de que la producción moderna de caña de azúcar toma las recomendaciones de los paquetes tecnológicos sugeridos por las instituciones de investigación científica en la materia, por lo que se definieron de dichas recomendaciones, las prácticas de laboreo recomendadas y en consecuencia, la necesidad real de maquinaria agrícola.

F. INVENTARIO DE EQUIPOS: Se obtuvo de información proporcionada por la SAGARPA obtenida en 2007 y actualizada por COLPOS para algunos ingenios.

G. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS: El muestreo de los suelos de los ingenios del país que fue realizado por el Colegio de Postgraduados en 2007 y 2008, fue utilizado para la modelación de la producción de biomasa y para identificar el tipo de suelo al que está expuesto el implemento y su consecuente desempeño.

H. PENDIENTE DE LOS TERRENOS: Los investigadores que participaron en este estudio, identificaron condiciones de pendiente excesiva (más del 15%) en terrenos con caña en diferentes ingenios del país y que por consiguiente, no es posible la mecanización con maquinaria de alto desempeño. Esto obligó a clasificar los suelos que realmente son laborables con maquinaria moderna.

I. PEDREGOSIDAD: También se identificaron condiciones de exceso de piedra sobre los terrenos de cultivo lo que reduce de manera importante la eficiencia de la maquinaria. Este factor también se incluyó en la modelación de las necesidades de equipamiento.

J. PARCELIZACIÓN DEL CAMPO CAÑERO: A sabiendas que los ingenios han sufrido de una atomización de las parcelas como resultado de la repartición de las tierras agrícolas entre el campesinado mexicano, este estudio tuvo que agregar una disminución en la eficiencia de laboreo del orden del 40% y que debe atribuirse al tiempo requerido para transportar los equipos de una parcela a otra y de la pérdida de tiempo por vueltas frecuentes en parcelas muy cortas.

K. PARAMETROS DE EFICIENCIA DE MAQUINARIA: Son los valores de desempeño de cada implemento agrícola y que están definidos por las características propias de los equipos, tal como su diseño, ancho, largo, peso, velocidad de trabajo, energía requerida, consumo de combustible, etc. Los valores de los parámetros fueron calculados por los investigadores del Colegio de Postgraduados.



Cuadro 1. Superficie de los ingenios evaluados en este estudio.

ESTADO / INGENIO	SUPERFICIE TOTAL REPORTADA			RENOVACIÓN 20%	SUPERFICIE CON CAÑA			BIOMASA		COSECHA MECANIZADA	CORTE		
	PROMEDIO	DESV EST	DIST SUP		DIST. ANUAL	ABASTO	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL		UNIDADES HA(70)	MANUAL	MECÁNICO
												ALZA MECÁNICA	
AARÓN SÁENZ GARZA	13,952	1250.8	13951.8	3487.9	13952	10464	3488	1329537.0	18993.4	18993.4	12026.0	6967.4	
ADOLFO LÓPEZ MATEOS	18,380	3767.1	18379.8	4594.9	18380	372	18008	1510251.6	21575.0	21230.7	3783.7	17447.0	
ALIANZA POPULAR	17,189	667.1	17189.3	4297.3	18741	3077	15665	1764406.5	25205.8	21050.4	11707.4	9343.0	
ATENCINGO	11,459	1067.8	11459.0	2864.8	13812	13812	0	1253917.2	17913.1	17230.7	1445.7	15785.0	
AZSUREMEX - TENOSIQUE	3,680	325.1	3680.3	920.1	3680	0	3680	275104.1	3930.1	3884.4	1116.6	2767.8	
BELLAVISTA	5,952	553.3	5951.8	1487.9	5952	0	5952	323601.0	4622.9	4387.0	436.2	3950.8	
CALIPAM	2,453	174.8	2452.6	613.1	2453	975	1478	138388.4	1977.0	1786.9	699.8	1087.1	
CASASANO (LA ABEJA)	3,306	185.3	3306.4	826.6	3444	3444	0	316761.4	4525.2	4467.1	340.0	4127.2	
CUATOTOLAPAM	8,898	1393.7	8897.8	2224.4	8898	0	8898	608765.3	8696.6	8647.0	3046.3	5600.7	
EL CARMEN	7,501	765.7	7501.1	1875.3	7053	1475	5578	580882.0	8298.3	7227.6	1880.2	5347.3	
EL DORADO	5,038	583.6	5038.3	1259.6	6748	6748	0	601148.0	8587.8	8587.8	1278.0	7309.9	
EL HIGO	12,791	1350.0	12791.1	3197.8	13459	13459	0	1377967.0	19685.2	19685.2	16090.5	3594.7	
EL MANTE	13,590	1001.5	13590.2	3397.6	13590	10193	3398	1199661.0	17138.0	17093.3	13665.7	3427.5	
EL MODELO	10,978	469.1	10977.8	2744.4	11983	11983	0	1271329.0	18161.8	17026.7	3130.8	13896.0	
EL MOLINO	8,591	709.8	8590.8	2147.7	8591	0	8591	572591.7	8179.9	6168.4	2184.1	3984.4	
EL POTRERO	19,219	1109.5	19218.9	4804.7	21396	4000	17396	2097001.0	29957.2	28837.9	5958.4	22879.5	
EL REFUGIO	5,970	935.3	5970.4	1492.6	5970	0	5970	476165.0	6802.4	6735.0	396.8	6338.2	
EMILIANO ZAPATA	9,844	894.5	9844.4	2461.1	9045	9045	0	817783.7	11682.6	10906.7	1964.3	8942.3	
HUIXTLA	10,613	1308.9	10613.1	2653.3	11856	0	11856	716494.0	10235.6	10148.5	814.3	9334.2	
INDEPENDENCIA	3,696	1276.2	3696.4	924.1	3696	0	3696	250538.4	3579.1	2914.4	1253.2	1661.2	
JOSE MA. MARTINEZ (TALA)	19,763	1459.3	19763.4	4940.9	24543	11233	13310	1747838.5	24969.1	23677.6	2240.9	21436.7	
JOSÉ MARÍA MORELOS	7,316	727.0	7316.0	1829.0	8169	2416	5743	653924.6	9341.8	9157.4	1420.9	7736.5	
LA CONCEPCIÓN	1,978	621.5	1978.3	494.6	1978	0	1978	114329.3	1633.3	1020.8	396.1	624.7	
LA CONSTANCIA	10,879	756.5	10878.6	2719.6	10260	711	9549	829501.0	11850.0	11064.4	6270.0	4794.4	
LA GLORIA	13,880	1409.5	13879.6	3469.9	13880	0	13880	902054.0	12886.5	12594.9	1844.6	10750.3	
LA JOYA	6,865	1520.6	6865.1	1716.3	8501	1458	7043	689533.0	9850.5	9653.5	7051.9	2601.6	
LA PRIMAVERA	4,815	1440.0	4814.7	1203.7	6341	6341	0	531857.6	7598.0	7598.0	4115.6	3482.4	
LA PROVIDENCIA	10,337	1975.2	10337.1	2584.3	10377	5932	4445	889824.0	12711.8	11478.5	2188.5	9290.1	
LÁZARO CÁRDENAS	3,422	270.9	3422.0	855.5	3900	3900	0	393432.7	5620.5	5240.7	2467.2	2773.5	
LOS MOCHIS	12,732	1438.5	12732.0	3183.0	12732	12732	0	963650.7	13766.4	13766.4	3074.5	10691.9	
MAHUIXTLAN	4,126	691.4	4126.2	1031.6	4126	1550	2576	337345.0	4819.2	3645.8	1031.6	2614.3	
MELCHOR OCAMPO	8,117	174.3	8117.4	2029.4	8117	8117	0	597818.0	8540.3	7918.1	2011.0	5907.1	
MOTZORONGO	18,499	963.3	18499.2	4624.8	19500	0	19500	1613881.0	23055.4	19670.3	4686.2	14984.1	
NUEVO SAN FRANCISCO (NARANJAL)	7,137	2920.4	7136.9	1784.2	6618	0	6618	762457.1	10892.2	10211.5	692.6	9518.9	
PABLO MACHADO (LA MARGARITA)	14,057	754.1	14057.3	3514.3	15800	7964	7836	1541770.7	22025.3	21102.1	4032.2	17069.9	
PEDERNALES	3,391	295.8	3391.4	847.9	3391	0	3391	136181.6	1945.5	1193.8	636.1	557.7	
PLAN DE AYALA	17,300	3043.3	17299.6	4324.9	17300	4532	12768	1471149.3	21016.4	20736.8	13886.3	6850.6	
PLAN DE SAN LUIS	14,684	2033.6	14684.4	3671.1	15364	3531	11833	1345154.1	19216.5	17349.1	13006.3	4342.7	
PRESIDENTE BENITO JUÁREZ	14,949	1091.8	14949.0	3737.3	16500	0	16500	1380252.1	19717.9	19717.9	5746.4	13971.5	
PUGA	17,903	1763.4	17903.4	4475.9	17903	0	17903	1241162.8	17730.9	14142.5	6577.5	7565.0	
PUJILITIC (CIA. LA FE)	14,906	370.3	14906.0	3726.5	15232	15484	0	1486163.1	21230.9	20364.3	5515.2	14849.2	
QUESERIA	10,371	839.5	10370.8	2592.7	10371	2200	8171	690425.2	9863.2	7653.9	2094.6	5559.3	
SAN CRISTOBAL	39,931	1534.5	39931.4	9982.9	41809	0	41809	3372687.0	48181.2	48181.2	26124.2	22057.0	
SAN FRANCISCO AMECA	9,101	1043.0	9100.6	2275.1	9279	9279	0	706988.0	10099.8	9848.4	2078.2	7770.2	
SAN GABRIEL	6,934	373.3	6933.7	1733.4	7500	0	7500	641837.0	9169.1	9169.1	2821.3	6347.8	

Cuadro. 2. Porcentajes de las superficies de los ingenios con diferentes grados de pendiente y pedregosidad que tuvieron que ser considerados para el cálculo de maquinaria agrícola.

ESTADO / INGENIO	PENDIENTE			PEDREGOSIDAD			
	NULA	LIGERA	ALTA	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA
	0 - 5%	5 - 15%	> 15%	0 A 10%	11 A 25%	26 A 40%	>40%
AARÓN SÁENZ GARZA	100.0	0.0	0.0	63.3	34.7	2.0	0.0
ADOLFO LÓPEZ MATEOS	98.4	1.1	0.5	16.5	26.6	45.2	11.7
ALIANZA POPULAR	83.5	15.2	1.3	46.9	44.0	6.9	2.2
ATENCINGO	96.2	3.3	0.5	4.8	63.3	28.1	3.8
AZSUREMEX - TENOSIQUE	98.8	1.2	0.0	27.9	47.7	18.6	5.8
BELLAVISTA	94.9	5.1	0.0	5.1	66.3	23.0	5.6
CALIPAM	90.4	9.6	0.0	32.7	48.1	17.3	1.9
CASASANO (LA ABEJA)	98.7	1.3	0.0	6.4	51.3	39.7	2.6
CUATOTOLAPAM	99.4	0.6	0.0	34.9	28.0	20.0	17.1
EL CARMEN	87.1	12.9	0.0	15.1	63.4	21.5	0.0
EL DORADO	100.0	0.0	0.0	14.9	51.2	24.4	9.5
EL HIGO	100.0	0.0	0.0	81.7	16.5	1.7	0.0
EL MANTE	99.7	0.3	0.0	79.9	18.5	1.6	0.0
EL MODELO	93.8	6.3	0.0	12.9	48.2	26.3	12.5
EL MOLINO	75.4	20.9	3.7	14.3	36.9	41.4	7.4
EL POTRERO	96.3	3.5	0.2	17.6	45.9	30.1	6.4
EL REFUGIO	99.0	1.0	0.0	5.0	29.7	47.5	17.8
EMILIANO ZAPATA	93.4	5.9	0.7	12.2	62.0	21.0	4.8
HUIXTLA	99.1	0.9	0.0	7.2	39.6	31.5	21.7
INDEPENDENCIA	81.4	11.4	7.1	30.0	48.6	15.7	5.7
JOSE MA. MARTINEZ (TALA)	94.8	4.7	0.4	4.5	23.1	34.5	37.9
JOSÉ MARÍA MORELOS	98.0	2.0	0.0	13.8	41.4	29.6	15.1
LA CONCEPCIÓN	62.5	37.5	0.0	2.1	79.2	14.6	4.2
LA CONSTANCIA	93.4	5.5	1.1	53.6	35.4	11.0	0.0
LA GLORIA	97.7	2.3	0.0	12.7	42.5	31.2	13.6
LA JOYA	98.0	2.0	0.0	72.5	24.5	3.0	0.0
LA PRIMAVERA	100.0	0.0	0.0	54.2	42.5	3.3	0.0
LA PROVIDENCIA	90.3	9.7	0.0	10.4	35.6	44.4	9.6
LÁZARO CÁRDENAS	93.2	6.8	0.0	43.2	54.1	2.7	0.0
LOS MOCHIS	100.0	0.0	0.0	22.3	64.0	11.7	2.0
MAHUIXTLAN	75.7	20.0	4.3	5.2	69.6	22.6	2.6
MELCHOR OCAMPO	92.7	6.6	0.7	19.5	32.1	40.4	7.9
MOTZORONGO	85.3	11.5	3.2	10.7	32.9	48.0	8.3
NUEVO SAN FRANCISCO (NARANJAL)	93.8	6.3	0.0	0.6	44.3	47.2	8.0
PABLO MACHADO (LA MARGARITA)	95.8	3.9	0.3	15.6	44.6	36.2	3.6
PEDERNALES	61.4	38.6	0.0	23.9	59.1	17.0	0.0
PLAN DE AYALA	98.7	1.3	0.0	66.5	27.3	4.9	1.3
PLAN DE SAN LUIS	90.3	8.2	1.6	72.3	25.5	2.2	0.0
PRESIDENTE BENITO JUÁREZ	100.0	0.0	0.0	29.1	43.1	18.0	9.7
PUGA	79.8	19.4	0.8	32.9	34.7	27.2	5.2
PUJILTI (CIA. LA FE)	95.9	3.8	0.3	24.0	49.5	23.0	3.6
QUESERIA	77.6	21.6	0.8	6.4	25.2	29.6	38.8
SAN CRISTOBAL	100.0	0.0	0.0	54.2	32.3	11.2	2.3
SAN FRANCISCO AMECA	97.5	2.1	0.4	19.1	34.0	39.4	7.5
SAN GABRIEL	100.0	0.0	0.0	30.8	62.0	6.8	0.5
SAN JOSÉ DE ABAJO	99.4	0.6	0.0	27.6	36.5	35.9	0.0
SAN MIGUELITO	89.2	9.2	1.5	6.2	70.8	20.8	2.3
SAN NICOLAS	96.4	2.2	1.4	5.8	46.0	37.4	10.8
SAN PEDRO	94.0	6.0	0.0	2.1	28.8	29.5	39.6
SANTA CLARA	96.5	2.8	0.7	24.8	56.0	14.2	5.0
SANTA ROSALIA	100.0	0.0	0.0	41.0	44.9	10.7	3.4
TAMAZULA	90.1	9.4	0.5	1.2	20.2	37.3	41.2
TRES VALLES	99.9	0.1	0.0	15.5	38.8	39.9	5.8
ZAPOAPITA - PÁNUCO	100.0	0.0	0.0	77.6	19.4	3.0	0.0

ESTIMACION DE LA NECESIDAD DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Las necesidades de maquinaria agrícola se determinaron para cada ingenio del país de la manera que se ejemplifica en el ingenio Aarón Sáenz Garza.

INGENIO AARÓN SÁENZ GARZA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA. El ingenio azucarero Aarón Sáenz Garza se encuentra ubicado en el sur del Estado de Tamaulipas, teniendo sus instalaciones de procesamiento en el municipio de Xicoténcatl, sin embargo, su área de abasto comprende los municipios de Gómez Farias, González y El Mante. De acuerdo con los datos oficiales, el ingenio A.A. Sáenz cuenta con un área total de 15,640 hectáreas; sin embargo de acuerdo a los procesamiento de sistemas de información geográfica y verificaciones en campo realizados al ingenio, el área de abasto es de 13,952 hectáreas, de las cuales 10,464 ha son irrigadas y 3,488 son de temporal.

CLIMA Y SUELOS. La mayor parte de la zona de influencia del ingenio A. A. Sáenz es plana y se distingue por su clima semicálido, con lluvias en verano al poniente, centro y oriente. La temperatura media anual fluctúa entre los 22 y 26°C, con precipitación pluvial media anual entre 500 y 800 mm. Predominan los vientos del sur y sureste. Los suelos característicos de esta región son los Vertisoles. También parte del ingenio comprende la llanura costera del Golfo y está formada por terrenos planos, las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y las partes altas de la sierra con altitudes entre 1,500 y 1,900 m sobre el nivel del mar. En esta región la precipitación es más abundante, pudiendo llegar hasta los 1,900 mm por año.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE CAÑA. De acuerdo con el modelo de simulación, el rendimiento de biomasa es de 80 y 100 $\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{año}$, para las condiciones de temporal y riego, respectivamente; bajo un régimen pluvial de 900 mm. Una estimación del agua requerida para riego durante los meses secos del año es de 760 mm (Fig. 1). Tomando en consideración la superficie destinada al cultivo bajo temporal y riego, el volumen de la producción oscila entre 220 y 380 mil toneladas para la condición de temporal (Fig. 2) y de 950 mil a 1.12 millones de toneladas bajo irrigación (Fig. 3). El volumen total de la producción tiene un rango de 1.2 a 1.45 millones de toneladas anuales de biomasa (Fig. 4), que tiene que cosecharse con el apoyo de maquinaria agrícola.

Fig. 1. Frecuencia relativa de los rendimientos de caña de azúcar ($\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{año}$) bajo condiciones de temporal y de riego en el ingenio A. A. Sáenz

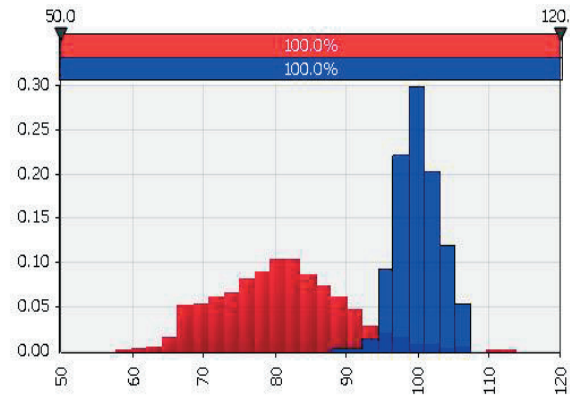


Fig. 2. Frecuencia relativa del volumen de producción anual de biomasa de caña de azúcar bajo temporal en el ingenio Aarón Sáenz (miles de toneladas).

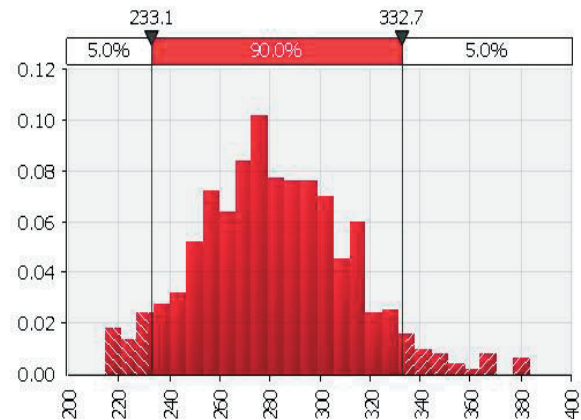


Fig. 3. Frecuencia relativa del volumen de producción anual de biomasa de caña de azúcar bajo riego en el ingenio Aarón Sáenz (millones de toneladas).

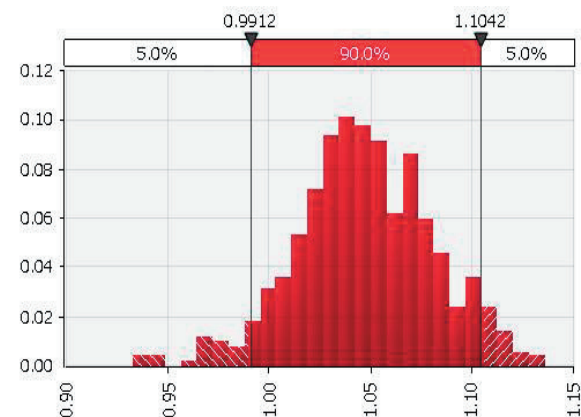
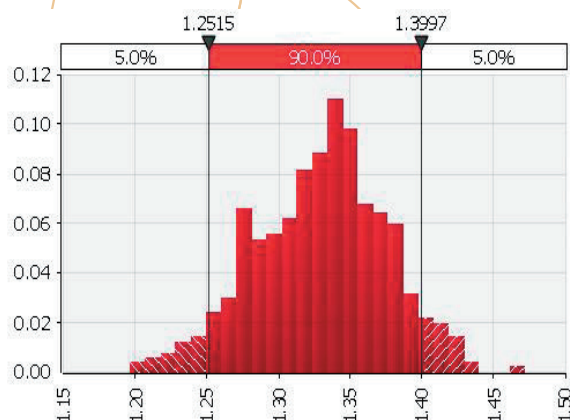


Fig. 4. Frecuencia relativa del volumen de producción total anual de biomasa de caña de azúcar en el ingenio Aarón Sáenz (millones de toneladas).



