



**Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Sociales
Centro de Estudios Avanzados
Doctorado en Estudios Sociales de América Latina**

Tesis

**LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA: CAMBIOS E
INNOVACIONES EN LOS SISTEMAS DE COSECHA
DE CAÑA DE AZÚCAR EN TUCUMÁN (1960 – 2005)**

Un estudio sociotécnico

Autor: M.Sc. Marcos Ceconello
Director: Ph.D. Eduardo Cittadini
Codirector: Dr. Daniel Moyano

2021

Av. Vélez Sarsfield 153 - 5000 Córdoba - República Argentina
Tel. (54-351) 433-2086 / 2088 - Fax (54-351) 433-2087 / 2088

Agradecimientos

De alguna manera, toda tesis es una obra colectiva con autoría individual. Agradezco entonces a quienes colaboraron con la investigación, un abigarrado conjunto de personas integrado por ingenieros, docentes, investigadores, técnicos, productores cañeros, contratistas y zafreros quienes, sin reserva alguna, compartieron sus conocimientos, experiencias y pasiones asociadas a los «fierros» que hacen posible la producción azucarera, una actividad que ha conformado la identidad tucumana.

La diligencia de los bibliotecarios de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y de la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá, fue esencial para la recolección de numerosas fuentes bibliográficas consultadas.

A mis colegas, tanto del INTA como de la Cátedra de Sociología Agraria, siempre dispuestos para escuchar los avances de la investigación y aportar sugerencias en tal sentido.

A las autoridades nacionales del INTA quienes, pese a la devastación del sistema público de ciencia y tecnología realizada por el gobierno nacional del período 2015-2019, mantuvieron el Programa de Formación de Posgrado concebido para mejorar el desempeño del plantel profesional.

A mi director y codirector, por sus recomendaciones para la redacción del trabajo final. Daniel Moyano, un apasionado estudioso del sector azucarero regional, fue un lector atento e incansable de las sucesivas versiones de la tesis y, seguramente, las modificaciones realizadas para mejorar la calidad del escrito y facilitar su lectura se originaron en sus aportes.

Por último, a mis amigos y compañeros de la cuarta cohorte del DESAL, un formidable grupo humano interesado en comprender la realidad para transformarla. Los debates e intercambio durante las clases, y los posteriores encuentros recreativos, me permitieron volver a integrar un ambiente estudiantil que hizo más ameno el cursado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
La tecnología agrícola en la Argentina.....	3
Los estudios sobre la tecnología en la producción de caña de azúcar en Tucumán.....	5
El proceso de mecanización en la cosecha cañera en Tucumán.....	10
CAPÍTULO II: AGRICULTURA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	17
La agricultura y la mecanización.....	18
Tecnología, técnica, máquina y artefacto	20
La innovación tecnológica.....	24
Cambio tecnológico en la agricultura.....	29
CAPÍTULO III: LOS MARCOS TEÓRICOS PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO.....	34
Los marcos teóricos para los estudios de la tecnología	35
La sociología de la ciencia	35
La filosofía de la tecnología	36
Los estudios sobre la tecnología.....	38
CAPÍTULO IV: EL MÉTODO Y LAS TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	50
La elección del método y las técnicas de la investigación.....	51
La búsqueda y el análisis documental	52
Las entrevistas	56
CAPÍTULO V: LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y LAS COSECHADORAS DE CAÑA.....	59
La producción de azúcar en el mundo	60
Las cosechadoras de caña de azúcar.....	64
Las cosechadoras de caña entera	68
Las cosechadoras integrales	70
El quemado de la caña para la cosecha	74
CAPÍTULO VI: LA MECANIZACIÓN DE LA COSECHA CAÑERA EN EL MUNDO	77
La mecanización de la cosecha de caña de azúcar	78
El caso de Estados Unidos.....	79
El caso de Australia.....	86
El caso de Cuba	93
El caso de Brasil	99

Las causas de la mecanización en la producción de caña	106
CAPÍTULO VII: EL SECTOR AZUCARERO DE TUCUMÁN.....	114
El cultivo de caña en Tucumán.....	115
La composición del sector azucarero tucumano	119
El desarrollo tecnológico cañero	131
El período 1917 – 1941	133
El período 1942 – 1960	135
El período 1961 – 1985	138
El período 1986 – 2005	143
CAPÍTULO VIII: LA TRACTORIZACIÓN CAÑERA EN TUCUMÁN	150
La tractorización del agro argentino y tucumano	151
La incorporación del tractor para la producción de caña de azúcar	156
La plantadora de caña.....	165
CAPÍTULO IX: EL CAMBIO EN LOS SISTEMAS DE COSECHA CAÑERA DE TUCUMÁN.....	170
Los sistemas de cosecha de caña en Tucumán (1960 – 2005).....	171
Las variables económicas.....	173
El sistema de comercialización de la materia prima	185
La mano de obra y la mecanización de la cosecha en Tucumán.....	193
El sector metalmecánico cañero de Tucumán	203
El sistema de cosecha manual de caña de azúcar	219
El transporte de la materia prima	235
El trabajo en el sistema manual de cosecha	244
El sistema de cosecha semimecánico de caña de azúcar	247
El transporte de la materia prima	262
El trabajo en el sistema semimecánico de cosecha	264
El sistema de cosecha integral de caña de azúcar.....	267
El transporte de la materia prima	284
CAPÍTULO X: CONCLUSIONES	288
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	300

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie cosechada de caña de azúcar por continente en ha (1965 – 2015).....	61
Cuadro 2. Producción de azúcar en el mundo por continente, en toneladas (1965 – 2014).....	63
Cuadro 3. Condiciones ideales para la mecanización de la cosecha de caña.	66
Cuadro 4. Producción de caña, cosecha y carga mecanizada en Australia y EE.UU. (1969)	78
Cuadro 5. Explotaciones cañeras, superficie e ingenios en Luisiana (1960, 1991 y 2014).....	86
Cuadro 6. Cosechadoras integrales de caña en Cuba, 1976 y 1979.	98
Cuadro 7. EAP y superficie implantada de caña por escala de extensión en 1988 y 2002.	130
Cuadro 8. Productores cañeros y sistema de cosecha manual en 1977 y 1987	143
Cuadro 9. Sistema de cosecha por medio de transporte y tiempo de espera (1998).....	146
Cuadro 10. Innovaciones tecnológicas agropecuarias en la Argentina (1860 – 1990).....	151
Cuadro 11. Ventas de tractores por empresa (1961 – 1970).	153
Cuadro 12. Empresas de maquinaria agrícola y cantidad de empleados (1954-1965).....	154
Cuadro 13. Provincias y empresas de maquinaria agrícola (1954-1963).....	156
Cuadro 14. Cantidad de tractores, carros helvéticos y cargadoras en Tucumán (1970).....	161
Cuadro 15. Cantidad de tractores en Tucumán, por años de antigüedad (1988 y 2002)	163
Cuadro 16. Cantidad de tractores en Tucumán por potencia (1988 y 2002)	164
Cuadro 17. Sistema de cosecha apropiado por tamaño del predio, con base en los costos (1978).	175
Cuadro 18. Precio promedio de maquinaria para cosecha de caña (julio de 1978).....	176
Cuadro 19. Costo de los distintos sistemas de cosecha, comparados con el semimecánico (1980)	177
Cuadro 20. Rangos de superficie en hectáreas, de acuerdo con cada sistema (1981)	178
Cuadro 21. Costos de los sistemas de cosecha de caña de azúcar en pesos por tonelada en 1997	181
Cuadro 22. Porcentaje de trash, por sistema de cosecha, para dos épocas de cosecha	187
Cuadro 23. Rendimiento fabril y azúcar perdida de acuerdo con el porcentaje de trash.....	189
Cuadro 24. Precio, costo e ingreso en pesos por tonelada de caña, de acuerdo con el sistema de venta y el lugar de entrega (1998).....	191
Cuadro 25. Puestos de trabajo perdidos en el sector agroazucarero de Tucumán (agosto 1963 y 1969).....	200
Cuadro 26. Integrantes de un frente de cosecha manual para caña quemada (1993).	226
Cuadro 27. Tareas de la cosecha manual en horas y minutos, para una tonelada y un paquete de 3.000 kilos.....	228
Cuadro 28. Intensidad y energía consumida por un obrero para cosechar 3.000 kilos de caña de azúcar	232
Cuadro 29. Cargaderos en Tucumán por año y por ingenio, 1974 – 1978.....	243
Cuadro 30: Evolución de los sistemas de cosecha en proporción de caña molida (1972 –1980). 270	
Cuadro 31: Cosechadoras integrales de caña de azúcar en la Argentina entre 1972 y 1987	272
Cuadro 32. Rango de toneladas cosechadas por hora y cantidad promedio de trash	275
Cuadro 33. Evolución de los sistemas de cosecha tucumanos en porcentaje de volumen de caña (1970 – 2006).....	279
Cuadro 34. Proporción de sistemas de cosecha empleados por escala de superficie (1988 y 2002)	282
Cuadro 35. Cosechadoras de caña por tamaño de fincas en Tucumán (2002)	282
Cuadro 36. Cantidad de cosechadoras integrales y tipo Luisiana empleadas en Tucumán (1960 – 2002).....	284

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de azúcar en países que cultivan caña.....	62
Figura 2. Principales países productores de azúcar en 1970 y 2010	63
Figura 3. Vista lateral de la cosechadora desarrollada por C. Beckwith	69
Figura 4: Diagrama de una cosechadora integral	70
Figura 5. Cabina y controles de una cosechadora Cameco CH 1000 de los años 70. Fuente:	72
Figura 6. Centro de comando de una cosechadora de última generación.....	73
Figura 7. Integrales Santal, Star, Case y John Deere fabricadas entre 1990 y 2010.	74
Figura 8. Cortadora en V, vista de frente	80
Figura 9. Pinzas de una grúa para carga de caña en Hawái.....	80
Figura 10. Cosechadora de rastrillo de empuje, vista lateral.....	80
Figura 11. Planos presentados para la obtención de la patente de una cosechadora Thomson	84
Figura 12. Parte de los planos patentados de una cosechadora J & L Honiron	85
Figura 13. Cosechadora Falkiner de 1927.....	88
Figura 14. Cosechadora MF 515 en cañaverales australianos,.....	89
Figura 15. Semirremolque hidráulico en la operación de carga a un trasbordador	90
Figura 16. Elevador con vuelco lateral para el trasbordo de caña de azúcar trozada,	91
Figura 17: Promedio de toneladas cosechadas anualmente por trabajador (1956 – 1998).....	92
Figura 18: Cartel del Ministerio de Industrias de Cuba a inicios de los años 1960	94
Figura 19: Claas Libertadora 1400 de 1970	96
Figura 20. Avisos publicitarios de la Cosechadora Claas 1400	97
Figura 21. Cosechadora Santal 115.....	101
Figura 22. La Santal Rotor de 1979	102
Figura 23. Evolución de la cantidad de cosechadoras en San Pablo -Brasil- (2007–2013).	105
Figura 24. Área cañera e ingenios azucareros de Tucumán	115
Figura 25. Ingreso en pesos por hectárea para diferentes cultivos industriales en 1922	119
Figura 26. Tamaño medio de las fincas cañeras por escala de extensión en 1988 y 2002	130
Figura 27. Equipos para el cultivo de caña de azúcar en Tucumán hacia 1920	132
Figura 28. Desfile de graduados de la Academia de Tractoristas de Tucumán.....	158
Figura 29: Fiat Someca M45 y John Deere 445, ambos de la década de 1960.	158
Figura 30. Tractores cañeros FIAT y Supersom 55. Folletos de publicidad.	159
Figura 31. Tractor FIAT 700, con 50 años de antigüedad, todavía usado en la EEAF	160
Figura 32. Tractor Hanomag R 55 (originalmente un modelo alemán) fabricado en Santa Fe.....	160
Figura 33. Antigüedad de los tractores en Tucumán en porcentaje (1988 y 2002)	163
Figura 34. Plantadora de caña Agrolic (1964).	167
Figura 35. Plantadora automática de arrastre	168
Figura 36. Sistemas de cosecha de caña de azúcar predominantes y modelos de máquinas cosechadoras empleadas en Tucumán (1960 – 2005).	171
Figura 37. Costos en pesos/tonelada de los distintos sistemas de cosecha en 1992	179
Figura 38. Cantidad total de puestos de trabajo en el complejo azucarero tucumano (1963-2003).	202
Figura 39. Folleto de la cosechadora tucumana Humax 4000, tipo Luisiana.....	204
Figura 40. Cosechadora Magar en el Ingenio Tabacal.....	205
Figura 41. Productos fabricados por Indal a mediados de la década de 1970	207
Figura 42. Cosechadora Indal ISA 221	208
Figura 43. Vista trasera de la Indal 221.	208
Figura 44. Cargadora continua o trasbordadora Indal	210
Figura 45. Cargadora autopropulsada y carros cañeros Java.	213
Figura 46. Despuntadora cortadora MDB	215
Figura 47. Cortadora de caña MDB	216

Figura 48. Plantadora autopropulsada de caña usada en la EEA Famaillá (2017).	217
Figura 49. Plantadora de arrastre El Patriota.....	217
Figura 50. Cuchillo para pelar caña	219
Figura 51. Macheta empleada en Tucumán para la cosecha manual de caña.....	220
Figura 52. Macheta usada en Luisiana alrededor de 1850 y su versión actual.....	220
Figura 53. Machete «australiano»	221
Figura 54. Machetes evaluados en Brasil.....	221
Figura 55. Zafreos en plena tarea, años 1965 y 2012	224
Figura 56. Tareas de la cosecha manual en porcentaje de tiempo por tonelada.....	229
Figura 57. Zafreos cargando un carro cañero tipo Rosso Leones en los años 1960 y trasladando una brazada de caña en 2013.....	234
Figura 58. Campo y canchón del ingenio La Esperanza (San Pedro – Jujuy).....	236
Figura 59. Cargando una carreta cañera en los años 60	236
Figura 60. Canchón del ingenio Concepción a fines de la década de 1940	237
Figura 61. Zafreos cargando carros paqueteros, varios de ellos tipo «Rosso Leones»	238
Figura 62. Cadena «paquetera» y sistema de agarre	239
Figura 63. Cargadero ubicado en el INTA Famaillá en la década de 1970.....	241
Figura 64. Cargadero de Manuela Pedraza –Simoca-, en los años 1990.....	243
Figura 65. Fragmento de la planilla del acuerdo salarial CART – FOTIA	245
Figura 66: Cosechadora tipo Luisiana y cargadora de caña de origen estadounidense	247
Figura 67. Folletos de las Cosechadoras Thomson y J&L, de mediados de los años 1980.....	250
Figura 68: Publicidad de la cosechadora de caña trozada Massey Ferguson 515	253
Figura 69. Cosechadora Thomson, reparada para su venta en Monteros, Tucumán	255
Figura 70. Cargadora continua J&L R6.	256
Figura 71. Máquina cargadora depositando caña en un carro tipo Java.....	259
Figura 72. Cantidad de cargadoras en 1971, 2002 y 2011	260
Figura 73. Varios modelos de cargadoras de caña	261
Figura 74. Carro Java descargando caña en la cinta transportadora al trapiche	262
Figura 75. Canchón de un ingenio en los años 1980.....	263
Figura 76. Cosechadoras MF 201 y MF 205.....	267
Figura 77: Evolución de los sistemas de cosecha en proporción de caña molida (1972-1980). ...	271
Figura 78. Cosechadora MF 305 (2018).	272
Figura 79. Cosechadora Claas 1400 en campos del ingenio Concepción	273
Figura 80. Cosechadora integral Austoft de la serie 7000	277
Figura 81. Cosechadora Cameco usada en la zafra tucumana de 1992	278
Figura 81. Sistemas de cosecha empleados en porcentaje de volumen de caña (1970-2006).....	280
Figura 83. Sistema de cosecha de la caña procesada por el ingenio Ñuñorco en % (1991-1997). 281	
Figura 84. Cantidad de cosechadoras integrales por años de antigüedad para 2002	283
Figura 85. Cosechadora Cameco de la serie 2500, fabricada durante los años 1990	283

Glosario

Azúcar: Nombre común de la sacarosa, molécula orgánica compuesta por dos monosacáridos, glucosa y fructosa, obtenida de la caña de azúcar, la remolacha azucarera y otros vegetales, como el arce, el sorgo y algunas palmas. La sacarosa purificada es idéntica sea cual sea su origen y las diferencias de gusto entre los distintos tipos de azúcar se deben a otras sustancias químicas, propias de cada especie. De acuerdo con el procedimiento de elaboración, existen numerosas variedades; aunque la forma más consumida en la Argentina es el azúcar blanco cristalizado, llamado tipo A.

Bagazo: Residuo fibroso de la caña molida por los trapiches. Actualmente se lo emplea como combustible, usado en el mismo proceso industrial de elaboración de azúcar o para el suministro de energía a la red eléctrica. También puede destinarse a la elaboración de celulosa para papel.

Caballo de vapor (CV): Unidad equivalente a la potencia necesaria para levantar un peso de 75 kilogramos a un metro de altura en un segundo. Es una de las formas más frecuentes de clasificar a los motores de combustión interna, y suele emplearse como equivalente de un *Horse Power* (HP), aunque la conversión no es exacta. Lo correcto es medir la potencia en vatios ($735 \text{ W} = 1 \text{ CV}$).

Cachaza: Residuo semisólido retenido en los filtros por donde circuló el jugo de caña, debido a su contenido de materia orgánica puede utilizarse como abono. En Brasil también denomina a la bebida alcohólica destilada del jugo de caña, que en otras partes se conoce con el nombre de aguardiente de caña. No debe confundirse con el ron, cuya materia prima es la miel de caña producida durante la fabricación de azúcar.

Canchón: Espacio despejado ubicado en el acceso a los ingenios, usado para las maniobras de descarga de la materia prima. Designa también al terreno aledaño, en donde los transportes de caña esperan su turno para entregar la caña de azúcar.

Caña de azúcar: Especie vegetal de la familia de las gramíneas, de cuyo tallo se extrae el jugo para elaborar sacarosa. Su cuerpo, con una longitud que excede los tres metros, se compone de los canutos, o entrenudos, las yemas o brotes y las hojas. En Tucumán, debido a las condiciones climáticas, es poco frecuente que florezca.

Cargadero: Estación de trasbordo, pesada y eventual acopio de los paquetes de caña. Ubicado en lugares con acceso a los caminos principales o ramales férreos, y con un personal integrado por el «balancero», el «malacatero», encargado de la grúa, y los auxiliares o «pioleros», fueron insustituibles durante el período de la cosecha manual.

Estiba: Estiba de caña, depósito temporal de paquetes de caña que los ingenios acumulaban, sobre todo los fines de semana o los días previos a un feriado, para no interrumpir la operación del ingenio. Con la adopción de la cosecha mecanizada esta práctica se hizo innecesaria.

Ingenio: Fábrica de azúcar, sinónimo de industria. Palabra que originariamente denominó al establecimiento que usaba fuerza hidráulica, proveniente de un curso de agua. En Cuba y otros países de América Central también llamado Central, y en Brasil, a partir del uso del vapor, Usina.

Maloja: Residuo vegetal, producto del pelado y despuntado de las cañas cosechadas, equiparable al rastrojo. De acuerdo con la Real Academia Española, la maloja en una planta de maíz que solo sirve para forraje. Técnicamente, su nombre es residuo agrícola de cosecha (RAC) y es incorporado al suelo como abono o recolectado para forraje o combustible. También se escribe malhoja.

Tablón: Parcela donde se cultiva caña de azúcar, aunque tradicionalmente equivalió a 100 surcos (unas dos hectáreas) con el avance de la mecanización incrementó su superficie. La separación entre tablones se denomina callejón, espacio de cinco o seis metros de ancho para permitir el tránsito de la maquinaria.

Transmisión hidráulica: Transmisión de energía mediante un fluido, casi siempre aceite de baja densidad. El sistema se compone de una bomba que envía líquido a presión a un motor, que convierte esta energía hidráulica en mecánica. Aunque, de acuerdo con sus características de funcionamiento, es más correcto hablar de transmisión hidrostática y transmisión hidrodinámica, se optó por emplear el término más común. La capacidad de respuesta de estos sistemas, unida a la posibilidad de transmitir grandes potencias, los ha hecho esenciales para las máquinas agrícolas modernas.

Transmisión mecánica: Transmisión de energía mediante fricción, ya sea con engranajes, poleas, correas, cadenas o embragues. Su eficiencia es mucho menor que la transmisión hidráulica.

Trapiche: Molino rudimentario, movido por fuerza humana o animal, para moler caña de azúcar. Originalmente, una estructura de madera compuesta por tres cilindros verticales y una batea o depósito para contener el jugo. En Tucumán, también designa al conjunto de cilindros metálicos que muele los tallos de caña de azúcar.

Trash: Cantidad de residuos, integrada por trozos de hojas, despunte, tierra, piedras, etc., que acompaña a la carga de materia prima y el ingenio descuenta como una proporción del peso total entregado.

Zafra: El período de cosecha de caña, con una duración aproximada de entre 120 y 140 días. Normalmente, desde fines de mayo, o principios de junio, hasta fines de noviembre. Nombre también usado en otros países azucareros americanos.

El glosario se elaboró con el aporte de los entrevistados y las siguientes obras de referencias: Schleh (1953), Paladini (1969), Olmos (1993), Rosenzvaig (1997) y Santamaría García (2005).

RESUMEN

La mecanización agrícola: cambios e innovaciones en los sistemas de cosecha de caña de azúcar en Tucumán (1960 – 2005). Un estudio sociotécnico

El moderno complejo agroazucarero de Tucumán cuenta con más de 150 años de existencia, y, desde sus inicios, representó una de las industrias más importantes del interior de la Argentina. Al representar uno de los motores del desarrollo regional, además de su aporte económico a las finanzas provinciales, la cantidad de empleo generado, los vínculos entre los integrantes del sector agrícola y el industrial, las diversas innovaciones tecnológicas incorporadas en esta agroindustria fueron abordadas por numerosos estudios. Empero, en su mayoría adjudicaron una relación lineal entre oferta y demanda de tecnología, o bien analizaron el componente tecnológico de manera tangencial y accesoria. Con el propósito de presentar un panorama más integrador sobre las relaciones entre tecnología y sociedad y aportar conocimiento a un área de vacancia, la investigación analiza el proceso de cambio e innovación en los sistemas de cosecha de caña de azúcar empleados en Tucumán, entre 1960 y 2005. La elección de la actividad de cosecha no resulta azarosa, en tanto esta fase del ciclo productivo azucarero requiere la mayor cantidad de mano de obra y de recursos económicos, además de representar el nexo fundamental entre campo y fábrica, con un alto nivel de incidencia en el resultado final de las zafras. El enfoque teórico seleccionado, propio del área de los estudios sociotécnicos, obedeció a la necesidad de superar los análisis parciales de los procesos de innovación tecnológica, dar cuenta de las diferentes variables que intervinieron en la configuración de los distintos escenarios productivos, y las alternativas tecnológicas encontradas para superarlos. La metodología empleada combinó las técnicas del análisis documental con las entrevistas en profundidad, y permitió interpretar el complejo fenómeno de las innovaciones tecnológicas y su relación con los factores sociales. Los resultados mostraron que las modificaciones ocurridas en la cosecha de caña distaron de constituir una serie de etapas graduales y evolutivas. Tampoco existió, técnicamente, un sistema de cosecha más eficiente que otro. Cada uno tuvo su propia lógica de organización y los motivos de su reemplazo excedieron las dimensiones técnicas, para abarcar factores sociales y económicos que se vincularon con los aspectos agrícolas propios del cultivo. En conclusión, eludiendo las posiciones dicotómicas entre tecnología y sociedad, se pudo demostrar que los cambios tecnológicos a lo largo del período analizado estuvieron influidos por variables de diversa índole y disputas en torno a su significado por parte de actores sociales que los adoptaron.

Palabras clave: innovación - tecnología – caña de azúcar – sociotécnico

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La tecnología agrícola en la Argentina

Al igual que en la mayoría de los países periféricos, el modelo agropecuario argentino está basado en el aumento de la producción y de la productividad de bienes exportables, como materias primas y alimentos de origen agrario con escaso valor agregado, que permitan el ingreso de divisas para equilibrar su balance comercial. Para lograr este objetivo, el desarrollo tecnológico se orientó prioritariamente hacia innovaciones basadas en la incorporación de insumos y capital generado fuera del propio sistema productivo (semillas, maquinaria, agroquímicos), mediante procesos de transferencia generalmente acríticos de la tecnología originada en países desarrollados hacia contextos sociales, productivos y ambientales diferentes (Dagnino & Thomas, 2000).

Por otro lado, si bien la mayoría de las innovaciones mecánicas¹ permiten aprovechar economías de escala, requieren la inmovilización de elevadas sumas de capital (N. Domínguez et al., 2010); por lo que no son accesibles para la totalidad de los productores, sobre todo los que componen el sector de la agricultura familiar. En este sentido, numerosas innovaciones tienen por destino a las empresas agropecuarias capitalistas, los *pools* de siembra y cosecha y los grandes productores. Aun cuando las mismas se conciben para el uso de pequeños productores, la tecnología mecánica suele requerir considerables inversiones de capital lo que también supone una restricción.

La innovación tecnológica agropecuaria, concebida bajo un enfoque modernizador, se concentró en la región pampeana, también denominada zona núcleo². En esta superficie de casi 30 millones de hectáreas, caracterizada por la elevada fertilidad

¹ Aunque es usual emplear la palabra mecanización como sinónimo del uso de máquinas, en esta investigación se optó por una definición más incluyente del término para abarcar, además de las maquinarias incorporadas, los otros artefactos técnicos que forman parte de los distintos sistemas.