NECESIDADES DE EQUIPOS PARA LA COSECHA. La fluctuación interanual de biomasa de caña de azúcar que puede atribuirse a las variaciones de la superficie con caña en cada ingenio, así como los efectos del clima entre años, provocan que el volumen de producción de biomasa a cosechar tenga una variabilidad del 29.1% y en consecuencia la demanda de maquinaria para la cosecha aumenta o disminuye en determinados años.

Por otra parte, existen restricciones en la factibilidad de aplicación de la maquinaria para la cosecha por efectos de pendiente y pedregosidad. En el caso de las cosechadoras de alto desempeño que en su mayoría fueron diseñadas para cortar y picar grandes volúmenes de biomasa, éstas no pueden operar en terrenos con pendientes mayores a 15%. De igual manera, la pedregosidad baja la eficacia de las cosechadoras mecánicas de la manera siguiente: al 75% en terrenos de baja pedregosidad, 50% en mediana pedregosidad y al 25% en terrenos de alta pedregosidad. A groso modo, una cosechadora tiene un desempeño óptimo de 1 ha · hr; sin embargo, por efectos de pendiente y pedregosidad el rendimiento oscila desde 0.4 hasta 3 hectáreas por día.

Ambos factores de pedregosidad y pendiente fueron considerados en el Cuadro 3 y 4 para ser incluidos en la estimación de maquinaria requerida.

Además la cosecha se facilita mediante alzadoras mecánicas aumentando la velocidad con que la biomasa se recoge del

campo de cultivo y con la consecuente disminución de la mano de obra. Aunque a la alzadora mecánica le afecta muy poco la pedregosidad, su uso queda restringido a terrenos de menos de 20% de pendiente y con buena accesibilidad. El efecto de pendiente y tipo de terreno determina que las alzadoras tengan un desempeño desde los 0.5 hasta 2.0 hectáreas por día.

NECESIDADES DE EQUIPOS DE LABOREO. Los equipos de laboreo son aquellos destinados a la preparación del terreno de siembra y prácticas culturales, tal como fertilización, escardas, etc. Los implementos de labranza que se identificaron en el proceso de obtención de información en campo, están los siguientes:

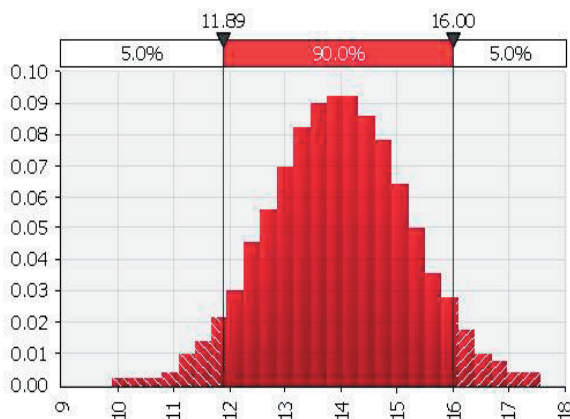
- SUBSOLEO:** Implemento para la ruptura de las capas de suelo compactadas, que por lo general se utiliza en la apertura de terrenos nuevos al cultivo o terrenos sobreexplotados a través de muchos años y que el paso de la maquinaria agrícola ha compactado.
- ARADO:** Equipo para el volteo de la capa de suelo útil para el cultivo. Es una práctica obligada al establecer nuevas plantaciones. Hay arados de disco y de rejas.
- RASTRA:** Implemento para el desmoronamiento de los terrones del suelo que ayuda a dejar una cama mullida para el eventual surcado. Un terreno puede requerir más de un paso de rastra. Este equipo está disponible en discos, cinceles y rejas.
- NIVELADORA:** Equipo de uso eventual, sobretudo en terrenos nuevos que van a ser irrigados y que se requiere de una buena nivelación, que facilite la aplicación del agua de riego. Por lo general, la nivelación se realiza con la experiencia visual de los operarios de tractores, pero cada día es más frecuente la aplicación del rayo laser montado en un tractor que ayuda distinguir las áreas del terreno que requieren tierra para subsanar hondonadas o bien la remoción de pequeños lomeríos dentro de la parcela.
- FERTILIZADORA:** Aplicadoras de abono químico como material granulado seco y líquido. Las que aplican el material granulado son las que tienden a dominar en el campo cañero mexicano.

- f. **CULTIVADORAS:** Maquinaria para realizar labores de aporque, que consiste en la remoción de suelo para reafirmación de los surcos.
- g. **SURCADORAS:** Equipos para levantar el surcado en los terrenos con el suelo ya mullido. Tienen el propósito de ubicar a la planta en una posición que evita que sus raíces se aneguen y facilite su acceso a la humedad del suelo.

La aplicación de todo el proceso –arado, rastreo, nivelación, siembra, surcado, fertilización y cultivo– solo se aplica a los terrenos de nuevas plantaciones, comúnmente denominados “plantillas”. Los terrenos con caña que ya fueron cosechados y que el rebrote se utilizará para una segunda cosecha, se denominan “socas” o “resocas”. El proceso del laboreo se restringe al aporque y fertilización principalmente y eventualmente a la aplicación de algún agroquímico con maquinaria, tal como herbicidas, insecticidas y fungicidas.

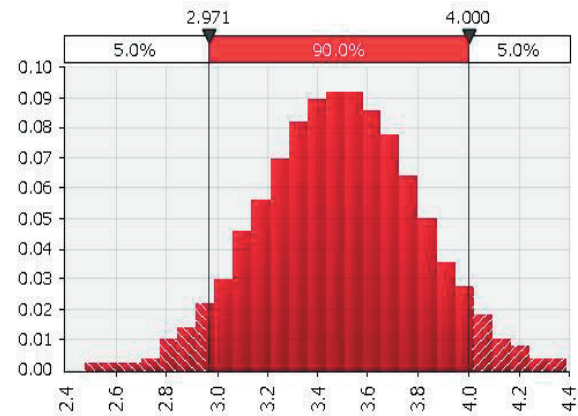
Como se mencionó anteriormente, la renovación de las plantaciones de caña de azúcar en los ingenios mexicanos debe ser del orden del 20%; bajo este contexto y tomando el historial de la superficie con caña del ingenio Aarón Sáenz Garza; se estimó una superficie de 13,952 hectáreas con una desviación estándar de 1,251 has. La figura 5 presenta la distribución de la superficie de este ingenio a través de los años, donde ha llegado alcanzar hasta las 15,640 hectáreas en el año 2008 pero desde el año 2000 mantiene un crecimiento sostenido. Las estadísticas permitieron inferir la distribución de la superficie cultivada.

Fig. 5. Frecuencia relativa de la superficie (has) con caña en el ingenio Aarón Sáenz, donde la tendencia actual permite inferir que en el corto plazo se tengan más de 17 mil hectáreas de caña.



La superficie del 20% de renovación anual de la plantación de caña de azúcar puede variar a través de los años como lo muestra la figura 6 y que va desde las 2,500 hasta 4,400 hectáreas.

Fig. 6. Frecuencia relativa de la superficie (has) de renovación de caña en el ingenio Aarón Sáenz.



El conocimiento de la distribución de las superficies de caña permitió establecer las necesidades de implementos agrícolas dentro de rangos de probabilidad de ocurrencia de épocas de mayor y menor demanda.

Tomando en cuenta la capacidad laborable de cada implemento en términos de superficie por día considerando los factores de pendiente, pedregosidad y coeficientes de diseño, a continuación se presentan las distribuciones de los requerimientos de arados, rastras, niveladoras, cultivadoras, fertilizadoras, subsoleadoras, alzadoras y cosechadoras.

Las salidas del modelo indican que el ingenio Aarón Sáenz Garza requiere en promedio las cantidades de maquinaria y equipos que refiere el Cuadro 3

Cuadro 3. Necesidades estimadas de maquinaria y equipo para el Ingenio Aarón Sáenz Para satisfacer la producción total promedio por zafra

IMPLEMENTO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
Arados	53.9	10.6
Rastras	47.3	19.3
Niveladoras	8.7	0.8
Cultivadoras	46.5	4.2
Fertilizadoras	166.6	37.9
Subsoleadoras	52.6	12.6
Alzadoras	106.0	27.5
Cosechadoras	44.4	15.2

Fig. 7. Distribución de arados requeridos por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

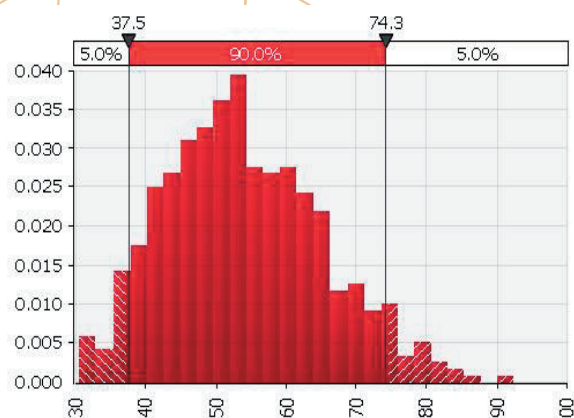


Fig. 8. Distribución de rastras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

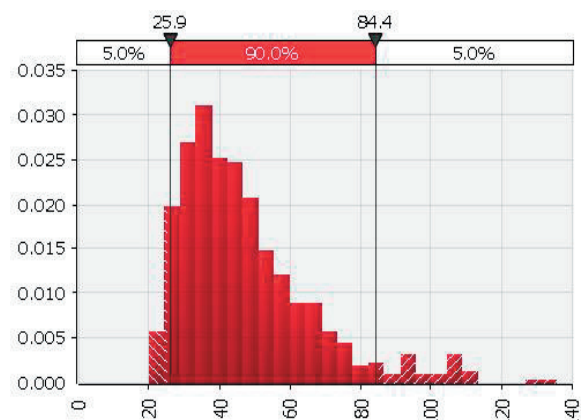


Fig. 9. Distribución de subsoleadoras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

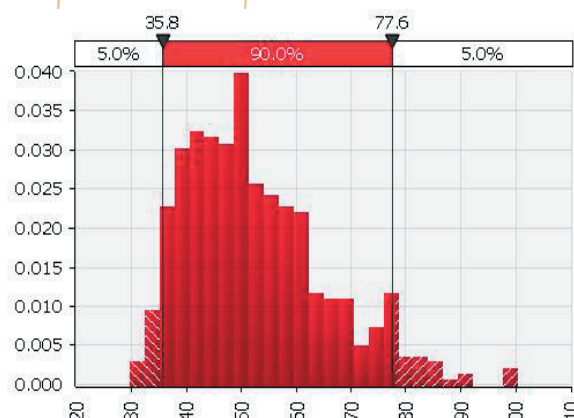


Fig. 10. Distribución de fertilizadoras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

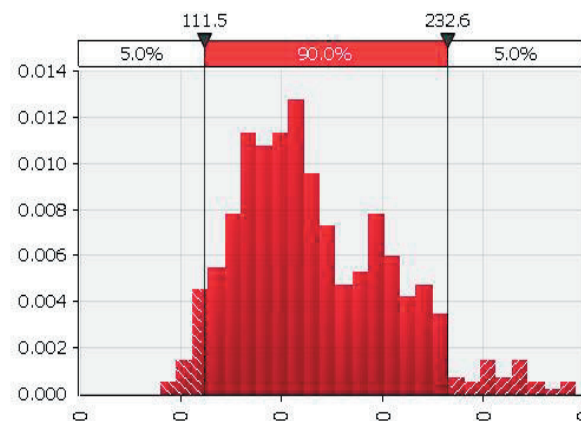


Fig. 11. Distribución de cultivadoras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

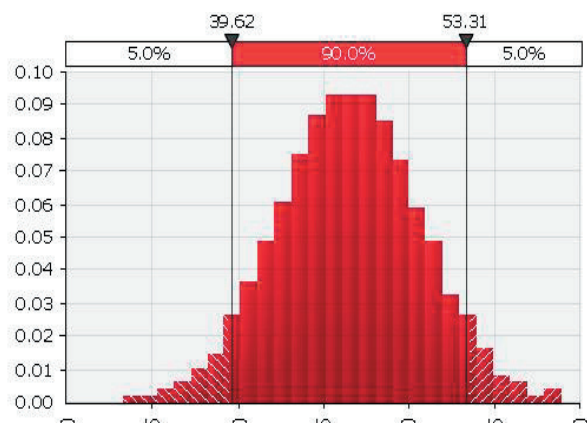


Fig. 12. Distribución de niveladoras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

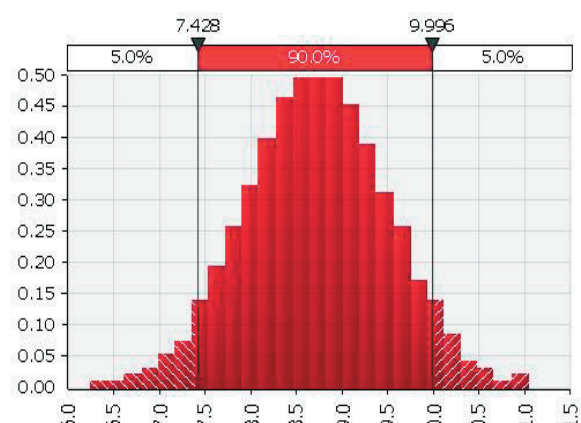


Fig. 13. Distribución de alzas requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.

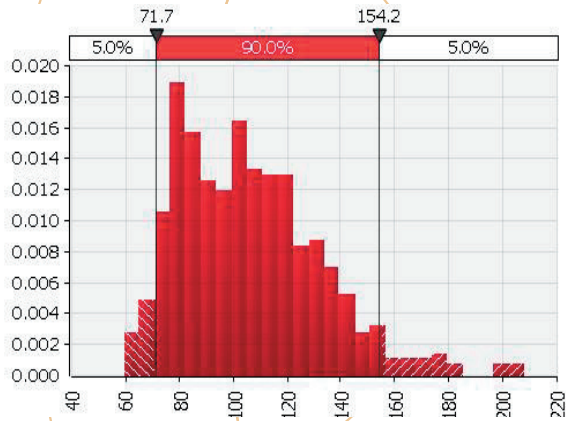
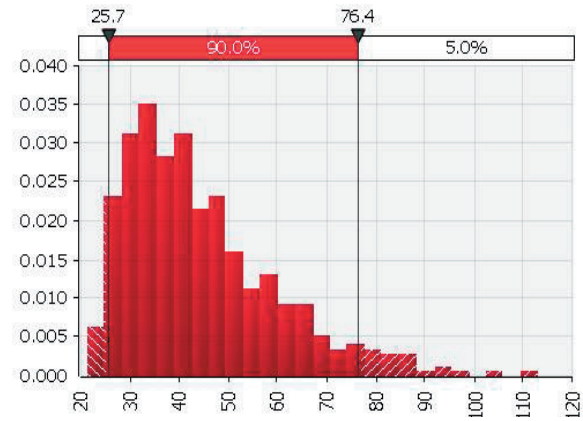


Fig. 14. Distribución de cosechadoras requeridas por el ingenio Aarón Sáenz, en Tamaulipas.



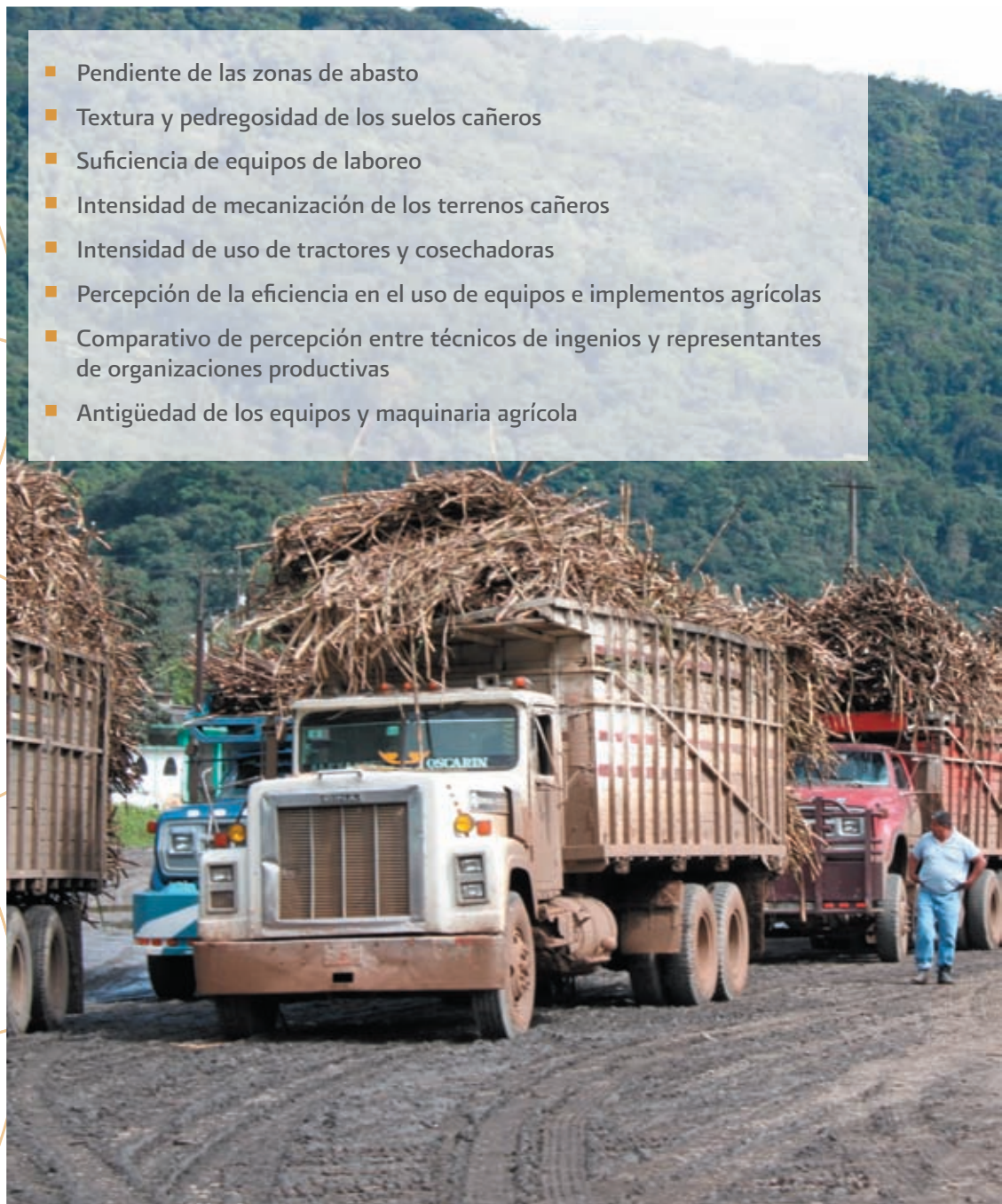
Cuadro 4. Concentrado de las necesidades de maquinaria agrícola requerida por los ingenios cañeros mexicanos.

INGENIO	MAQUINARIA REQUERIDA (MEDIA / DESVIACIÓN ESTÁNDAR)													
	ARADOS		RASTRAS		SUBSOLEOS		FERTILIZADORAS		CULTIVADORAS		NIVELADORAS		ALZADORAS	
ADOLFO LÓPEZ MATEOS	71.2	20.1	62.2	28.0	69.5	22.3	219.7	65.7	61.3	12.6	11.5	2.4	139.9	45.4
AARÓN SÁENZ GARZA	53.9	10.8	47.2	18.9	52.6	12.8	166.5	37.6	46.5	4.2	8.7	0.8	106.0	27.2
ALIANZA POPULAR	66.4	12.1	58.1	22.6	64.9	15.0	205.2	43.7	57.3	2.2	10.7	0.4	130.6	31.7
ATENCINGO	44.2	8.7	38.7	15.4	43.3	11.0	136.8	31.6	38.2	3.6	7.2	0.7	87.0	22.1
AZSUREMEX - TENOSIQUE	14.2	2.8	12.4	4.9	13.9	3.3	43.9	9.9	12.3	1.1	2.3	0.2	27.9	7.1
BELLAVISTA	23.0	4.7	20.2	8.3	22.5	5.7	71.1	16.5	19.8	1.8	3.7	0.3	45.2	11.3
CALIPAM	9.5	1.8	8.3	3.2	9.3	2.3	29.3	6.4	8.2	0.6	1.5	0.1	18.6	4.6
CASASANO (LA ABEJA)	12.8	2.4	11.2	4.4	12.5	2.9	39.5	8.5	11.0	0.6	2.1	0.1	25.1	6.2
CUATOTOLAPAM	34.3	8.0	30.1	12.8	33.6	9.5	106.0	27.3	29.7	4.6	5.6	0.9	67.7	19.9
EL CARMEN	29.0	6.1	25.4	10.4	28.3	7.2	89.5	21.0	25.0	2.6	4.7	0.5	56.9	14.4
EL DORADO	19.5	4.1	17.1	7.1	19.0	5.0	60.1	14.2	16.8	1.9	3.1	0.4	38.2	10.0
EL HIGO	49.4	10.5	43.2	17.2	48.3	12.6	152.7	35.9	42.6	4.5	8.0	0.8	97.1	24.8
EL MANTE	52.5	10.0	45.9	18.0	51.3	12.2	162.1	35.7	45.3	3.3	8.5	0.6	103.1	25.0
EL MODELO	42.4	7.8	37.1	14.3	41.4	9.7	130.9	27.2	36.6	1.6	6.9	0.3	83.4	20.2
EL MOLINO	33.2	6.4	29.1	11.7	32.4	7.8	102.5	23.2	28.6	2.4	5.4	0.4	65.2	16.1
EL POTRERO	74.3	13.9	64.9	25.3	72.5	16.8	229.3	49.7	64.1	3.7	12.0	0.7	146.0	35.6
EL REFUGIO	23.0	5.3	20.3	8.7	22.5	6.3	71.3	19.0	19.9	3.1	3.7	0.6	45.3	12.8
EMILIANO ZAPATA	38.0	7.4	33.2	13.0	37.1	8.8	117.6	27.5	32.8	3.0	6.2	0.6	74.8	19.0
HUIXTLA	41.0	9.1	35.9	14.8	40.0	10.5	126.6	30.6	35.4	4.4	6.6	0.8	80.5	21.3
INDEPENDENCIA	14.2	5.5	12.6	7.0	13.9	5.9	44.2	18.6	12.3	4.3	2.3	0.8	28.0	11.8
JOSÉ MA. MARTÍNEZ (TALA)	76.3	14.2	66.8	26.3	74.5	17.5	235.7	51.2	65.9	4.8	12.4	0.9	150.2	37.7
JOSÉ MARÍA MORELOS	28.3	5.7	24.7	9.9	27.6	6.8	87.4	20.7	24.4	2.4	4.6	0.5	55.6	14.6
LA CONCEPCIÓN	7.7	2.9	6.7	3.4	7.5	3.1	23.6	8.9	6.6	2.1	1.2	0.4	15.1	6.2
LA CONSTANCIA	42.0	7.8	36.7	14.3	41.1	9.8	129.8	28.5	36.3	2.5	6.8	0.5	82.6	20.6
LA GLORIA	53.6	11.1	46.8	18.5	52.4	13.2	165.5	38.1	46.3	4.7	8.7	0.9	105.5	27.9
LA JOYA	26.5	7.6	23.2	10.4	25.9	8.5	82.2	26.4	22.9	5.1	4.3	1.0	52.4	17.8
LA PRIMAVERA	18.6	6.4	16.2	8.1	18.1	6.9	57.4	21.3	16.0	4.8	3.0	0.9	36.4	13.7
LA PROVIDENCIA	39.9	10.4	35.0	15.7	38.9	11.9	123.6	36.6	34.5	6.6	6.5	1.2	78.5	23.9
LÁZARO CÁRDENAS	13.2	2.5	11.6	4.6	12.9	3.2	40.9	9.3	11.4	0.9	2.1	0.2	26.0	6.5
LOS MOCHIS	49.2	10.4	43.0	17.4	48.1	12.7	151.9	36.1	42.4	4.8	8.0	0.9	96.8	25.9
MAHUIXTLAN	16.0	4.0	13.9	5.9	15.5	4.3	49.2	13.0	13.8	2.3	2.6	0.4	31.4	9.2
MELCHOR OCAMPO	31.4	5.6	27.4	10.7	30.6	7.0	96.9	20.2	27.1	0.6	5.1	0.1	61.7	14.7
MOTZORONGO	71.4	12.9	62.4	23.8	69.8	16.4	220.7	47.4	61.7	3.2	11.6	0.6	140.6	34.7
NUÉVO SAN FRANCISCO (NARANJAL)	27.6	12.7	24.1	14.0	27.1	13.4	85.0	39.3	23.8	9.7	4.5	1.8	53.9	25.8
PABLO MACHADO (LA MARGARITA)	54.3	10.1	47.5	18.5	53.1	12.6	167.9	37.1	46.9	2.5	8.8	0.5	106.8	26.0
PEDERNALES	13.1	2.6	11.4	4.5	12.8	3.2	40.5	9.2	11.3	1.0	2.1	0.2	25.8	6.6
PLAN DE AYALA	66.8	16.7	58.9	26.6	65.3	19.5	206.4	57.1	57.7	10.1	10.8	1.9	131.6	39.6
PLAN DE SAN LUIS	56.7	12.6	49.6	20.6	55.4	14.9	175.0	42.9	48.9	6.8	9.2	1.3	111.4	30.1
PRESIDENTE BENITO JUÁREZ	57.8	11.2	50.6	20.0	56.4	13.5	178.2	38.7	49.8	3.6	9.3	0.7	113.7	28.8
PUGA	69.2	14.2	60.5	24.2	67.6	17.3	214.0	51.2	59.7	5.9	11.2	1.1	136.1	35.5
PUJILTIĆ (CIA. LA FE)	57.6	10.2	50.4	19.6	56.3	13.0	177.9	37.4	49.7	1.2	9.3	0.2	113.3	27.2
QUESERÍA	40.0	7.5	35.0	13.7	39.1	9.4	123.8	28.1	34.6	2.8	6.5	0.5	78.8	20.0
SAN CRISTÓBAL	154.4	28.4	135.0	52.6	150.6	34.8	476.9	102.7	133.1	5.1	25.0	1.0	303.4	73.6
SAN FRANCISCO AMECA	35.2	7.5	30.7	12.3	34.3	8.8	108.6	26.0	30.3	3.5	5.7	0.7	69.0	17.6
SAN GABRIEL	26.8	4.9	23.5	9.3	26.2	6.2	82.7	17.4	23.1	1.2	4.3	0.2	52.7	12.8
SAN JOSÉ DE ABAJO	29.1	5.7	25.5	10.1	28.4	6.9	90.1	21.0	25.1	2.0	4.7	0.4	57.2	14.3
SAN MIGUELITO	23.9	4.3	20.9	8.0	23.4	5.5	73.9	15.5	20.7	0.6	3.9	0.1	47.1	11.3
SAN NICOLÁS	28.2	6.6	24.6	10.0	27.4	7.3	86.9	21.9	24.3	3.5	4.6	0.7	55.4	15.5
SAN PEDRO	47.7	10.5	41.7	17.0	46.6	11.9	147.4	36.0	41.2	5.5	7.7	1.0	93.6	23.9
SANTA CLARA	25.0	7.0	21.8	9.8	24.5	7.9	77.5	24.2	21.6	4.9	4.1	0.9	49.2	16.1
SANTA ROSALÍA	32.6	6.0	28.5	11.0	31.9	7.5	100.7	21.5	28.1	1.2	5.3	0.2	64.1	15.4
TAMAZULA	45.8	8.7	40.0	15.9	44.7	10.8	141.4	31.8	39.5	3.2	7.4	0.6	90.1	22.8
TRES VALLES	96.9	23.5	84.2	34.1	94.7	27.3	299.3	80.3	83.5	13.4	15.7	2.5	190.3	54.6
ZAPOAPITA - PÁNUCO	53.3	10.2	46.6	18.3	52.0	12.4	164.8	36.7	46.0	3.3	8.6	0.6	104.8	25.9

Capítulo 6.

La visión de los Ingenios respecto a la Mecanización

- Pendiente de las zonas de abasto
- Textura y pedregosidad de los suelos cañeros
- Suficiencia de equipos de laboreo
- Intensidad de mecanización de los terrenos cañeros
- Intensidad de uso de tractores y cosechadoras
- Percepción de la eficiencia en el uso de equipos e implementos agrícolas
- Comparativo de percepción entre técnicos de ingenios y representantes de organizaciones productivas
- Antigüedad de los equipos y maquinaria agrícola



Capítulo 6. La visión de los Ingenios respecto a la Mecanización

A fin de lograr un panorama regional respecto a la situación actual de la maquinaria y equipo agrícola en los campos cañeros del país, se realizó una encuesta a técnicos de los ingenios y representantes de las organizaciones productivas, mediante visitas físicas, gestiones telefónicas y a través de correo electrónico. A continuación se presenta el análisis de los resultados derivados de la aplicación de dicha encuesta; mismos que fueron reforzados en los recorridos y verificaciones de campo.

Dicho análisis incluyó variables específicas, las cuales se presentan en los recuadros amarillos, cada una de ellas se encuentra acompañada del gráfico descriptivo de la misma así como su interpretación respectiva.

PENDIENTE DE LAS ZONAS DE ABASTO

Las Figuras 1 a 3 muestran la opinión generalizada de los encuestados respecto al porcentaje de las zonas de abasto de sus respectivos ingenios agrupados en tres rangos de pendiente del terreno: terrenos planos menores a 5% de pendiente, terrenos en lomerío somero con pendientes entre 5 y 15% y terrenos en ladera con pendientes superiores a 15%.



Fig. 1. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

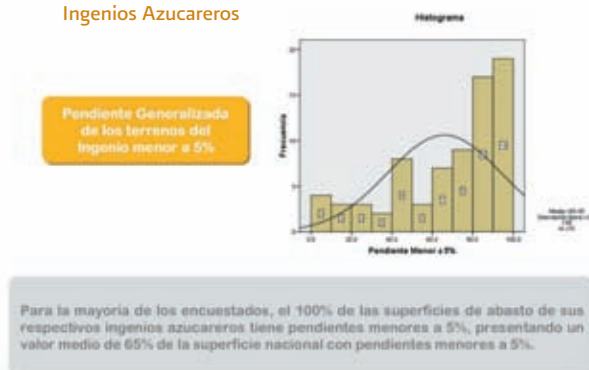


Fig. 2. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

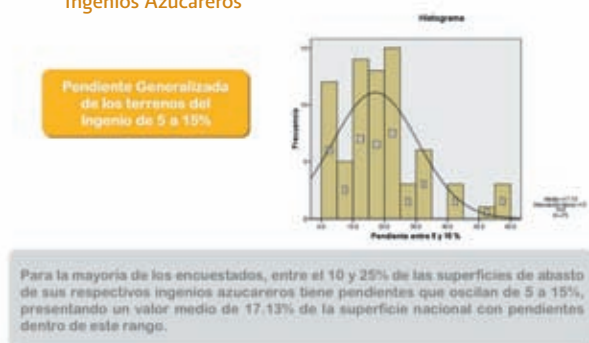
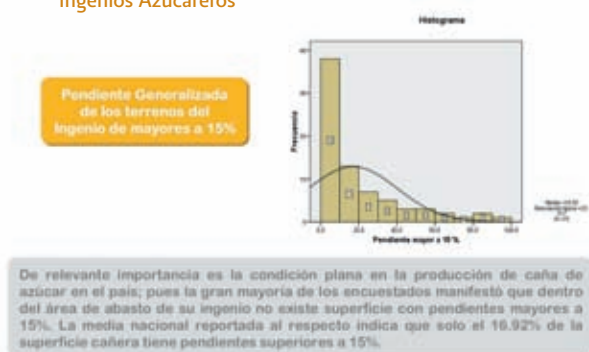


Fig. 3. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



TEXTURA Y PEDREGOSIDAD DE LOS SUELOS CAÑEROS

En las Figuras 4, 5 y 6, se aprecia un análisis de los terrenos cañeros agrupados en rangos de porcentaje de los suelos Arenosos, Arcillosos y Limosos, al interior de las zonas de abasto de los ingenios azucareros. La figura 7 muestra la percepción de los entrevistados en relación a que porcentaje, dentro de las zonas de abasto de sus respectivos ingenios azucareros, tiene problemas de pedregosidad.

Fig. 4. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 5. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

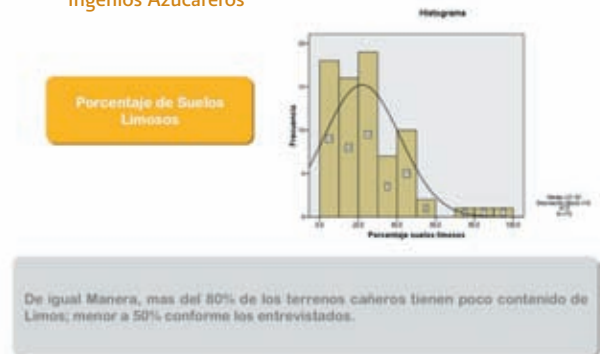


Fig. 6. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 7. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



SUFICIENCIA DE EQUIPOS DE LABOREO

La suficiencia de equipos de laboreo agrícola, representa la opinión generalizada de representantes cañeros y técnicos de los ingenios azucareros del país, entrevistados respecto a considerar, si dentro del área de abasto de sus respectivos ingenios, existe suficiencia de equipos para satisfacer las necesidades reales de labranza y mecanización agrícola. Si bien, éste es un indicador generalizado, existen amplias diferencias de opinión entre distintos entrevistados, en el hecho de estar totalmente de acuerdo o totalmente en desacuerdo, respecto a considerar que son suficientes los equipos e implementos.

Las Figuras 8 a 11 presentan la opinión de los entrevistados respecto a la suficiencia de equipos de mecanización agrícola de los campos cañeros; en tanto que las Figuras 12 a 16 presentan la opinión para implementos agrícolas.



Fig. 8. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

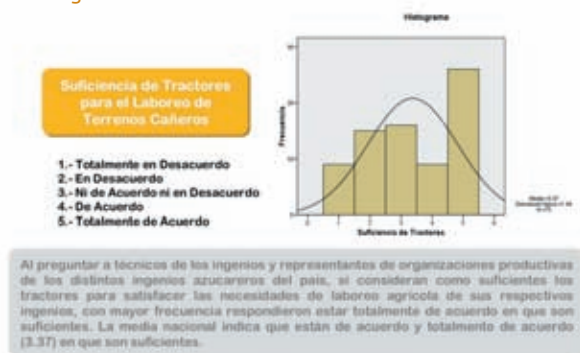


Fig. 9. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

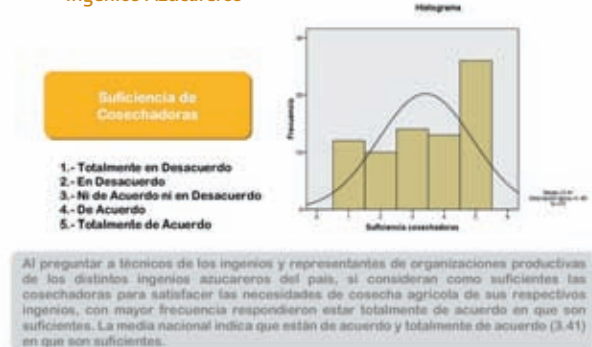


Fig. 10. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

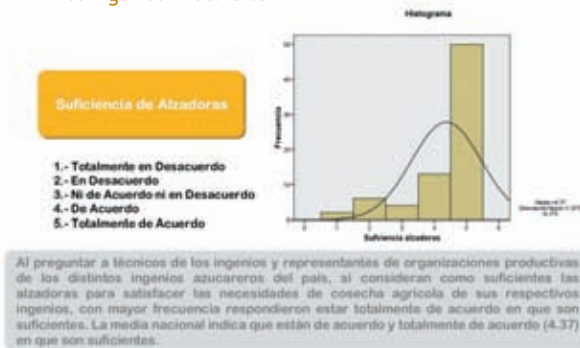


Fig. 11. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

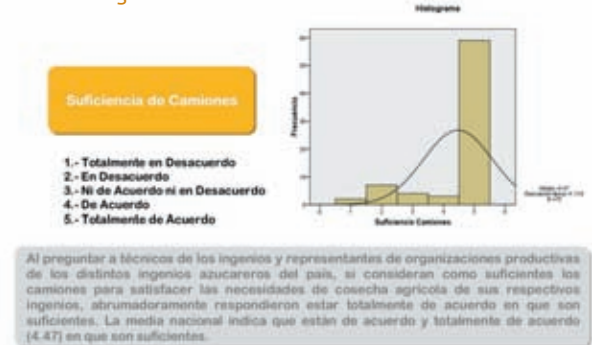


Fig. 12. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 13. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

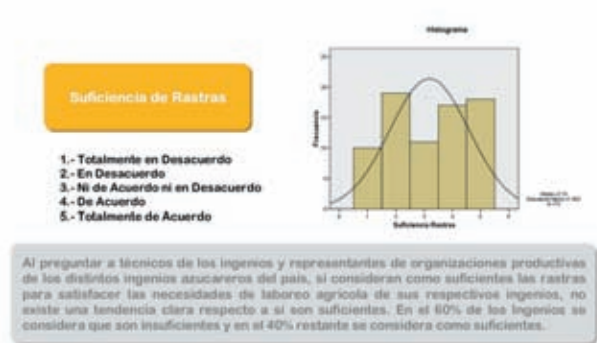


Fig. 14. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

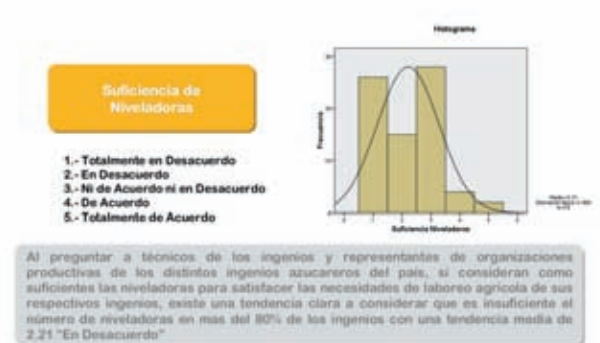


Fig. 15. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

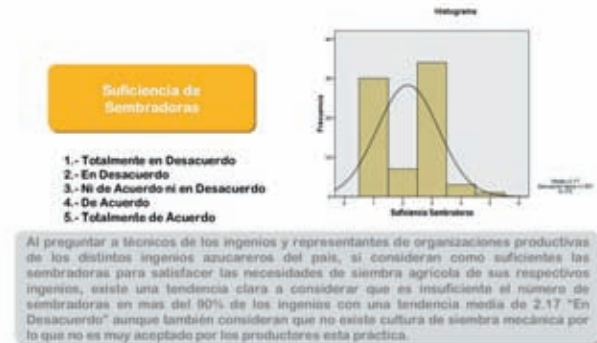
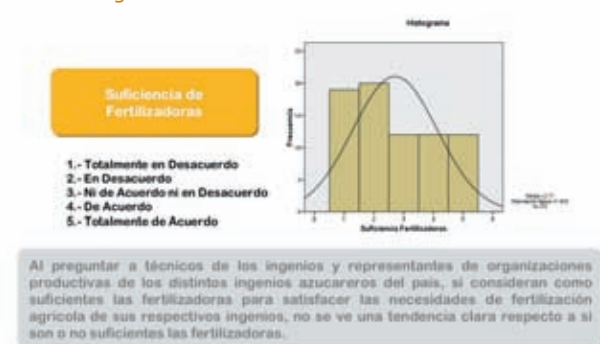


Fig. 16. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



INTENSIDAD DE MECANIZACIÓN DE LOS TERRENOS CAÑEROS

El hecho de conocer la opinión generalizada de los entrevistados respecto a su percepción personal del porcentaje de los terrenos cañeros mecanizados, al interior de las áreas de abasto de sus respectivos ingenios, nos permite tener un panorama nacional de la intensidad de mecanización de la Caña de Azúcar en nuestro país. En este sentido, las Figuras 19 a 21 nos brindan el panorama de las superficies cañeras mecanizadas, sobre preparación del suelo, fertilización, siembra, corte y cosecha mecanizada de la caña de azúcar. Las figuras 22 a 24 presentan la forma generalizada de acarreo de la cosecha en camiones, tractocamiones y carretas.

Todas las gráficas se describen en función de la frecuencia relativa por porcentajes de mecanización reportada por los encuestados.



Fig. 17. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

Fig. 18. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

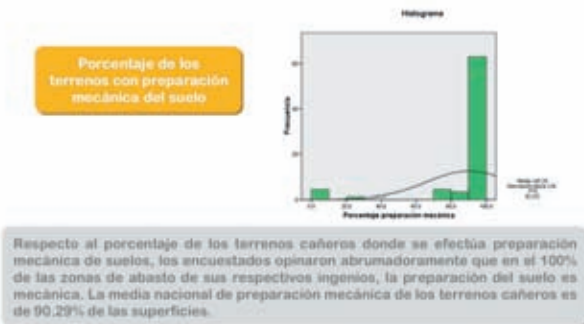


Fig. 19. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

Fig. 20. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

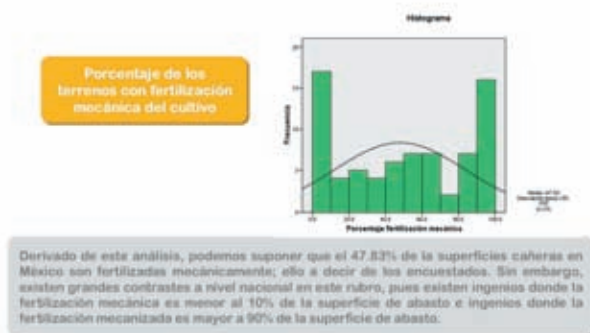


Fig. 21. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



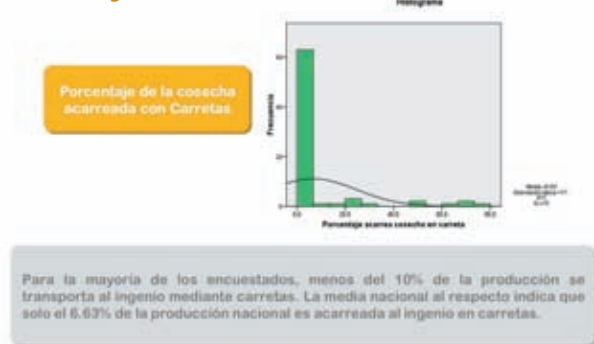
Fig. 22. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 23. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 24. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



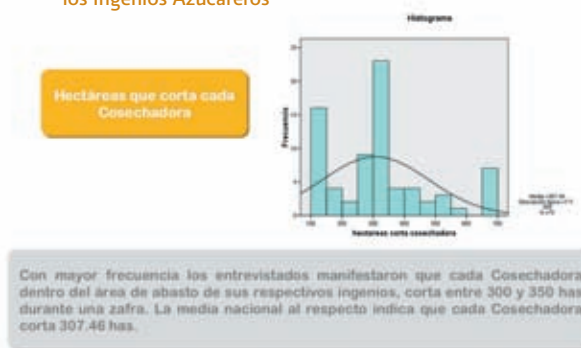
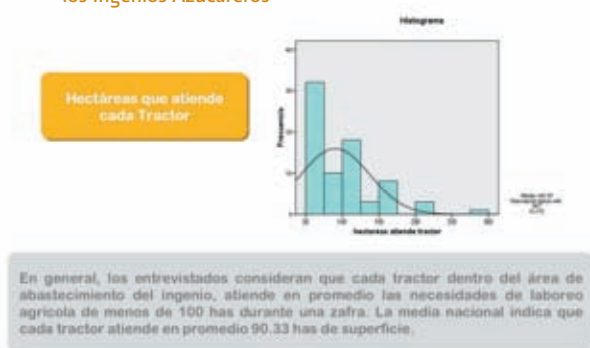
INTENSIDAD DE USO DE TRACTORES Y COSECHADORAS

La intensidad en el uso de tractores y cosechadoras, se interpreta como la percepción generalizada de los entrevistados, respecto al número de hectáreas que en promedio son atendidas por cada tractor y el número de hectáreas en promedio que son cosechadas por cada cosechadora, dentro del área de abasto de sus respectivos ingenios y durante una zafra. Los resultados de dichas opiniones se muestran en las Figuras 25 y 26.