² La innovación tecnológica más difundida en este territorio es la siembra directa para el cultivo de soja RR². Un sistema productivo que combina tecnología mecánica (sembradora diseñada para siembra directa), biológica (semillas transgénicas² resistentes a herbicidas) y química (empleo de fertilizantes y fitosanitarios sintéticos).

de sus suelos y excepcionales condiciones agroclimáticas, la aplicación de tecnologías buscó la maximización de ganancias y acompañó, por acción u omisión, procesos que pueden generar degradación ambiental cuando se aplican algunos sistemas de labranza e insumos sintéticos que llevan a balances negativos de nutrientes y provocan erosión de los suelos (Manuel - Navarrete et al., 2005). Además, cuando la producción es realizada en grandes superficies se facilita la obtención de la escala económica necesaria para incorporar, por ejemplo, cosechadoras inteligentes³, pulverizaciones terrestres y aéreas de productos sanitarios, fertilización localizada, monitoreo sistemático de plagas, sistemas de gestión de información, banderilleros satelitales y mapeos de rendimiento; lo que estimula, en un círculo vicioso, la incorporación de nuevas tecnologías que favorecen la concentración productiva (Manuel - Navarrete & Gallopín, 2007).

En la Argentina el uso de la siembra directa, el silo bolsa y la agricultura de precisión para el cultivo de granos (cereales, oleaginosas y leguminosas) ha permitido, además de elevar los rendimientos por superficie cultivada, disminuir entre 1995 y 2010 de 12 a 1,6 la cantidad de horas hombre por hectárea y por año (Bragachini, 2010). Aunque por una cuestión de intereses comerciales la semilla de soja es el componente más visible de este complejo agrícola, los niveles actuales de productividad serían imposibles de alcanzar sin las máquinas sembradoras de siembra directa, las pulverizadoras y las cosechadoras. Un escenario que genera una demanda estimada en «7.000 tractores, 1.300 cosechadoras, 800 pulverizadoras autopropulsadas y 3.000 sembradoras...» (Bragachini, 2018:28). Cifras que denotan la importancia de la tecnología mecánica.

Por fuera de la región pampeana, y a consecuencia de la diversidad de los ambientes agroecológicos existentes, en el sector agrícola argentino prosperan, además de los cereales y las leguminosas, otras especies vegetales. Un grupo importante de ellas está representado por los denominados cultivos industriales, es decir, aquellos que

³ Máquinas equipadas con sensores electrónicos y mecanismos que permiten incrementar su eficiencia de trabajo.

necesitan alguna transformación para su mejor provecho. Su procesamiento industrial «...supone un fuerte valor agregado, una cierta garantía de estabilidad de la producción y la generación de una fuerte actividad económica y de empleo en el ámbito de las regiones productivas.» (Bongiovanni & Giletta, 2012:1). El complejo agroindustrial, está compuesto de diferentes eslabones de una cadena productiva, donde destaca, en primer lugar, la fase agrícola y, en etapas subsiguientes, los establecimientos fabriles que procesan la materia prima, propia o adquirida a terceros, para convertirla en otras clases de productos.

En el país, la superficie total destinada a los cultivos industriales, cercana a la cifra de 1,2 millones de hectáreas, abarca principalmente la producción de algodón, caña de azúcar, maní y yerba mate, que suma alrededor de un millón de hectáreas, y también incluye el tabaco, el té y la mandioca, entre otros. A lo largo del tiempo, en la producción comercial de la mayoría de ellos, se incorporaron innovaciones mecánicas, como fue el caso de las cosechadoras de algodón y de caña de azúcar, que modificaron las tareas agrícolas más tradicionales y reconfiguraron el sector productivo.

Los estudios sobre la tecnología en la producción de caña de azúcar en Tucumán

El actual complejo agroazucarero de Tucumán cuenta con 150 años de existencia y constituyó, junto al sector vitivinícola de la región de Cuyo, uno de los primeros complejos agroindustriales en el país. Además de su persistencia temporal, otra característica notable es que tanto el cultivo de caña como los establecimientos fabriles, denominados ingenios, se ubican fuera de la zona pampeana y la casi totalidad del producto final, el azúcar, es destinada al mercado interno.

El área cañera tucumana conforma un conglomerado tecnológico, social y productivo, en donde existe un alto nivel de integración entre las organizaciones científicas, industriales y del estado. En consecuencia, la actividad agroindustrial azucarera ha impulsado una serie de procesos sociales que configuraron el territorio provincial

(Morandi & Bustos, 2011). Desde 2010 el cultivo de caña de azúcar ocupa, en promedio, unas 250.000 hectáreas y, en lo referido a la productividad, entre 1990 y 2007 el rendimiento creció de 38,7 a 69 toneladas por hectárea, como resultado de la incorporación de nuevas variedades, la mecanización de la cosecha y otras innovaciones. Como sector productivo su aporte económico es fundamental para la provincia: hasta 2002 incluía poco más de 5.300 productores cañeros (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2019), que abastecieron de materia prima a los 15 ingenios que elaboraron las dos terceras partes del azúcar producido en el país -el tercio restante fue procesado por los establecimientos ubicados en Salta y Jujuy-. Además, genera 20.000 puestos de trabajo y cuenta con instalaciones para ser el principal productor de alcohol del país (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2017).

Debido a su persistencia temporal, el aporte económico de la actividad a las finanzas provinciales, la cantidad de empleo generado, las innovaciones tecnológicas incorporadas y los vínculos sociales establecidos entre los integrantes del sector agrícola y el industrial, casi siempre conflictivos, los estudios sobre el complejo agroazucarero tucumano son numerosos, abordan temas diversos y emplean distintos enfoques teóricos. Las investigaciones para el caso de las ciencias agrarias, originadas mayormente en las organizaciones científicas y tecnológicas provinciales, principalmente la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) y la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá (EEAF), del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), fueron fundamentales para mejorar el desempeño de la agroindustria local, pero estuvo centrado en el mejoramiento genético de la caña de azúcar, su sanidad y las prácticas culturales para elevar los rendimientos. La innovación local en tecnología mecánica para el sector agrícola cañero, salvo casos aislados, no estuvo entre sus prioridades, pese a que llevaron a cabo (y lo continúan haciendo) numerosos trabajos⁴ sobre variables relacionadas con su uso eficiente, orientado a la búsqueda de una mayor rentabilidad económica,

⁴ Por ejemplo: Acevedo (1981); Cárdenas & Diez (1993); Bliss (1975); Cerrizuela (1988); Cerrizuela & Hemsy (1967); Fernández de Ullivarri (1962a); Fogliata (1995); Fogliata & Morín (1989); Carlos González Terán & Gargiulo (1981); Carlos González Terán & Scandaliaris (1988); J. Mariotti (2008); Olea, Romero, et al. (1993); Ponce & Haro (1979); Romero et al. (1988); Scandaliaris et al. (1993); Scandaliaris, Pérez Zamora, et al. (1992); Scandaliaris, Romero, & Olea (1988); Vicini & Vicini (2010); Vallejo (2018).

a saber: el manejo agronómico, la calidad de la materia prima y la determinación de los costos de producción, incluida la etapa de cosecha. En general, la visión que predomina en este sector científico no cuestiona el artefacto tecnológico, sino la conducta de los agricultores o su falta de racionalidad económica para maximizar sus ingresos. Por el mismo motivo, la mayoría de los estudios sobre las innovaciones tecnológicas destinadas a la agricultura tratan principalmente el tema de su adopción, antes que ahondar en otras cuestiones complementarias (Brieva & Juárez, 2018). El general, se parte de un supuesto que concibe una relación lineal, mecanicista, entre oferta y demanda de tecnología, dejando de lado el contexto en donde se generó la innovación, quienes, y para qué la produjeron, las características de la misma, más allá de su costo financiero, y los intereses y expectativas de los diferentes actores sociales que intervienen en la generación, adopción y adaptación del cambio tecnológico.

En lo que respecta a las Ciencias Sociales, el panorama resulta similar, aunque existen algunos trabajos⁵ recientes que, excediendo los límites disciplinarios tradicionales, abordan el vínculo entre tecnología y sociedad de manera más integrada. La mayoría de los estudios realizados sobre el sector azucarero⁶ se relacionan con enfoques históricos y sociológicos, también de tipo antropológico, en donde el componente tecnológico, cuando aparece, es analizado de manera tangencial y accesoria. De este modo, el análisis de la actividad azucarera se relacionó con dos posturas: una con el lugar de los pequeños productores cañeros en la estructura agraria tucumana, su papel como eventual reserva de mano de obra para la cosecha y su posición subordinada al sector fabril. La otra, con los problemas ocasionados por la mecanización, como el desempleo, la migración de obreros y los conflictos sociales. Ambas posturas centradas en las consecuencias de la innovación tecnológica incorporada antes que en sus características como tal.

⁵ Ver: Biaggi (2018); Gutti (2015); Gutti & Kakabe (2017); Jaldo Álvaro et al. (2016); Moyano (2014); J. Ortiz & Jaldo Álvaro (2017).

⁶ Ver: Cortés (1969); Delich (1970); Bilbao (1972); Canitrot & Sommer (1972b); Giarraca (1999a); Giarraca & Aparicio (1991); Giarraca et al. (2000); González (1972); Gras (1994); Gras et al. (2000); M. C. Bravo (2017b); León (1999); Mora y Araujo & Orlansky (1978); Nassif (2015b); Ortiz de D'Arterio (2007); Osatinsky (2012); Slutzky (2016).

Ante el escenario descrito, esta investigación analizó el proceso de cambio e innovación en los sistemas de cosecha de caña de azúcar empleados en Tucumán, entre los años 1960 y 2005, para contar con un panorama más integrador sobre las relaciones entre tecnología y sociedad y aportar conocimiento a un área de vacancia. En este sentido, la indagación realizada pretendió superar los análisis más frecuentes, pero en gran medida incompletos, sobre las consecuencias directas de los procesos de mecanización, como la pérdida de puestos de labor debida al uso de la maquinaria. Por lo tanto, partió de relacionar los cambios técnicos y las innovaciones tecnológicas, ocurridas en los sistemas de cosecha de caña, con las condiciones sociales y económicas acaecidas durante un período histórico conflictivo, que reconfiguró la composición del sector azucarero provincial.

La elección de la actividad de cosecha obedeció a que resulta, desde varios puntos de vista, la más importante de la cadena productiva y el nexo fundamental entre la parte agrícola y la industrial. Esta fase, sumada a la etapa de transporte de la materia prima, representa entre el 50 y 60 % de los costos totales de producción de la caña de azúcar y es la que moviliza la mayor cantidad de recursos económicos. También es la tarea que requiere la mayor cantidad de mano de obra de todo el ciclo productivo y la que utiliza la tecnología más costosa. Además, el gradual paso de la cosecha manual hacia la cosecha mecanizada se produjo en un período social conflictivo y caracterizado por condiciones económicas que alteraron la estructura de precios relativos y dieron lugar a modificaciones profundas en los sistemas de comercialización de la materia prima. Por lo tanto, todos los cambios ocurridos tuvieron consecuencias sociales y económicas de consideración.

En la medida que fue necesario, con el fin de ofrecer una mejor interpretación de los hechos, se desplazó el foco de la investigación para incluir otras tareas del cultivo de caña de azúcar o se integró etapas posteriores a la cosecha, como en el caso del transporte y la entrega de la materia prima en el ingenio, en donde las innovaciones fueron más simples, pero igualmente significativas. Por último, en lo referido a la dinámica tecnológica fabril, se agregó el análisis de lo acontecido con el sector metalmecánico tucumano, que tuvo un progresivo desarrollo y un destacado

rol durante la década de los años 1970, para casi desaparecer poco tiempo después, cuando cambiaron abruptamente las condiciones macroeconómicas.

La elección del período estudiado, 1960 – 2005, se justifica en que la primera fecha coincide con el inicio de la tractorización y con la introducción de la primera cortadora de caña en la provincia de Tucumán, después de más de 100 años de cosecha manual. El año 2005 marcó un límite legal al empleo de la quema de caña y también fue el momento en que se consolidó un mercado concentrado de tecnología para el sistema de cosecha integral.

Mediante el enfoque teórico elegido, originado en el área de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), fue posible superar los análisis parciales de los procesos de innovación tecnológica. Este conjunto de perspectivas conceptuales sostiene que todas las tecnologías son humanas y socialmente construidas. Como no existe una relación causal y determinista sociedad – tecnología, al mismo tiempo las sociedades son tecnológicas, las tecnologías son sociales y las personas son seres socio - técnicos (Thomas et al., 2013). Estos autores, además, destacan que las investigaciones sobre la cuestión sociotécnica aún son escasas y tampoco ocupan un lugar relevante en la educación superior; algo que también se aplica al caso investigado.

El método de análisis empleado, concebido como un arte para seleccionar y combinar las técnicas más adecuadas al objeto de estudio (Marradi, 2002), tiene un fuerte arraigo en la sociología (Wright Mills, 1961; Denzin & Lincoln, 1994; Wolcott, 2004) y se tradujo en una tarea que combinó conocimientos teóricos, experiencias, determinados insumos y habilidades operativas, para develar el problema abordado. Las técnicas empleadas fueron el análisis documental y la entrevista en profundidad que, organizadas como actividades paralelas y complementarias, permitieron triangular la información. En definitiva, la estrategia metodológica seguida buscó interpretar el fenómeno de los cambios y las innovaciones tecnológicas como producto de las complejas relaciones articuladas entre la tecnología y la sociedad,

y superar las visiones centradas en la maximización económica o bien en el «natural» progreso de un sector.

La recopilación y el análisis documental abarcaron artículos científicos, manuales de procedimientos, informes técnicos, revistas científicas y técnicas, censos, encuestas, tesis de posgrado, libros, boletines, folletos, catálogos, diarios y fotografías sobre el problema estudiado. Las entrevistas en profundidad, efectuadas entre febrero de 2017 y febrero de 2019, incluyeron una muestra de 19 personas integrada por: agricultores cañeros de distinta escala productiva, contratistas de cosecha, ex-cosecheros, investigadores y asesores técnicos, tanto del sector público como el privado. Además, de manera presencial o mediante comunicaciones digitales, se realizaron numerosas consultas a una cantidad similar de personas versadas en el tema.

El proceso de innovación tecnológica analizado todavía se encuentra en desarrollo y, por lo tanto, a partir de su estudio puede ser mejorado o redirigido. Cabe entonces preguntarse: ¿Cuáles fueron los cambios e innovaciones en los sistemas de cosecha?, ¿qué máquinas incluyeron y qué procesos incorporaron?, ¿la innovación se imitó o hubo desarrollos con base local?, ¿existieron otros modelos alternativos?, ¿los cambios e innovaciones respondieron a la necesidad de los agricultores?, ¿qué otras fueron necesarias, además de las innovaciones de cosecha?, ¿cuáles fueron las consecuencias para los integrantes del sector azucarero?, ¿existieron innovaciones similares, o distintas, en otros países azucareros? La respuesta a los interrogantes planteados, además de posibilitar una mejora en los procesos de generación y transferencia de tecnología, también contribuirá a mejorar el conocimiento sobre un sector poco analizado bajo la perspectiva de los estudios CTS: una agroindustria pionera en su tipo, con más de un siglo y medio de historia, asentada en una región extrapampeana y unida a la sociedad tucumana mediante múltiples relaciones.

El proceso de mecanización en la cosecha cañera en Tucumán

A pesar de los años transcurridos desde el inicio de la moderna agroindustria azucarera a fines del siglo XIX, no se registraron cambios sustanciales en la tecnología

mecánica usada para el cultivo hasta la adopción masiva del tractor, proceso que se inició en los años 1960. En ese contexto, el caso de la cosecha de caña resulta más notable todavía ya que, salvo iniciativas esporádicas y escasas, fue casi íntegramente manual hasta mediados de la década de 1980. Anualmente, las tareas de cortado, pelado, despuntado y cargado de los tallos de caña de azúcar a los carros, para su transporte a los ingenios, demandaron un esfuerzo físico extraordinario por parte de unas 100.000 personas durante el apogeo de los períodos de zafra. Una de las mayores crisis de la actividad, originada por la sobreproducción de materia prima y la consecuente caída de su precio, ocasionó que la dictadura encabezada por el general Juan Carlos Onganía cerrara de modo compulsivo, entre 1966 – 1967, 11 de los 26 ingenios existentes por entonces; lo que generó la migración de miles de trabajadores y un proceso de reacomodamiento de la estructura del sector industrial que estimuló, entre otros cambios, la adopción del sistema de cosecha semimecánico (que requería de una máquina cargadora) y, unos años después, el sistema integral, donde una cosechadora realizaba las tareas de: despuntado, corte, trozado, pelado y cargado de la materia prima en carros acoplados tirados por tractores.

El proceso de mecanización de la cosecha de caña de azúcar en la Argentina fue contemporáneo a la de otros países latinoamericanos, como Brasil, pero posterior a la de Cuba, en donde se inició luego del triunfo de la revolución de 1959. En EE.UU. y Australia, este proceso comenzó hacia fines de los años 1930 y se aceleró en el período posterior a la Segunda Guerra Mundial, aunque basado en sistemas y tecnologías diferentes: El «semimecánico» con cosechadoras tipo «soldado»⁷ en Norteamérica y el «integral» con máquinas cosechadoras del mismo nombre en el segundo país, pionero además en la construcción de este tipo de artefactos. Al inicio, la mecanización tucumana tomó como modelo el sistema semimecánico de Estados Unidos para orientarse años después (en la etapa de la cosecha integral) hacia la alternativa australiana, que no abandonó hasta el presente. Junto a la aparición del sistema de cosecha semimecánico, el pelado manual de la caña fue paulatinamente reemplazado por el uso del fuego para quemar las hojas, lo que permitió

⁷ Por la manera en que dejaban la caña cortada sobre el suelo.

una importante reducción de los costos y la cantidad de mano de obra (Felipe, 2013).

La cosecha integral de caña fue introducida en Tucumán a partir de 1973, primero con maquinaria importada de Australia y Alemania Occidental, aunque también existieron dos empresas locales que comercializaron otros tantos modelos. Sin embargo, más de una década después, a mediados de los años 1980, el volumen de caña cosechada por este sistema solo alcanzó la quinta parte del total. Por otro lado, las recomendaciones a quienes empleaban esta modalidad se pueden resumir en lo afirmado por Ponce & Haro (1978), cuando expresaron que los productores debían adaptar sus plantaciones a los requerimientos de los equipos mecánicos, y no esperar que éstos se adaptaran a las condiciones del cañaveral.

En la década de 1970 Tucumán tuvo un notable desarrollo de la industria metalmeccánica, llegando a diseñar, construir y comercializar maquinaria tan compleja como las cosechadoras integrales, además de otras más simples como cortadoras, carros de transporte para caña y numerosos implementos agrícolas para el cultivo. Proceso que se mantuvo, con altibajos, hasta las primeras crisis económicas de los años 1980. Por el contrario, todas las cosechadoras usadas desde finales del siglo XX fueron importadas, al igual que las empleadas actualmente. Cabe destacar que las cosechadoras integrales, diseñadas originalmente en Australia, fueron concebidas en un contexto signado por la escasez de mano de obra y para las condiciones productivas de aquel país (agricultores de tipo empresarial y superficies de medianas a grandes) muy distintas a las de Tucumán, en donde aún predominan las parcelas de tamaño reducido y los cañeros minifundistas. El elevado precio, las tareas de mantenimiento y las horas de trabajo necesarias para la amortización de la maquinaria, son otros factores a tener en cuenta.

A principios del siglo XXI, en la provincia de Tucumán, coexistían los tres sistemas de cosecha mencionados, más o menos adaptados a las características productivas de los distintos tipos de productores. En líneas generales, los pequeños productores empleaban el sistema manual, los de tamaño mediano el semimeccánico y los más

grandes, incluidos los ingenios, el sistema de cosecha integral; pero era muy común encontrar agricultores que realizaban varias combinaciones al respecto.

Con el paso del tiempo, el sistema de cosecha integral fue abarcando cada vez mayor superficie y actualmente alcanza, por lo menos, al 80 % de la superficie cultivada. Sin embargo, esta tecnología, además de su mayor costo, trajo aparejada otros problemas, entre ellos la compactación del suelo y el aumento de las pérdidas debidas a la caña caída⁸, que la máquina no colecta, el deshojado deficiente y el incorrecto trozado. Los inconvenientes para maniobrar las cosechadoras en parcelas pequeñas, la necesidad de disponer de calles de circulación interna más anchas o de espacios adecuados para el trasbordo (que disminuyen la superficie cultivada), son otras cuestiones que deben considerarse. Por otro lado, la oferta de mano de obra para la cosecha manual se hizo cada vez más restringida y el sistema semimecánico se simplificó hasta incluir solamente el cargado mecánico, situación que afectó particularmente a los pequeños cañeros. Tampoco es posible disociar el sistema de cosecha de las operaciones de carga y transporte, las condiciones de entrega de la materia prima al ingenio, la logística que implica la operación de maquinaria compleja y el uso eficiente de los recursos.

El empleo del fuego para despojar a la caña de sus hojas, práctica aplicada masivamente desde los años 1980 para bajar los costos de cosecha, fue prohibido a partir de 2004 por la ley provincial 7.459, debido a las consecuencias negativas ocasionadas para el medio ambiente y la salud pública. Esta imposición legal redujo aún más las opciones a los agricultores cañeros, sobre todo a los que usaban la cosecha semimecánica. La máquina integral moderna, en cambio, tiene la capacidad de cortar las cañas, trozarlas en porciones más pequeñas, pelar los tallos sin el auxilio del fuego y depositarlas en un contenedor para su posterior traslado, proceso conocido como cosecha «en verde». En contraposición, su precio de venta y los costos de operación y mantenimiento la hacen una herramienta poco accesible (salvo en el caso de grandes productores y empresas) además de que la oferta actual está en

⁸ En Tucumán, la altura de una caña de azúcar madura supera los tres metros. Es frecuente que, debido al viento o a la excesiva humedad del suelo, los tallos se «vuelquen», dificultando el trabajo de la cosechadora.

manos de solo dos fábricas trasnacionales de maquinaria agrícola. Años atrás hubo en el mercado algunos modelos, de menores tamaños o articulados, más aptos para los productores medianos, pero actualmente no están disponibles.

La situación es similar para los productores que emplean el sistema de cosecha semimecánico. Como las cargadoras de caña dejaron de fabricarse hace varios años, deben recurrir a equipos obsoletos, que demandan constantes reparaciones. Existe, en cambio, una innovación que ha permanecido casi sin variaciones desde su aparición en la segunda parte de la década de 1960. Se trata del carro de vuelco lateral, cuya particular versatilidad lo ha convertido en un integrante hasta ahora irremplazable de los sistemas semimecánico e integral, a pesar de la existencia de los carros de autovuelco, más modernos, que incorporan sistemas hidráulicos para su operación y control.

Una investigación de Giancola et al. (2012), que analizó el proceso de adopción tecnológica con una mirada más abarcadora, estableció que la cosecha de caña de azúcar, mediante el uso de una máquina integral, incrementaba la productividad del cultivo pero, en el caso de los pequeños y medianos productores, existían varios aspectos a resolver antes de su empleo. Entre ellos, la existencia del sistema semimecánico de cosecha, más adaptado a este tipo de explotaciones; el tamaño y la calidad del trabajo de las máquinas cosechadoras disponibles; la escasez de mano de obra capacitada para conducir las; la logística necesaria para el transporte de la materia prima y su recepción por parte del ingenio, todos temas no previstos por los técnicos en primera instancia. En cuanto a la etapa de precosecha, se mencionó la dificultad de reemplazar el procedimiento habitual de quema (debido a las restricciones legales), necesario para reducir los costos y que incluye la eliminación de la maloja mediante el uso del fuego. De este modo, el estudio identificó una visión más integral de la cuestión tecnológica por parte de los productores.

En el mismo sentido, el trabajo de Jaldo Álvaro, Ortiz, & Biaggi (2016) que definió a la mecanización cañera como un proceso caracterizado por avances y retrocesos (atribuidos mayormente al mercado del azúcar y a las políticas económicas de los

gobiernos de turno), remarcó el actual predominio del sistema integral de cosecha, con su impacto negativo sobre la demanda de mano de obra, y la necesidad de generar tecnología con la participación de los distintos actores para incrementar la equidad social y cuidar el medioambiente. Por su parte, Biaggi (2018) indagó el cambio tecnológico en los pequeños productores cañeros, centrado en el proceso de toma de decisiones para la adopción de la cosecha integral, afirmando que la mecanización implicó mucho más que el reemplazo de la mano de obra por una máquina. En todo caso, se trata de un cambio asociado con el aumento de escala productiva y la concentración de las explotaciones, que modifica la estructura del sector agrícola azucarero.

El INTA colaboró en la mejora de maquinaria para el cultivo y la cosecha de caña de azúcar pero no desarrolló equipos propios hasta los primeros años del siglo XXI cuando, en la localidad de Reconquista (Santa Fe), comenzó a trabajar en el diseño y construcción de una cosechadora de caña de azúcar de arrastre⁹, pensada para las necesidades de los pequeños y medianos productores. Aunque la construcción y las pruebas de esta máquina escapan al período temporal de la presente investigación, el análisis de esta iniciativa en particular fue un antecedente valioso para el estudio realizado.

El origen formal de este proyecto se remonta al pedido conjunto entre la Cooperativa Ibatín, una organización de agricultores cañeros, y la AER¹⁰ INTA Monteros, que en 2007 solicita a la dirección del INTA la construcción y la evaluación de un sistema de cosecha en verde para superficies reducidas (Golsberg & Pilatti, 2013). La máquina fue concebida para cosechar caña «en verde», de manera similar a una máquina integral: Despunte, corte y pelado, pero no el trozado del tallo; por lo que pretendió eliminar el pelado de la caña mediante el uso del fuego. De manera alternativa, se trató de importar una cosechadora similar desde China, para modificarla y adaptarla a las condiciones locales, pero la operación comercial fracasó.