Fig. 25. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

Fig. 26. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



PERCEPCIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Con el propósito de conocer la calificación de los entrevistados respecto a la eficiencia en el uso de equipos y maquinaria agrícola, se partió de la premisa que un tractor logra una eficiencia de 10, cuando atiende las necesidades de laboreo agrícola de 120 has durante una zafra.

Considerando lo anterior, los técnicos de ingenios y representantes de organizaciones productivas entrevistados, opinaron sobre la eficiencia en el uso de equipos agrícolas, lo que se muestra en las Figuras 27 a 33.

Fig. 27. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

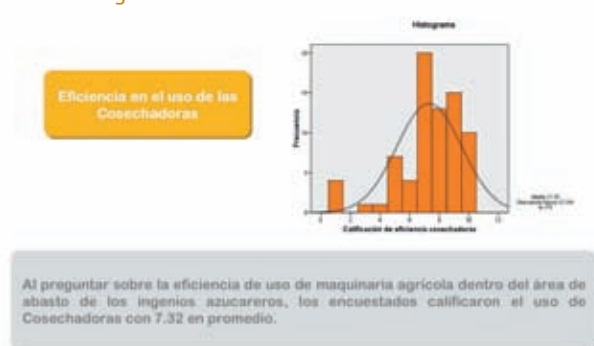


Fig. 28. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

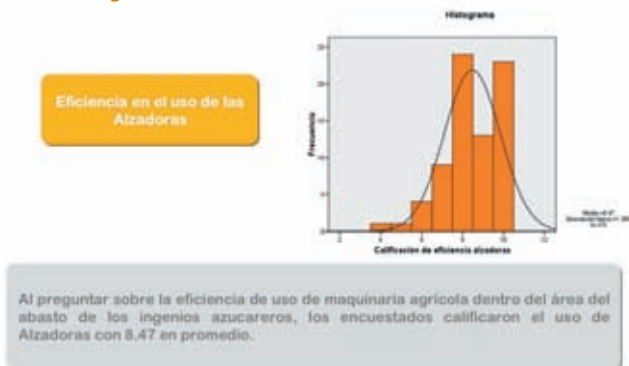


Fig. 29. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

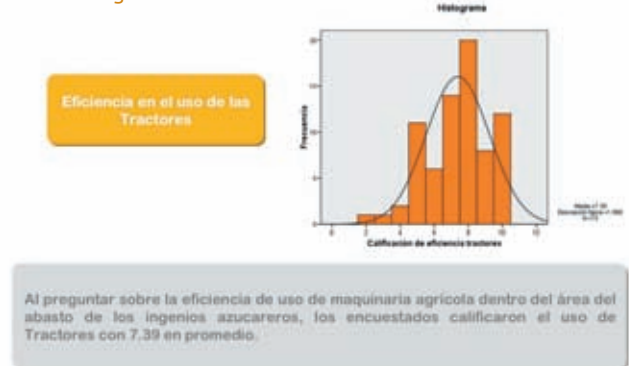


Fig. 30. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

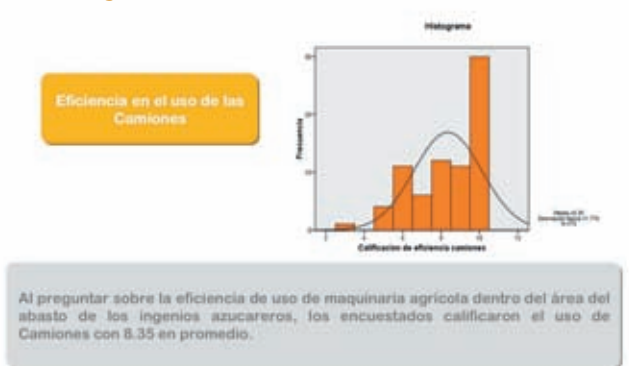


Fig. 31. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 32. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

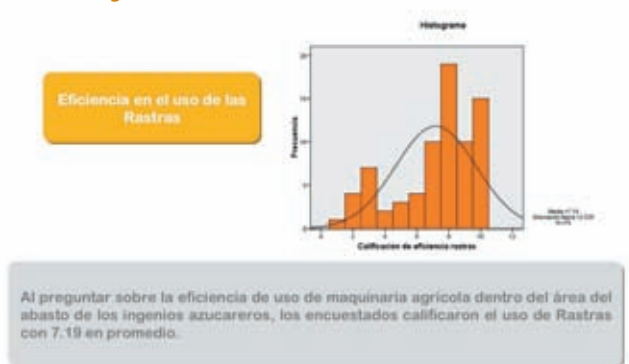
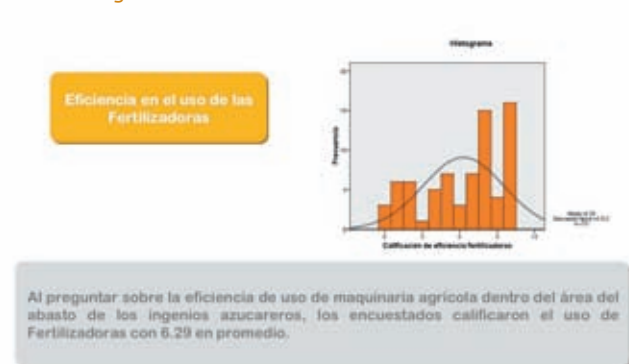


Fig. 33. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



COMPARATIVO DE PERCEPCIÓN ENTRE TÉCNICOS DE INGENIOS Y REPRESENTANTES DE ORGANIZACIONES PRODUCTIVAS

A fin de lograr un mejor entendimiento de la percepción generalizada, en cuanto a la suficiencia de equipos e implementos para el laboreo agrícola, y sus diferenciaciones entre distintos actores de la agroindustria azucarera, las Figuras 34 a 41, muestran comparativamente la percepción entre los entrevistados agrupados por Técnicos de Ingenios Azucareros, Representantes de la CNC Cañera local y Representantes de la CNPR Cañera local de los ingenios azucareros.



Fig. 34. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

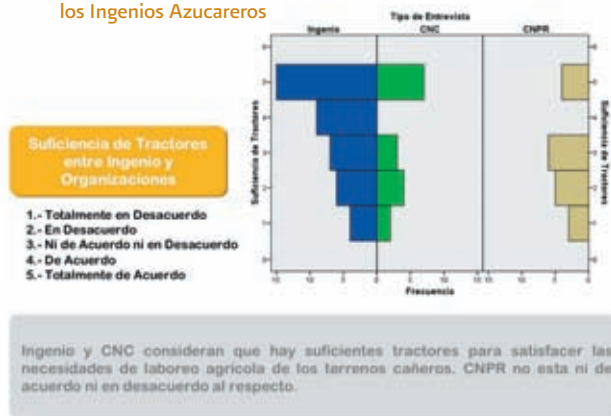


Fig. 35. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

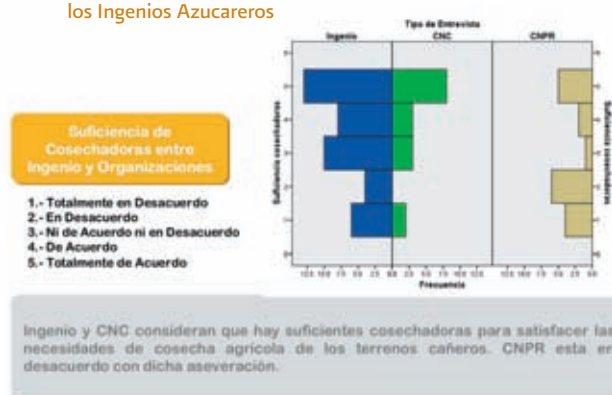


Fig. 36. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

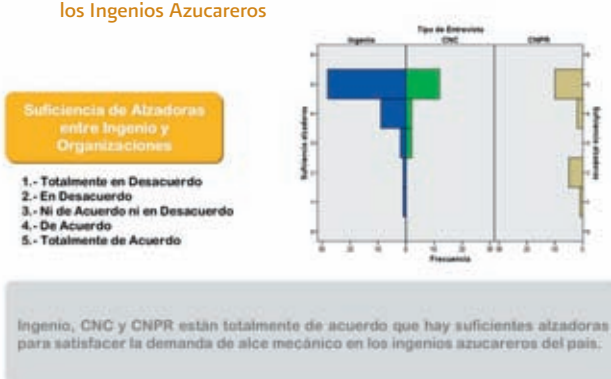


Fig. 37. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

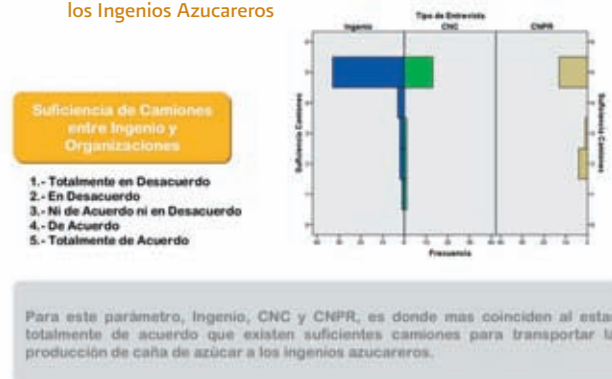


Fig. 38. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 39. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

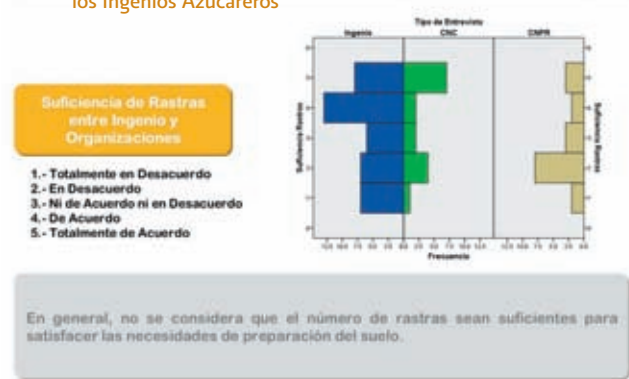


Fig. 40. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

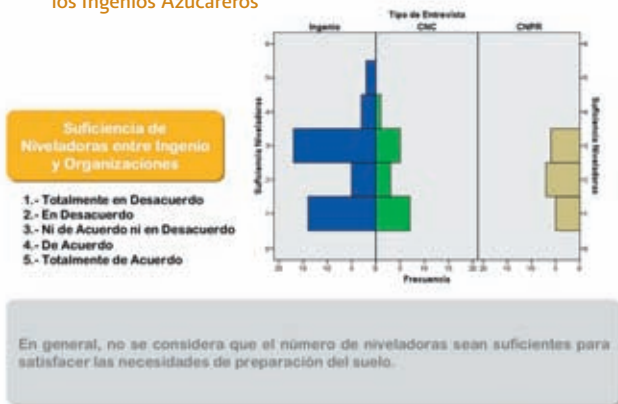
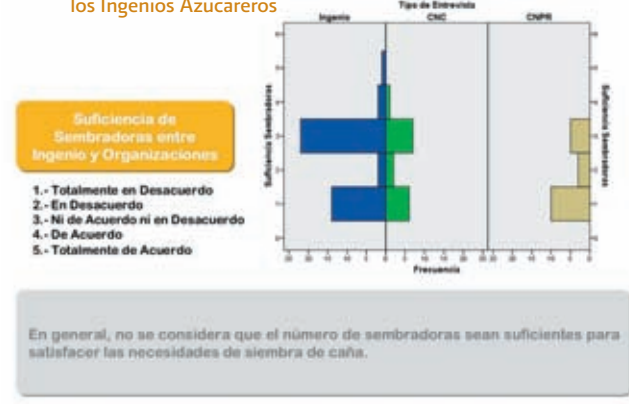


Fig. 41. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



ANTIGÜEDAD DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA

Un aspecto por demás interesante de la visión de los ingenios respecto a la mecanización agrícola, lo constituye la percepción que los encuestados tienen, en relación a la antigüedad de los equipos y maquinaria agrícola. Dicho panorama, se vuelve más interesante si lo analizamos de tal forma que presente visiones comparativas entre los encuestados (Técnicos de ingenios azucareros y representantes de organizaciones productivas) segmentados en ingenios pertenecientes al sector público y sector privado.

En este sentido, las Figuras 42 a 44, presentan el panorama de antigüedad para las alzadoras; las Figuras 45 a 47 presentan la antigüedad de los camiones y las Figuras 48 a 50 presentan la antigüedad de los arados. Ello solo para darnos una idea generalizada de la antigüedad de equipos e implementos en el campo cañero.

Fig. 42. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

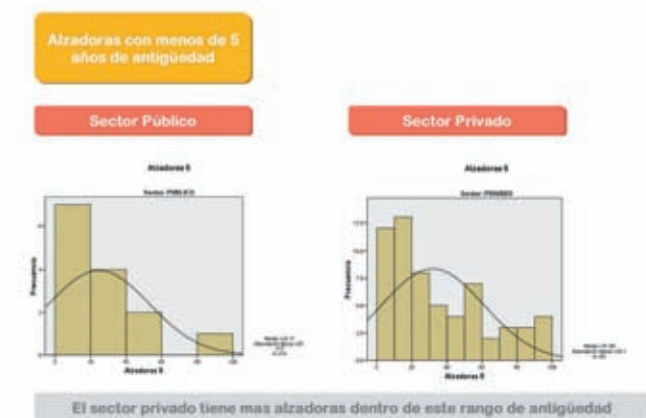


Fig. 43. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

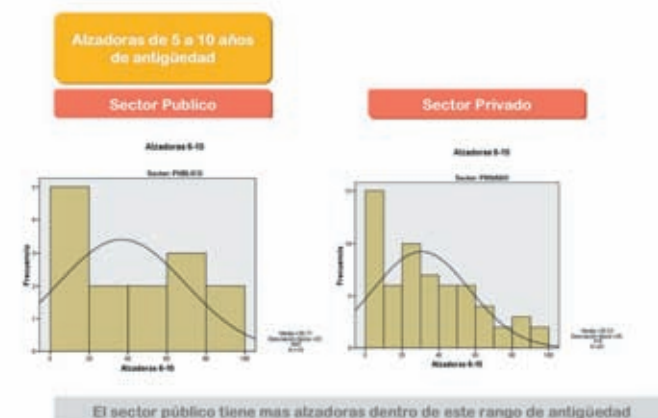


Fig. 44. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 45. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Fig. 46. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

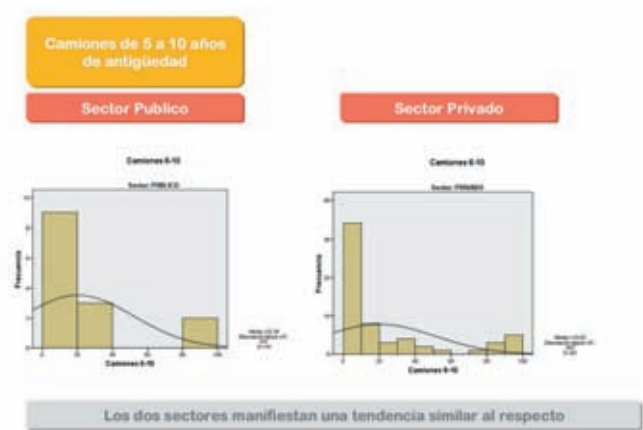


Fig. 47. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

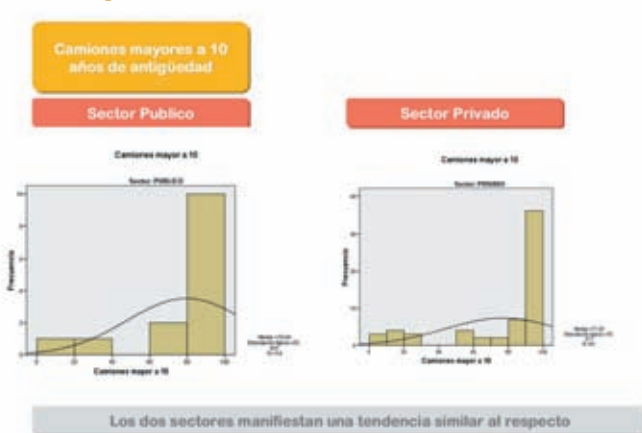


Fig. 48. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

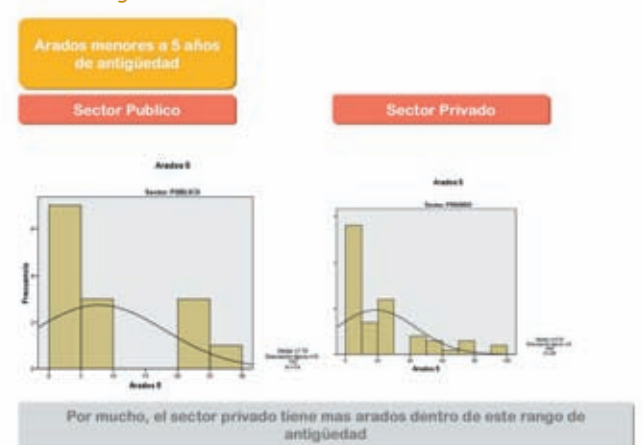


Fig. 49. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros

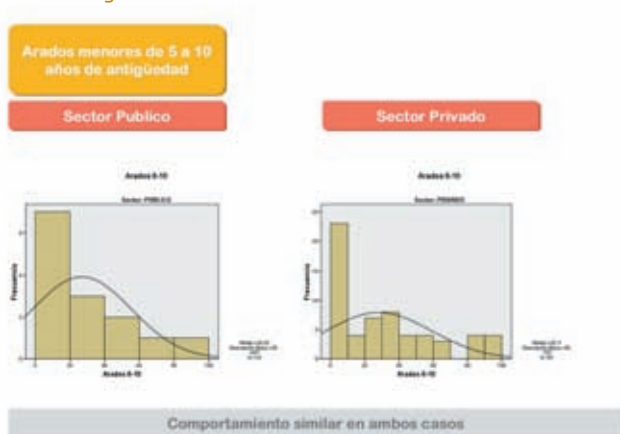
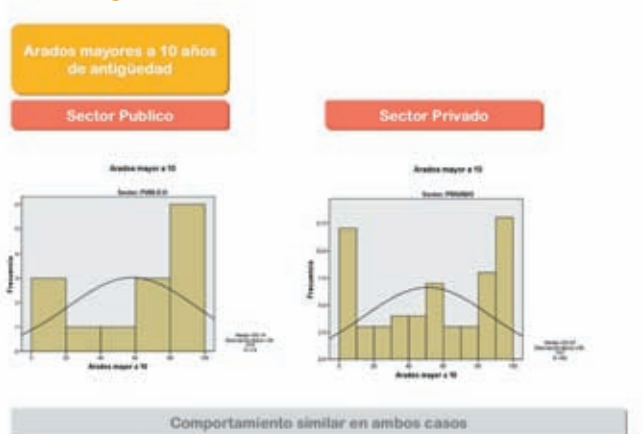
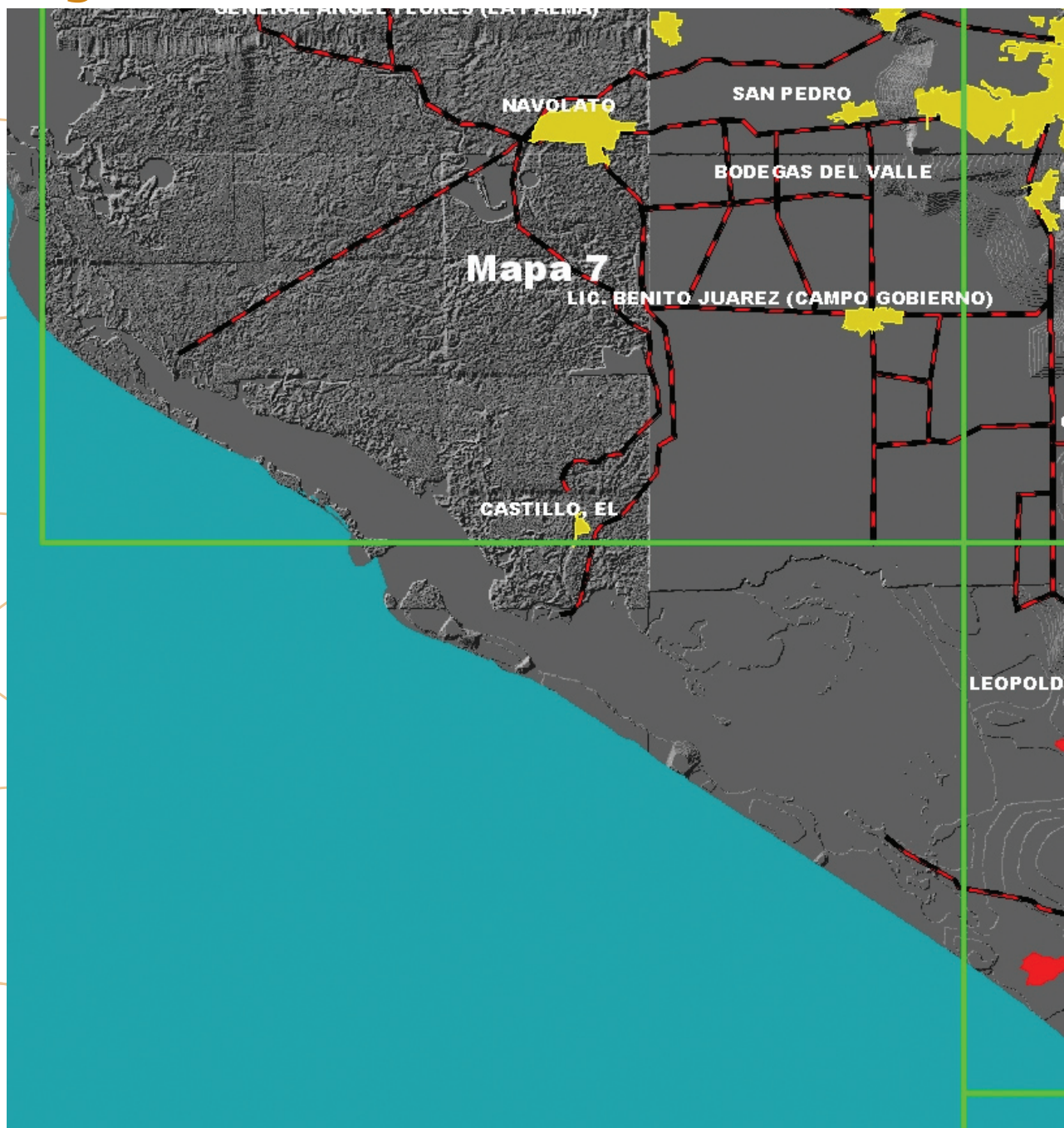


Fig. 50. Fuente COLPOS, 2010, con información recabada en los Ingenios Azucareros



Capítulo 7.

Sistema de Consulta de la Mecanización Agrícola por Ingenio Azucarero



Capítulo 7. Sistema de Consulta de la Mecanización Agrícola por Ingenio Azucarero

El Sistema de consulta es una aplicación que permite la exploración geográfica de los ingenios azucareros del país, programada en PDF, que tiene la finalidad de presentar a los tomadores de decisiones, usuarios de la información y público en general, un esquema sencillo de consulta de las principales variables que intervienen en la mecanización de los campos cañeros del país, con enfoque geográfico y sin la necesidad de el dominio de un Sistema de Información Geográfica.

Para los usuarios con mayor experiencia en el manejo de Sistemas de información Geográfica, el Capítulo 8 describe la instalación y operación básica del Sistema de Información Geográfica de la mecanización de los Campos Cañeros

Durante el desarrollo del presente trabajo, fueron desarrollados 56 sistemas de consulta geográfica para igual número de

ingenios azucareros del país; mismos que se encuentran en archivos digitales anexos al presente informe. Cada uno de estos sistemas tiene la posibilidad de explorar para el área de abastecimiento del ingenio azucarero, 10 temas relacionados con la mecanización agrícola de la caña de azúcar. En algunos casos no fue posible la generación de todas las capas geográficas necesarias para el sistema, debido a la poca geocodificación de variables analizadas (como en el caso del Ingenio Mochis, donde no existen capas de maquinaria para cada área de control debido a que el ingenio maneja el 100% de la superficie cañera, en cuyo caso el Padrón de Productores de Caña de Azúcar del 2007 de INEGI, no reflejó datos por área de control).

La Navegación dentro del sistema es sencilla, al abrirse el archivo PDF solo tienen que seguirse los vínculos marcados como:

EXPLORAR el tema de interés

EXPLORAR



REGRESAR al Nivel de exploración anterior

REGRESAR



A manera de ejemplo a continuación se presenta el Sistema de Exploración Geográfica del Ingenio La Gloria.



Temas a Explorar

Explore alguno de los siguientes temas:

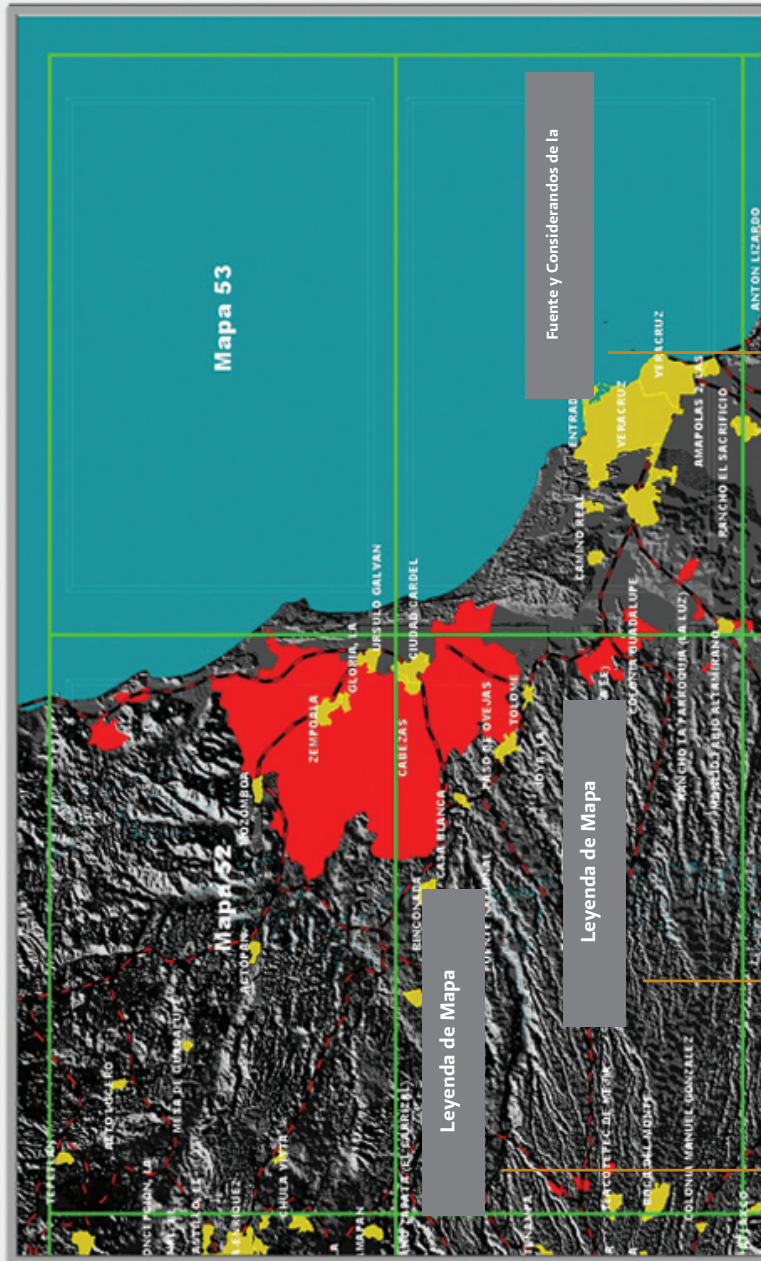
- 1.- Pendientes:** Mapa que describe los rangos de pendiente preponderante de los ingenios azucareros del país [Explorar](#)
- 2.- Pedregosidad:** Mapa en el que se representan condiciones generales de pedregosidad para múltiples sitios en la zona de abasto [Explorar](#)
- 3.- Parcelamiento:** Este tema muestra el número de unidades de producción cañera por área de control [Explorar](#)
- 4.- Tractores:** Muestra el número de tractores por área de control [Explorar](#)
- 5.- Cosechadoras:** Este mapa muestra el número de cosechadoras de Caña de Azúcar disponibles por área de control [Explorar](#)
- 6.- Alzadoras:** Este mapa muestra el número de Alzadoras de Caña de Azúcar disponibles por área de control [Explorar](#)
- 7.- Camiones:** El tema muestra el número de camiones para el transporte de Caña de Azúcar disponibles por área de control [Explorar](#)
- 8.- Índice Laboreo:** Índice que representa la relación porcentual entre el número de unidades de producción y el número de tractores disponibles por área de control [Explorar](#)
- 9.- Índice Cosecha:** Índice que representa la relación porcentual entre el número de unidades de producción y el número de cosechadoras y/o alzadoras disponibles por área de control [Explorar](#)
- 10.- Factibilidad:** Este mapa es un indicador de factibilidad de mecanización de los campos cañeros del país en una escala de 0 a 10 [Explorar](#)

Mapa Base

MAPA BASE

Seleccione un Cuadrante

Regresar

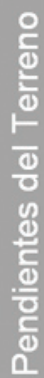


Fuente: Las pendientes fueron obtenidas a partir de un Modelo Digital de Elevación con representación espacial a 30 m y agrupadas en rangos de menos de 5%, de 5 a 15% y mayores a 15%.