⁹ Máquina sin fuerza motriz, la potencia necesaria para su tarea la obtiene del tractor que la arrastra.

¹⁰ Agencia de Extensión Rural, oficina de asistencia técnica localizada en áreas productivas.

En noviembre de 2008, un modelo experimental de la cosechadora, bautizado «Cañera INTA», fue probado en la EEA Famaillá en condiciones reales de trabajo. La información obtenida permitió, un año después, probar un nuevo prototipo. A la fecha existen cuatro máquinas más, pero todavía se encuentran en una etapa de ajuste para mejorar su desempeño. La cosechadora también despertó el interés de algunos países latinoamericanos y se probó, durante 2014, en Costa Rica y Uruguay¹¹ (Periódico Mensaje, 2014; INTAinforma, 2014) con resultados promisorios¹². De todas maneras, dadas las actuales condiciones socioeconómicas, sin una política tecnológica expresamente diseñada, es poco probable que se continúe con su mejora.

Entre las ventajas que suponía la adopción de la Cañera INTA se destacaron su contribución a la permanencia de los pequeños cañeros en la actividad, en la medida que disminuía los costos del pelado manual, además del menor impacto ambiental y social, debido a que evitaba la quema de las caña, la flexibilidad de la tecnología, que le permitía complementarse con el sistema semimecánico tradicional, y finalmente su aporte para paliar la escasez de mano de obra para la cosecha manual (Golsberg & Pilatti, 2013). Sin embargo, luego de algunas pruebas en condiciones reales de producción, se detectaron varios inconvenientes. Como la productividad de los cañaverales de Santa Fe es más baja que en Tucumán, se hizo necesario disminuir la velocidad de avance para trabajar mejor en plantaciones más densas; pero esta menor velocidad de avance no pudo obtenerse de las cajas de velocidades instaladas en la mayoría de los tractores tucumanos. Además, pocos de estos vehículos disponían de la transmisión hidráulica adecuada a los requerimientos de la cosechadora, porque casi todos eran usados para tirar de los carros en donde se traslada la materia prima al ingenio (J. Ortiz & Jaldo Álvaro, 2017). Actualmente, la adopción de la Cañera INTA, construida expresamente para pequeños cañeros, no tuvo los resultados esperados y puede ser interpretado como un proceso inconcluso de innovación tecnológica.

¹¹ Una empresa de este país, dedicada a la producción de alcohol de caña, adquirió una cosechadora luego de las pruebas realizadas (Maquinac, 2014).

¹² Comunicación personal con Carlos Aragón (2018), el ingeniero responsable de las pruebas en los países nombrados.

CAPÍTULO II: AGRICULTURA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

La agricultura y la mecanización

Una de las causas que permitió el desarrollo de la civilización moderna fue la práctica sistemática de la agricultura¹³, actividad que permitió contar con alimentos, vestimenta y, en algunos casos, materiales de construcción, para los nacientes poblados devenidos luego en conglomerados urbanos. Durante el período neolítico, entre los años 8.000 a 3.500 a.C., se consolidó un proceso muy cuidado de selección de vegetales útiles y surgió el cultivo de los cereales, un alimento fundamental para la dieta de los pueblos occidentales y lo mismo sucedió con la mayoría de las frutas y verduras que se consumen hoy en día (Zizumbo Villarreal & Colunga García, 2008; Krapovickas, 2010).

Durante siglos el ejercicio de la agricultura se asentó en la práctica consuetudinaria de ensayo - error y la transmisión oral, mientras que el conocimiento escrito sobre el tema provino de algunos tratados, inaccesibles para la mayoría de los agricultores, compilados desde los inicios de la invención de la escritura, hacia los años 3000 a.C. La asociación entre agricultura y mecanización, hoy un binomio inseparable, es una consecuencia de los desarrollos tecnológicos ocurridos durante la Revolución Industrial¹⁴ del siglo XVIII y que continuaron de manera intensa en los siglos XIX y XX. Algunos hitos fundantes de la agricultura mecanizada fueron: la invención de la trilladora fija del escocés Meikle en 1788, la desmotadora de algodón del estadounidense Eli Whitney en 1793, la cortadora de forraje de Cook en 1794 y la

¹³ Aunque suele afirmarse la ocurrencia de una Revolución Agrícola, iniciada durante el siglo XVIII y asociada al empleo de maquinaria, el término es engañoso porque una revolución implica un rechazo del pasado (Mumford, 2010). En todo caso, el desarrollo inicial de la agricultura habría sido un proceso gradual y evolutivo de selección y adaptación de un conjunto de especies, vegetales y animales, destinado a satisfacer necesidades humanas básicas. Babini menciona, en cambio, una Revolución Neolítica, enmarcada temporalmente entre los años 8000 y 3500 a.C., que se inició con la aparición de nuevas prácticas agrícolas, entre ellas la preparación del terreno y los procedimientos de la siembra y la cosecha, con las etapas de trilla y molienda, que exigieron nuevas herramientas.

¹⁴ Con la Revolución Industrial sucede algo similar que con la agrícola. Para Pierenkemper (2001) la mayoría de la veces, este proceso, iniciado a fines del siglo XVIII, se identifica de manera errónea solo con la irrupción, en una región de Inglaterra, de algunas innovaciones tecnológicas como las máquinas de vapor y las hiladoras de algodón. Mokyr (1987) diferencia cuatro las escuelas de pensamiento empleadas para analizar la Revolución Industrial: la escuela del cambio social, la escuela de la organización industrial, la escuela macroeconómica y la escuela tecnológica; aunque reconoce que muchos trabajos al respecto son imposibles de clasificar.

segadora de cereales de Cyrus McCormick en 1831. Todas estas innovaciones mecánicas estuvieron acompañadas por un contexto de descubrimientos en biología, genética, bioquímica y otras ramas del conocimiento aplicado a las especies vegetales, entomología, fitopatología y edafología, que sentaron las bases para una agricultura basada en los principios del método científico (Álvarez Abril, 2011; Carozza, 2007) e impulsaron las prácticas de rotación de cultivos, la fertilización y abonado de los suelos, el control de malezas por medios químicos y, con la mejora de los motores de combustión interna, el desarrollo de máquinas fijas más eficientes y luego, desde los albores del siglo XX, el reemplazo de la tracción animal para la labranza por los vehículos autopropulsados, representados por el tractor agrícola; seguido por las segadoras de forrajes y las cosechadoras de cereales.

Una clasificación empleada reiteradamente por la ciencia agropecuaria ordena a las tecnologías agrarias, o a las innovaciones originadas por las aplicaciones de ellas, en cuatro grupos: Mecánicas, químicas, biológicas y agronómicas. Estas últimas, también llamadas de «manejo», implican alguna combinación eficaz de las tres primeras. Algunos autores suman las tecnologías de gestión, vinculadas con la organización y la administración de la empresa, como un quinto grupo. (N. Domínguez, Orsini, & Beltrán, 2010; Piñeiro & Obschatko, 1985). El conjunto de maquinarias, insumos y su organización para producir un cultivo determinado, se denomina «paquete tecnológico» (Amaya Guerrero, 2016; Bisang, 2003; Maldonado, 2019). Este agrupamiento, de tipo operativo, incluye precisamente a los cuatro pilares de la modernización agrícola: Mecanización, semillas «mejoradas»¹⁵, fertilizantes y pesticidas, definidos por Montecinos (1996) cuando analizó críticamente las consecuencias de este modelo productivo en América Latina; entre ellas la pérdida de la diversidad genética, el deterioro del medioambiente y el menosprecio del saber hacer de los agricultores. En la mayoría de los casos, la mecanización inicia un proceso de homogenización de los sistemas de cultivo que favorece la especialización, de manera similar a lo que sucede en una producción industrial.

¹⁵ Obtenidas mediante cruzamientos controlados, como las semillas híbridas o las más actuales producto de la ingeniería genética.

A lo largo la historia de la agricultura, gran parte de la innovación mecánica estuvo centrada en la mejora de las herramientas para labrar el suelo y en el desarrollo de máquinas para la cosecha. La preparación del suelo para la siembra siempre necesitó de un notable esfuerzo físico por parte de trabajadores y animales de tiro. El desarrollo de nuevos implementos para instalar rejas, discos y cinceles, unido a la difusión del tractor, fueron esenciales en el proceso de modernización agropecuaria. La etapa de cosecha, debido a las características biológicas de los productos obtenidos, sobre todo en el caso de los cereales, necesitó el concurso de una gran cantidad de mano de obra, no siempre disponible, en un tiempo relativamente corto, y la realización de distintas operaciones (corte, recolección y trilla), que se vieron facilitadas cuando se incorporaron las cosechadoras mecánicas.

En la producción agropecuaria actual, sin desconocer la importancia de las semillas modificadas genéticamente y los productos sanitarios, las innovaciones mecánicas todavía tienen un papel protagónico. Las máquinas como tractores, sembradoras, cosechadoras, pulverizadoras, cada vez con mayor potencia, capacidad de trabajo, confort y precisión en sus comandos, permiten un trabajo más eficiente ahorrando tiempo, costos de mano de obra y combustible.

Entre los cambios más notables que se produjeron sobresale la aparición de la máquina cosechadora autopropulsada que, desde mediados del siglo pasado, y a medida que fue perfeccionada, posibilitó el ahorro de tiempo y, eventualmente, una disminución de costos operativos. Como contrapartida, originó el reemplazo de miles de trabajadores agrícolas, la generación de nuevos puestos de trabajo especializado y la modificación de la organización del sistema productivo. También tuvo influencia sobre la estructura agraria y los resultados económicos de los agricultores, en la medida de que su costo era tan elevado que solo estaba al alcance de un reducido número de ellos.

Tecnología, técnica, máquina y artefacto

El significado del concepto tecnología es difuso y engloba varias acepciones, propias de distintos períodos históricos. La más básica y común de todas la asocia con objetos tangibles o artefactos como vehículos, satélites artificiales y computadoras; desde las omnipresentes luces LED¹⁶ hasta los microprocesadores incluidos en las tarjetas inteligentes, pero también en multitud de equipos para el confort hogareño o destinados al diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Un segundo nivel la relaciona con las actividades humanas relacionadas con aquellos objetos como las tecnologías de información y comunicación, incluyendo el diseño, la fabricación y el manejo de este tipo de máquinas. Por fin y más cercano a su significado original, asignado en la antigua Grecia hace más de 2000 años, se refiere a un tipo de conocimiento: Abarca tanto aquello que los humanos conocen, como lo que hacen con las máquinas y los procesos de producción relacionados (Bijker, 2005). En realidad, esta última definición corresponde no tanto al concepto de tecnología como al de *téchnē*. «Como se puede leer en Platón, Aristóteles y muchos otros, la *téchnē* era sencillamente esto: un conjunto de conocimientos eficaces que se acompaña además con el conocimiento de las razones o causas por las cuales el procedimiento es eficaz.» (Montoya Suárez, 2008:299). Conocimientos que tienen por finalidad crear algo, un objeto, un producto extrínseco al individuo, lo que implica también el saber – hacer o *know-how* (Kussler, 2015).

Sin embargo, aunque es frecuente usarlos como sinónimos *téchnē* y técnica no son términos equivalentes y siempre es necesario vincular sus significados con la sociedades que les dieron origen (Cáceres Fernández S., Gil Cámara, Pedro Buesa, Santirso Ruiz, & Somolinos Juliá, 2000). Para los antiguos griegos la *téchnē* implicaba, además del saber hacer, el saber por qué hacerlo, lo que suponía una forma de arte que buscaba integrar al hombre en la naturaleza para satisfacer sus necesidades. Un proceder que incluía, además del conocimiento, componentes estéticos, filosóficos e ideológicos (González V. & Hernández M., 2000). De manera gradual, con el desarrollo de la ciencia moderna y el sistema capitalista, la técnica se convirtió en

¹⁶ Acrónimo de la expresión inglesa *light-emitting diode* «diodo emisor de luz», un tipo de semiconductor empleado en computadoras, pantallas, relojes digitales, calculadoras de bolsillo, controles remotos e iluminación en general. Aunque su desarrollo data de inicios de la década de 1960, la mejora en su desempeño técnico, en cuanto a eficiencia energética e intensidad lumínica, unida a su bajo costo, lo ha convertido en un elemento insustituible, incluso para las tecnologías agrícolas.

una relación instrumental entre medios y fines debido a que la pretensión humana cambió, ya no se trató de convivir con la naturaleza sino de dominarla, para alcanzar su potencial en todos los campos. La tecnología, en cambio, concebida como un producto de la ciencia y casi exclusivamente asociada con la fabricación y el uso de máquinas más o menos complejas, es un concepto nacido durante la Revolución Científica, de los siglos XVI y XVII, y la Revolución Industrial del siglo XVIII, que profesionalizó la práctica científica, desarrolló conceptos y métodos para acceder al conocimiento e institucionalizó lo que se conoce como ciencia moderna (Quintanilla Navarro, 2006; Montoya Suárez & Jaramillo, 2007). En otras palabras, la tecnología es un cuerpo de conocimientos científicos que permite solucionar problemas prácticos de forma sistemática y racional (Quintanilla, 1998). De este modo, la tecnología está asociada con el conocimiento codificado y transmisible, mediante protocolos o procedimientos, basado en el método científico experimental, mientras que la técnica forma parte de un «saber hacer», una forma de conocimiento tácito, casi artesanal, basado en la experiencia práctica y dificultoso de codificar para su transmisión; pero que no tienen una relación de subordinación entre ellas

Con una postura similar a la presentada, pero más orientada a los resultados obtenidos Jorge Sábato, un precursor en Latinoamérica de los estudios sobre ciencia tecnología y desarrollo, sostuvo que la tecnología era un conjunto de conocimientos utilizados para la producción y comercialización de bienes y servicios. Esta definición, muy vinculada a la política estratégica y, en primera instancia, solo relacionada con elementos intangibles, fue perfeccionada por el mismo autor cuando afirmó que los conocimientos provenientes del mundo científico académico se integraban con otros, producto de la experiencia práctica, ensayos, pruebas o de alguna aptitud específica como podía ser la destreza manual de un operario. Además, la tecnología podía presentarse de manera similar a un bien físico, una máquina, y otras veces contenida en procedimientos escritos o en personas con el *know-how* necesario, similar a un bien de capital; aunque en la mayoría de las veces era fruto de una combinación entre ambas versiones (Sábato, 1975). Por lo tanto, un concepto integrador de la tecnología debe incluir tanto los objetos materiales, herramientas y máquinas, como los conocimientos, provenientes de la ciencia formalizada y de la

práctica que, además, pueden ser codificados o tácitos. De este modo, la tecnología no debe reducirse a la aplicación mecánica de conocimientos. Esta clásica división, heredada de la antigua Grecia, entre el «*Homo faber*, generador de una vida en común y el *Animal laborans*, hombre trabajador, en donde «para el *Animal laborans* sólo existe la pregunta “¿cómo?”, el *Homo faber* pregunta “¿por qué?”» (Sennett, 2009:11); resulta falsa porque menosprecia al trabajador, supuestamente dedicado a labores rutinarias y repetitivas que no exigen un esfuerzo intelectual.

Actualmente, aun cuando subsisten numerosos enfoques historicistas, que identifican a la tecnología con la aparición de alguna máquina en particular, una gran parte de las ciencias sociales tiene una concepción universalista de la tecnología y la identifica con el uso de artefactos mediadores entre el hombre y su entorno (García Arregui, 2012). Así, el significado de artefacto técnico remite a una forma de conocimiento, un conjunto de saberes, pero plasmado materialmente. Un objeto material producido con la intención de solucionar un problema práctico, de manera eficaz y eficiente (Lawler & Vaccari, 2016).

Un concepto comparable con el de artefacto técnico, pero de tipo operativo, fue planteado en la década de 1930 por Mumford (1992). Luego de criticar a los análisis que fijaban su atención solamente en el uso de las máquinas y las herramientas¹⁷ (porque dejaban de lado otros elementos igual de importantes para el progreso técnico), sostuvo la existencia de otros componentes que denominó utensilios, aparatos y obras. Aclaró también que la denominación de máquinas, además de los desarrollos mecánicos complejos, debía incluir los mecanismos más simples, pero no por ello menos importantes, como el torno de alfarero o perforadoras muy rudimentarias. Los utensilios, en cambio, abarcan toda clase de cestos, vasijas y depósitos,

¹⁷ Aunque una herramienta y una máquina son artefactos técnicos, la primera depende de la habilidad y la fuerza del operador, pero al mismo tiempo es más flexible. Por el contrario, la máquina se caracteriza por su automatismo, la repetición constante de la misma acción; por lo que es poco flexible y acentúa la especialización (Mumford, 1992). Por su lado, Sennett (2009) diferenció dos tipos de máquinas: replicante y robot. De acuerdo con esta clasificación un marcapaso cardíaco es un ejemplo de replicante, porque posibilita que el corazón cumpla mejor su función, mediante la réplica de un proceso. Una máquina robot, en cambio, potencia las posibilidades del ser humano, es más fuerte, más rápida y no descansa. Entonces, por ejemplo, un automóvil es una máquina robot, mientras que el concepto de replicante, más difuso, en algunos casos puede asimilarse al de herramienta.

que fueron esenciales para el traslado y la conservación de los alimentos. En tanto los aparatos se refieren a instalaciones como hornos para cocer cerámica o el fundido de metales. Por último, la clasificación de obra queda reservada para lo que puede denominarse infraestructura de transporte y energía, por ejemplo, caminos, acueductos, vías de ferrocarril y redes de transmisión eléctrica. De esta manera, el conjunto de conocimientos y habilidades, elementos intangibles, más las máquinas, los utensilios, los artefactos y las obras constituyen un complejo tecnológico. Notión similar a la de sistema técnico, en donde además de los artefactos técnicos se incluyen a las personas que intencionalmente los utilizan, diseñan o controlan (Quintanilla, 1998); y relacionado también con el concepto de sistema socio técnico de Thomas (2013), que propone un abordaje constructivista para superar división artificial entre tecnología y sociedad como entidades independientes.

Aunque algunas definiciones, como las empleadas por Mumford, puedan ser imprecisas en ciertos casos, es innegable que las propuestas que analizan la tecnología mediante una concepción integral (con las máquinas y los artefactos como componentes esenciales); pero necesariamente conectados con otros factores (tanto o igual de importantes), son las más adecuadas porque ninguna máquina trabaja en forma aislada de la sociedad o sin la intervención de los humanos.

La innovación tecnológica

La palabra tecnología suele asociarse con innovación, término que definió J. Schumpeter en las primeras décadas del siglo XX como «...cualquier forma de hacer las cosas de manera diferente» (Schumpeter, 2002:63) y que, además, concibió como un factor interno de cada empresa que contribuye a la evolución del sistema económico capitalista. La obtención de nuevos productos, la apertura de nuevos mercados, el uso nuevas materias primas y las mejoras en la organización del proceso productivo, son todos ejemplos de innovación.

Cabe reconocer que el estudio de la innovación, aun con su significado más restringido, asociado casi exclusivamente con la mejora de los resultados económicos de

las empresas, no dejó de lado factores sociológicos que enmarcaron el proceso en una concepción más integral, como fue el caso de los obstáculos que podían originarse en los ambientes o contextos que no favorecían los cambios innovadores (Schumpeter, 2002).

Si bien todavía continúan vigentes las ideas sobre la relación entre la innovación y los resultados económicos, este enfoque tradicional, basado en las conductas individuales y aisladas de los emprendedores, ha incorporado modificaciones que amplían su alcance. En este sentido, se destacan los aportes de los llamados neo schumpeterianos o evolucionistas, como Nelson y Winter, que vinculan la innovación con el conocimiento y la tecnología, pero en relación con otros agentes sociales y variables. Por ejemplo, la demanda de los consumidores y las oportunidades de comercialización pueden influir en el éxito de un producto en el mercado. Así, la innovación tecnológica, en sus inicios solo concebida para generar éxitos económicos, fue incorporando otras cuestiones sin un interés comercial directo, como las relacionadas con el cuidado del medio ambiente o la equidad social. La innovación como sistema, planteada en los trabajos de Lundvall, también está relacionada con el enfoque evolucionista. En esta concepción es fundamental la influencia innovadora de las instituciones, que forman parte de un sistema social más amplio, sobre las personas y sus organizaciones. La innovación aparece así como un proceso dinámico, en donde la difusión de información, las nuevas ideas y la transferencia de conocimientos son factores esenciales. Los análisis del sistema pueden ser en el nivel regional, nacional o internacional. Tanto la corriente evolucionista como la sistémica cuestionan la concepción lineal de la innovación y proponen modelos interactivos que ponen énfasis sobre las interacciones entre la ciencia, la tecnología y en cada etapa del proceso innovador («La innovación tecnológica: definiciones y elementos de base», 1996).

El proceso de innovación, que supone la aplicación de conocimientos diversos, siempre estuvo asociado con lo contingente; por lo que sus resultados no pueden planificarse. Puede originarse en el conocimiento científico obtenido en una investigación, sin embargo, también puede provenir de un descubrimiento inesperado,

una observación fortuita, una intuición o una conexión aleatoria de hechos dispersos. En realidad, debido a los múltiples factores culturales, sociales y económicos que confluyen en un proceso innovador, todavía se desconoce el papel específico que cumplen algunos de ellos (Sábato & Botana, 1975).

Por otro lado, debido a la creciente importancia que tiene el papel de la innovación en el resultado de las empresas, y su contribución al crecimiento económico, varios organismos internacionales vinculados con el tema han elaborado numerosos documentos para diagnosticar y estimular este fenómeno. Una referencia ineludible son las sucesivas ediciones del Manual de Oslo de 1992, 1997, 2005 y 2018, aunque su campo de aplicación está restringido al ámbito de la empresa y en esencia continúa asociado a los resultados económicos logrados en el mercado; es un material valioso para constatar que el concepto de innovación ha sufrido modificaciones.

En la edición de 1992 se puso énfasis en las llamadas innovaciones tecnológicas de producto y de proceso introducidas en las empresas manufactureras. Para 1997 se incorporó el análisis del sector empresarial de servicios y se trataron, en un anexo, las innovaciones de organización, llamadas no tecnológicas. Este término se dejó de lado en la edición de 2005 del manual citado (OCDE - Eurostat, 2007), que definió a la innovación como la utilización de nuevo conocimiento, un nuevo uso o la combinación de conocimiento ya existente y las clasificó en cuatro grupos: innovaciones de producto, de proceso, de organización y de mercadotecnia. En lo referido a los atributos o cualidades del concepto sostuvo que la innovación: a) Se asocia con la incertidumbre sobre el resultado de la misma. b) Implica una inversión de activos materiales o inmateriales. c) Está afectada por el «*spillover*»¹⁸, es decir el efecto que tiene la innovación sobre otros sectores que, sin producirla, reciben los beneficios de su aplicación. d) Busca la mejora de los resultados de la empresa a través de la reducción de costos, el aumento de la demanda, la mejora de la misma innovación o una combinación entre estas variables (OCDE - Eurostat, 2007).

¹⁸ El significado de la palabra es derrame o desborde, pero normalmente se emplea la expresión en inglés.

Por último, la edición 2018 del Manual de Oslo (OECD - Eurostat, 2018) clasifica nuevamente las innovaciones en dos categorías principales, productos y procesos, y modifica, de una manera más concreta, el significado de innovación para definirlo como un producto o proceso nuevo o mejorado, o una combinación de ellos, que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la organización y que está disponible para usuarios potenciales (en el caso de un producto) o puesto en uso por la unidad (cuando se trata de un proceso).

En suma, es posible constatar que, a lo largo del tiempo, en las definiciones subsisten algunos elementos comunes y propios al proceso de la innovación, como la incertidumbre sobre el resultado final y su relación con otros factores externos, sobre todo sociales y económicos. Por otro lado, el concepto se fue desligando de su nexo con el conocimiento previo, como requisito indispensable, para desplazarse al resultado más concreto y evidente de su aplicación, tanto productos como procesos. Esta circunstancia permite establecer claros vínculos entre las nociones de herramientas o máquinas, tecnología e innovación y efectuar un análisis integral de la innovación. Un fenómeno complejo que no puede ser reducido al resultado del proceso, plasmado en un dispositivo tangible, sino que también será necesario conocer su génesis, los factores que lo hicieron posible y las consecuencias, buscadas y no buscadas, que genera su aplicación concreta. (Rodríguez & Rodríguez, 2013).

Además de los aportes teóricos al estado del conocimiento y los análisis concretos de casos particulares, el estudio de la innovación y su contribución al desarrollo involucra actualmente cuestiones de interés económico y político. En el primer caso, para algunos expertos, basados en los resultados obtenidos por los países desarrollados y los denominados «Tigres asiáticos» (sobre todo Corea del Sur y Taiwán), no es posible lograr el desarrollo sin el concurso de las innovaciones tecnológicas, lo que determina una reformulación completa tanto del sistema educativo como de las políticas estatales de ciencia y tecnología (C. Pérez, 2004). Otros estudiosos, como Chang (2004) y Larraín (2004), son más cautos y reconocen también la necesidad de contar con otro tipo de estímulos y regulaciones gubernamentales; pero igualmente destacan el rol preponderante que tiene la innovación tecnológica

en la sociedad moderna para el crecimiento económico. Cabe destacar, sin embargo, que ninguno de ellos defiende los principios del libre mercado y que varios de los análisis están centrados en los actuales sistemas tecnológicos intangibles de la comunicación y la información, pero igualmente necesitados de soportes físicos tangibles, como cables de fibra óptica, antenas, placas de circuitos integrados y satélites artificiales entre otros.