Elevaciones

Valles

Carretera
Zona Cañera
Población



Regresar



Pendiente del Terreno

Menor a 5%

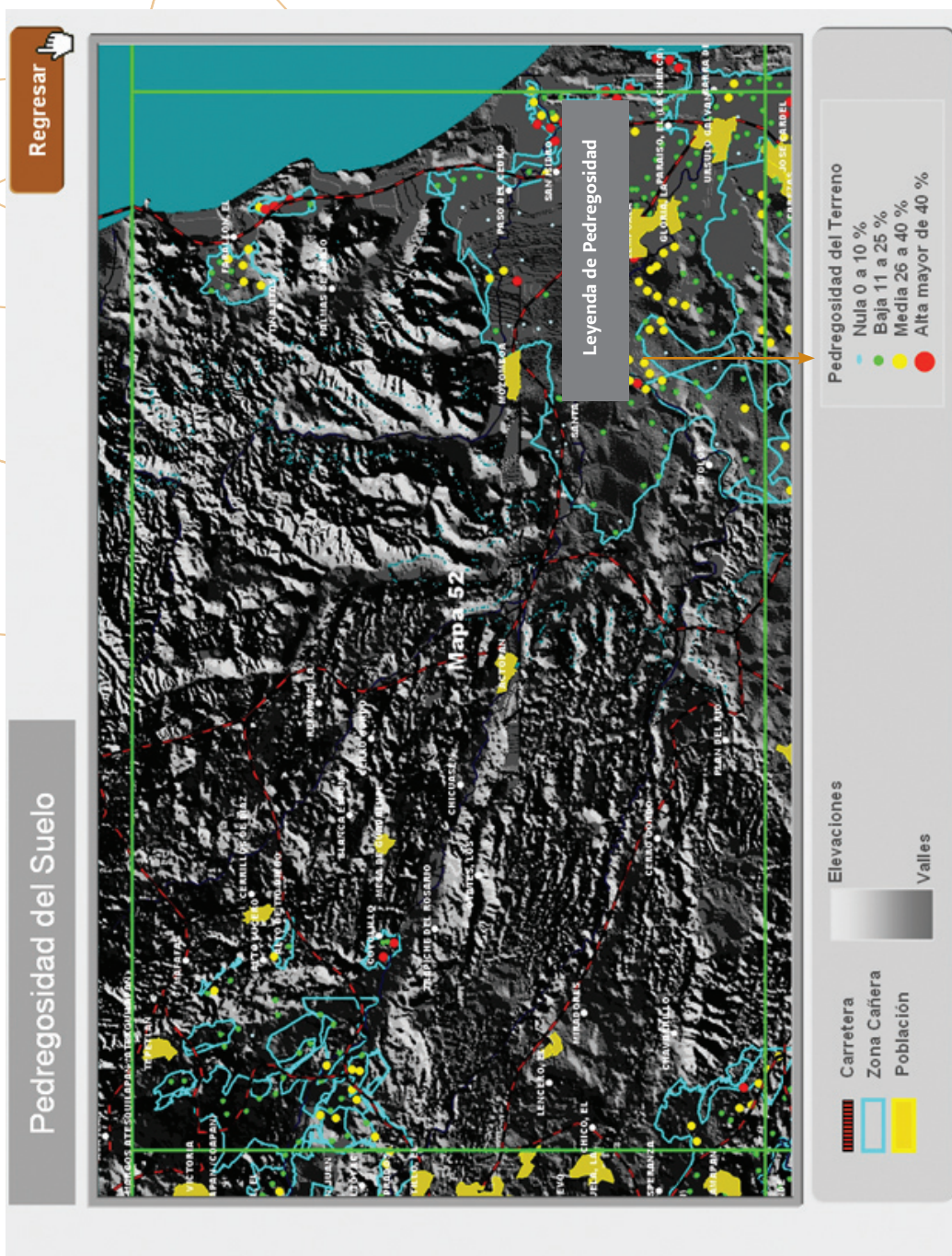
De 5 a 15 %

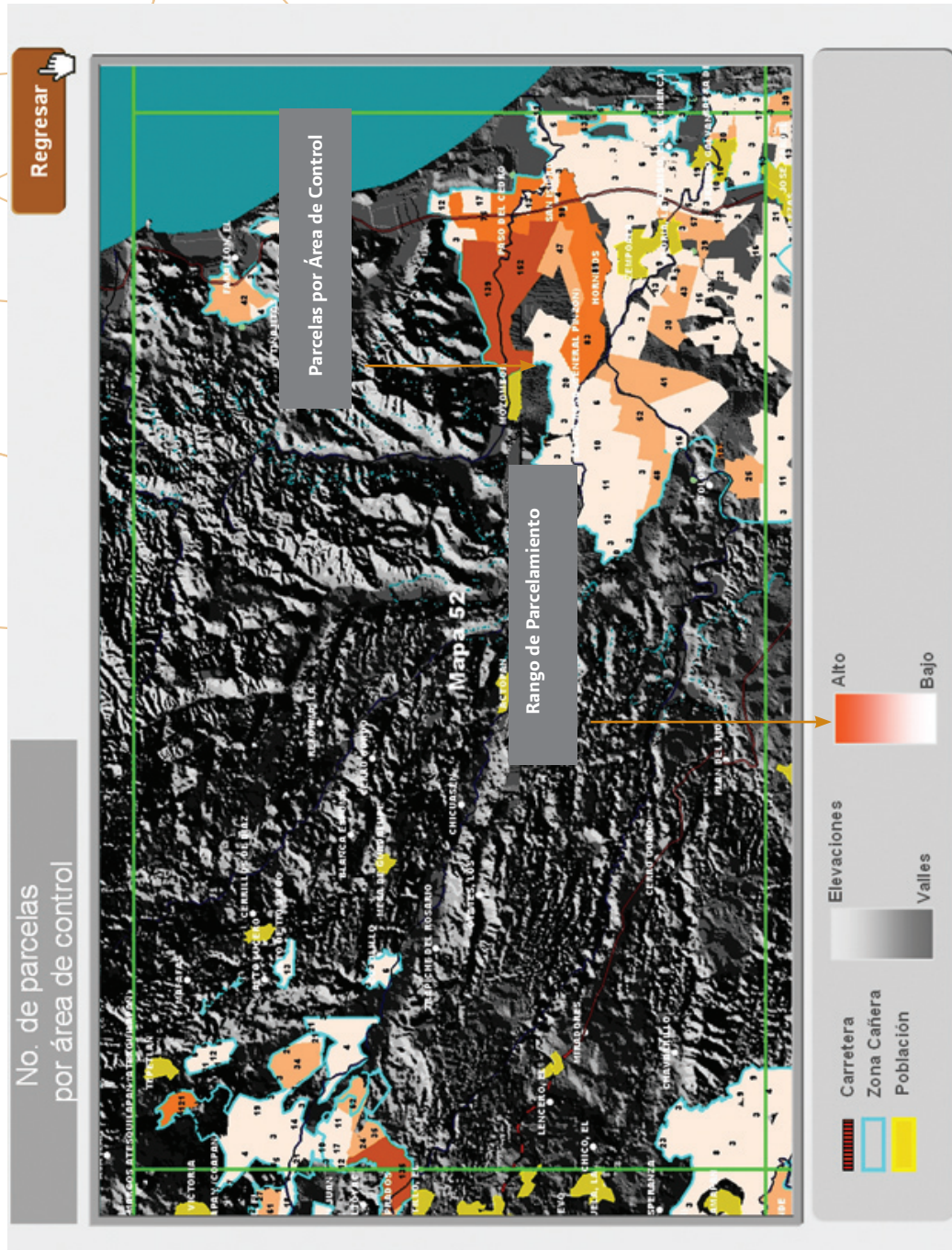
Mayor a 15 %

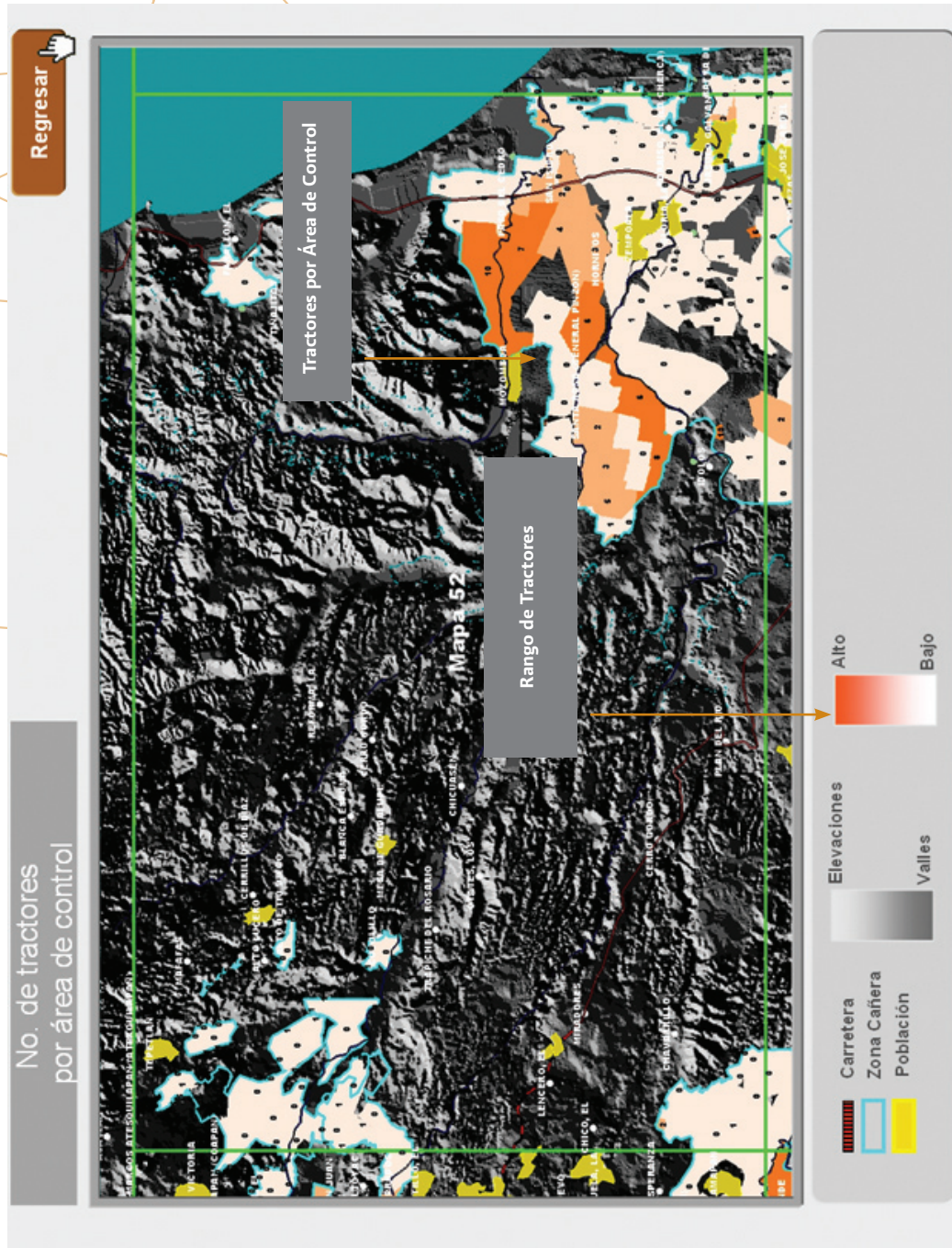
Carretera

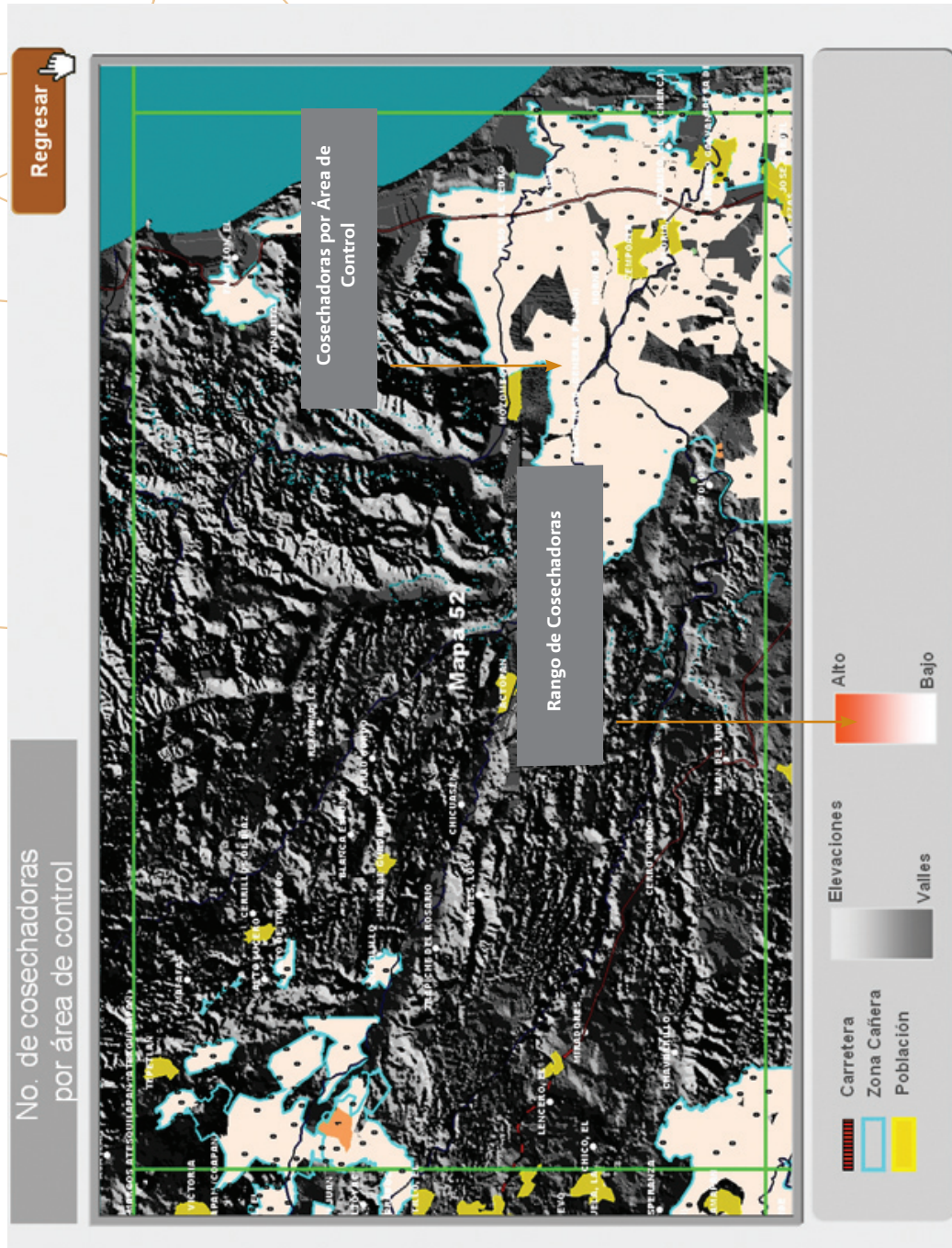
Zona Cañera

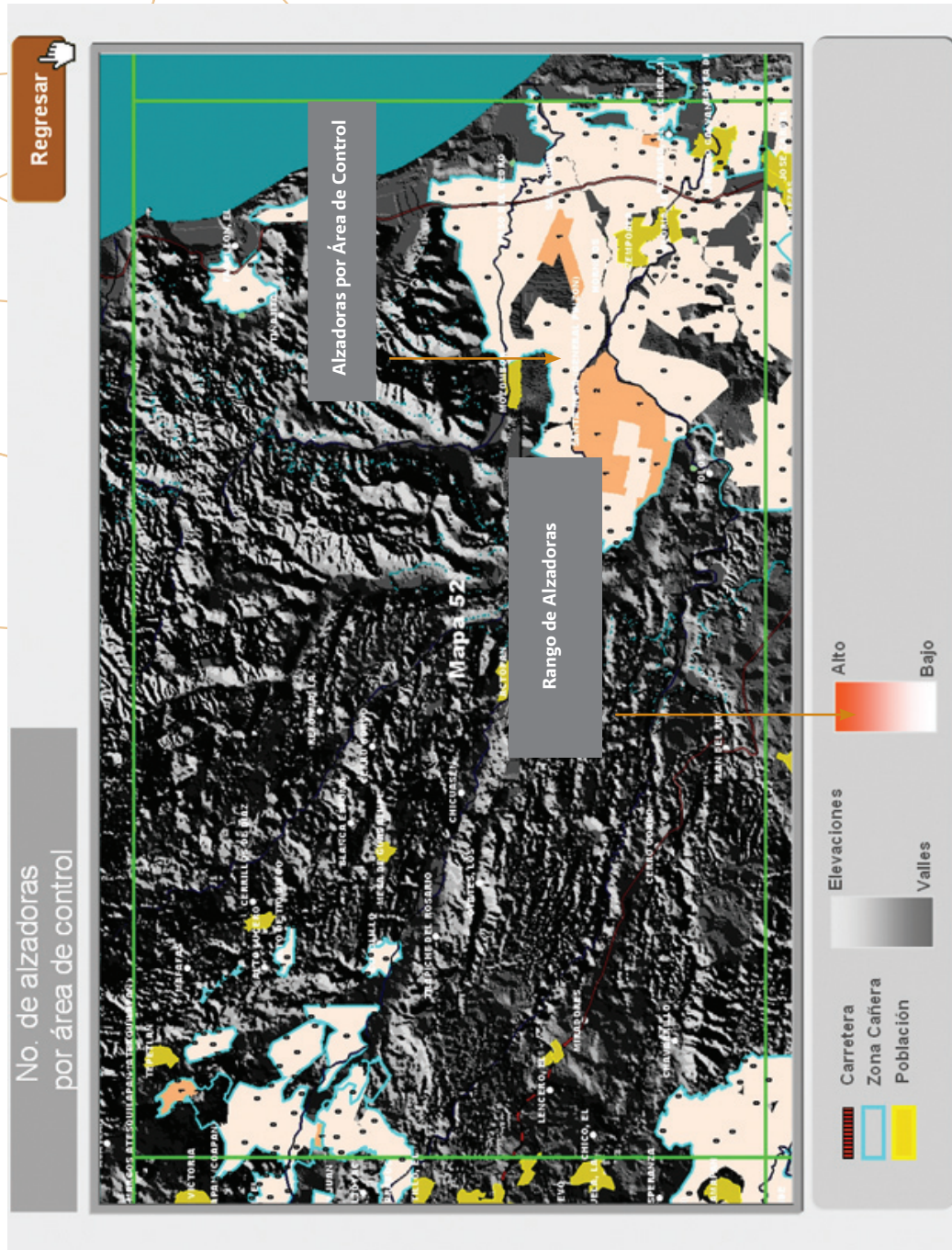
Población

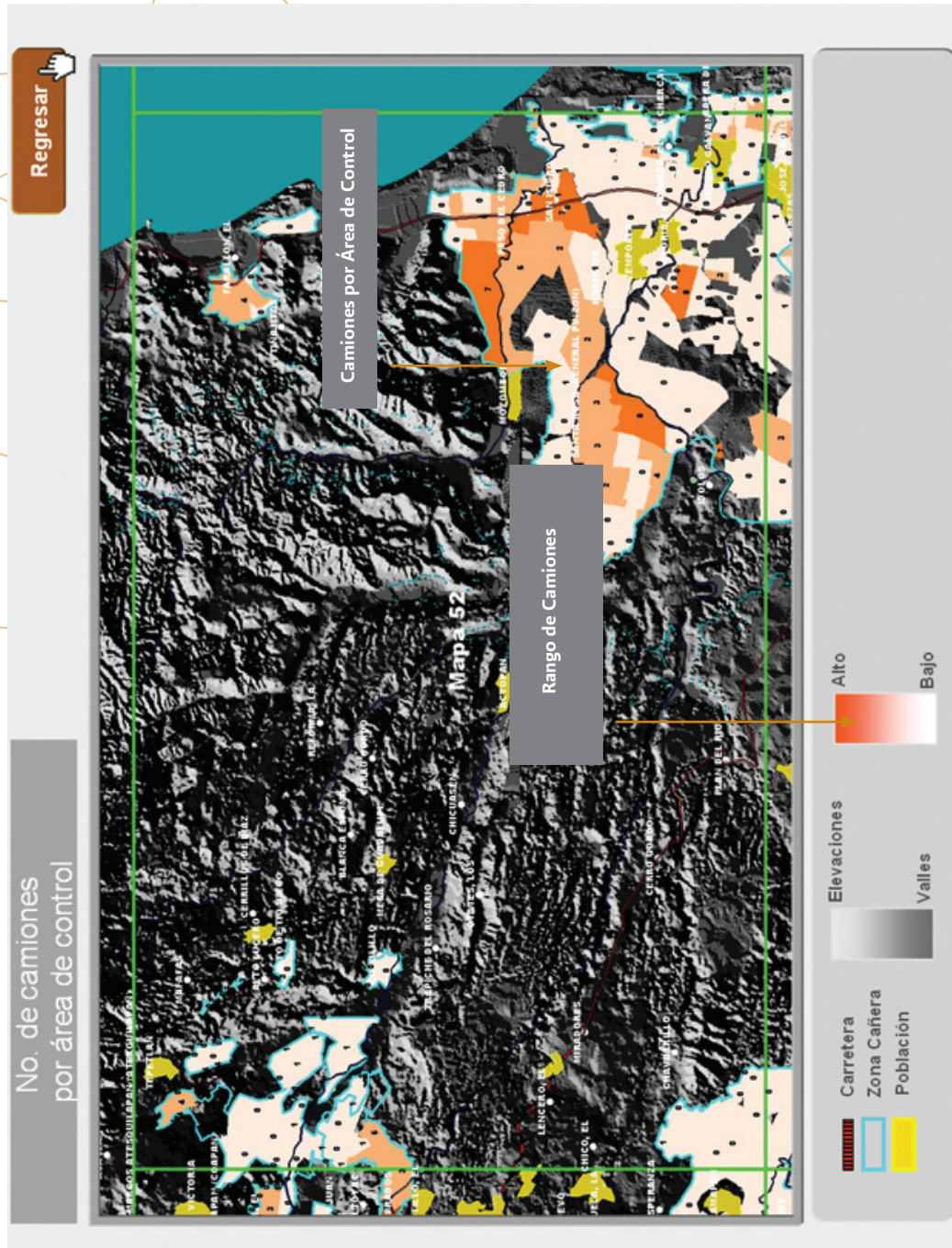


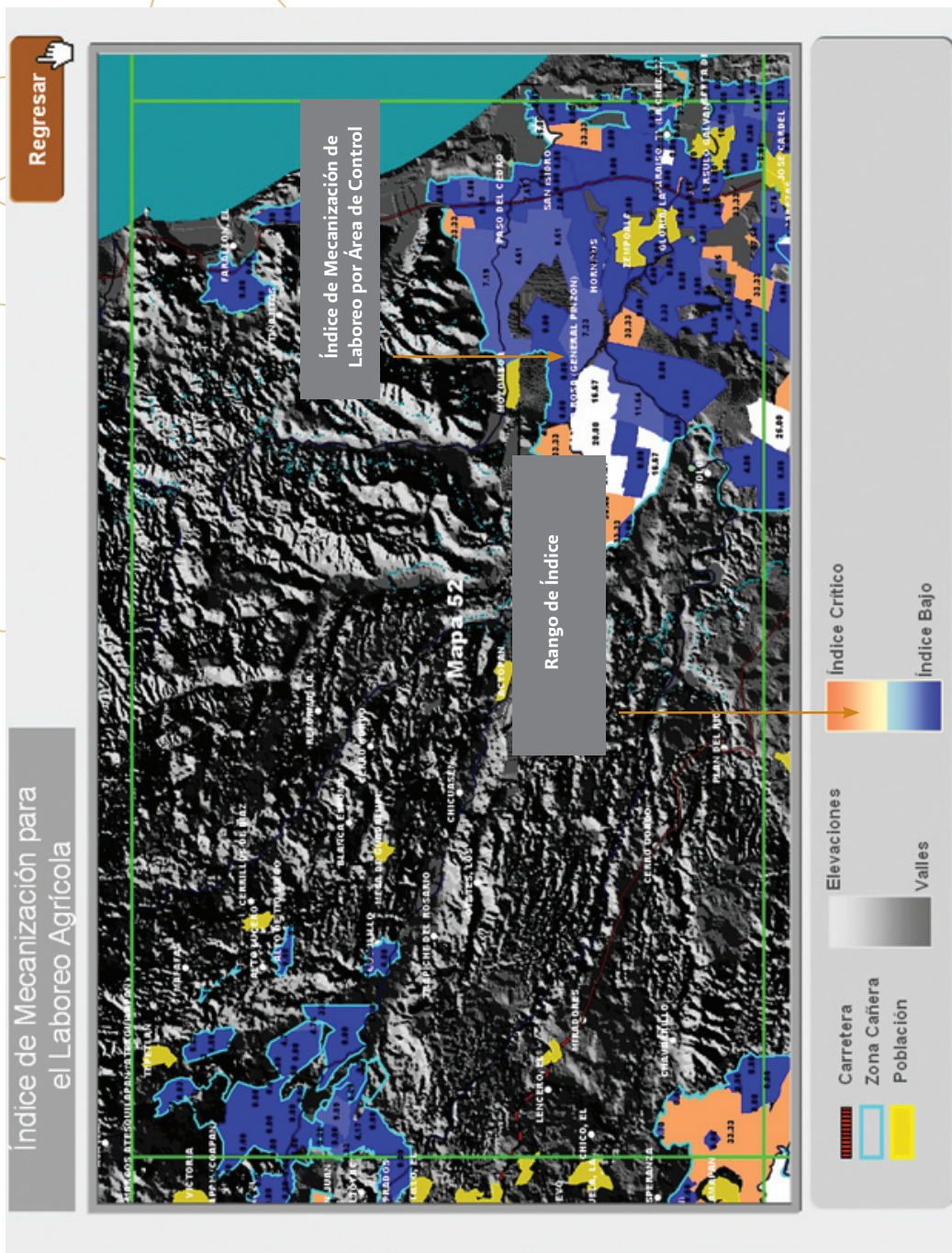


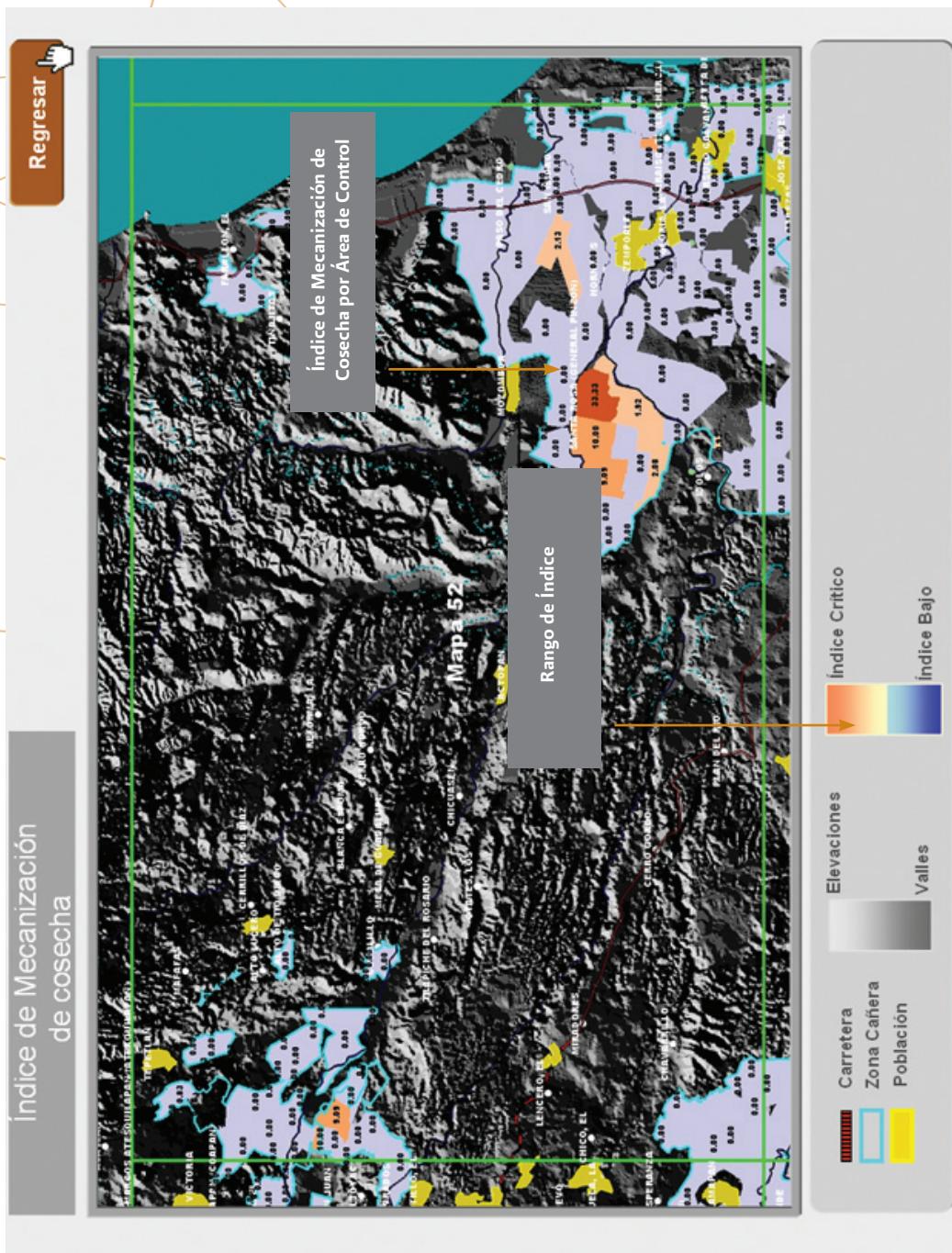


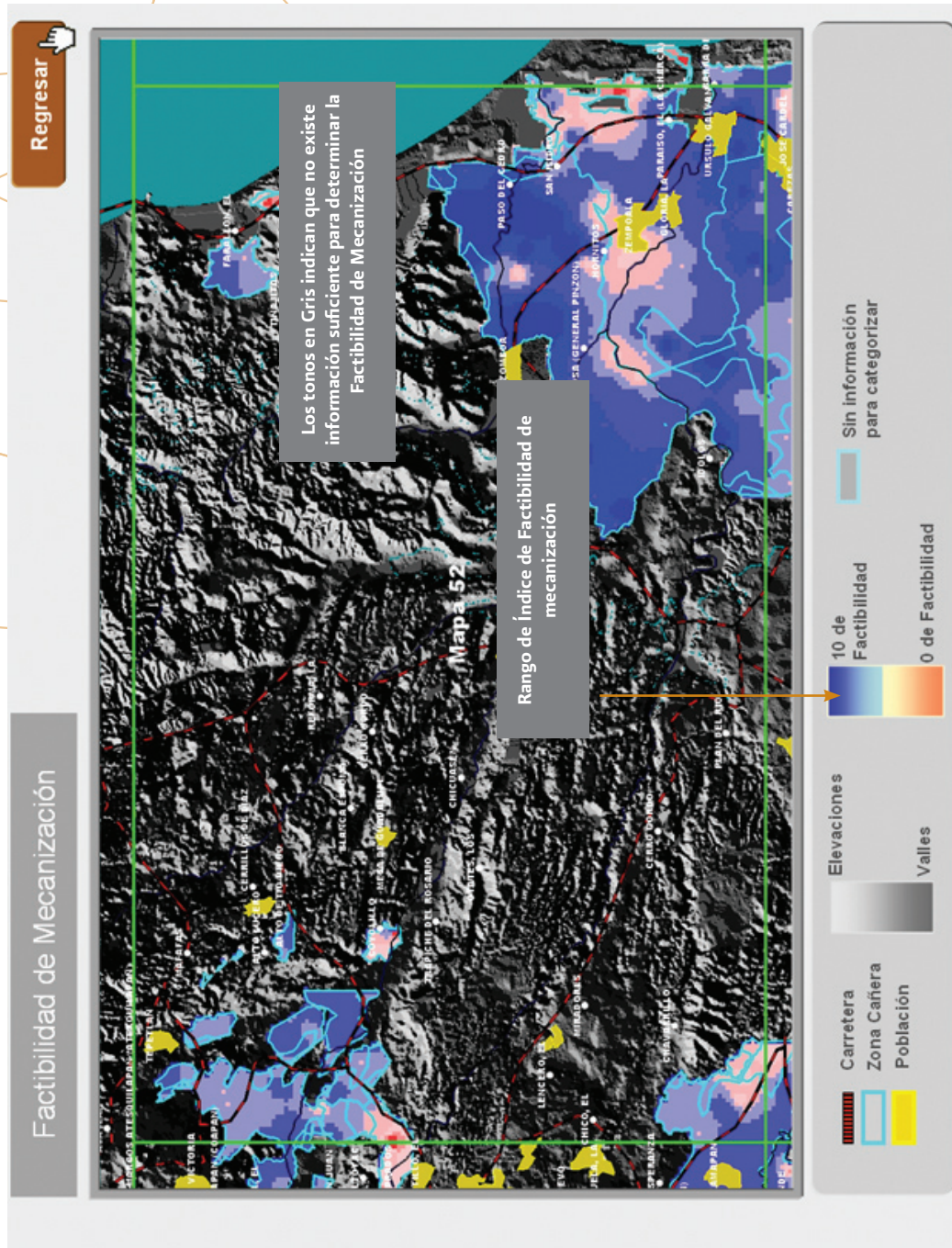












Capítulo 8.