En lo relativo a la dimensión política, el ejemplo más notable es el de EE.UU. quien se propuso lograr, mediante su estrategia de seguridad nacional¹⁹ 2018, mantenerse a la vanguardia de la investigación y el desarrollo tecnológico (Llenderozas, 2018); para conservar su hegemonía a nivel mundial. Aunque este país continúa siendo el líder mundial en ciencia y tecnología, medido en miles de millones de dólares gastados, China lo sigue de cerca y está más orientada al desarrollo tecnológico concreto que a la investigación básica como lo demuestra, por ejemplo, al convertirse en el principal proveedor mundial de drones para uso civil (García Encina, 2018). Innovación originalmente norteamericana y concebida para aplicaciones bélicas.

Otro tema, íntimamente asociado a las cuestiones económicas y políticas, son los conflictos legales entre distintos países y sus empresas, derivados del desconocimiento intencionado de la propiedad intelectual de algunas innovaciones, o el no pago de patentes, que causa importantes pérdidas financieras a las organizaciones comerciales que las detentan. En este sentido, y relacionado con el sector agrícola, en la Argentina todavía se debate el marco legal que debería contener una «ley de semillas» que contemple, al mismo tiempo, el derecho de los agricultores a emplear sus propios cultivos como fuente de semillas y el de las empresas propietarias de material genético patentado como innovación tecnológica. Una misión casi imposible de resolver y que, por otro lado, demuestra la complejidad y las múltiples facetas que implica el cambio tecnológico en la agricultura. Un sector productivo que, mayormente, concibe a la tecnología como el resultado de la aplicación del conocimiento científico.

¹⁹ Documento que, desde 1947, elabora anualmente el poder ejecutivo de EE.UU. Se trata en realidad de un programa a largo plazo que establece los objetivos y las metas de este país para asegurar, entre otros objetivos, la prosperidad de sus habitantes.

Cambio tecnológico en la agricultura

Las ciencias agrarias, por razones vinculadas con su desarrollo histórico y social, son un ejemplo de la separación entre ciencia y tecnología. En efecto, proponen, casi exclusivamente, un conocimiento objetivo y neutral aplicable a diferentes contextos. Este modelo, basado en la aplicación del método científico experimental, en condiciones controladas de laboratorio y diseños experimentales en parcelas, para las pruebas en terreno, fue el predilecto para generar ciencia. La etapa del empleo o la aplicación posterior de estos conocimientos se dejó en el ámbito de la tecnología, que también postuló, aunque de manera menos precisa y sistemática, sus reglas y alcances. A pesar de las evidencias en contrario, esta es la idea que todavía predomina en la profesión de ingeniero agrónomo. La racionalidad técnico - instrumental, el «cómo hacer», es el principio que guía el desarrollo de mayoría de las tecnologías, sin considerar la complejidad del contexto. Por lo tanto, «El ingeniero piensa el razonamiento científico en términos de “demostración” y no de “argumentación”.» (Albaladejo, 2014:109), situación que lo induce a esperar, ante la evidencia de lo demostrado, un proceso de adopción tecnológica por parte del productor. Porque el profesional, además de dominar el tema y poseer las competencias técnicas necesarias, «sabe positivamente lo que es adecuado e inadecuado, basado en comprobaciones científicas “incontestables”.» (Castro, 2003:55) y está poco dispuesto a discutir los contenidos a transmitir.

En la Argentina, la organización pública más destacada en la generación de tecnología para el sector agropecuario es el INTA, creado en 1956. Frecuentemente, la tarea de éste tipo de organizaciones privilegió un modelo lineal de la innovación, caracterizado por la transmisión de mensajes de manera unidireccional desde un emisor con conocimientos, hasta un receptor carente de ellos (Servaes, 2000). Actualmente el INTA cuenta con más de 7000 agentes distribuidos en todo el territorio nacional y, de acuerdo con Alemany (2003), en sus más de seis décadas de existencia, atravesó cuatro períodos históricos. El «paradigma educativo» (1956 – 1976); seguido del proyecto «transferencista» (1976 – inicio de los años 90); el «ajuste estructural y privatización de la extensión» (1990 – hasta inicios del nuevo siglo) y

una etapa de transición, todavía en curso. Entre los últimos cambios, iniciados alrededor de 2006 y consolidados en su actual cartera de proyectos de trabajo, sobresale la readecuación de los programas nacionales y la orientación hacia los postulados del desarrollo rural territorial (DRT). A pesar de que todos los períodos mencionados influyeron sobre los enfoques conceptuales de los procesos de innovación tecnológica, en muchos análisis continuó el predominio de las cuestiones socioeconómicas, asociadas con la reducción de gastos o el incremento de la productividad y, a la fecha, son escasas las investigaciones que los describan y expliquen con un enfoque integrador²⁰. Limitaciones que sugieren que parte del problema de la innovación en la Argentina es el predominio del «modelo lineal de generación, transferencia y adopción de tecnología, con importantes limitaciones para el desarrollo de tecnologías que tengan en cuenta la complejidad de los aspectos productivos, sociales, económicos, ecológicos y culturales.» (INTA, 2014)²¹.

En general, para las grandes empresas y los productores capitalizados, se considera que el acceso a la tecnología no necesita de ningún estímulo externo. La innovación tecnológica será incorporada de acuerdo con su precio de mercado y los resultados económicos que determine su adopción, lo que supone una concepción economicista y neutral de las innovaciones tecnológicas.

Con el mismo enfoque modernizador, los pequeños productores, sin inserción efectiva en el mercado, deben ser objeto de acciones concretas para que incorporen la tecnología disponible en sus sistemas productivos. La mayoría de las referencias encontradas, para este tipo de agricultores, desplaza el foco de las innovaciones tecnológicas disponibles hacia las causas de su no adopción; es decir suponen la existencia de obstáculos o falencias en el comportamiento de los posibles adoptantes, que les impiden ser agentes económicos racionales antes que analizar la calidad de la oferta tecnológica. Otra característica de los estudios de adopción de tecnología es su hincapié en las tecnologías de manejo (por definición no apropiables),

²⁰ Ver al respecto Goulet & Giordano (2018) y Escolá et al. (2018).

²¹ Resumen ejecutivo del proyecto específico: Procesos socio técnicos de innovación en los territorios.

dejando de lado las mecánicas, químicas y biológicas, pasibles de apropiación y por lo tanto factibles de comercializar.

La contracara de las explicaciones basadas en la racionalidad económica de los agentes son las de cuño culturalista. El concepto de cultura, mencionado en muchos trabajos y definido difusamente como una conjunción de saberes, valores y creencias, se emplea tanto para explicar el éxito como el fracaso de la difusión tecnológica propuesta, sin avanzar en otras causas. Tanto los análisis economicistas como los culturalistas suponen racionalidades y comportamientos universales, o mercados perfectos, que se ajustan ante cualquier circunstancia, y rara vez indagan sobre la tecnología propiamente dicha.

Sin embargo, existe un conjunto de investigaciones que se apartaron de las explicaciones lineales. Algunas reconocieron que el asesoramiento técnico no siempre respondía a las necesidades y expectativas de los agricultores (Cittadini & Pérez, 1996). De manera similar, Li & Bottaro (2011) determinaron que el éxito de un proceso de cambio tecnológico se debía a la integración de factores extraeconómicos, entre ellos el conocimiento de los productores y las características del territorio. Otros estudios, aunque basados en la maximización de los ingresos monetarios, reconocieron una diferencia conceptual entre la disponibilidad de una tecnología en el mercado y su accesibilidad, sobre todo cuando se trata de pequeños productores (Cap et al., 2010). Accesibilidad que puede verse limitada por cuestiones contextuales, ajenas a los agricultores (Cap & González, 2004).

Por último, algunos investigadores enfocaron las limitaciones a la adopción tecnológica con una perspectiva vinculada con la productividad obtenida por la tecnología incorporada, considerando además aspectos sociales y ambientales (Giancola et al., 2012; Giancola et al., 2014; Bonatti et al., 2015; Ondo Misi et al., 2015). Aunque los hallazgos mejoraron el conocimiento de los sistemas productivos, casi no se avanzó en el análisis de cuestiones estructurales asociadas con la innovación tecnológica, como distribución y acceso a la tierra, y algunas otras coyunturales,

pero de importancia, como los canales de comercialización y el acceso a los mercados. De este modo, la concepción de la tecnología, considerada universalmente aplicable y neutral, continuó sin cambios.

En síntesis, aunque la agricultura como proveedora de alimentos y fibras textiles necesitó desde sus orígenes un conjunto de técnicas, herramientas simples y tracción animal, fue a partir de la Revolución Industrial del siglo XVIII, junto con la formalización de la actividad científica, cuando se asoció con la tecnología. Sobre todo, para las tareas que demandaban mayor esfuerzo físico, como la labranza, o una gran cantidad de personas, como la cosecha. De esta manera, la tecnología mecánica, representada por la incorporación de nuevas máquinas y herramientas, se convirtió en un componente fundamental del sistema de producción agrícola contemporáneo. Sin embargo, la tecnología (un conjunto de saberes plasmados en un artefacto u objeto, con la intención de solucionar un problema práctico), forma parte del período histórico y el contexto social que le dio origen, y no depende solo del conocimiento científico aplicado.

Los cambios producidos por las innovaciones tecnológicas, definidas genéricamente como una nueva manera de hacer las cosas, fueron analizados por la economía, desde los inicios del siglo XX, debido al incremento de las ganancias en las empresas que las incorporaban. Aunque muchos de los estudios sobre la innovación todavía conservan un sesgo economicista, el concepto ha sido profundizado por otras ciencias sociales que buscan conocer las numerosas interrelaciones que existen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Actualmente, la innovación tecnológica forma parte de las agendas de los gobiernos de los países desarrollados, tanto por su papel en el crecimiento económico como por las consecuencias sociales, positivas y negativas, de su aplicación.

En las ciencias agrarias, donde todavía predomina la racionalidad técnico - instrumental entre medios y fines, la tecnología es vista como una aplicación del conocimiento científico. Por consiguiente, la mayoría de los estudios sobre innovación tecnológica agropecuaria analizan las causas de su adopción, antes que analizar los

artefactos tecnológicos y su relación con el contexto y las necesidades de sus usuarios. Sin embargo, existe un número creciente de investigaciones que, con el auxilio de las ciencias sociales, critican esta concepción lineal de la tecnología y abordan la cuestión de una manera más integradora, dejando de lado la supuesta neutralidad tecnológica. En este sentido, la sección siguiente presenta un panorama sobre el interés de las ciencias sociales, la filosofía y la historia por la tecnología y las innovaciones tecnológicas, y precisa el marco teórico empleado para el abordaje del problema estudiado.

CAPÍTULO III: LOS MARCOS TEÓRICOS PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Los marcos teóricos para los estudios de la tecnología

Cuando Pinch & Bijker (2013) analizaron la numerosa bibliografía existente sobre ciencia y tecnología, concluyeron que es posible clasificarla en tres conjuntos que, de acuerdo con su objeto de estudio, se refieren a: La sociología de la ciencia; la filosofía de la tecnología y los estudios centrados en la tecnología. A su vez, este último grupo incluye a tres corrientes, más o menos estructuradas, aunadas en torno a: la innovación, la historia y la sociología de la tecnología.

La sociología de la ciencia

Durante el período histórico en que la sociología inicia su desarrollo como ciencia, fines del siglo XIX y comienzos del XX, también lo hace el positivismo, que tuvo una influencia muy marcada sobre ella. El positivismo consideró que la ciencia es la expresión más depurada de la razón y está aislada de cualquier condicionamiento externo. Esta posición, denominada «internalista» se enfrentó con la «externalista» (E. Medina, 1983), se basó en el relativismo que concibió «...a la ciencia ante todo una actividad social y humana, una más de las emprendidas por la humanidad para lograr conocimientos sobre el mundo...» (Vázquez Alonso et al., 2001:143), sin excluir otras vías posibles para dicho fin.

El «externalismo» más tradicional se ocupó de la ciencia como institución, la formación de los grupos de investigadores y los mecanismos de estímulo y recompensa en la actividad científica. Robert Merton, un reconocido impulsor de esta corriente, sostuvo que en las ciencias sociales los factores externos ejercían una influencia notable (al contrario de lo que sucedía en las ciencias físicas y naturales) y propuso nuevas investigaciones empíricas, para conocerlas (Merton, 1968).

El Programa Fuerte²² de la Sociología del Conocimiento Científico, originado en la Escuela de Edimburgo durante la primeras décadas del siglo XX, fue otro precursor

²² El adjetivo de fuerte se debió al objetivo de avanzar en el estudio de las ciencias llamadas duras, en oposición a las blandas, que incluyen a todas las ciencias sociales.

en sostener que el conocimiento científico está influenciado por los contextos históricos y sociales. En este sentido, la sociología²³ debe ser imparcial respecto a las creencias consideradas tanto verdaderas como falsas, porque ambas son construidas socialmente y las explicaciones se encuentran en el mundo social, no en el natural. Otras visiones «externalistas» más extremas, de raíces khunianas²⁴ o paradigmáticas, desplazaron su interés del conocimiento científico hacia los científicos que lo producían. De este modo, el objetivo de la sociología de la ciencia es la relación entre las prácticas científicas y los contextos (culturales y materiales) dentro de los cuales se desarrollan. (E. Medina, 1983).

En definitiva, aunque las investigaciones empíricas realizadas por las diversas corrientes externalistas pueden emplear abordajes y métodos distintos, «existe un amplio consenso acerca de que puede mostrarse, y de hecho se ha mostrado en profundidad, que el conocimiento científico está socialmente construido» (Pinch & Bijker, 2013:22). Esta última comprobación implica que la tecnología, íntimamente relacionada con la ciencia, también es influida por los factores sociales.

La filosofía de la tecnología

En la filosofía de la tecnología²⁵ se distinguen dos corrientes contrapuestas: la filosofía analítica o epistemológica y la filosofía humanista. La filosofía humanista²⁶ tiene su foco de atención en los impactos de la tecnología y su valoración ética, por lo general asociado con los aspectos negativos. Por su parte, la filosofía analítica, que implícitamente valora a la tecnología como positiva o neutral, sostiene que la

²³ Debido a la postura de considerar en un mismo nivel lo aceptado como cierto y como falso, sin un criterio a priori de verdad, también se denomina sociología simétrica.

²⁴ Por Thomas Kuhn, físico e historiador de la ciencias que publicó, en 1962, su libro más conocido: *La estructura de las revoluciones científicas*, en donde cuestiona «el carácter neutral de la observación, la noción de una verdad absoluta, la elección de teorías como una actividad gobernada por principios autónomos y universales de racionalidad» (Ramón, 2004:37).

²⁵ El término «filosofía de la técnica» aparece por primera vez en Alemania, en 1877, como título del libro *Fundamentos de una filosofía de la técnica*, del filósofo Ernst Kapp (Morán Seminario, 2006).

²⁶ Esta concepción fue propia de la filosofía occidental clásica, en donde la técnica (saber cómo), considerada mera aplicación práctica, quedó subordinada a la teoría (saber por qué), forma superior del conocimiento (M. Medina, 1995).

solución a los problemas planteados por su empleo concierne a la propia investigación tecnológica (M. Medina, 1995). Expresado de manera sintética, la filosofía analítica de la tecnología (que Mitcham denomina enfoque ingenieril) trata de explicar el mundo a través de la tecnología (sus conceptos, métodos, productos objetivos). Por lo contrario, la filosofía de la tecnología de las humanidades busca «penetrar en el significado de la tecnología, sus vínculos con lo humano y extrahumano: arte, literatura, ética, política y religión.» (Mitcham, 1989:82). El predominio del conocimiento teórico sobre el práctico y la tecnología vista como aplicación de la ciencia, es una característica de esta concepción que subsiste hasta la actualidad.

Existe, sin embargo, un tercer grupo de interpretaciones más relacionadas con el ejercicio de la técnica y la innovación tecnológica. Entre ellas sobresale la obra de Gilbert Simondon, quien asumió el riesgo de pensar la técnica como parte de la cultura y no como una amenaza a los valores humanísticos, en una época todavía atravesada por las atrocidades de las guerras de los años 40 y 50 y las crisis económicas del capitalismo que fueron atribuidas, en parte, a los adelantos tecnológicos. Para este autor, obviar u olvidar la técnica, supone ignorar la empresa fundamental de la humanidad (Blanco et al., 2015). Simondon (2015), en *Cultura y técnica*, artículo publicado en 1965, asimiló, para después diferenciar, los conceptos de cultura y cultivo de plantas y animales como formas de acción técnica. El análisis, que parece a propósito de los objetivos de las ciencias agrarias, sostiene que las personas no tienen problemas en reconocer que los animales criados por los seres humanos para su provecho implican favorecer algunas cualidades y limitar otras. De este modo, un cerdo engordado para producir carne, o una vaca destinada a un rodeo lechero, tienen poco en común con los mismos animales en estado salvaje. El encierro, la disponibilidad y calidad de los forrajes, las aplicaciones de vacunas, los controles de la función reproductiva, son algunas de las técnicas aplicadas. Algo similar sucede en el caso de los vegetales cultivados, son un resultado de la selección intencional, los injertos, las podas o la polinización forzada. En animales y plantas se modifican y crean otro tipo de adaptaciones al medio, dependientes de la asistencia técnica. De tal forma, estos organismos vivientes se convierten en artificios porque son productos de la tecnicidad. (Simondon, 2015).

Mientras que la técnica es vista solo como una organización de medios con vista a fines utilitarios, se supone a la cultura desinteresada y dirigida hacia valores humanísticos, pero se olvida que se trata de una tarea similar a la de un agricultor, resultado de una acción directa de un hombre sobre otro u otros, equiparable a la aplicación de una técnica; que busca algún aprendizaje o la constitución de hábitos determinados. «Sería más justo entonces no utilizar el término *técnica* para oponerlo al término *cultura*: la “cultura” y la “técnica” son una y otra actividades de manipulación, y por lo tanto son técnicas: son incluso técnicas de manipulación humanas...» (Simondon, 2015:22). Por lo tanto, se debe concebir la técnica como acto que modifica voluntariamente la cultura para aumentar las chances humanas de mejorar sus posibilidades de progreso.

Los estudios sobre la tecnología

Como se mencionó, en este grupo de estudios, enfocado en la tecnología propiamente dicha, es posible definir tres corrientes: Los estudios sobre la innovación, la historia de la tecnología y la sociología de la tecnología. Además, existe otro conjunto de abordajes más difícil de clasificar, porque integra varias perspectivas derivadas de otras ciencias como la filosofía, la historia, la economía y la sociología.

Los estudios sobre la innovación están centrados en conocer las causas del éxito de la misma y abordan la organización de la empresa, la gestión, las características del mercado y los factores macroeconómicos. Para Giannetti (1994) esta forma de presentar la innovación tecnológica es propia de la corriente estructuralista, asociada con el concepto del «paradigma khuniano» que, además, contiene elementos propios del determinismo tecnológico. Algunas propuestas la enfocan en un proceso o un sector definido; por ejemplo, Dosi, en lo que define como trayectoria tecnológica, y Nelson y Winter en el ámbito empresarial. En general, todas estas corrientes comparten una concepción lineal del proceso de innovación, similar a la sostenida por las corrientes internalistas de la ciencia.

Estas visiones, de raíces «schumpeterianas», incorporan algunos conceptos ampliamente difundidos, desarrollados por Nathan Rosenberg²⁷, un economista que analizó el cambio técnico, pero no en forma aislada sino en relación con los sucesos en la economía y la historia (Vegara Carrió, 1994). Uno de ellos sostiene que una innovación tecnológica compleja mejora durante su etapa de uso, mediante un proceso de «*learning by doing*» (literalmente aprender haciendo o usando). Otro supuesto es que las innovaciones, una vez aplicadas en cierta dirección, generan un «*path dependent*»²⁸, una trayectoria que bloquea o cierra las opciones a otro tipo de innovación que, incluso, puede ser más eficiente; pero sin posibilidad de realización en el marco del paradigma dominante. Una vertiente de estas concepciones teóricas, debido a su interés en las cuestiones económicas, se denomina economía evolucionista (EE). Para la EE no importa tanto la tecnología en sí misma, sino el resultado de su aplicación en los resultados económicos.

La historia de la tecnología produce estudios sobre las innovaciones tecnológicas con un enfoque que puede situarse entre dos extremos: uno de ellos, identificado con el determinismo tecnológico; el otro, cercano al constructivismo. En el centro se ubicaría el «determinismo blando», una posición que considera las interrelaciones y la influencia mutua entre la tecnología y los complejos sociales, políticos, económicos y científicos, interpretados históricamente (Riera, 1999). Otro inconveniente que menciona este autor es que, por lo general, los historiadores conocen poco sobre las técnicas y, viceversa, los técnicos no tienen formación en historia; por lo tanto, muchos trabajos son descriptivos y generalistas.

En los comienzos del siglo XX Edgerton (2004), contrario al determinismo tecnológico, criticó otras tendencias de la historia de la tecnología. Entre las más importantes, destacó la preferencia por abordar innovaciones antes que procesos de difusión y adaptación de tecnología. En consecuencia, pocas veces se estudia el uso de

²⁷ Este autor sostuvo que la tecnología no puede ser entendida como una mera aplicación de la ciencia. En todo caso, el progreso científico está modelado por cuestiones tecnológicas y económicas (Rosenberg, 2006). También se ocupó de analizar el papel cumplido por la incertidumbre en los cambios tecnológicos y el papel que estos cumplen en el crecimiento económico (Rosenberg, 1994).

²⁸ Innovaciones dependientes del camino ya iniciado.

tecnologías de uso generalizado, al considerarlas viejas u obsoletas²⁹. Algo similar ocurre con las innovaciones que se generan a partir del uso tecnologías que, por estar basadas en mejoras incrementales incorporadas a través de un tiempo considerable, suelen ser poco visibles o, incluso, empleadas en actividades catalogadas socialmente como ilegales³⁰. Tampoco están muy presentes otros temas, como los conflictos de intereses entre los trabajadores y los empresarios o los obstáculos culturales a los procesos de adopción. A esto se le agrega que las realidades tecnológicas son muy distintas dependiendo de los países, sobre todo entre los desarrollados y no desarrollados, y los períodos temporales. En este sentido, también se deben rescatar otras actividades valiosas, como la ingeniería inversa, el ensamblado de artefactos, el mantenimiento de maquinarias, la gestión tecnológica y educación técnica, más allá de la visión idealizada del inventor transformado en un héroe solitario. De acuerdo con Saldaña (2013), a pesar de las falencias señaladas, para el caso de los países latinoamericanos, los estudios históricos tienen una gran utilidad porque son indicadores de muchos desarrollos tecnológicos que han tenido lugar en la región, aun cuando hayan tenido poca difusión y se desconozca el sentido político de la tecnología, al mismo tiempo una forma de conocimiento y acción transformadora. Con una posición semejante a la expuesta, Ordoñez (2007) sostuvo que la interpretación dominante en la historia de la técnica, difundida por enciclopedias y manuales, asocia el desarrollo tecnológico con la ocurrencia de hitos fundantes, tipo “línea de tiempo”, determinados por grandes saltos cualitativos denominados, por ejemplo, Revolución Neolítica y Revolución Industrial o, en una segunda versión, basado en el predominio del empleo de algún material o recurso en particular, como en el caso de las llamadas Edad del Bronce y Edad del Hierro; desconociendo que

²⁹ Por ejemplo, se suele considerar a la generación de energía eléctrica a partir del carbón, como una tecnología propia de los siglos XVIII y XIX, cuando el consumo mundial de este combustible no ha decrecido demasiado con el paso de los años. China extrae y consume casi la mitad del total del carbón mundial para la generación de energía termoeléctrica; países desarrollados, como Alemania y EE.UU. también son grandes consumidores.

³⁰ ...no soy el único historiador que quisiera ponerle las manos encima a la información clasificada que existe sobre laboratorios de drogas ilegales, que indudablemente, en 30 años de evolución han llegado a producir cocaína y heroína de alta pureza en medio de la selva tropical en instalaciones provisionales y camufladas; o de historiar los alucinantes sistemas de transporte ilegal de drogas que van desde la inserción de material en el cuerpo de las "mulas" hasta el uso de submarinos de fabricación doméstica o de aviones a control remoto (Valderrama, 2001:23).

el desarrollo tecnológico no depende sólo de las innovaciones en sí mismas, ni de la genialidad de los inventores, sino del uso que la sociedad hace de ellas.

La crítica al desarrollo tecnológico entendido como un cambio revolucionario fue planteada por Basalla (2011), cuando adoptó el concepto de evolución biológica para explicar el desarrollo de numerosos inventos a lo largo de la historia. En su análisis, en donde cuestionó a la necesidad como causa de la inventiva (porque a veces el invento impulsa la necesidad), explicó el desarrollo tecnológico como un proceso de cambio gradual y acumulativo; pero sin dejar de reconocer los saltos disruptivos que originaron algunas máquinas³¹; aunque los mismos estuvieran más relacionados con los resultados del uso de la tecnología en un contexto determinado, antes que con el invento.

Sobre la disputa entre visiones evolutivas y revolucionarias de la historia de la técnica, Serres (1995) afirmó que es incorrecto considerar un único proceso evolutivo; sino que se trata de tres corrientes, caracterizadas por la tecnología predominante y actividad económica principal, que se interrelacionan y se influyen entre sí a lo largo del tiempo. De este modo, el período basado en la tecnología mecánica se asoció con el desarrollo de la agricultura; el de la tecnología termodinámica con la actividad industrial; y el de la tecnología informática (en el presente), identificado con los desarrollos en el sector de servicios. Sin embargo, son innegables las interrelaciones entre las corrientes evolutivas y los cambios generados a partir de estas. Una prueba concreta es el caso de la agricultura, basada durante siglos en la tecnología mecánica, cuando se incorporaron los tractores, propio de la tecnología termodinámica, o las innovaciones de la ingeniería genética, que fueron posibles a partir del desarrollo de la informática para el procesamiento de datos. Por lo tanto, la historia de la tecnología también debe considerar el «...hilo diacrónico que va del pasado hacia el futuro, pero también al hilo sincrónico que vincula los tipos tecnológicos entre sí y con sus entornos social y ambiental». (Ordoñez, 2007:204).

³¹ Entre los numerosos casos estudiados estuvo la desmotadora para algodón para fibra corta, inventada por Ely Whitney alrededor de 1795. Además de establecer que la máquina fue una mejora evolutiva de otras anteriores, sostuvo que su uso masivo se debió tanto a la genialidad del inventor «...como a las condiciones ambientales, sociales, económicas y políticas que favorecieron el cultivo de algodón en Norteamérica y otros lugares.» (Basalla, 2011:51).

En consecuencia, a partir de los años ochenta del siglo pasado, los estudios históricos de corte externalista tuvieron una mayor difusión que los clásicos enfoques deterministas y fue posible conocer, en varios países de América Latina, entre ellos Brasil, México, Perú y Colombia; un conjunto de investigaciones vinculadas a la denominada historia social de la tecnología. Tendencia que también se observó en Venezuela y la Argentina, aunque más orientada al sector industrial (Thomas, 2010); lo que supone un esfuerzo por indagar el desarrollo tecnológico, a partir de los procesos de cambios evolutivos y sus múltiples interrelaciones sociales.

En la **sociología de la tecnología** es posible definir dos tendencias, una de tipo estructuralista o paradigmático, similar al enfoque de las innovaciones, y otra asociada con un proceso de construcción social de la tecnología. La corriente constructivista, crítica de los enfoques paradigmáticos, se sustenta en tres principios:

- El éxito o el fracaso (funcionamiento) de un artefacto tecnológico no puede explicarse exclusivamente por sus cualidades técnicas intrínsecas sino como el resultado de un complejo interjuego de elementos sociales, políticos, económicos y técnicos.
- Las características técnicas de su diseño también están determinadas por este conjunto de elementos “no técnicos”, que incluyen las disputas en torno a los significados que le atribuyen al artefacto los distintos actores involucrados en su desarrollo y utilización.
- El desarrollo tecnológico no es el resultado de un proceso progresivo y lineal en el que las sucesivas generaciones de artefactos solucionan los problemas que surgen en el uso de la anterior, sino que en virtud de la influencia de la variedad de elementos señalados, este proceso resulta múltiple y en ocasiones contradictorio (Santos, Garrido, & Thomas, 2007:2-3).

Para Giannetti (1994), el constructivismo enfatiza el papel del protagonista de la innovación. Este, que puede ser una persona o un grupo, es quien asigna un significado a la tecnología y busca influir en su desarrollo para adecuarla a sus intereses. Además, como siempre existen otros actores con intereses similares o distintos; la innovación será una consecuencia de la interacción entre todos ellos. Postura compartida por Valderrama (2004), cuando afirmó que el desarrollo de una tecnología es el resultado de una negociación entre distintos grupos sociales, a partir de las interpretaciones que tienen sobre ella.

Analíticamente se distinguen dos grandes corrientes en los estudios constructivistas de la tecnología: una de tradición europea y británica, llamada Estudios sobre Ciencia y Tecnología, con una postura más asociada con lo teórico/descriptivo, que busca conocer cómo los factores sociales determinan los desarrollos científicos tecnológicos. La segunda corriente, conocida en castellano como estudios de Ciencia Tecnología y Sociedad³² (CTS), de tradición norteamericana, está vinculada con un carácter menos teórico, pero más crítico y valorativo, enfatiza las consecuencias sociales de los desarrollos científicos y tecnológicos. (Glavich, 2000).

Las corrientes más difundidas del constructivismo son la Construcción Social de la Tecnología (CST o SCOT, por sus siglas en inglés) de Pinch, y Bijker y la Teoría del Actor Red (TAR o ANT, por *Actor Network Theory*), concebida por Latour y Callon (R. F. Rocha, 2014). Aunque el Programa Empírico del Relativismo (PER) fue desarrollado por Collins y Pinch para el análisis de la producción del conocimiento científico, también emplea conceptos funcionales para el enfoque constructivista (Valderrama, 2004). Tanto la CST como el PER, debido a que la ciencia y la tecnología están íntimamente ligadas, prefieren hablar de sistemas sociotécnicos, un modelo en donde los intereses de los grupos sociales relevantes legitiman los problemas y su solución tecnológica (Ramírez Sánchez, 2007; Thomas, 2013).

En la TAR, a veces llamada Sociología de la Traducción³³, las personas y sus organizaciones no son el centro exclusivo del análisis. En este caso el sistema socio técnico también está integrado por no humanos, llamados «actantes», que conforman una red o «un tejido sin costuras». Los actantes pueden ser máquinas, dispositivos, herramientas, pero también libros o artículos científicos, que contribuyen a legitimar una tecnología. La denominación de actor red se origina en las interconexiones que los agentes conforman para la acción, «la mejor forma de entender el término actor – red es pensarlo como la red que constituye la agencia (la capacidad de actuar) de algún actor...» (Bruun & Hukkinenn, 2013:200).

³² En inglés *Science, Technology and Society (STS)*.

³³ El término traducción, que incluye las acciones efectuadas por actores para actuar en representación de otros agentes, se debe a que en este proceso de innovación un agente define («traduce») a otros mediante intermediarios (textos escritos, dispositivos técnicos, conversaciones formales e informales y dinero, entre otros). Esta traducción esta lejos de ser un procedimiento racional.

Las investigaciones del PER, con foco en el estudio empírico de las controversias que ocurren durante los desarrollos científicos tecnológicos, se caracteriza por los conceptos de flexibilidad interpretativa, clausura y vinculación. La flexibilidad interpretativa sostiene que todo hallazgo o innovación está sujeto a más de una interpretación, hasta que aparece el consenso sobre lo que se considera verdad; el logro de este acuerdo es la clausura. Mientras que la vinculación define como es difundida la innovación en un medio social más amplio. Las controversias, producidas cuando existen varias interpretaciones, culminan cuando se impone una de ellas.

Para la CST el cambio tecnológico está relacionado con la definición del problema, realizada por las personas o grupos involucrados y las instituciones sociales. La solución del problema ocurre mediante un proceso de estabilización, que culmina en la clausura retórica o la redefinición del mismo (conceptos equiparables al de clausura empleado por el PER). La clausura retórica, que determina la estabilización del artefacto y la desaparición del problema, no implica el hallazgo de una solución (en el sentido literal de la palabra), basta que los grupos sociales relevantes acuerden con ella. La clausura también puede deberse a la redefinición del problema, lo que sucede cuando una solución, pensada originalmente para un problema, es vista como apta para solucionar otro (Pinch & Bijker, 2013). En todo caso, el cambio o la innovación se considera un proceso multidireccional, opuesto a los modelos lineales (que también toma en cuenta a las opciones no exitosas), y se explica por la alternancia entre la variación y la selección de los distintos problemas y soluciones, presentados en un momento determinado³⁴, caracterizado por un marco tecnológico. Concepto similar al de paradigma y definido por Bijker (2013) como el conjunto de teorías y técnicas empleadas por una sociedad para resolver sus problemas.

³⁴ Un ejemplo de este abordaje teórico es el caso, muy difundido, del diseño y la construcción de la bicicleta que, hasta llegar al modelo actual, tuvo numerosas modificaciones, incluidas el tamaño de las ruedas, el sistema de tracción y la incorporación de neumáticos; donde intervinieron gran número de actores y grupos sociales relevantes, entre ellos diseñadores, fabricantes, proveedores de partes y diferentes usuarios (Pinch & Bijker, 2013).

Aunque los enfoques sociológicos constructivistas realizan un abordaje integral del cambio y la innovación tecnológica, han elaborado conceptos valiosos para el análisis del tema (entre ellos que: el éxito de una tecnología no depende solo de sus cualidades técnicas, el diseño de una tecnología depende del significado que le asignan los sectores sociales involucrados, el desarrollo tecnológico no es progresivo y lineal) y enfatizan el rol de la contingencia antes que en la necesidad a satisfacer; han sido criticados por varios motivos. Entre los referidos al aspecto conceptual, por no evaluar la tecnología que estudian, ni considerar las consecuencias sociales de su aplicación. En la dimensión metodológica se cuestiona, sobre todo, la definición de los grupos sociales relevantes, quién y cómo se seleccionan, y lo que sucede con las opciones tecnológicas que son dejadas de lado (Valderrama, 2004). En esta corriente también se observa una tendencia al voluntarismo, porque supone que todos los grupos (y sus intereses) están presentes o participan en igualdad de condiciones en la definición de los problemas y las soluciones.

El cuarto grupo de estudios³⁵, integrado por un conjunto heterogéneo de enfoques, analizan, en su mayoría, los conflictos que generan las innovaciones tecnológicas. Entre ellos, los que generan o estimulan, en términos de poder, la subordinación de un grupo social a otro. Esta cualidad, denominada por Winner (1985) como política de los artefactos, puede darse de dos formas: La primera, es cuando una tecnología es concebida para alcanzar un fin asociado con el control. La segunda forma se refiere a la compatibilidad de las tecnologías con algún tipo de relaciones sociales. Un ejemplo del primer caso fue la incorporación de máquinas forjadoras en la fábrica de cosechadoras McCormik, en Chicago a fines del siglo XIX. Los equipos mecánicos fueron mucho más caros y menos eficientes que la mano de obra de los trabajadores; pero su incorporación tuvo por objetivo combatir la organización sindical de los forjadores. Las tecnologías que integran el segundo grupo son menos evidentes, aunque es posible observarla, por ejemplo, en la disyuntiva entre el empleo de la energía solar versus la nuclear. Las plantas generadoras que emplean

³⁵ Debido a la postura que sostienen los autores aunados en esta corriente también se la denomina «tecnopesimista». Para Winner (2016), uno de sus exponentes teóricos principales, la innovación es un proceso que implica el abandono de la ciencia, una actividad que busca solucionar los problemas más acuciantes de la humanidad, para orientarse a satisfacer las necesidades económicas de las empresas y los estratos sociales más ricos.

energía solar son, en principio, más compatibles con las necesidades de pequeñas comunidades autónomas y descentralizadas. En cambio, la generación eléctrica mediante fisión nuclear³⁶, que necesita una organización logística en gran escala para evitar el uso indebido de la fuente energética, es más compatible con una estructura de gobierno centralizada y orientada al control social.

Las consecuencias políticas de la tecnología, su capacidad de ejercer el dominio de un grupo social sobre otro y los efectos nocivos sobre el medio ambiente, también fueron estudiados por Feenberg (1991, 2005, 2010, 2013), para elaborar su teoría crítica. Este filósofo propuso integrar las posiciones entre quienes sostienen la neutralidad de la tecnología y su aplicación universal; en oposición a los que argumentan que la tecnología constituye y modifica un sistema cultural, y reestructura el mundo social con un objetivo asociado al control (Feenberg, 1991). La primera posición (que el autor llama instrumentalista y es similar a la denominada determinista por otros autores), desconoce que toda innovación tecnológica es desarrollada para un contexto determinado y debería incluir la manera de absorber los efectos negativos de su uso. Además, la incorporación de una tecnología en un contexto ajeno a su origen puede ocasionar resultados indeseables; e igualmente conlleva la modificación o adecuación del contexto social y ambiental. Por ejemplo, es imposible el uso eficaz de un automóvil sin una red de autopistas o la logística necesaria para la provisión del combustible³⁷ y el mantenimiento de los rodados (Feenberg, 2010). De manera similar, la invención y el uso del alambre de púa³⁸ determinó cambios en el manejo de la hacienda y los cultivos, pero también en el diseño de los predios y el trabajo rural. En este sentido, la supuesta racionalidad de la tecnología oculta el proceso histórico que influyó en los diseños desarrollados finalmente; o que el

³⁶ El ejemplo presentado omite el hecho de que las usinas atómicas son mucho más eficientes que las basadas en energía solar.

³⁷ La elección del motor de combustión interna, tipo Otto, en la gran mayoría de los automóviles del mundo, no está asociada directamente con su rendimiento, muy inferior al del motor eléctrico, sino con las ventajas que supone, en tiempo y forma, su aprovisionamiento de combustible. La adopción masiva de autos eléctricos, hasta ahora limitada al sector de los vehículos recreativos de pequeño porte o al desarrollo de unidades híbridas de muy alto costo, supondría el rediseño de toda la red de energía eléctrica.

³⁸ Un ejemplo extremo de las consecuencias del cambio de contexto es presentado por Netz (2013), cuando analizó el modo en que este invento, destinado al mejor control del ganado vacuno, fue utilizado también con fines bélicos y represivos en prisiones y campos de concentración.

éxito de una innovación es consecuencia de su empleo (compatible con el aprender haciendo de la EE) y no está determinado por su eficacia intrínseca (Feenberg, 2010).

El incremento de la eficiencia y la rentabilidad económica, producto de las innovaciones tecnológicas, también ha sido debatido frecuentemente. Un inconveniente son los distintos criterios que existen para evaluar estos parámetros, que Mumford (1992) planteó décadas atrás. En el caso que presentó, la solución tomada para levantar un bloque de piedra fue aumentar la potencia del motor de una grúa, sin considerar otras opciones, basadas en el uso de mecanismos más simples y eficientes. Este proceso de clausura tecnológica del problema (o solución «*path dependent*»), supone un estímulo al aumento de la potencia de los motores y el tamaño de las máquinas, algo muy evidente en las destinadas a la actividad agrícola. Por otro lado, una tecnología eficiente y rentable económicamente desde el punto de vista individual, puede no serlo en términos de beneficios para el conjunto de la sociedad y el ambiente. Al respecto, la producción de etanol a partir de la caña de azúcar es, considerando su eficiencia energética, una buena opción al empleo de combustibles derivados del petróleo; sin embargo, el proceso de fabricación también genera un volumen considerable de residuos contaminantes, cuyo reciclado debe ser incluido en el balance económico de costos y beneficios.

Como se expuso, la sociología de finales del siglo XIX, influida por el positivismo científico, sostuvo una concepción internalista de la ciencia, entendida como una actividad sin ningún condicionante externo y sujeta a sus propias reglas. Postura que fue criticada por los sociólogos externalistas, quienes consideraban que el conocimiento (incluso el científico) era construido socialmente, y se dedicaron mayormente al estudio de las instituciones científicas y la tarea de los investigadores. La división entre distintas corrientes de pensamiento también se reflejó en la filosofía de la tecnología, en sus vertientes analítica (o ingenieril) y humanista. Esta última con elementos comunes al internalismo y preocupada por las consecuencias

de las aplicaciones tecnológicas en la sociedad. Existe sin embargo una tercera interpretación, que asimila el concepto de cultura y de técnica, postulando que ambas son actividades humanas complementarias e igualmente valiosas.

Por su parte, las ciencias que estudian la tecnología propiamente dicha se dividen entre las que tienen por objeto: la innovación tecnológica, la historia de la tecnología y la sociología de la tecnología. Los estudios de las innovaciones están centrados en los resultados económicos que generan las mismas y, con el tiempo, desplazaron su interés de las organizaciones empresariales a las instituciones sociales y los sistemas nacionales de innovación, tratando de explicar las causas del crecimiento económico de los países.

La historia de la tecnología, en su vertiente más clásica, rescata el papel de algunos inventos y su contribución a los cambios sociales; aunque los trabajos más vinculados con el constructivismo buscan analizar procesos de adopción y difusión tecnológica (entre ellos los de ingeniería inversa y ensamblado de maquinarias), considerando las interrelaciones que se generan con la sociedad.

La sociología de la tecnología agrupa varios enfoques basados en la construcción social de la tecnología. Todos ellos, en alguna medida, se basan en tres principios: El funcionamiento (éxito o fracaso) de una tecnología no depende solo de sus cualidades técnicas intrínsecas; el diseño o la construcción de una tecnología depende del significado que le asignan los distintos sectores sociales involucrados; el desarrollo tecnológico no es un proceso progresivo y lineal, debido a sus características sigue múltiples direcciones, a veces contradictorias y conflictivas. Los conflictos generados por el uso de la tecnología son abordados por los enfoques críticos de la tecnología, un conjunto heterogéneo de trabajos que se ocupan de las consecuencias de las innovaciones tecnológicas, en términos de poder de un grupo social sobre otro y los efectos nocivos sobre el medioambiente.

En síntesis, dejando de lado las corrientes de tipo deterministas, por su limitada capacidad para entender el fenómeno tecnológico, es evidente que los enfoques

constructivistas y críticos tienen elementos en común y son, en varios aspectos, complementarios. Por lo tanto, esta investigación pretende que los conceptos de los distintos marcos teóricos «dialoguen» entre ellos para explicar la complejidad del cambio tecnológico (Bruun & Hukkinen, 2013). Al respecto, la intención es trascender a la mayoría de las clasificaciones tradicionales, que tienden a separar los dominios de la ciencia y de la tecnología; sin tener en cuenta «...que es bastante poco fructífero hacer esta distinción a priori. En cambio, parece más valioso comenzar con las nociones de la ciencia y la tecnología provenientes del sentido común y estudiarlas de modo integrado...» (Pinch & Bijker, 2013:62). Además, de acuerdo con los enfoques presentados, se reconstruirá la historia de los cambios tecnológicos en la cosecha de caña de azúcar, para comprenderlos en profundidad. En el caso concreto de la innovación tecnológica «...es preferible empezar por una reconstrucción minuciosa y sólo posteriormente introducir las circunstancias de entorno que la determinaron en el contexto de su sociedad.» (Giannetti, 1994:42). Esta premisa involucra, según Ordoñez (2007), dos fases complementarias: una es el establecimiento del contexto social que dio origen a los desarrollos tecnológicos. La otra considera los cambios que ocurren en las relaciones sociales, debido a los mismos desarrollos, y los factores que retroalimentan el proceso.

De esta manera, fue posible analizar integralmente los cambios tecnológicos ocurridos en la cosecha cañera de Tucumán. Desde las causas y los factores que determinaron su aparición, hasta las consecuencias sociales y ambientales de su adopción; una tarea casi imposible de llevar a cabo si los marcos conceptuales se hubieran seleccionado de manera previa y de acuerdo con la preferencia del investigador.

CAPÍTULO IV: EL MÉTODO Y LAS TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

La elección del método y las técnicas de la investigación

La mayoría de las investigaciones que realizan las ciencias agrarias están relacionada con el seguimiento de un conjunto de operaciones o etapas, definidas previamente, que asegurarían el acceso a un determinado conocimiento. Este modelo, apoyado en la realización de experimentos sistemáticos y en condiciones controladas, propio de las ciencias físicas, es cuestionado por quienes sostienen que la investigación científica, antes que seguir a rajatabla un protocolo definido previamente, debe apoyarse en una base lógica común y proceder metódicamente (Marradi, 2002).

Sin embargo, no existen métodos puros, porque todos ellos incorporan elementos de varios paradigmas y supuestos teóricos y, además, deben estar relacionados con la clase de problema que se desea investigar (Sautu, 2003). En este sentido, para el conocimiento de las múltiples causas que determinaron el proceso de cambio e innovación en los distintos sistemas de cosecha, y la evaluación de las tecnologías empleadas, se optó por una combinación de métodos porque, como sostiene Scribano (2008), no hay argumentos para justificar una puja entre enfoques cualitativos y cuantitativos o debatir las dimensiones micro y macro como niveles analíticos irreconciliables.

Debido a esta característica, el método seguido consistió «...esencialmente en el arte de elegir las técnicas más apropiadas para enfrentar un problema cognoscitivo, eventualmente combinándolas, comparándolas, aportando modificaciones e incluso proponiendo alguna solución nueva» (Marradi, 2002:122). La idea del método como arte tiene un fuerte arraigo en la sociología; pero como el concepto remite a la creación de una obra irrepetible, varios autores prefieren el término artesanía (Wright Mills, 1961; Denzin & Lincoln, 1994; Wolcott, 2004), porque es una tarea similar a la de aquellas personas que, combinando conocimientos abstractos, experiencias previas, determinados materiales o insumos y habilidades operativas, construyen un objeto determinado. En este proceso, además, se debe limitar la asignación de una importancia excesiva a la etapa de planificación, que suele derivar en

una etapa de investigación empírica superficial y poco interesante, cuando su finalidad «... es resolver desacuerdos y dudas acerca de los hechos, haciendo así más fructíferos los razonamientos basando todos sus lados más sólidamente.» (Wright Mills, 1961:215).

Con una posición similar, pero más cercana a la tarea concreta del investigador, Sautu (2003:36) sostiene que «no es que los datos dominen a los métodos, sino que los paradigmas y las teorías establecen reglas, requisitos, condicionamientos para abordar la definición de lo empírico. Los métodos son las respuestas a esos planteos teóricos y requisitos empíricos». Las técnicas empleadas, definidas como una integración entre procedimientos, instrumentos y saber hacer (Marradi, 2002), otro concepto también asociado claramente con artesanía, fueron el análisis documental y la entrevista en profundidad organizadas como actividades paralelas y complementarias.

La búsqueda y el análisis documental

La recopilación y el análisis documental abarcó artículos científicos, manuales de procedimientos, informes técnicos, revistas científicas y técnicas, censos, encuestas, tesis, libros, boletines, folletos, diarios y fotografías sobre el problema estudiado. En este sentido, el criterio empleado para la búsqueda de los materiales, que incluyeron obras escritas, numéricas y visuales, fue el reconocimiento de su riqueza para la indagación del problema investigado (Valles, 1999). La sección sobre la producción mundial de azúcar y las características de las máquinas cosechadoras se consideró necesaria por tratarse de un complejo industrial, y un cultivo, poco conocido fuera de las regiones productoras. Además, esta búsqueda, permitió contar con la información necesaria para conocer el desempeño técnico de las distintas maquinarias empleadas en la producción de caña.

La decisión de incluir lo acontecido en Cuba, Brasil, EE.UU. y Australia, se tomó por dos motivos. Uno fue conocer las causas que originaron, durante los años estudiados, los notables procesos de mecanización cañera ocurridos en cada uno de

ellos; el otro, porque varias de las máquinas de cosecha de los dos últimos países fueron adoptadas en la Argentina.

El período temporal que guio la búsqueda documental, fijado previamente entre 1960 y 2005, finalmente abarcó dos décadas previas y una posterior, decisión fundada en conocer la influencia que tuvo el convulsionado contexto social de la época, en los procesos sucedidos de cambio e innovación tecnológica. La revisión bibliográfica realizada fue extensa y siguió las recomendaciones de Scribano (2008), por lo que estuvieron orientadas a identificar y clasificar las fuentes existentes, disponer de literatura específica sobre el fenómeno estudiado y reforzar la formación temática e interdisciplinaria en la cuestión sociotécnica de la agroindustria cañera. Además de las obras académicas, citadas en la sección correspondiente de la tesis, se dispuso de un conjunto variado de ensayos o análisis críticos sobre la cuestión azucarera, con variable rigor científico, pero valiosos para contextualizar la época analizada, entre ellos: El problema azucarero (Méndez Calzada, 1939); Consideraciones acerca de la solución integral del problema azucarero (Centro Azucarero Regional de Tucumán, 1945); Problema azucarero argentino (Instituto de Investigaciones Económicas, 1956); La verdad sobre la cuestión azucarera (Laks, 1960); El problema del azúcar en la Argentina (Centro Azucarero Regional del Norte Argentino, 1964); La industria azucarera en Tucumán. Sus problemas sociales y sanitarios (A. Bravo, 1966); Azúcar para el monopolio (Taire, 1969); Cooperativas agropecuarias de trabajo y Una alternativa de solución para el problema tucumano (J. Domínguez & Hervas, 1970). Partes de estas obras fueron empleadas para elaborar el capítulo referido al sector azucarero tucumano.

Aunque la producción científica de las ciencias sociales sobre la cuestión agroindustrial fue relativamente numerosa en el período estudiado, no se encontraron trabajos que pudieran clasificarse bajo el rótulo de sociotécnicos, una situación que posiblemente se subsanará en el futuro, como lo hace prever algunas tesis y artículos académicos publicados en los últimos años. Algo similar sucedió en el área de las ciencias agrícolas en donde, por lo general, los artículos sobre la mecanización cañera se destinaron a publicaciones de difusión tecnológica.

Una de las fuentes más consultada fue la revista «La Industria Azucarera». Esta publicación, creada en 1894 por el Centro Azucarero de la República Argentina con el nombre de «Revista Azucarera», tuvo una muy breve existencia como «Boletín de azúcares y alcoholes», que solo duró un año, y tomó su nombre definitivo a partir de enero de 1924. En 1980 alcanzó su número 1.000 y continuó editándose por lo menos hasta 1990. La biblioteca de la EEAF conserva, encuadernados por año, todos los ejemplares desde 1924 hasta 1972. Aunque fue un medio de comunicación que representó y defendió los intereses empresariales de los ingenios, también se ocupó de difundir las innovaciones en el cultivo de la caña y la fabricación de azúcar, sucedidas tanto en la Argentina como en otros países productores. De manera habitual publicó artículos de técnicos locales y reprodujo otros de revistas extranjeras, sobre todo norteamericanas, vinculados con el mundo de la agroindustria.

La revista «Informativo de Investigación Agropecuaria» (IDIA)³⁹, aportó datos valiosos sobre la tractorización en la Argentina. También del INTA, pero editada por la EEAF, la revista «Desarrollo Rural para Tucumán», publicada a partir de 1981 y discontinuada unos años después, posibilitó conocer la estructura de costos de la producción cañera, algunos precios de referencia y las opiniones de varios especialistas en el tema. Aunque la biblioteca de la EEAF carece de un sistema eficaz de indexado, el acceso discrecional a su patrimonio bibliográfico, muy heterogéneo y variado, compensó cualquier desventaja vinculada a este obstáculo. Entre otros motivos, porque el proceso de búsqueda, casi azaroso pero reiterado, permitió encontrar varios informes y actas de seminarios sobre la cuestión azucarera, que nunca fueron editados para su publicación y, en el mejor de los casos, tuvieron una difusión restringida.