Sistema de Información Geográfica de la
Mecanización de la Caña de Azúcar.



Capítulo 8. Sistema de Información Geográfica de la Mecanización de la Caña de Azúcar.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Información Geográfica del estudio de identificación de necesidades de mecanización en los ingenios azucareros del país, se desarrolló en dos variantes fundamentales: Sobre plataforma de Arc View de ESRI para usuarios que cuenten con dicho software y sobre plataforma ARC Reader para usuarios que no cuenten con licencias de Sistema de Información Geográfica. Los archivos en formato Shape (.shp) y los de bases de datos (.dbf), así como el archivo de referencia geográfica (.prj) y otros creados automáticamente se pueden visualizar en ambas variantes.

VERSIÓN PARA USUARIOS QUE CUENTEN CON LICENCIA DE ARC VIEW 3.X

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS

Es necesario contar con una computadora con memoria libre suficiente en disco duro, es recomendable que tenga por lo menos 256 Mb de memoria RAM, y buena velocidad de procesador (Pentium III o superior) con la finalidad de que los despliegues sean oportunos, además de memoria de video, de por lo menos 4Mb.

Por supuesto, contar con el Software de Sistemas de Información Geográfica, llamado Arcview 3.2, con los módulos (extensiones): JPEG (JFIF) Imagen Support, MrSID Image Support, Overview y Utility, debido a que el archivo ejecutable que abre el proyecto buscará este tipo de elementos y al no encontrarlos emitirá una advertencia de búsqueda que el usuario habrá que cancelar, acción que repercutirá en que el programa no abrirá algunas capas de información importantes o incluso, el sistema completo.

Instrucciones.

Para visualizar el sistema de información geográfica, se tiene que copiar desde el CD la carpeta llamada "SIG_MECANIZACION" a disco duro en la raíz de C:\

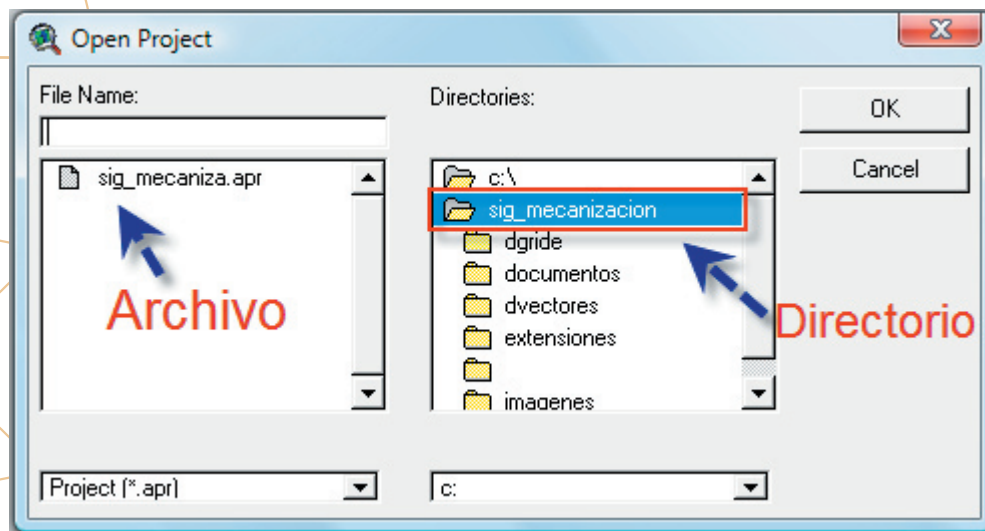
Una vez que ha sido descargada la información en la unidad C:\, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- 1.- Abrir Arcview desde su acceso directo o desde el administrador de programas:
- 2.- Elegir la opción que dice "Open an existing project" y dar clic en OK.
- 3.- En la nueva ventana entrar al directorio C:\SIG_MECANIZACION y elegir el archivo sig_mecaniza.apr, dar clic en OK y esperar que se visualice las capas de información que conforman el sistema de información geográfica.



SELECCIONAR Y DAR CLIC





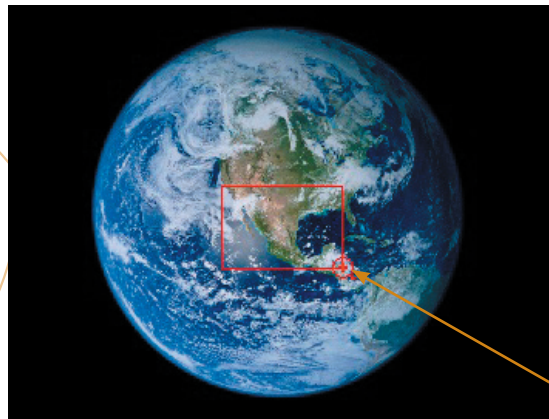
Posterior a este paso, se puede visualizar y utilizar los archivos como mejor convengan al usuario.

MANEJO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La ventana en la que se despliega el sistema de información geográfica, consta de 4 componentes principales; barra de menú, barra de botones, barra de herramientas y la vista o ventana de documentos (tabla de contenidos y visualizador de temas).



Para poder visualizar el área de interés, se utiliza la herramienta de zoom en la opción de aumento, para lo cual se da un clic sobre el botón  para poder utilizarla, posteriormente sobre el mapa se dibuja un rectángulo que cubra el área de interés sin soltar el botón izquierdo del mouse hasta que se forme el rectángulo de interés. Como primera aproximación podemos abarcar a la República Mexicana, posteriormente algún estado y finalmente la zonificación deseada.



FINALIZAR CUADRO DE ZOOM

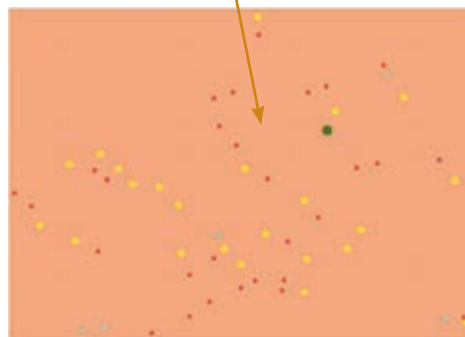


ZOOM REALIZADO

CUADRO DE ZOOM



ZOOM FINAL



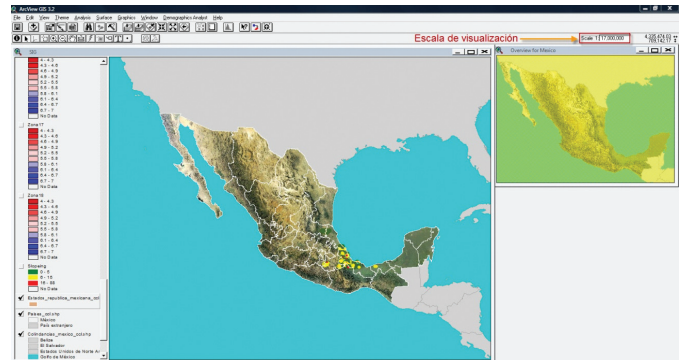
Para observar, con mayor detalle, los rasgos incorporados al sistema de información geográfica como son: malla de zonas cañeras, zona cañera, unidades de producción, mecanización de ingenios, índice de cosecha, índice de labores, puntos de factibilidad es necesario tener una escala de visualización menor o igual a 1:17,500,000.

ESCALA DE VISUALIZACIÓN O DESPLIEGUE

La escala de visualización o despliegue se refiere a una característica en particular de cada tema y consiste en la visualización y/o despliegue de los temas activos en el visor en un determinado rango de escala, si el rango de escala sale del establecido el tema no es visualizado. En general todos los temas activos son desplegados o visualizados en cualquier escala pero para el mejor manejo de algunos archivos principalmente de imágenes y temas muy detallados es necesario hacer uso de esta característica.

La escala de visualización se encuentra en la parte superior derecha de la vista y puede modificarse a la necesidad que se requiera.

El sistema de información geográfica de los Ingenios de la República Mexicana esta elaborado de tal manera que se tienen tres rangos de visualización para los temas que lo componen, los cuales son los siguientes:



Escala de visualización		Temas visualizados	Visualización
Máxima	Mínima		
	30,000,001	- Planeta Tierra	
30,000,000	17,500,001	- Países - Colindancias México - R. Mexicana - Mar	
17,500,000		- Estados R.M. - Puntos de factibilidad (5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17 y 18) - Índice (Labores y cosecha) - Maquinaria y equipo propio (Tractores, camiones, alzadoras, cosechadoras, carretas y yuntas) - Ingenios unidades de producción - Zona (5,9,10,11,13,14,15,17 y 18) - Slop ingenios - Zona cañera - Malla imágenes - Malla nacional - Carretera - Ríos - Ciudades - Estados república mexicana - Países - Colindancias México - Mar	

VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS TEMAS

El sistema de información geográfica integra además de la visualización de los rasgos cartográficos algunas características de importancia como las tablas de datos de los temas incluidos.

La visualización de los datos incorporados a algún tema se realiza mediante la utilización de la herramienta **IDENTIFY**  para lo cual es necesario dar clic al botón  para hacer uso de esa herramienta. Una vez activada la opción de **IDENTIFY**,  se selecciona el tema del cual se quiere realizar la consulta dando clic sobre la leyenda en la tabla de contenidos del tema a consultar, realizada esta operación, el tema de interés es resaltado. Finalmente en el visualizador de temas, se da clic a alguno de los componentes del tema a consultar y aparecerá la información correspondiente.

ARCHIVOS INCLUIDOS EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El sistema de información geográfica se conjuntó en un "proyecto" dentro del software Arc View el cual se puede abrir bajo el nombre de sig_mecaniza.apr guardado directamente dentro de la carpeta C:\SIG_MECANIZACION, tal como se describe a continuación:

Ubicación y contenido del sistema de información geográfica



CARPETA PRINCIPAL	CARPETA SECUNDARIA	CONTENIDO
INGENIOS	Documentos	Archivos en Word en los cuales se describe la información referente al sistema de información geográfica o a los archivos que lo componen.
	Extensiones	Herramientas adicionales que se incorporan a la plataforma de Arc View y mediante los cuales se realizan algunas operaciones específicas como el despliegue de imágenes.
	Imágenes	Imágenes usadas con fines ilustrativos para el desarrollo del sistema de información geográfica.
	Dgride	Archivos grids que contienen 9 zonas cañeras.
	Dectores	Archivos shapefile que contienen información de unidades de producción y de existencia de maquinaria y equipo propio, índices de labores y cosecha, además de puntos de factibilidad de zonas cañeras. También contiene archivos en shapefile que son considerados para el mapa base del SIG_Mecanización.
	Ilustración	Archivos vectoriales o shape's propios del software Arcview utilizados con fines ilustrativos.

El sistema de referencia de los archivos es: Cónica Conforme de Lambert cuyos parámetros son los siguientes:

Esferoide:	WGS84
Primer paralelo estándar:	17°30' 0''.00 (17.5)
Segundo paralelo estándar:	29°30'0''.00 (29.5)
Meridiano central:	-102° de longitud
Latitud de origen:	12°
Falso origen Este:	X = 2500000 metros
Falso Norte:	Y = 0 metros

Los shapes en su totalidad, presentan un archivo prj el cual es utilizado para la referencia geográfica y un archivo .txt utilizado como metadato el cual incluye:

- Nombre del archivo
- Fuente de origen
- Proyección cartográfica
- Nombre y significado de los campos que vienen en la base de datos.

VERSIÓN PARA USUARIOS QUE NO CUENTEN CON LICENCIA DE ARC VIEW (OPCIÓN EJECUTABLE DE ARC READER)

Para operar el software ArcReader, se generó el archivo de publicación de mapas (.pmf), con el cual se podrá visualizar la información sobre el estudio de identificación de necesidades de mecanización en los ingenios azucareros del país.

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS

Es necesario contar con una computadora con memoria libre suficiente en disco duro, es recomendable que tenga por lo menos 256 Mb de memoria RAM, y buena velocidad de procesador (Pentium III o superior) con la finalidad de que los despliegues sean oportunos, además de memoria de video, de por lo menos 4Mb.

Se requiere además, el Software WinRaR Zip, que viene incluido en el CD en la Carpeta "WinRaR_Zip" y por supuesto, contar con el Software de Sistemas de Información Geográfica, llamado ArcReader el cual viene incluido en el CD en la carpeta "Arc_Reader" y que podrá instalar fácilmente.

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

1. Copie las carpetas incluidas en el DVD a la unidad C:\

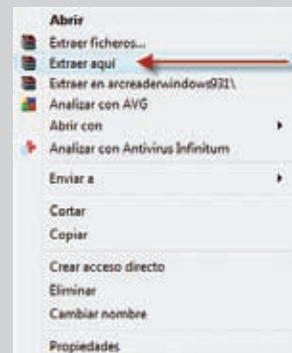
2. Abra la carpeta WinRaR_Zip que contiene el software WinRaR y ejecute la aplicación "wrar391es"



3. Identifique la carpeta ArcReader la cual contiene el archivo "arcreaderwindows931"



4. Extraiga los archivos que conforman la aplicación ArcReader en el directorio C:\Arc_Reader



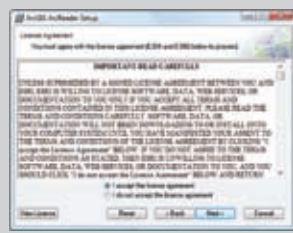
5. Identifique el archivo llamado "setup" y ejecútelo con doble clic



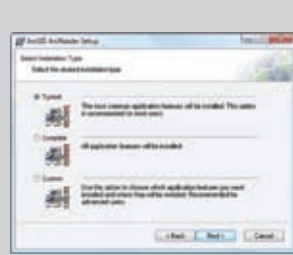
6. Deberá seguir los pasos que se indican en el setup, dándole clic al botón "Next" (Siguiente).



7. Deberá seguir los pasos que se indican en el setup, dándole clic al botón “Next” (Siguiente)



8. Seleccione la opción “Typical” y presione el botón “Next” (Siguiente).



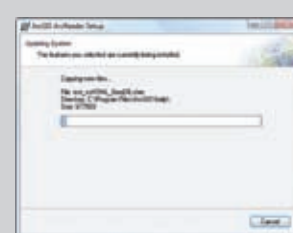
9. Le pedirá que indique la ruta donde se almacenarán los archivos a ser instalados, le recomendamos que se quede la ruta que viene por “default” que es: C:\Program Files\ArcGIS\; usted deberá dar clic al botón “Next” (Siguiente) y continuar



10. El asistente le pedirá dar clic al botón de “Back” (Regresar) para re iniciar la instalación de la información, ó dar clic al botón “Cancel” para salir del asistente, sin embargo usted presionará “Next” (Siguiente). para continuar con la instalación.



11. El asistente comenzará la instalación de archivos necesarios para el correcto funcionamiento del ArcReader, deberá esperar a que la barra avance completamente a fin de asegurar la correcta instalación de los archivos.



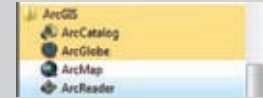
12. Cuando la barra del asistente haya concluido, aparecerá la ventana que le indica que el ArcGIS ArcReader ha sido instalado satisfactoriamente y deberá dar clic al botón “Finish” (Terminar).



ABRIENDO EL MAPA EN ARCREADER

Una vez concluida la instalación del Software ArcReader, se deberá continuar con la apertura del archivo que contiene la información del estudio de identificación de necesidades de mecanización en los ingenios azucareros del país.

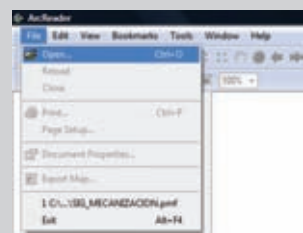
1. Se dará clic en el botón de Inicio → Todos los programas → ArcGIS → ArcReader y se dará clic a dicha aplicación.



2. Se abrirá la aplicación ArcReader Versión 9.3.1.



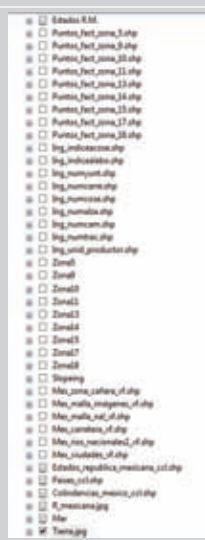
3. Del menú “File” (Archivo), elegir la opción “Open” (Abrir).



4. Seleccionar el archivo que contiene la extensión (.pmf) llamado “SIG_MECAIZACION” y dar clic en el botón “Abrir”.



5. Se desplegarán los archivos del tipo “shapefile” (.shp) y grids, que conforman el Sistema de Información Geográfica (SIG).



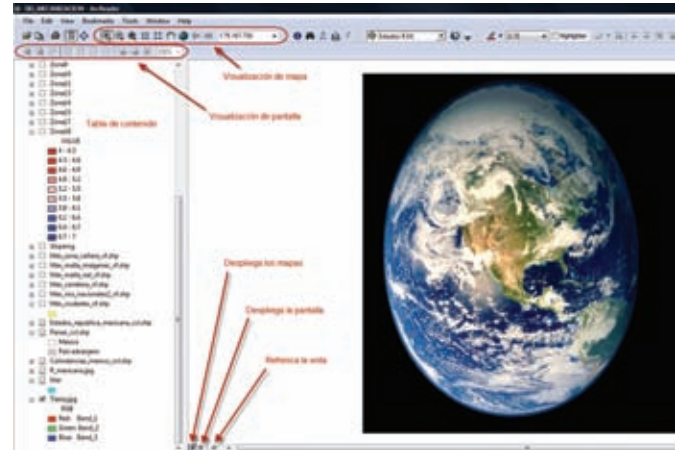
VISUALIZACIÓN DEL SIG

Moviéndose en el mapa.

ArcReader únicamente abre mapas con extensión PMF, que han sido creados con ArcMap en ArcGis. Estos mapas creados o publicados en ArcReader realmente no almacenan la información que se muestra en el mapa, sino más bien, referencian los datos. Los mapas desplegados en ArcReader no se pueden modificar, solamente se pueden desplegar, consultar e imprimir.

Visualización de mapa. Esta barra de herramientas permite hacer acercamiento y alejamiento del mapa. Igualmente permite cambiar la escala de la visualización del mapa, moverse con la mano por todo el mapa y volver a la vista anterior.

Visualización de pantalla. Esta barra de herramientas permite hacer acercamiento y alejamiento de la plantilla. Igualmente permite cambiar el porcentaje de acercamiento del mapa en la plantilla.

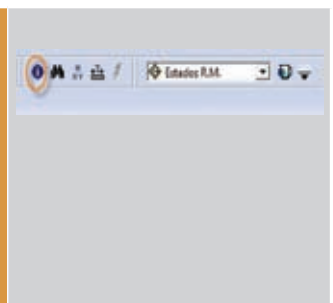


CONSULTAS SENCILLAS EN EL MAPA



Identificador de mapas

1. Cuando se selecciona el ícono indicado, se despliega la información de la base de datos que posea la capa ó tema.

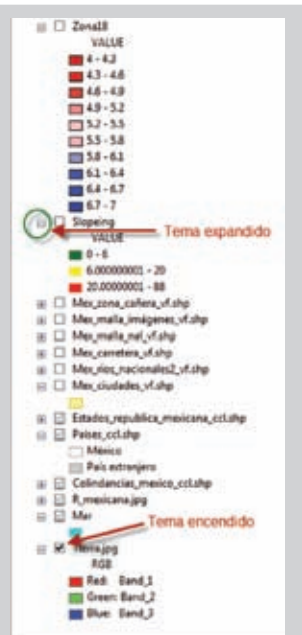


1. En la tabla de contenido del mapa aparecen las capas ó temas con la información que se despliega en el mapa.

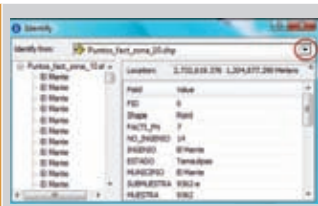
Obsérvese que en cada capa existe una casilla, en caso de estar señalada, permite que la capa sea visible.