La búsqueda de otros materiales bibliográficos, archivados en las Agencias de Extensión Rural INTA, de Monteros y Aguilares, ubicadas en las ciudades homónimas, permitió recuperar, en el primer caso, antecedentes de la década de 1990 y, en el segundo, de 1960 y 1970. También se tuvo acceso a las colecciones temáticas de

³⁹Esta revista publicó, entre 1948 y 1988, 478 números. Hasta 1957 fue editada por la Dirección General de Laboratorios e Investigaciones del Ministerio de Agricultura de la Nación y desde 1958 hasta su último ejemplar por el INTA.

las cátedras de Sociología Agraria, Política Agraria y Economía Agraria, pertenecientes a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT. En todas ellas se recolectó material escrito relacionado con el tema estudiado.

Para la consulta de la biblioteca de la EEAOC, la organización de ciencia y tecnología agropecuaria más antigua de Tucumán, se recurrió mayormente a su colección de publicaciones eventuales, denominadas Misceláneas, y a la revista *Avance Agroindustrial*, editada desde julio de 1980 hasta la actualidad y orientada, fundamentalmente, a la difusión de la tecnología generada en sus laboratorios y campos experimentales.

La lectura de numerosos ejemplares del diario *La Gaceta*, fundado en 1912 y todavía vigente en Tucumán, cuyo archivo digital tampoco cuenta con un sistema para guiar las búsquedas, se basó, casi exclusivamente, en constatar la existencia de noticias sobre destrucción intencional de máquinas cosechadoras, un acontecimiento mencionado asiduamente en relatos orales. Por el mismo motivo, también se recurrió a la consulta de las publicaciones de varias organizaciones políticas, conservadas en formato digital, que tuvieron una activa participación en los conflictos sociales de la época.

El auxilio de Internet fue fundamental en esta etapa, la navegación mediante sus buscadores, además de posibilitar la búsqueda inversa, es decir, partiendo de una referencia bibliográfica para culminar en la obra citada originalmente; permitió el acceso a numerosas publicaciones tanto nacionales como internacionales. Tal fue el caso de la biblioteca digital del Consejo Federal de Inversiones y las actas de los congresos organizados por la «*International Society of Sugar Cane Technologist*⁴⁰» (ISSCT-) y de varias otras organizaciones científicas y de productores cañeros de Australia. Sucedió lo mismo con muchos de los documentos brasileños y cubanos consultados.

⁴⁰ Sociedad Internacional de Técnicos en la Caña de Azúcar, ISSCT por sus siglas en inglés, organización fundada en 1924 y todavía activa.

La recolección e inclusión de fotografías y otras imágenes tuvo por objetivo, además de rescatar su valor histórico y testimonial, obviar largas descripciones, a veces de difícil comprensión, sobre las tareas de la zafra y el funcionamiento de equipos y maquinarias. Lamentablemente, no existe una biblioteca o repositorio público para su colección y curado. Una situación similar a la suerte corrida por los folletos publicitarios y los manuales de uso y mantenimiento de maquinarias y equipos para los usuarios.

Debido a que la cantidad de fuentes escritas fue considerable, para su recopilación, ordenamiento y citado, se empleó el gestor de referencias bibliográficas *Zotero*, un programa abierto, libre y gratuito, diseñado en la George Mason University (Virginia, EE.UU.); que resultó útil para la tarea mencionada.

El procesamiento de esta información y los datos generados a partir de ella, permitió detectar los «conceptos guías», término que Ragin (2007) definió como aquellos que, sin tener atributos fijos e inmodificables, posibilitan contar con referencias y criterios generales para aproximarse a los casos empíricos, en un proceso iterativo y constante que, además de posibilitar el ordenamiento de los datos, contar con información cuantitativa y contribuir a una visión más integral y profunda del problema, fueron valiosos para mejorar el abordaje de las entrevistas.

Las entrevistas

El inicio de esta etapa se enfocó en quienes, por motivos de su actividad profesional, experiencia laboral y edad, contaban con una larga experiencia en el sector agrícola cañero y habían experimentado los distintos períodos del sistema de producción y cosecha cañera. Esta condición también estableció la trayectoria temporal diacrónica, que pudo ser contrastada con la dimensión sincrónica recuperada, en primera instancia, a partir del análisis documental; un requisito necesario considerando que los entrevistados elaboraron sus valoraciones a partir las experiencias vitales.

El tipo de muestreo usado fue el denominado «bola de nieve», un diseño propositivo, porque depende del propósito del estudio, y secuencial, en donde prevalece el criterio de selección gradual, para ir sumando entrevistados que aporten información sustantiva. El tamaño final de la muestra se decidió por el criterio de saturación; pero no asociado con la repetición de conceptos sino con la finalidad de plantear algo importante o novedoso sobre el problema investigado.

La muestra incluyó a agricultores cañeros de distinta escala productiva, contratistas de cosecha, excosecheros, investigadores y asesores técnicos, tanto del sector público como el privado. El primer contacto realizado involucró, además de la presentación formal del entrevistador, una descripción sobre el tema de la investigación a desarrollar. La cantidad final de entrevistados, entre febrero de 2017 y febrero de 2019, fue de 19 personas, de entre 45 y más de 85 años de edad.

Como corresponde con la entrevista en profundidad se empleó un guion flexible, sin preguntas estructuradas y previamente establecidas, característica que, además de generar respuestas espontáneas, facilitó las repreguntas y los pedidos de aclaraciones para una mejor comprensión de los temas que fueron surgiendo. La duración promedio de las entrevistas fue de una hora, período de tiempo ajustado mediante el criterio de redundancia informativa y el grado de cobertura de las pautas establecidas en el guion (Scribano, 2008). En el caso de las tres personas que estuvieron involucradas en el diseño y la fabricación local de maquinarias, la duración se extendió a más de dos horas, debido a la importancia de los testimonios brindados.

Además, se realizaron consultas puntuales a Pablo Aballay, Beatriz Robles, Carlos Ruiz, Nemesio Cuello, Omar Cáceres, Walter Zalazar, Roque Budeguer (h), Juan Vallejo, Enrique Fernández de Ullivarri, Domingo Sandoval, Jorge Birgi, Luis Erazzu, Salvador Chaila, Carlos Aragón y José Logarzo, algunos de los cuales habían sido entrevistados previamente. También hubo intercambio de comunicaciones escritas, a través de correos electrónicos, con Jorge Mariotti, Miguel Fernández de Ullivarri, Juan Fernández de Ullivarri y José Taglioretti.

Todas las entrevistas fueron grabadas en formato digital y, con la posterior desgrabación y transcripción textual de las entrevistas, se inició un proceso continuo de ida y vuelta entre los datos y la teoría, centrado en «los procesos de deducción/inducción/abducción. La abducción es el proceso que va desde los conceptos inducidos en los datos hacía la teoría, incorporándolos al sistema deductivo contenido en ella» (Sautu, Boniolo, Dalle, & Elbert, 2005:155).

El análisis de datos cualitativos incluyó tres fases interrelacionadas: la reducción de datos, el análisis descriptivo y la interpretación. A su vez, la reducción de datos abarcó la edición, categorización, codificación, clasificación y presentación de los mismos. El análisis descriptivo permitió atribuir significados y la interpretación permitió establecer conclusiones teóricas generales y explicativas del problema investigado (Mejía Navarrete, 2011). Como estrategia de triangulación, para dotar al estudio de mayor rigor y aumentar la comprensión del fenómeno estudiado, se recurrió al análisis integrado y crítico de los datos obtenidos de los entrevistados (en diferente tiempo y espacio) y su comparación con la información bibliográfica (Benavides Okuda & Gómez-Restrepo, 2005; Mendizábal, 2006).

Por último, cabe mencionar que el papel del investigador en este tipo de diseños fue criticado, muchas veces, como un factor distorsivo. En este sentido se acordó con de la Cuesta Benjumea (2003), cuando sostuvo la imposibilidad de eludir el mundo social para estudiarlo y que, en todo caso, el investigador debe poner al servicio de la investigación sus prejuicios y experiencias, para interpretar la experiencia del otro. En definitiva, el método empleado buscó interpretar el fenómeno de los cambios y las innovaciones tecnológicas como un producto del complejo comportamiento humano. Interpretación que, de acuerdo con Wolcott (2004), debe reflejar tal complejidad, antes que inferir significados «reales».

CAPÍTULO V: LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y LAS COSECHADORAS DE CAÑA

La producción de azúcar en el mundo

Los primeros ejemplares de caña de azúcar, *Saccharum officinarum* por su nombre científico, con alto contenido de azúcar en su jugo y poca fibra, fueron seleccionados por el hombre durante la edad de piedra, en la actual Nueva Guinea, y de manera paulatina se difundió al sudeste de Asia y Europa. Durante los siglos XVI y XVII fue introducida al continente americano por españoles y portugueses (Romero et al., 2015). Los primeros usos de la sacarosa⁴¹ fueron medicinales, su empleo como sustancia endulzante fue muy posterior y debido, en gran parte, a la producción de tipo industrial.

La caña de azúcar, especie vegetal de la familia de las gramíneas, se procesa industrialmente para elaborar casi el 80 % de la producción mundial de azúcar, mientras el 20 % restante proviene de la remolacha azucarera. Su cultivo, que se extiende entre los 36,5° de latitud norte hasta los 30° de latitud sur, abarca regiones de clima tropical y subtropical. Su capacidad productiva es muy variable, oscila entre 40 y 150 toneladas por hectárea, lo que representa entre tres y quince toneladas de azúcar para la misma superficie. Se trata, en consecuencia, de una especie muy voluminosa comparada con otras de las cultivadas por los seres humanos. Es un vegetal perenne de crecimiento erecto y, al igual que otras gramíneas, produce macollos. Por lo tanto, además de su tallo primario desarrolla varios más desde su base los que, en conjunto, conforman la parte más importante de la planta porque almacenan el jugo azucarado que el ingenio extrae y refina. Además, parte de ellos pueden ser empleados como «caña semilla»⁴² para propagar nuevas plantas.

⁴¹ El azúcar de caña o sacarosa es un hidrato de carbono de alto contenido calórico y muy fácil de asimilar por el organismo. De acuerdo con su estructura química se trata de un disacárido, formado por la unión entre una molécula de glucosa y una de fructuosa. Su empleo como endulzante, tanto por la industria alimenticia como en los hogares es, por ahora, insustituible, a pesar de la competencia creciente de otros productos no calóricos, sintéticos o naturales; pero menos aceptables por su sabor.

⁴² Este modo de reproducción se denomina vegetativo o asexual y genera una descendencia con las mismas características genéticas. La otra forma de propagación es la sexual, a partir de las semillas de la caña, que el método empleado por los expertos para mejorar alguna cualidad del vegetal, asociada a su desempeño productivo.

La superficie cultivada de caña, las toneladas por hectárea y la cantidad de azúcar obtenida es muy variable y depende, no solo de las diferentes condiciones agroecológicas sino también de la estructura agraria, el desarrollo económico y la infraestructura industrial de cada país. En este sentido, tanto la mejora en el nivel de vida de la población, como el incentivo a la destilación de etanol, han generado cambios importantes en el sector agroindustrial, que puede optar por orientarse al mercado de los biocombustibles o abastecer a los elaboradores de alimentos y bebidas, el destino más tradicional de la producción de azúcar que incrementa su demanda cuando mejoran los indicadores socioeconómicos y cambia la composición de la dieta.

El cultivo ocupa actualmente más de 27 millones de hectáreas⁴³ en el mundo, superficie que representa un crecimiento superior a dos veces y media para los últimos 50 años. Como se observa en el cuadro 1, el 92 % de las plantaciones se ubican en América y Asia mientras que en Europa, debido a sus condiciones agroecológicas, casi no existe y se emplea en cambio la remolacha azucarera⁴⁴ que, en 2014 alcanzó una superficie de unos tres millones de hectáreas, el 70 % del total mundial.

Cuadro 1. Superficie cosechada de caña de azúcar por continente en ha (1965 – 2015).

	1965	1975	1985	1995	2005	2015
África	549.868	801.854	1.173.454	1.180.101	1.384.731	1.533.508
América	496.4051	5.614.272	7.803.290	8.551.933	9.231.982	13.864.693
Asia	436.4051	5.475.327	6.588.354	8.325.874	8.551.039	10.778.929
Europa	6.289	4.990	3.900	1.456	664	74
Oceanía	246.616	302.011	378.854	446.981	499.024	421.723
Total	10.130.875	12.198.454	15.947.852	18.506.345	19.667.440	26.598.927

Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2019).

La caña de azúcar se cultiva en más de 120 países y sumando la producción azucarera de Asia y de América la cifra supera el 75 % del total mundial (ver figura 1). Esto representa un cambio importante de la situación existente hasta los años 1980

⁴³ En 2015 los cultivos mundiales de maíz y arroz ocuparon, respectivamente, 190 y 162 millones de hectáreas.

⁴⁴ El cultivo de remolacha se inició en Europa durante el período de las guerras napoleónicas (1803 – 1815), que dificultó la importación de azúcar de caña americana y caribeña. Actualmente, Francia y Alemania son las principales productoras, seguidas por Italia y Gran Bretaña.

cuando los países europeos, mediante la aplicación de subsidios para la elaboración de azúcar de remolacha, influían notablemente en el mercado internacional (D. Pérez et al., 2007).

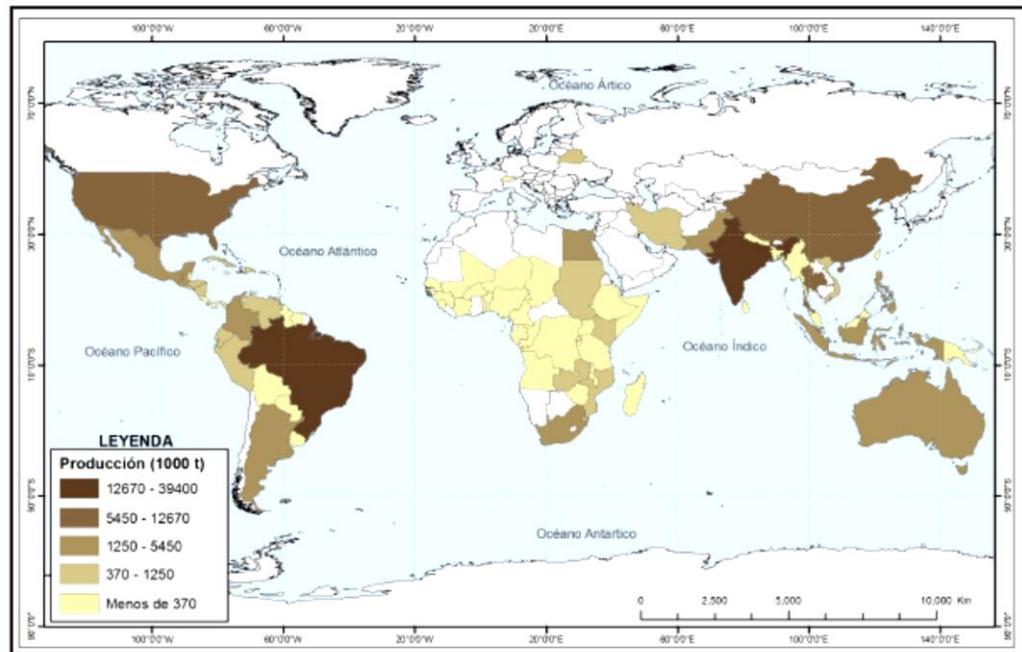


Figura 1. Producción de azúcar en países que cultivan caña (Aguilar Rivera et al., 2013).

Para el período 2008 – 2018, la producción mundial de azúcar, tanto de caña como de remolacha, rondó entre 164 y 180 millones de toneladas, aproximadamente un tercio de esta cantidad se comercia internacionalmente. Solo cuatro países, Brasil, India, Tailandia y China concentran más del 60 % de la producción mundial de azúcar de caña. (United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service, 2008; FAOSTAT, 2019).

Entre 1990 y 2007 la producción mundial creció con un promedio anual de 2,4 %, aunque hay países en donde esa tasa fue mucho mayor, como el caso de Brasil, en donde el promedio anual de crecimiento fue superior al 8 % hasta el segundo lustro de los 2000 (D. Pérez et al., 2007).

Como se observa en el cuadro 2 y la figura 2 la situación mundial, a lo largo de 40 años, tuvo cambios notables. Entre ellos el extraordinario crecimiento de Brasil, la

presencia de China y de Tailandia y la casi ausencia del azúcar cubano en el contexto mundial, esta última debida a la crisis de la Unión Soviética y la reorientación de su agricultura. En tanto el volumen producido por la Argentina osciló, para la mayor parte del período 2000 - 2018, entre 1,2 y 1,5 % del total mundial.(United States Department of Agriculture - Economic Research Service, 2018).

Cuadro 2. Producción de azúcar en el mundo por continente, en toneladas (1965 – 2014).

	1965	1975	1985	1995	2005	2014
África	3.343.491	5.315.012	7.562.751	7.365.059	10.148.234	11.350.889
América	25.025.593	30259.624	33.403.496	38.578.796	56.167.559	67.224.467
Asia	10.847.380	15.804.385	24.851.249	40.523.587	43.077.775	65.077.702
Europa	22.071.013	25.030.897	29.427.176	27.120.961	26.817.829	28.662.511
Oceanía	2.300.704	3.119.468	3.729.781	5.427.447	5.570.000	4.623.000
Total	63.588.181	79.529.386	98.974.453	119.015.850	141.781.397	176.938.569

Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2017).

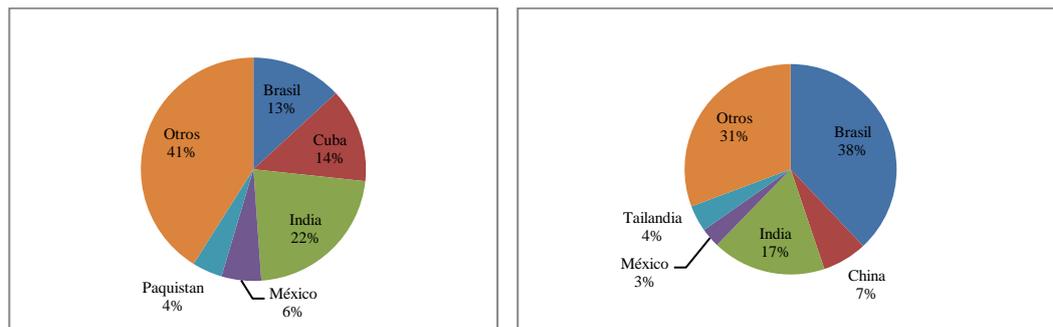


Figura 2. Principales países productores de azúcar en 1970 y 2010. Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2019).

Brasil es, desde hace varios años, el mayor productor mundial de azúcar y el primer exportador. En 2010 cultivó 7,5 millones de hectáreas con una producción de caña de 612 millones de toneladas y un rendimiento de entre 45 y 130 tn/ha (de las 46 en promedio obtenidas en 1975, año de inicio del plan nacional de estímulo a la fabricación de alcohol combustible). Por entonces convivían establecimientos con cosecha manual y cultivo tradicional, ubicados al noreste del país, con otros de tipo empresarial, ubicados en la zona centro (Ripoli & Romanelli, 2010). La mecanización del sector, que también implicó terminar con la quema de los cañaverales como práctica asociada con la cosecha manual, había alcanzado, hacia 2012, a más del 90 % de los predios.

En la India, segundo productor mundial de azúcar con unos 28 millones de toneladas por año, el cultivo de caña es realizado por más de 45 millones de agricultores, en cinco millones de hectáreas, que entregan su materia prima a 570 ingenios, los que a su vez son conducidos bajo tres administraciones: pública, privada y cooperativa. Solo el 25 % de los predios cañeros tienen más de 4 hectáreas, un tamaño que limita la mecanización y complica la logística de cosecha y transporte porque cada ingenio, en promedio, compra caña a 18000 agricultores, la mayor cantidad del mundo (KPMG, 2007). Además del pequeño tamaño de los predios, la distancia entre surcos (las más frecuentes de 45 o 75 centímetros) y la mala calidad de la semilla usada han estancado los rindes en valores cercanos a las 65 toneladas de caña por hectárea. Otro factor a considerar es que la mano de obra (el 60 % de los jornales lo aportan las mujeres) es cada vez más escasa y cara (AgSri, 2012).

China es el tercer productor mundial con aproximadamente 1,5 millones de hectáreas de caña; pero como no logra abastecer a su consumo interno también debe importar azúcar. Una gran parte del área cultivada se ubica en zonas con pendientes considerables y la mayoría de las parcelas varía entre 1,5 a 3 hectáreas, a veces sin riego. Además, como la red de camino es deficiente se dificulta el acceso y traslado de maquinaria. Es muy posible que solo el 10 % de la superficie cultivada sea adecuada para el empleo de cosechadoras integrales, por lo tanto, la cosecha manual es la que predomina (Wegener et al., 2013).

Las cosechadoras de caña de azúcar

De acuerdo con el objetivo la investigación, y la importancia de las máquinas cosechadoras en el cultivo de la caña de azúcar y en el proceso de mecanización agrícola, se presentan sus características generales para una mejor comprensión del tema. A lo largo de la historia, el diseño y la construcción de las cosechadoras mecánicas han estado asociados con el tipo de cultivo. Como la caña de azúcar tiene una gran capacidad para adaptarse a distintos ambientes y sistemas de cultivo, se encuentra distribuida en diversas regiones del mundo. Si bien la variedad de suelos y climas en donde prospera es muy amplia, los cultivos pueden clasificarse en dos grupos.

Aquel que alcanza un rendimiento de hasta 100 toneladas por hectárea, con cañas con una altura de entre dos y medio y tres metros, mayormente erectas, que es propio de lugares con lluvias moderadas, veranos soleados, relativamente secos, y un periodo de crecimiento del cultivo de ocho a doce meses. El segundo grupo está integrado por los cañaverales muy densos, con rendimientos potenciales mayores a 250 toneladas por hectárea, con más de tres y medio metros de altura, e integrados por gran cantidad de cañas caídas⁴⁵ y enredadas unas con otras. Estas características se asocian con climas tropicales, en donde las lluvias abundantes y los veranos poco definidos determinan un periodo de crecimiento de entre 18 a 24 meses para los cañaverales (Gaunt, 1965). Las plantaciones tucumanas forman parte del primer grupo.

Desde el inicio de la mecanización de la cosecha de caña de azúcar, se supo que la operación no depende solamente de la elección de la máquina adecuada. La cosechadora forma parte de un sistema compuesto, además, por las características del cultivo, el diseño del campo, el medio de transporte empleado y el mecanismo de entrega a la fábrica procesadora (Gaunt, 1965). Un concepto similar sustentó Cross (1961), cuando analizó la posible modernización de la industria azucarera tucumana e indicó la necesidad de integrar todas las etapas y los procesos de la producción, además de la incorporación de nuevos equipos y maquinarias.

Además de las características biológicas del cultivo, determinadas por su expresión genética en relación con el ambiente, para cualquier sistema mecanizado de cosecha es necesario tener en cuenta el tamaño, el diseño del campo y las parcelas, la existencia o no de sistemas de riego, la distancia entre surco o trocha, la altura y el perfil de los bordos⁴⁶, la cantidad de piedras en el suelo, la pendiente del terreno, la humedad de los suelos y el sistema de transporte para la materia prima. Todos aspectos que componen un sistema con múltiples interrelaciones, donde el mayor ingreso no depende, exclusivamente, de la mayor productividad del cultivo o una máquina sino

⁴⁵ En Tucumán también se emplean las palabras «acamada» y «encamada» para referirse a la caña caída o recostada.

⁴⁶ El bordo es el surco cubierto por tierra, cuando la cosecha es integral su altura debe ser la mínima posible. Durante el período de la cosecha manual, en algunos casos podían alcanzar 30 centímetros o más.

del mejor balance entre los distintos factores mencionados, a los que Baxter (1968) agregó la necesidad de realizar una buena gestión, incluyendo la capacitación y el entrenamiento de operarios y trabajadores, para evitar los fracasos con el uso de cosechadoras mecánicas. El cuadro 3 presenta una síntesis de lo expuesto, aunque cabe destacar la imposibilidad de disponer de una cosechadora adaptable a todas las circunstancias productivas posibles.

Cuadro 3. Condiciones ideales para la mecanización de la cosecha de caña.

Diseño del campo	Cualidades de la cosechadora	Sistema de transporte y entrega
<ul style="list-style-type: none"> • Relieve plano y sin piedras • Bien drenado y sin canales de riego • Sin bordos altos o surcos profundos • Con espacios suficientes para maniobrar la cosechadora y el transporte • Surcos largos para reducir maniobras 	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha caña verde • Corta caña erecta, enredada y caída • Limpia de manera eficiente • Maniobra en pendientes y terreno blando • Fácil de operar y mantener • Carga adecuadamente la caña • No compacta el suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad óptima de vehículos • Entrega y molienda sincronizada • Sin demoras que afecten la calidad de la caña • Operativo durante las 24 horas • Análisis de la calidad de la materia prima por productor

Elaboración propia con datos de Gaunt & Zagorski (1968).

Los factores mencionados previamente en el cuadro no se han modificado con el paso de los años y continúan siendo determinantes para el empleo eficiente de las cosechadoras mecánicas y la consiguiente disminución de los costos operativos. Las modificaciones o cambios deben orientarse a lograr parcelas más grandes y uniformes, surcos más largos, con un espacio de 1,5 metros entre ellos, y variedades de cañas erectas con buen desarrollo radicular (Solano Soto et al., 2017). Cabe destacar, sin embargo, que todas las recomendaciones tienen un claro sesgo determinista, porque implican adecuar la plantación a las características de la máquina y no viceversa.