2. Cuando se selecciona una capa, se despliega en el mapa ó pantalla. Si no se selecciona esta capa no se despliega.

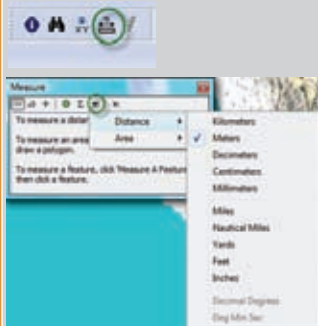
3. El uso del magnificador permite hacer un acercamiento en una pequeña zona específica del mapa desde un 200% hasta un 1000%. Es muy útil en el caso de que se requiera conocer un detalle específico del mapa



2. La capa ó tema, cuya información se requiere desplegar, se puede seleccionar con la opción indicada.



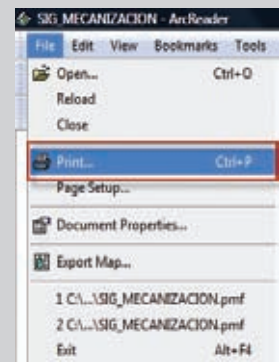
3. La medición de distancias, permite hacer mediciones en el mapa de distancias y áreas en diferentes unidades.



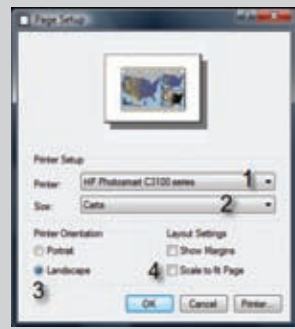
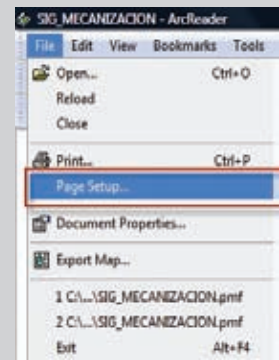
IMPRESIÓN DEL MAPA

Selección de impresora

1. La opción indicada permite seleccionar la impresora o plotter con el cual se desea imprimir el mapa.



2. Las opciones de impresión permiten seleccionar el tamaño de papel, la orientación del papel y ajustar la medida de la impresión.



AJUSTES DE IMPRESIÓN

1. Permite seleccionar impresora
2. Se selecciona el tamaño del papel
3. Se selecciona la orientación del papel (Horizontal ó Vertical)
4. Selecciona si desea ajustar a la medida de la hoja.

Capítulo 9.

Discusión y Conclusiones



Capítulo 9. Discusión y Conclusiones

En este estudio, se expuso la manera racional de como se pueden obtener los beneficios de la producción de caña de azúcar mediante la mecanización, desde la preparación y adecuación de las áreas de siembra y producción, hasta la entrega de caña de azúcar a los ingenios.

Como se pudo observar en los recorridos y verificaciones de campo, en las encuestas a cada uno de los ingenios azucareros, y en algunas ocasiones, dentro de las propias zonas de cada uno de ellos; existen variaciones significativas en cuanto al uso de maquinaria, sobre todo en las operaciones de siembra, acarreo y cosecha.

Un aspecto importante olvidado en la década pasada, ha sido la capacitación, y afortunadamente en la actualidad, se comienza a capacitar a productores y funcionarios de los diferentes ingenios de México, como una de las acciones del PRONAC. Al respecto existen diversos enfoques y conceptos pero con áreas de oportunidad que se deben atender.

La capacitación en México se considera como un gasto en la mayoría de las empresas y en ocasiones, hasta innecesaria, debido principalmente a que no se conocen las innovaciones regionales, la capacidad y las necesidades de operaciones de los equipos para otras condiciones, (sobre todo en donde las superficies mínimas de producción de caña de azúcar son mayores a 50ha), lo que genera el riesgo de no tener la utilidad esperada con dichos equipos y sobre todo el mínimo mantenimiento de los mismos.

Esto ocurre en la mayoría de los ingenios en México, situación que se pudo observar al verificar algunos equipos, cuya utilización ha sido menor a 5 años pero que sus condiciones mecánicas y operativas en la práctica, no tienen calidad y su estado mecánico es deplorable. Los principales equipos identificados con estas características son: tractores, aladoras, carretas cañeras y la mayoría de implementos (arados, rastras, equipos de subsoleo, surcado, fertilización y de siembra).

Un aspecto importante que se pudo constatar, es la falta de mantenimiento y servicio de los equipos, por lo que se requiere responsabilizar a los distribuidores de maquinaria para que sus ventas sean acompañadas con servicios óptimos. Es necesario, por otro lado, concientizar a los productores y maquileros del buen manejo y uso de los implementos y equipos a través de la capacitación en las condiciones propias de operación. Generar líneas de trabajo operativo y de certificación de equipos, no solamente con las empresas internacionales que los fabrican, sino también con las empresas regionales y aquellas que prestan servicios en las propias zonas cañeras de cada ingenio.

Se debe promover un programa de certificación de las operaciones y uso de la maquinaria para la operación del campo cañero, que permita en el futuro, programar los apoyos gubernamentales a la mecanización agrícola. Se recomienda un censo de maquinaria agrícola utilizada en caña de azúcar, digitalizado y asociado al padrón y distribución parcelaria de cada ingenio azucarero, a fin de generar una base de datos más completa, que permita alimentar al sistema de información geográfica proporcionado en este trabajo, con dos fines principales; la toma de decisiones sustentada en información confiable, y sobre todo, el reordenamiento y optimización de las labores agrícolas de la caña de azúcar en México.

Es necesario, para establecer un programa de reordenamiento y optimización de las labores de mecanización y operativas de campo en caña de azúcar, contar con un padrón actualizable de forma dinámica de los productores cañeros y sus equipos de mecanización, que funcione como una plataforma base donde se añadan los datos y alcances de este trabajo.

Finalmente, se deben proponer líneas de desarrollo e investigación a través de entidades de financiamiento, que promuevan y estimulen el desarrollo de tecnologías propias como ocurre en Brasil y Australia, donde la mayoría de los equipos que operan los campos cañeros, son productos desarrollados por instituciones de investigación a través de convenios y consorcios con los fabricantes de equipos. En

México existen instituciones públicas que por mandato de ley son responsables del desarrollo rural, con las que se pueden desarrollar las acciones planteadas en el marco de la ley de desarrollo rural sustentable para el cultivo de caña de azúcar.

Se considera que en este estudio, se determina con bastante aproximación, el estado que guardan las operaciones de la maquinaria para la preparación, despacho y cosecha del cultivo de caña de azúcar, además de conocer las necesidades y las capacidades de los diferentes equipos que operan en el campo cañero Mexicano.

La tendencia de la innovación tecnológica y el estado del arte en la mecanización del campo cañero Mexicano, dadas las encuestas aplicadas y su verificación de campo nos permite concluir lo siguiente:

- La distribución, el tamaño, la pedregosidad y la pendiente parcelaria, así como el grado de adopción tecnológica, disminuyen la eficiencia de las máquinas utilizadas para las labores de cultivo y de despacho del cultivo de caña de azúcar.
- El tamaño de los implementos y la calidad en el desempeño de labores en campo presentan ineficiencias del orden del 60 %.
- Los programas de actualización y modernización del parque de maquinaria del campo cañero Mexicano, ha dado como resultado un mayor número de equipos por unidad de superficie, llegando a un índice de 100 ha por tractor. Sin embargo su distribución espacial es ineficiente, como se puede apreciar en los sistemas de consulta geográficos desarrollados por este estudio para cada ingenio azucarero.
- El Índice de mecanización producto de las encuestas y verificaciones en campo, demuestra que el número de tractores es suficiente y que el grado de obsolescencia, en el 80 % de tractores, fue menor a 5 años.
- Los programas de apoyo a la mecanización agrícola y del campo cañero operados por diferentes dependencias gubernamentales, han proporcionado tractores agrícolas de tipo II, estos equipamientos se han realizado sin estudios previos, situación que en algunos ingenios ha causado desbalances en el índice de mecanización y por lo

tanto, disminución de la superficies útiles por tractor, con el consecuente aumento en el costo de las labores.

- En cuanto al estado de obsolescencia de los implementos agrícolas, podemos decir que el 85 % de los implementos para las labores de preparación de suelos y despacho del cultivo de caña de azúcar, presentan un grado de obsolescencia mayor a 10 años.
- El equipo de transporte más empleado, resultó ser los camiones. Dentro de estos el tipo torton, ocupa el 75 % como medio de transporte de caña, sin embargo en los ingenios del país, se presenta un excedente del 60 %, situación que provoca aumentos en el costo de los fletes, disminución de la frescura, y por consiguiente, el deterioro y baja en la producción de azúcar.
- El costo del flete por tonelada de caña en México es de \$ 2.30 por kilometro por tonelada, y la distancia de acarreo promedio es de 20 km, por lo que el costo promedio del transporte de caña es de \$ 46.0 por tonelada.
- El 70% de los equipos adquiridos a través de programas gubernamentales, no se ajustan a las necesidades del campo cañero mexicano, por lo que algunos implementos y tractores son abandonados y retirados de las labores. Esto se debe, a que el tamaño de las superficies por productor, encarece las labores de campo hasta en un 60% de su costo real, respecto a países como Brasil, Australia y Colombia.
- En el caso de la cosecha mecánica, solamente se realiza en un 20% de la superficie zafable, debido principalmente a tres factores: campos no planificados para cosecha mecánica, tamaños de los lotes de cosecha y pedregosidad. Dentro de la eficiencia, se pudo establecer que la superficie mínima óptima por maquina es de 300ha.
- En el caso del transporte, se determinó un coeficiente de molienda y rezagó de 18 horas como mínimo, observado en la verificación de campo, con máximos hasta de 72 horas en los ingenios donde los camiones que acarrear caña realizan 2 viajes máximo en 24 horas.
- Los tipos de camiones óptimos fueron el tortón (16-20ton · viaje) y patín (14-16 ton · viaje) a diesel, con el que se determinó un costo de flete por tonelada de \$46.0

- Para la cosecha mecánica, se pudo determinar cómo superficie promedio 300 ha por máquina, es decir, 19,500 ton cosechadas por equipo por zafra.
- El consumo de combustible diesel en los motores en las operaciones de cultivo y zafra en tractores, alzadoras y cosechadoras fue de $220 \text{ gr} \cdot \text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$ (0.198 litros) o $164 \text{ gr} \cdot \text{HP} \cdot \text{h}^{-1}$ (0.147 litros), es decir, un motor de un tractor tipo II de 52 kW o 70 HP, que es el más utilizado en el campo cañero, consume a carga plena $10.3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$, o 82.4 litros por jornada de trabajo; por lo que el consumo por labor, estará en función del tiempo y de la facilidad operativa del predio, tipo de suelo, pendiente y pedregosidad.
- Para el caso del consumo en el transporte, se entrevistó a una muestra de operadores de camiones de diferentes capacidades de carga y en diferentes condiciones mecánicas y operativas del transporte de caña, obteniéndose un rendimiento promedio de $1.75 \text{ km} \cdot \text{l}^{-1}$, por lo que el consumo para el trayecto de transporte promedio a nivel nacional, fue de 11.4 litros por viaje para camiones a diesel; esto también se debió, al estado de obsolescencia del transporte que en un 98% superan los 10 años de vida útil o 60,000 km.
- Existen innovaciones en implementos y componentes a nivel local, es decir, algunos grupos azucareros han promovido a través de sus departamentos de campo, modificaciones o innovaciones que facilitan y eficientizan las labores de campo, en términos de incrementos en la producción de azúcar, pero no en la disminución de costos operativos, tal es el caso del uso del contenedor.
- La mayoría de los equipos utilizados en las labores de preparación, cosecha y transporte, se utilizan en promedio 130 días por año o 1,040 horas en promedio, por lo anterior se deben implementar programas de renovación de equipos en promedio cada 10 años. Sin embargo, es necesario realizar primero un censo de las necesidades de equipos en función al tamaño de superficies y al reordenamiento de los campos cañeros, que en algunos casos requieren compactar superficies y balancear el campo con variedades de caña que permitan zafra ordenadas, lo que redundaría en disminuciones sustantivas en el costo de producción.
- Se requiere un programa continuo de capacitación en el mantenimiento, operación y planeación de carácter teórico-práctico, que permita utilizar eficientemente la maquinaria, equipos de transporte y cosecha existentes, antes de implementar un programa de renovación y reparación de equipos.
- Se requieren renovar en un 90% los implementos para las labores de siembra, surcado, fertilización, subsoleo, empacado de esquilmos y composteo.
- El número de tractores resulto suficiente en 85%, requiriéndose equipos especializados, solo en áreas de riego (niveladoras) y en áreas de alta pedregosidad (despedradoras).
- El número de alzadoras es suficiente en el 95% de la superficie y el 80% de éstas tiene un tiempo de operación entre 0 y 5 años.
- Se requiere incrementar el número de cosechadoras en 200% respecto de las existentes, pero primero se deben compactar, nivelar y en su caso despedrar, superficies compactas mínimas de 50 ha, con longitudes de surcos mayores a 250m y en superficies con espaciamientos entre surcos óptimas para cosecha mecánica.

Literatura Recomendada

Citada

BOWEN, J. B. y KRATKY. 1985. Compactación del suelo. Agricultura de la Américas 34(6):10-14.

CAYETANO LÓPEZ JOSÉ SALAZAR. Producción y rentabilidad del cultivo de caña de azúcar en el área de influencia del DDR008 Ciudad Alemán, Veracruz. Tesis UACH. Septiembre 2002.

DEBERNARDI, D., H., MEJÍA S., E. y GAVI, R., F. 2010. Máquinas y Operación de Equipos Agrícolas 175 pp. (En Edición) Hidrociencias-Colegio de Postgraduados.

DEBERNARDI, D., F. 1995-2005. Fertilizadora para el Cultivo de Caña de Azúcar. Modelo de Utilidad No. 576 IMPI-SECOFI. Clasificación Interna: A01B49/06 Inventor: Héctor Debernardi Delavequia.

GEPLACEA, CONACYT, CIATEQ, 1992. Manual de Mecanización del Campo Cañero. 230 pp. Ed. Conacyt - serie: Tecnología.

INIFAP. Paquete tecnológico para el cultivo de la caña de azúcar en el estado de Morelos. Noviembre 2000.

MOUSDALE, DAVID M. 2008. Biofuels: Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development. CRC Press Taylor & Francis Group. Pp. 404.

NOM-NMX-O-183-SCFI-2003. Tractores implementos y maquinaria agrícola - rastras de discos de levante - especificaciones y método de prueba. Secretaria de Economía, 39 pp.

ORTIZ, L., H., DIETMAR, R., K., y DEBERNARDI, D., H. 2008. Diseño de transductores de Fuerza utilizando galgas extensiométricas, 156 pp. Editorial: Colegio de Postgraduados Montecillo, Edo. de México, ISBN 978-607-7533-03-0.

RICHARDSON, C.W. 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. Trans. ASAE, 25(3): 735-739.

RUÍZ C., J. A., MEDINA G., G., GONZÁLEZ A., I. J., ORTIZ T., C., FLORES L., H. E., MARTÍNEZ P., R. A., BYERLY M., K. F. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. INIFAP, SAGAR, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Guadalajara, Jal. México. pp. 186-190.

TORRES, J. S.; YANG, S. J.; y VILLEGAS, F. 1990. Soil compactation and cane stool damage by semi-mechanized harvesting systems in the wet season. Sugar cane 5:12-18.

WILLIAMS, J.R. 1975. The EPIC model. In: V.P. Singh (editor), Computer models of watershed hydrology, Water, Resources Research. Public. Highlands Ranch, CO. pp.909-1000.



Recomendada

ADAMS, R.M, L.L. HOUSTON, B. A. McCARL, M. TISCARENO, J. MATUS Y R. WEIHER. 2002. The Benefits of an El Niño Southern Oscillation (ENSO) Early Warning System in Mexican Agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* Volume 115, Issues 3-4 , 30 March 2003, Pages 183-194.

CAYETANO LÓPEZ JOSÉ SALAZAR. Producción y rentabilidad del cultivo de Caña de Azúcar en el área de influencia del DDR008 Ciudad Alemán, Veracruz. Tesis UACH. Septiembre 2002.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS Y FUNPROVER. Azúcar 2003.

FIRA TAMAULIPAS. Cultivo Caña de Azúcar. Análisis de rentabilidad zafra 2005/2006 y costos de cultivo proyectado zafra 2006/2007.

FUNDACIÓN MEXICANA PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL, A.C. Plan de negocio para la generación comercial de bioetanol a partir de Caña de Azúcar.

GARCÍA ESPINOZA ALFONSO. Manual de campo en Caña de Azúcar. Comisión nacional de la industria azucarera. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar. México 1973. Tesis Colegio de Postgraduados. 1996.

INIFAP. Paquete tecnológico para el cultivo de la Caña de Azúcar en el estado de Morelos. Noviembre 2000.

INSTITUTO DE ECONOMÍA, UFRJ, abril de 2008, Rio de Janeiro

IZAURRALDE, R.C., N.J. ROSENBERG, R.A.BROWN, D.M. LEGLER, M.TISCAREÑO LOPEZ, AND R.SHRINIVASAN. 1998. Modeled effects of moderated and strong "Los Niños" on crop productivity in North America. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 94:259-268.

MELCHOR SALAZAR RAMÓN. Descripción del paquete tecnológico de producción y modelo de cosecha en Caña de Azúcar. Tesis UACH. Agosto 2002.

NICKS, A.D. 1974. Stochastic generation of the occurrence, pattern, and location of maximum amount of daily rainfall. Pp. 154-171, In: *Proc. Symp. Statistical Hydrology*, Aug.-Sept. 1971. Tucson, AZ. U.S. Dept. of Agriculture. Misc. Publ. No. 1275.

ORTEGA HERNÁNDEZ ANDRÉS. Patrones históricos y económicos en la producción de Caña de Azúcar en el sistema de riego Culiacán, Sinaloa. Tesis Colegio de Postgraduados.

ORTEGA RIVAS CÉSAR, OCHOA BAUTISTA RAÚL. La Caña de Azúcar: el dulce que cautivó al mundo. *Claridades Agropecuarias (SAGARPA)*. Marzo 2004.

PICAZO GUERRERO OSWALDO. Costos y rentabilidad de la Caña de Azúcar en el DDR 131 de Ciudad Valles San Luis Potosí para 1995. Tesis UACH. Octubre 1996.

R. CESAR IZAURRALDE, NORMAN J. ROSENBERG, ROBERT A. BROWN, AND ALLISON M. THOMSON. 2006. Integrated assessment of hadley Center (hadCM2) climate-change

impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States. Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095. Joint Global Change Research Institute, Independent Project Analysis

REBOLLEDO CÓRDOBA FERMÍN. El cultivo de la Caña de Azúcar en la pequeña propiedad de la unidad de riego Puente Nacional Veracruz. Tesis UACH. Diciembre 2001.

REPORTE 2008 DE PRECIOS DEL AZÚCAR EN LA SAGARPA: http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/cania/P_CONS2008.pdf

RICHARDSON, C.W. 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. Trans. ASAE, 25(3): 735-739.

RODRÍGUEZ ESPARZA SECUNDINO. Producción y Rentabilidad del cultivo de Caña de Azúcar en el área de abastecimiento del ingenio Tamazula S.A. de C.V. Tesis UACH. Agosto 2000.

SAGARPA. Guía técnica para el cultivo de la Caña de Azúcar.

SALAZAR CERVANTES LUIS. Modelo de simulación para analizar sistemas de cosecha y transporte en Caña de Azúcar.

SÁNCHEZ BOLÓN HUMBERTO. La producción de Caña de Azúcar en el municipio de Tenosique Tabasco. Tesis U.A.Ch. Marzo 2003.

SHARPLEY, A.N. AND J.R. WILLIAMS. 1990. The nutrient component of EPIC. Chapter 7, pp. 152-166, In: A.N. Sharpley and J.R. Williams (eds.) EPIC – Erosion/Productivity Impact

Calculator: 1. Model Documentation. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull., No. 1768.

TISCAREÑO L., M., N.J. ROSENBERG, D.M. LEGLER, A. RUÍZ, R. SHRINIVASAN, R.A. BROWN, G. GARCÍA, M. VELÁZQUEZ Y C. IZAURRALDE. 1998. Algunos efectos del fenómeno climático El Niño en la agricultura mexicana. Ciencia y Desarrollo CONACYT, Vol. XXIV-139:5-13, Marzo-Abril, México.

TISCAREÑO LOPEZ, M., A.D. BÁEZ G., N.J. ROSENBERG AND C. IZAURRALDE. 2003. Modeling El Niño Southern Oscillation climate impact on Mexican agriculture. Journal of Geofísica Internacional. 42:331-339.

TORRES QUINTANA EUSEBIO DAGOBERTO. Eficiencia económica en el cultivo de Caña de Azúcar en el distrito de riego no. 10 Culiacán, Sinaloa. Tesis Colegio de Postgraduados. 1985.

UNIÓN NACIONAL DE CAÑEROS A.C. CNPR: (www.caneros.org.mx/principal.html)

WILLIAMS, J.R. 1975. The EPIC model. In: V.P. Singh (editor), Computer models of watershed hydrology, Water, Resources Research. Public. Highlands Ranch, CO. pp.909-1000

ARNOLD P. 1990. La cultura de la tecnología, Fondo de Cultura Económica, México.

CNIAA, 2006. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera. Informe de producción. 28 de Febrero de 2006.



MegaleGroup