El mejor resultado de una cadena de procesos relacionados rara vez se basa en la obtención de los valores más altos de cada eslabón o etapa. Aumentar el rendimiento, medido en kilos de caña por hectáreas, puede ocasionar costos de cosecha

por encima de la ganancia en peso, o bien, una excesiva productividad de la cosechadora puede aumentar el *trash*⁴⁷ a niveles antieconómicos. Cada etapa del proceso, que abarca desde el diseño del campo a la entrega de la materia prima, está influenciada por el eslabón precedente y el posterior y; aunque el objetivo es conseguir el mejor balance posible, la demora en alguna operación es la causa más frecuente de ineficiencia.

El desarrollo de las cosechadoras mecánicas de caña de azúcar se inició hacia el final del siglo XIX, aunque fue a mediados del siglo XX cuando se logró un desempeño competitivo comparado con la cosecha manual (Ma et al., 2014).

Los sistemas mecánicos de cosecha se desarrollaron históricamente en dos direcciones. Cerrizuela (1977) y Fogliata (1995) clasificaron a las máquinas cosechadoras en dos grupos, de acuerdo con su capacidad de cargar o no la caña colectada. Por un lado, las cosechadoras no cargadoras que, de acuerdo a cómo dejan los tallos sobre el suelo, incluyen cortadoras, apiladoras e hileradoras. Todas estas necesitan de la mano de obra o una máquina cargadora para depositar los tallos en el medio de transporte. Por el otro, las cosechadoras cargadoras. Este tipo de máquinas, además de cortar y colectar los tallos de caña, los trozan en porciones de entre 30 y 40 centímetros que posteriormente deshojan y, finalmente, cargan en un transporte. Otra clasificación de las cosechadoras de caña se basó en las características de la máquina, de acuerdo con Narimoto (2015) el criterio incluyó: Fuente de potencia (máquina autopropulsada, montada al tractor o de arrastre); Tipo de rodado (neumáticos u orugas); Ancho de trabajo (uno o dos surcos); Tipo de materia prima entregada (tallos enteros o trozados). De todas maneras, actualmente la clasificación más común de las cosechadoras de caña de azúcar solo contempla la forma en que entregan los tallos del vegetal y las divide en dos grandes grupos: cosechadoras

⁴⁷ El *trash* es la cantidad de residuos, integrada por trozos de hojas, despunte, tierra, piedras, etc., que acompaña a la carga de materia prima y el ingenio descuenta como una proporción del peso total entregado. La cosecha manual es la que menor cantidad de *trash* incorpora, no más del 1,5 %; una cosechadora integral, mal ajustada, puede incluir más del 20 %.

de caña entera («*whole stalk harvesters*») y cosechadoras trozadoras («*chopper harvesters*»), llamadas combinadas⁴⁸ en muchos países de América Latina e integrales en la Argentina.

Las cosechadoras de caña entera

En EE.UU., la mecanización de la cosecha se inició a mediados de la década de 1930, con el desarrollo de las primeras cosechadoras de tallo entero, llamadas también *soldier* (soldado) porque dejaban la caña cortada dispuesta en fila y de manera perpendicular al surco. Algunos modelos para dos surcos y otras tantas máquinas tipo similares, fueron una respuesta a la creciente dificultad para conseguir la cantidad suficiente de trabajadores, problema que continuó durante el período de la II Guerra Mundial y se agudizó en la etapa posterior a ella, cuando la demanda de empleos aumentó en el sector industrial.

En Australia, la cosechadora de caña entera se desarrolló desde fines de la década de 1940, esta máquina consistía en un brazo que sostenía un conjunto de cuchillas rotativas, para despuntar el tallo, una barra de corte (similar a una sierra de cadena) para cortar la base del vegetal, y un sistema de conducción para ubicar las cañas en hileras. Este tipo de cosechadora, relativamente baratas y de diseño simple (incluso las fabricadas para dos surcos), funcionaron adecuadamente en cañaverales erectos y tuvieron la ventaja de emplear el mismo sistema de transporte que se usaba para la cosecha manual (Price & Blyth, 1968). Empero, al carecer de un mecanismo de limpieza, la caña cosechada incluía gran cantidad de hojas y otras materias extrañas. Con todo, existieron desarrollos que incorporaron dispositivos de limpieza, y se asimilaron a una cosechadora integral.

El interés por nuevas cosechadoras renació a mediados del siglo XX, en varios países productores de azúcar originado en el constante aumento del costo de la mano de obra y la baja de la calidad en el trabajo de cosecha manual. A esta circunstancia se agregó la incipiente preocupación por la polución ambiental, debido a la quema

⁴⁸ Porque combinan varias operaciones.

de los cañaverales en pie y su efecto sobre la salud de los cosecheros. Por otro lado, sin la quema previa a la cosecha, el rendimiento de los obreros era menor todavía. Por entonces, en EE. UU., se diseñó una cosechadora para dos surcos, la J&L S6, basada en una máquina de tallo entero, que también trozaba y cargaba la caña en un contenedor (Fanjul, 1971). Otro modelo similar, aunque no trozaba, según Allison (1974) tuvo prestaciones superiores a las cosechadoras tradicionales. Fue conocida como McConnel un desarrollo conjunto entre la *Sugar Producers Association*, de Barbados, y una empresa inglesa. En Australia, también se construyeron y emplearon modelos de cosechadoras similares, a pesar de que, desde los primeros años de la década de 1960, se debatió sobre continuar con este tipo de máquinas o reemplazarlas por las integrales, como sucedió una década después.

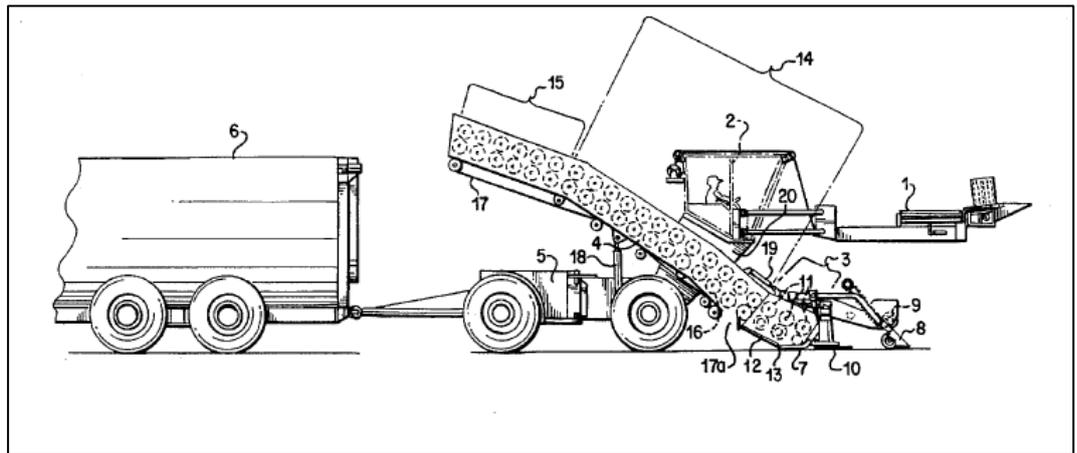


Figura 3. Vista lateral de la cosechadora desarrollada por C. Beckwith. Parte de los planos presentados para la obtención de la patente estadounidense (Beckwith, 1995).

El interés por las cosechadoras de tallo entero continuó por varios años, y algunos de sus modelos más evolucionados incorporaron sistemas de carga, similares a los empleados por las cosechadoras integrales. La máquina desarrollada por Beckwith (1995) –ver la figura 3–, patentada en EE. UU. y México en 1997 (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual, s. f.), cosechaba caña en verde, las hojas y otros materiales extraños eran separados de los tallos cuando pasaban a través de un dispositivo defoliador, y cargaba los tallos directamente en vagones y camiones, sin realizar otras operaciones de carga.

Como la caña de azúcar, de acuerdo con la variedad y condiciones ambientales, puede crecer más de cinco metros, para estas cosechadoras es un desafío coleccionar los tallos caídos o inclinados. Además, los tallos caen o se tuercen en varias direcciones, por lo tanto, es difícil acomodarlos en hileras, una operación necesaria para su carga y transporte. Otra desventaja de las cosechadoras de caña entera es que, por su diseño y potencia, tienen limitaciones para trabajar en cañaverales de alto tonelaje (Ma et al., 2014). Sin embargo, no dependen de la presencia del transporte para realizar su trabajo y la materia prima colectada sufre menos deterioro porque no es trozada.

Las cosechadoras integrales

Las cosechadoras integrales incluyen un mecanismo para cortar los tallos en trozos de tamaño similar y cargarlos directamente en un contenedor (ver la figura 4). Este concepto fue propuesto y desarrollado alrededor de 1955 por J. Gaunt, un ingeniero que trabajó para la empresa Massey Ferguson. La máquina construida por este profesional y su equipo fue la primera que incluyó un mecanismo de trozado, que devino en una tecnología básica para las cosechadoras integrales, también conocido como sistema australiano.

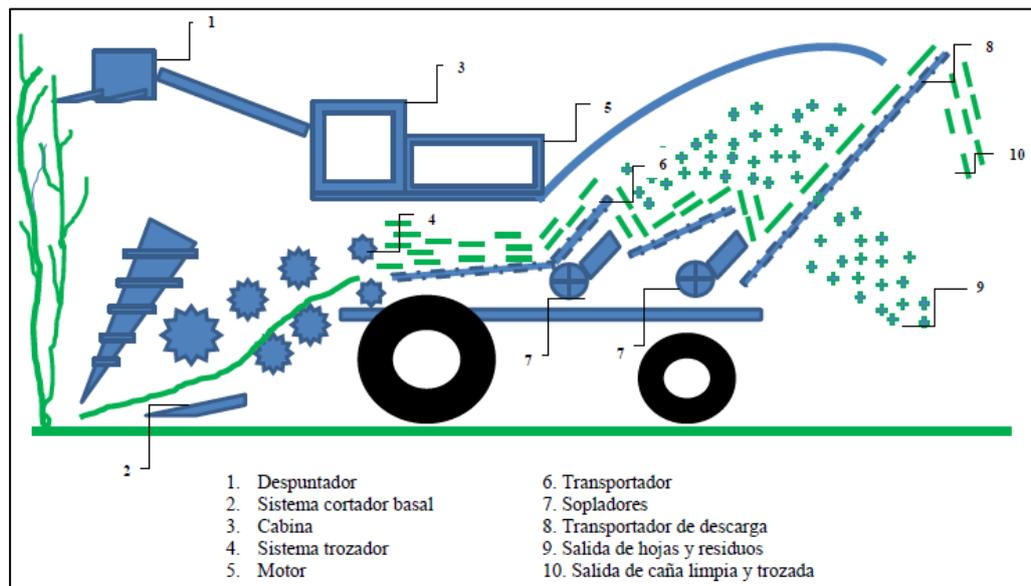


Figura 4: Diagrama de una cosechadora integral. Elaboración propia.

Más adelante, muchas otras cosechadoras fueron construidas basadas en esta tecnología. En este método, el despuntado y el corte de la caña son seguidos por el trozado de los tallos en un tamaño de 30 a 40 centímetros. Generalmente, los trozos son directamente cargados en carros que se desplazan en forma paralela a la cosechadora, así se elimina la operación de apilar la caña en paquetes, necesaria en la cosechadora de tallo entero. Además, la cosechadora integral no requiere equipos adicionales para cargar los paquetes desde los surcos hasta los carros.

De acuerdo con Gaunt (1965), las ventajas de las cosechadoras integrales, en comparación con las cosechadoras de caña entera, residen en que realizaban todas las tareas necesarias: corte, trozado, deshojado y carga. Sin embargo, la máquina integral necesita de un medio de transporte adecuado para su traslado al ingenio lo más velozmente posible. Por el contrario, con las máquinas de tallo entero es posible dejar las cañas en el suelo durante un tiempo, sin mayores consecuencias en la calidad, porque se deterioran más lentamente que las trozadas.

En todo caso, cualquier productor que contemple la introducción de la recolección mecánica debe sopesar las ventajas indiscutibles de estas máquinas, frente a las desventajas del deterioro de la caña trozada y los problemas asociados que pueden surgir de su propio sistema de transporte y entrega de la materia prima (Price & Blyth, 1968). Hay que considerar, además, que la eficiencia global de un sistema es el producto de las eficiencias individuales de cada etapa (Gaunt & Zagorski, 1968). Por ejemplo, del tiempo total de uso de una cosechadora integral hay que descontar, en promedio, el 40 % (compuesto por un 10 % para el abastecimiento de combustible y 30 % empleado en las maniobras). Si la eficiencia de la carga de la materia prima al transporte es del 80 % (porque se pierde un 20 % del tiempo en maniobras) y los camiones de transporte vuelven a horario el 70 % de las veces (por retrasos en la entrega en el ingenio), la eficiencia global del sistema será igual al 34 %⁴⁹. En todo caso, el costo por tonelada cosechada aumentará a medida que la eficiencia global disminuya. Por lo tanto, contar con mejores cosechadoras es una condición necesaria, pero no suficiente para el mejor resultado.

⁴⁹ Equivalente al producto de los tres porcentajes: $0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 0,34$ o 34 %.

En pocos años, las integrales desplazaron a las cosechadoras de tallo entero no solo porque simplificaron la operación de carga, sino también porque la eficiencia de recolección que alcanzaron muchos modelos rondó el 95 %, tanto para caña quemada como verde; aunque las pérdidas más difíciles de solucionar continuaron siendo las generadas por el contenido de *trash*, cercano al 10 %, y la eficiencia del despunte (Mason et al., 1980). Con el tiempo, la productividad de las máquinas integrales se incrementó notablemente, en condiciones excepcionales y para una variedad de caña empleada en Australia, Dick (1986) reportó valores superiores a 80 toneladas de caña verde por hora, con una «Versatile Toft 7000», y de 120 toneladas para una «Mizzi» de doble surco. En Brasil, en los últimos 50 años, las cosechadoras aumentaron su productividad de 15 toneladas de caña quemada por hora, a 70 toneladas por hora de caña verde (Nyko et al., 2013). Actualmente, en la Argentina, en sistemas de cosecha muy ajustados, es posible alcanzar una productividad de 60 o más toneladas cosechadas por hora.

La mejora del rendimiento de las cosechadoras se basó, en parte, en las innovaciones tecnológicas de las transmisiones hidráulicas y, posteriormente, en las aplicaciones de la electrónica. Como se observa en las figuras 5 y 6 los controles de una cosechadora de los años 1970, comparados con una de 2017 e incluso con modelos previos, tienen muy poco en común. El confort de la cabina también es superior en los modelos actuales. Por otro lado, conducir correctamente una máquina agrícola de última generación implica una serie de competencias y destrezas a veces difíciles de ubicar entre los potenciales operarios.



Figura 5. Cabina y controles de una cosechadora Cameco CH 1000 de los años 70. Fuente: Sugar y Azúcar (1977).



Figura 6. Centro de comando de una cosechadora de última generación.

Fuente:Deere & Company (2017). Nota: a la derecha se observa la palanca de control multifunción -tipo *joystick*- que se adapta a la mano del operador y permite efectuar todas las operaciones de la máquina, incluso las de conducción, sin necesidad de emplear el volante.

El aumento en la productividad de las cosechadoras integrales puede no compensar los problemas que ocasiona su empleo. Su gran peso (unas 18 toneladas en promedio) produce la compactación del suelo y la pérdida consecuente de la estructura edáfica. Además, como su ancho de labor es de un surco o dos a lo sumo, el tránsito sobre el terreno es mucho mayor que en otros cultivos⁵⁰. El desgaste de las cuchillas de corte basal (que deberían reemplazarse hasta dos y tres veces por turno de 24 horas de trabajo), el consumo de combustible (alrededor de un litro por tonelada de caña cosechada), y la dificultad para trabajar en terrenos de más de 12 % de pendiente (debido al riesgo de vuelco), son otros de los inconvenientes que todavía esperan ser superados (Nyko et al., 2013). Las características del cultivo de caña, principalmente su porte y volumen, hacen prever un proceso muy gradual de mejoras.

En lo que respecta al efecto de las cosechadoras integrales sobre el cultivo, también existen otros inconvenientes. El trozado de la caña acelera el deterioro de la sacarosa, porque es más fácil el acceso de bacterias a través de la abrasión de los tallos

⁵⁰ En el cultivo de maíz, por ejemplo, hasta 2005, el ancho promedio de labor de las cosechadoras abarcaba unas 10 hileras del cultivo; actualmente hay máquinas con un cabezal de casi 14 metros, lo que determina una capacidad de 26 surcos. Por lo tanto, la cantidad de «pasadas» por hectárea es muy inferior comparada con la de una cosechadora integral de caña.

y la superficie de los cortes realizados a los mismos. De tal manera, los tallos trozados necesitan ser molidos lo más rápido posible. Esta circunstancia puede dificultar el cronograma de envío y el procesamiento de la caña cosechada. Adicionalmente, existe una pérdida sustancial de jugo, ocasionada por las operaciones de corte y trozado, que determina una reducción en el rendimiento del azúcar y eleva los costos efectivos de la operación.



Figura 7. Integrales Santal, Star, Case y John Deere fabricadas entre 1990 y 2010. Fuente: Imágenes de <http://www.lexicarbrasil.com.br> (2019).

Aunque todas las cosechadoras integrales ofertadas en el mercado son confiables, no han modificado demasiado su diseño, como se observa en la figura 7, y sus principios de funcionamiento, en líneas generales, provienen de la segunda mitad del siglo XX.

El quemado de la caña para la cosecha

Los productores de casi todo el mundo han usado el quemado de la caña de azúcar como una práctica estándar desde la Revolución Industrial, porque con este procedimiento es posible eliminar cerca del 80 % del follaje de la caña y permitió mejorar

entre un 30 y 40 % la productividad de la cosechadora. Durante el proceso de quemado se incinera el despunte—el extremo de la planta— y las hojas secas de los tallos, además de cualquier maleza presente. La cantidad existente de follaje es considerable y voluminosa, y constituye cerca del 37 % de cada tallo, en materia seca, y el 42 % de la parte aérea de la caña (Ma et al., 2014). Por lo menos hasta mediados de la década de 1970, la quema previa de los cañaverales fue una práctica imprescindible para la cosecha mecánica, porque no había una máquina que permitiera deshojar la caña verde con una eficiencia para ser procesada en el ingenio bajo las condiciones de calidad pactadas (Gaunt, 1965).

Quizá el primer complejo azucarero que adoptó la técnica de manera plena fue el sudafricano, seguido por Hawái (Bliss, 1978). En el período posterior a la Primera Guerra Mundial, para responder a la creciente demanda mundial de azúcar, las grandes empresas elaboradoras, ubicadas en regiones tropicales y subtropicales, incorporaron la quema como una práctica habitual que incrementaba la productividad de los trabajadores manuales. Ciertamente, al principio no se le prestó mayor atención a las cuestiones vinculadas con la calidad fabril de la caña procesada, lo que podía disminuir la cantidad de azúcar producido o dificultar su refinamiento. Los técnicos de fábrica, que al principio rechazaron la quema, hacia los años 1970 seguramente la habían aceptado como una operación inevitable y, en consecuencia, alistaron las instalaciones fabriles, sobre todo las de limpieza previa a la molienda, para reducir los efectos previsibles, entre ellos, la baja del contenido de sacarosa de la caña y la proporción de azúcar extraído (Bliss, 1978). El fuego, usado inadecuadamente, también puede rajar los tallos y, debido a la pérdida consiguiente de jugo, facilitar la infección con microorganismos que los deterioran.

En la mayoría de los países productores la cosecha de caña de azúcar incluyó, hasta hace 15 o 20 años, la quema controlada del cultivo para eliminar la maloja de los tallos. En los últimos años, esta práctica se ha convertido en una de las cuestiones sociales más sensibles de las poblaciones asentadas en las cercanías de los campos de producción. Las presiones públicas en contra de la quema se han incrementado y las autoridades gubernamentales han introducido regulaciones para controlar o

eliminar esta práctica. Actualmente, debido a las restricciones legales tomadas para disminuir la contaminación ambiental y los efectos dañinos sobre la salud de los trabajadores y el resto de la población, y la fabricación y adopción de cosechadoras más eficaces, se omite esta práctica y se cosecha la caña en «verde», es decir con todo su follaje.

El actual método de cosecha en verde, desde la perspectiva de los efectos ambientales y el balance de nutrientes del suelo, es una opción más sustentable comparada con el sistema que incluye la quema del follaje de las cañas. La maloja, técnicamente denominada residuos agrícolas de la cosecha (RAC)⁵¹, cuando queda sobre el campo, colabora con el control de malezas y reduce la pérdida de humedad del suelo. Además, contribuye con el reciclado de nutrientes y la mejora de la salud de los cultivos; por lo tanto, mejora la fertilidad y la productividad. Pero también pueden ser recolectada y enfiada para destinarse a la alimentación de rumiantes o la generación de energía para el consumo de los mismos ingenios y, eventualmente, entregar el excedente a la red eléctrica. Sin embargo, el inconveniente principal de la cosecha en verde es el incremento de *trash*, lo que disminuye la eficiencia de las máquinas cosechadoras y aumenta los costos.

⁵¹ Equivalente al rastrojo en otros cultivos, pero en una cantidad que supera las nueve toneladas por hectárea.

CAPÍTULO VI: LA MECANIZACIÓN DE LA COSECHA CAÑERA EN EL MUNDO

La mecanización de la cosecha de caña de azúcar

A poco de iniciada la década de 1970, la «*International Society of Sugar Cane Technologist*» publicó un informe del Special Committee on Mechanical Harvesting and Handling (1971), sobre los sistemas de cosecha mecánica y la operación de carga de la caña en varios países productores de azúcar. Para el hemisferio norte solo se detalló la situación de EE.UU., sin incluir a Cuba que había iniciado un acelerado proceso de mecanización en 1960. En el caso de América del Sur, se incluyó a Ecuador y Venezuela, sin mención alguna a Brasil, Colombia y la Argentina. Australia, Sudáfrica, Taiwán, India y Filipinas, además de otros países con volúmenes de producción relativamente pequeños, también formaron parte del reporte. De todas maneras, para la época, salvo en los países listados en el cuadro 4, la cantidad de caña cosechada mecánicamente en el resto del mundo era baja.

Cuadro 4. Producción de caña, cosecha y carga mecanizada en Australia y EE.UU. (1969).

País	Región o estado	Producción (tn)	Cosecha mecanizada (%)	Carga mecanizada (%)
Australia	Queensland	12.650.000	85	99
EEUU	Hawái	10.000.000	100	100
	Luisiana	7.000.000	100	100
	Florida	5.600.000	<3	100

Elaboración propia con datos del Special Committee on Mechanical Harvesting and Handling (1971).

En EE.UU. los casos fueron diferentes, Hawái inició su proceso de mecanización de la cosecha en la segunda mitad de la década de 1930, mientras que Luisiana y Florida lo hicieron varios años después, aplicando distinta tecnología. Australia, por su lado, tuvo un desarrollo notable en cuanto al diseño e incorporación de cosechadoras a la producción de caña, sobre todo a partir de los años 60 del siglo pasado. Además de estos países, los procesos de mecanización de Cuba y Brasil fueron muy particulares y obedecieron a distintas causas. En la Argentina, en cambio, es posible encontrar similitudes con EE.UU. y Australia, por la tecnología que se empleó y también con Brasil, porque compartieron el mismo contexto latinoamericano y los desarrollos de tecnologías fueron contemporáneos.

El caso de Estados Unidos

La producción cañera de Estados Unidos se asentó históricamente en tres de sus estados. Debido a la diversidad agroecológica, el sistema productivo adoptado y las características del proceso de mecanización el caso de Hawái fue atípico, en cambio Luisiana y Florida compartieron algunas semejanzas a lo largo del tiempo.

En Hawái, debido a sus condiciones climáticas y el uso de sistemas de riego, la caña de azúcar posee un ciclo de crecimiento de 24 meses, por lo tanto, cada año se cosecha la mitad de la superficie plantada. En esta isla, incorporada desde 1898 como un estado más a los EE.UU. se creó, en 1895, la Asociación de Cultivadores de Caña organización que desde sus orígenes contó con su propia estación experimental y se involucró en la modernización tecnológica del cultivo de caña de azúcar que incluyó, además del desarrollo de nuevas máquinas para plantación, cultivo y cosecha; el mejoramiento genético, los estudios de suelos, la sanidad vegetal y la tecnología azucarera (Long, 1952c). La productividad del cultivo siempre fue muy alta, por ejemplo en 1949 hubo rendimientos de hasta 185 toneladas por hectárea y en 1975 rondó las 230 toneladas por hectárea (Reiling, 1979). En contrapartida, en esta región, la caña es larga y se cae sobre los surcos antes de la cosecha (cada 24 meses). Además, la cantidad de follaje del cañaveral es tan grande que los campos serían inaccesibles sin la quema previa a la cosecha (Long, 1952b).

La mecanización de la cosecha de caña de azúcar en Hawái se inició en 1937, con la adopción masiva de la cargadora de caña, proceso originado en la necesidad de aumentar la velocidad y la eficiencia en el traslado de la materia prima a los ingenios. La etapa siguiente fue la incorporación de las cosechadoras. Desde 1906 y hasta fines de los años 1950 se probaron experimentalmente 27 modelos de máquinas autopropulsadas, que incluyeron cortadoras simples, cortadoras apiladoras e integrales (ver figuras 8, 9 y 10). De acuerdo con las condiciones ambientales de este país hubo máquinas para operar en plantaciones con sistemas de riego y de secano (Duncan, 1959).

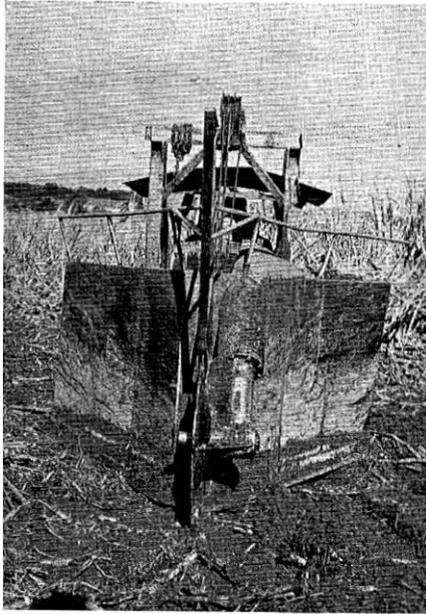


Figura 8. Cortadora en V, vista de frente (Duncan, 1959).



Figura 9. Pinzas de una grúa para carga de caña en Hawái (Long, 1952b).



Figura 10. Cosechadora de rastrillo de empuje, vista lateral (Duncan, 1959).

El sistema de cosecha que prevaleció para campos con riego, conocido como «hawaiano», se basó en las máquinas «*push rake*» -rastrillo de empuje-; en esencia, un dispositivo similar a una topadora, montado en la parte delantera de una máquina tractora con orugas, que al mismo tiempo arrancaba y apilaba la caña, previamente quemada. Los tallos eran levantados y cargados por grúas de pinzas o ganchos, con

destino a las plantas lavadoras. Para las plantaciones sin riego se optó por las «*V cutters*» -cortadoras en V- para realizar la tarea (Duncan, 1959).

El impulso a la mecanización hawaiana tuvo un motivo económico, originado en los altos costos de los jornales pagados a los cosecheros que, además, se combinó con una escasez creciente de mano de obra (Long, 1952a). Estas causas también fueron mencionadas apenas iniciada la década de 1980 (Leffingwell, 1982) y se mantuvieron por lo menos 20 años más. Al respecto, Santo, Schenk, Chen, & Osgood (2000), afirmaron que los trabajadores agrícolas de Hawái recibían salarios más altos que cualquier otro trabajador del mismo sector en los Estados Unidos. Es probable que estos motivos hayan influido más que los factores tecnológicos, porque el sistema de cosecha hawaiano incorporaba una cantidad considerable de *trash*, a veces superior al 40% (Long, 1952b), lo que obligó a la construcción de plantas de limpieza para eliminar los residuos mediante el lavado de la caña, un paso previo e imprescindible a la entrada de la materia prima a los ingenios. Sin embargo, con este procedimiento la cosecha mecánica fue más rentable que la manual.

Durante la década de 1990 el sector agroindustrial azucarero de Hawái comenzó a evaluar cómo modificar su sistema de cosecha, debido a la aprobación de leyes ambientales que prohibieron la quema del cañaveral previa a la cosecha. Luego de 100 años de usar esta práctica, que logró mantener los costos de producción lo más bajos posibles, fue necesario estudiar otras opciones (Jakeway, 1995). Por entonces, todavía se empleaban masivamente las cosechadoras de rastrillo y las plantas de limpieza ya mencionadas. Entre las opciones analizadas, que incluyeron cosecha a distintas edades del cañaveral y varias combinaciones para el uso de las plantas limpiadoras, no se incluyó ninguna que contemplara el empleo de cosechadoras integrales. Una razón de esto fue la combinación de factores que mencionaron Santo, Schenk, Chen, & Osgood (2000). Terrenos muy irregulares, suelos con alto contenido de humedad, campos rocosos y rendimientos de más de 200 toneladas por hectárea. Sin embargo, la cosecha en verde con cosechadoras integrales fue en paulatino aumento en los años siguientes. De cualquier manera, este sistema productivo

fue insostenible. El uso constante de fertilizantes y productos fitosanitarios –mayormente herbicidas y maduradores-, el consumo de agua para riego y la usada en el lavado de la caña; junto con la competencia internacional, la eliminación de subsidios estatales al azúcar, los problemas ambientales y de salud pública causada por la quema –todavía empleada a inicios del presente siglo-, ocasionó la desaparición del sector agroindustrial azucarero hawaiano (Buhl, 2017). el cierre del último ingenio se produjo en diciembre de 2016.

Prácticamente la mitad del azúcar de caña estadounidense se produce en el estado de Florida. Con algunas oscilaciones, la superficie cultivada con caña abarcó, desde los años 2000, entre 160 mil y 180 mil hectáreas. Si bien este vegetal estuvo presente desde el período hispánico, el impulso se produjo a partir de 1961 tras las políticas de embargo económico tomadas en contra de Cuba. Antes de esa fecha solo había 20 mil hectáreas plantadas, cantidad que aumentó a casi 120 mil hectáreas en 1975, con un rendimiento de más de 80 toneladas de caña por hectárea (Reiling, 1979; Baucum & Rice, 2006). Con un sector agrícola más concentrado que Luisiana, la mecanización de la cosecha para reducir los altos costos laborales se produjo en forma acelerada y pasó del 30 % de la superficie en 1987, al 100 % en 1993. En la fase industrial el panorama también se caracterizó por su concentración, cinco ingenios, con cañaverales propios, procesaron el 65 % del volumen de caña plantado en la década de 2000 (Baucum et al., 2002). Las cosechadoras empleadas fueron de tipo integral y la quema de caña en pie, previa a la cosecha, fue una práctica generalizada por lo menos hasta 2005 (Baucum & Rice, 2006).

Un motivo del relativo retraso de la mecanización en Florida fue la posibilidad de contar con la mano de obra de migrantes caribeños que, generalmente contratada de modo ilegal, se convirtió en un elemento fundamental de la agroindustria azucarera de ese estado. Recién en 1986, con la aprobación de una ley que impuso restricciones a la contratación de trabajadores inmigrantes, los agricultores e industriales se volcaron masivamente a la mecanización de la cosecha (Schmitz & Moss, 2015).

La producción comercial de azúcar en Luisiana comenzó en 1795, aunque el vegetal había sido introducido por los jesuitas, varios años antes. Ya en 1895 producía el 59 % del total nacional de azúcar, y 100 años después, con un volumen de producción cuatro veces superior, la proporción solo fue del 12 %, debido a la expansión del cultivo de remolacha azucarera y al cultivo de caña en Florida (Buzanell, 1993). Por lo menos hasta la década de 1980, Luisiana tuvo más superficie plantadas con caña que los otros estados productores de azúcar, aun cuando el rendimiento del cultivo -por las condiciones agroecológicas-, era el menor de EE.UU, unas 54 toneladas por hectárea (Reiling, 1979). Desde los inicios del siglo XXI, las superficies cultivadas con caña de azúcar en Florida y Luisiana son similares y rondan las 180 mil hectáreas.

Pese a que se registraron desarrollos en las primera década del siglo XX, como la cosechadora *Luce Cane Harvester*, con capacidad para cortar, despuntar y pelar caña de azúcar, su empleo no prosperó por depender de motores muy complejos (Maier, 1952). Este modelo en particular fue usado, entre 1914 y 1929, en Luisiana y Florida e incluso en Cuba (Kerr & Blyth, 1993). La mecanización se desarrolló masivamente en Luisiana desde fines de la década de 1930, con la adopción de la cargadora de caña, lo que permitió disminuir el número de los trabajadores destinados a esta pesada tarea y elevar la productividad de la mano de obra requerida para la cosecha. El creciente uso de los tractores agrícolas fue otro factor que contribuyó al proceso de mecanización. La cosechadora Munson Thomsom para dos surcos, de 1938, a la que precedió una máquina cortadora hileradora de Thorton, y los modelos para un surco derivados de aquella, conocidos también como Thomson «*Hurry Cane*», fueron una respuesta a la creciente dificultad para conseguir la cantidad suficiente de trabajadores, problema que se inició durante la II Guerra Mundial y se agudizó en la etapa posterior, cuando la demanda de empleos aumentó en el sector industrial. En la época se calculó que la necesidad de mano de obra era de un cosechero cada 120 toneladas de caña lo que, con un promedio diario de dos toneladas por persona, habría requerido de 45.000 trabajadores para la zafra de 1944, una cifra

inalcanzable en ese período. El rendimiento de las cosechadoras (cada una reemplazó a 50 cortadores), explica las poco más de 350 máquinas en uso y la reducción de los costos de la tarea casi a la mitad. (The International Sugar Journal, 1945).

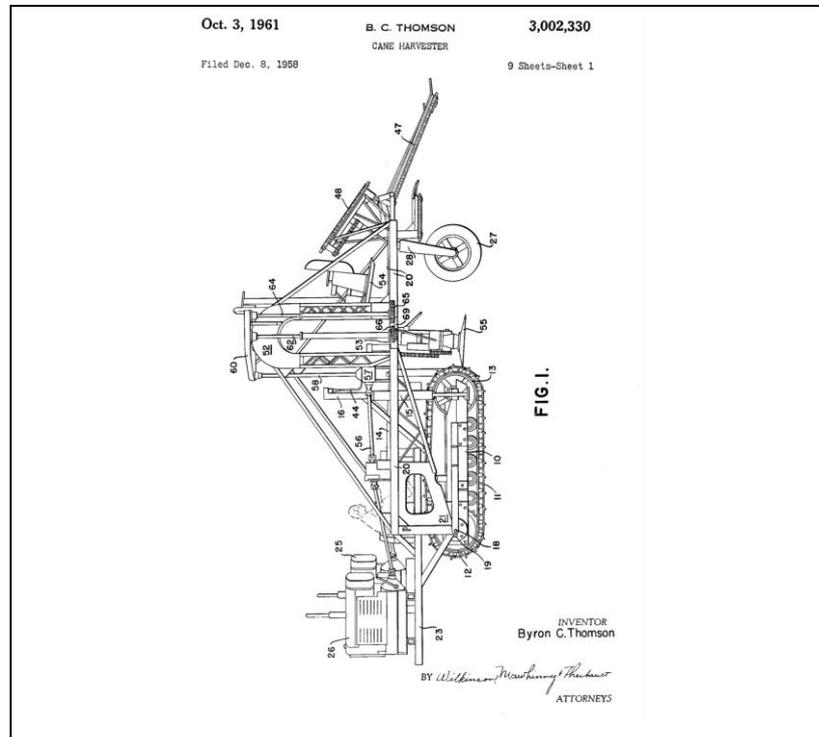


Figura 11. Planos presentados para la obtención de la patente de una cosechadora Thomson (Thomson, 1961). Nota: Modelos similares, pero montados sobre tres ruedas, se emplearon años después en Tucumán.

Las cosechadoras Thomson (figura 11) y otras similares como la Thornton, que tenía la ventaja de poder montarse en un tractor, y la J & L⁵² pocos años después (figura 12), denominadas genéricamente tipo soldado, despuntaban, cortaban y acomodaban, de manera perpendicular a los surcos, hasta seis hileras de tallos enteros de caña; su capacidad de trabajo podía llegar a media hectárea por hora (Maier, 1949).

⁵² Algunos modelos mejorados de las marcas mencionadas se usaron en Tucumán a partir de la década de 1960.

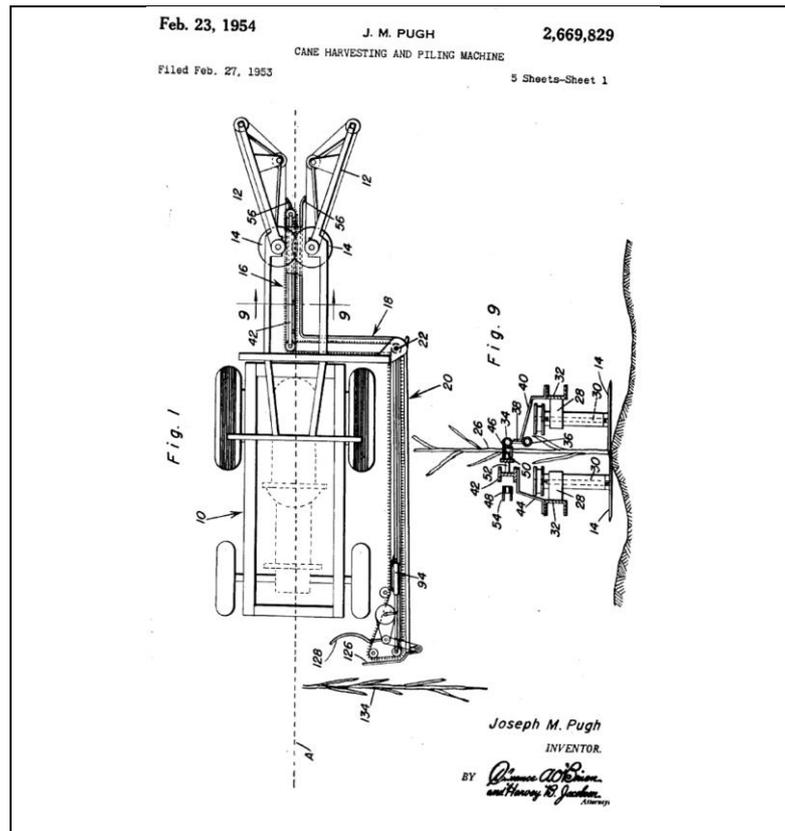


Figura 12. Parte de los planos patentados de una cosechadora J & L Honiron, inventada por Pugh (1954).

En Luisiana, hacia 1950, la cosecha se había mecanizado totalmente con el empleo de la cosechadora tipo soldado para dos surcos (todavía se continuó usando a inicios de los años de 1990) y se ensayaron variaciones de la distancia entre surcos y la plantación en surco ancho, en la búsqueda de incrementar la productividad (Scandalaris, 1982). A diferencia de Hawái y Florida, en donde la caña se quemaba en pie antes de la cosecha, en Luisiana se quemaba la caña ya cortada y acondicionada en el surco⁵³ (Buzanell, 1993).

Hasta los años de 1990, el uso de las cosechadoras soldado fue generalizado en Luisiana, incluso cuando en el resto de los estados productores de azúcar de EE.UU. ya se había adoptado la cosechadora integral. La máquina más frecuente fue el mo-

⁵³ Práctica que se adoptó en Tucumán como una opción más económica al pelado manual.

delo de dos surcos, que podía alcanzar una productividad de entre 90 y 140 toneladas de caña cosechada por hora, valores óptimos para una zafra de 75 días y, generalmente, con clima húmedo (Salassi & Champagne, 1996).

En 1993, una nueva variedad de caña, la LCP 85-384⁵⁴ que incrementó los rendimientos en un 25 %, fue uno de los motivos para adoptar las cosechadoras integrales, más adecuadas para la cosecha de cañaverales densos y con cañas caídas. En este tipo de plantaciones las integrales tuvieron menores pérdidas al coleccionar mayor cantidad de tallos. Además, su menor rendimiento para el corte determinó que fueran usadas durante más horas diarias. Para 2004, en promedio, las máquinas integrales cosecharon entre 35 y 75 toneladas por hora, en fincas de 200 a poco más de 1.400 hectáreas (Barker, 2007).

Cuadro 5. Explotaciones cañeras, superficie e ingenios en Luisiana (1960, 1991 y 2014).

Año	Explotaciones	Sup. (ha)	Ingenios
1960	2.547	114.000	46
1991	750	104.000	20
2013	500	176.000	11

Elaboración propia con datos de Cerrizuela & Hemsy (1967); Buzanell (1993); Legendre (2014).

Hacia el 2000, cuando el cultivo de la LCP 85-384 abarcó más del 70 % de la superficie cañera, el 90 % de la producción cañera se cosechó con integrales. (Gravois, 2001; Legendre, 2014). Además del cambio de variedad, otro factor que contribuyó al reemplazo de las cosechadoras tipo Luisiana por las integrales fue, sin duda, la disminución en la cantidad de explotaciones a través del tiempo (ver cuadro 5), con el consecuente incremento de la superficie promedio, circunstancia que también se reflejó en la concentración del sector industrial.

El caso de Australia

⁵⁴ LCP, siglas de *Louisiana Canal Point*, denominación de las variedades de caña de azúcar desarrolladas conjuntamente por las estaciones experimentales de Houma (Luisiana) y Canal Point (Florida), dependientes del *Agricultural Research Service*, organismo gubernamental de EE.UU. La variedad más difundida actualmente en Tucumán tiene un origen similar.

La producción australiana de caña de azúcar se distribuye en una franja de 2100 kilómetros ubicada en el extremo noreste del país. En 1990, la superficie cultivada fue de 403.000 hectáreas, más del 90 % en el estado de Queensland, con 6.500 fincas de entre 30 y 90 hectáreas. La productividad alcanzó un promedio de 84 toneladas de caña por hectárea (para un período de crecimiento de 12 a 16 meses), que se molieron en 28 ingenios. Salvo en el extremo norte del área, la quema de los cañaverales y la cosecha con contratistas fue la práctica más usual (Industry Commission, 1992).

La evolución de la cosechadora de caña australiana combinó los desarrollos de productores innovadores, pequeños fabricantes y equipos de investigación y desarrollo de grandes corporaciones (Davis et al., 2009). También existió apoyo gubernamental a través del *Mechanical Cane Harvesting Committee*, organismo integrado por representantes de la industria azucarera y el gobierno de Queensland que, entre 1947 y 1964, promovió el desarrollo de máquinas cosechadoras de caña de azúcar. Como consecuencia, los desarrollos australianos, por su cantidad y calidad, todavía no fueron superados.

En sus inicios, la mano de obra para la cosecha había sido suministrada por los *kanakas*⁵⁵, hasta su deportación en 1904, cuando fueron reemplazados por cosecheros de origen europeo. Esta situación se mantuvo hasta la segunda Guerra Mundial, cuando la escasez de mano de obra impulsó la mecanización azucarera (Wegener & Yinggang, 2015).

Como en todos los países azucareros, la mecanización de la cosecha comenzó con la incorporación de máquinas cortadoras y cargadoras que, en conjunto, permitieron más que duplicar el rendimiento de la cosecha y carga manual. Para 1957 el 30 % de la cosecha fue cargada mecánicamente, mientras que en 1962 alcanzó el 65 % (Ridge & Norris, 2000).

⁵⁵ Denominación genérica para los habitantes de las islas del sur del Pacífico, que migraban a Australia para la zafra azucarera y otras labores relacionadas.

A partir de los años de 1960 el uso de la maquinaria para la cosecha de caña fue masivo. En Queensland, región de clima tropical donde se concentraba el cultivo, las cosechadoras integrales ya eran unas 1.300, más de dos veces y media la cantidad de cosechadoras de tallo entero. En esos años se usaron, por lo menos, cinco modelos de máquinas integrales, todas diseñadas y construidas en ese país. Aunque tuvieron un desempeño destacado, los técnicos y productores australianos continuaron trabajando para mejorar su rendimiento, mediante dispositivos limpiadores más eficientes y el aumento de «*flotabilidad*» para reducir la compactación de los suelos. Por otro lado, la cosecha mecánica llevó a rediseñar los predios, aumentando su tamaño medio, eliminando desagües y canales, y ensanchando las cabeceras para las maniobras. La tendencia hacia las máquinas integrales se dio porque permitían realizar todas las operaciones, mientras que las cosechadoras cortadoras debían incorporar, de manera obligada, dispositivos cargadores (Special Committee on Mechanical Harvesting and Handling, 1971).

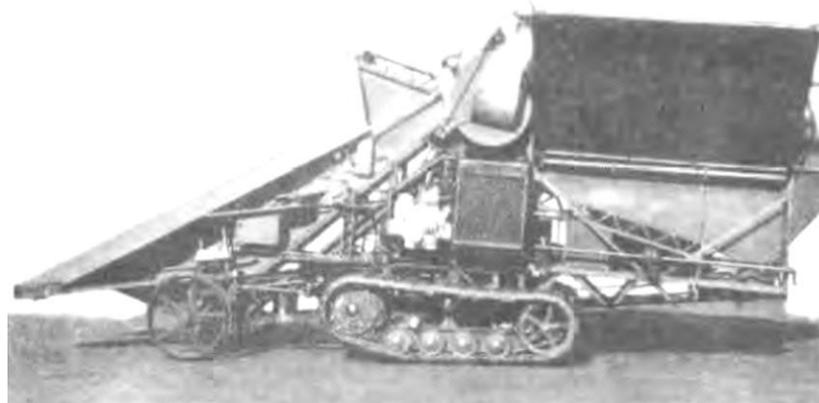


Figura 13. Cosechadora Falkiner de 1927 (Kerr & Blyth, 1993).

El antecedente australiano de las cosechadoras integrales fue la *Falkiner*, construida durante la primera mitad de la década de 1920, como una cosechadora de tallo entero, y probada hasta 1927 (ver figura 13), cuando incluso fue llevada a EE.UU. para su empleo en Florida y Cuba. Alrededor de 1930 fue modificada para conver-

tirse en una máquina trozadora y limpiadora por corriente de aire, similar a los modelos actuales (King, 1969). La depresión económica mundial de los años 1930 impidió su desarrollo posterior.

Sin embargo, el hito en la innovación tecnológica mundial fue el desarrollo de un dispositivo que pudiera cortar, trozar y cargar la caña en una sola operación, sistema adoptado en 1956, cuando el equipo de técnicos de Massey Ferguson (MF), dirigidos por K. Gaunt, lo incluyó en la cosechadora de caña quemada MF 515, desarrollada para ser montada sobre un tractor. El dispositivo técnico demostró ser tan eficiente que todavía se continúa empleando actualmente (Norris et al., 2000). Otros fabricantes pioneros en la construcción de cosechadoras fueron Toft⁵⁶, que ya fabricaba cargadoras, y Mizzi.



Figura 14. Cosechadora MF 515 en cañaverales australianos, la primera máquina integral exitosa de caña quemada (Revista Agricultura de las Américas, 1965).

⁵⁶ En 1972 Toft fabricó la cosechadora más grande del mundo, destinada a la cosecha de caña verde en Hawái. Montada sobre orugas y con dos motores que le otorgaban una potencia de 800 Hp, su altura de corte para el despunte fue de casi cuatro metros.

Las cosechadoras de tallo entero, que habían empezado a usarse desde mediados de la década de 1940, fueron populares hasta los años 60, época en que el tamaño promedio de los campos de cultivo era menor a 30 hectáreas y se plantaban variedades erectas. Para Hungerford (1991), el pequeño tamaño de las fincas, unido al elevado costo de las cosechadoras, fue uno de los motivos que retardó el proceso de mecanización. Las máquinas Scott, Crichton y Toft estuvieron entre las más populares, sobre todo esta última, porque podía trabajar con caña inclinada (Churchward, 1965). Pero el costo adicional, asociado con la tarea extra de carga para el transporte al ingenio, pronto inclinó la balanza en favor de las máquinas integrales. En 1968 las máquinas integrales cosecharon el 51 % de los cañaverales, mientras que las cosechadoras de tallo entero alcanzaron el 21 %, con el restante 28 % colectado manualmente (King, 1969), estas dos últimas modalidades fueron casi abandonadas pocos años después.

Desde 1975 toda la caña se cosechó con máquinas integrales y, en promedio, la cosecha en verde alcanzó al 55 % del total en 1988 (Egan, 1989). Un causa que consolidó la cosecha en verde fue que la mayoría de los ingenios, quienes al principio solo aceptaron una cantidad limitada de este tipo de caña trozada, adecuaron su logística e infraestructura sobre todo de transporte, para recibir, a partir de 1978, exclusivamente materia prima en esta condición (Wegener & Yinggang, 2015).



Figura 15. Semirremolque hidráulico en la operación de carga a un trasbordador. Australia, 1976 (Griggs, 2010).

Hacia finales de la década de 1960 ya existían semirremolques con mecanismos hidráulicos para camiones (figura 15) que, ubicados en plataformas sobre elevadas de hormigón, podían descargar la caña trozada a los vagones de ferrocarril que llevaban la materia prima a los ingenios. También se introdujeron carros con elevadores hidráulicos y vuelco lateral (figura 16), para la carga de los semirremolques en las plantaciones (Griggs, 2010).



Figura 16. Elevador con vuelco lateral para el trasbordo de caña de azúcar trozada, usado en Australia en 1975 (Griggs, 2010).

Otro factor que influyó para adoptar la cosecha en verde, además de un ciclo climático húmedo y las primeras consideraciones sobre los efectos perjudiciales de la quema de caña para la salud humana y el medio ambiente, fue la importación, en 1975, de la cosechadora Claas 1400 (Kerr & Blyth, 1993). Esta máquina, construida en Alemania Occidental, se desempeñó sin grandes variaciones de productividad tanto en caña quemada como en verde. En tanto, los modelos australianos, principalmente Toft y MF, diseñados para caña quemada, vieron afectados notablemente sus rendimientos y debieron introducir mejoras en sus cosechadoras integrales (Mason et al., 1980).

Si bien en los inicios del siglo XXI la cosecha australiana estuvo mecanizada totalmente, la quema de la caña se mantenía como práctica habitual en una tercera parte

de la superficie cultivada. En las plantaciones ubicadas en el extremo sur, más productivo pero con cañaverales densos y enredados, el desempeño de las máquinas cosechadoras no fue el esperado durante varios años (Davis & Norris, 2002). Por otro lado, como se observa en la figura 17, mientras avanzó la mecanización la se redujo ostensiblemente la cantidad de trabajadores ocupados en la cosecha, al mismo tiempo que su productividad se incrementó más de 13 veces entre 1956 y 1998, cuando pasó de 750 a 9800 toneladas anuales de caña por cosechero (Ridge & Norris, 2000). Para los años 1958 y 1968 King (1969) presentó cifras de productividad mayores, 1000 y 2500 toneladas anuales por trabajador respectivamente, pero que confirman una tendencia creciente.

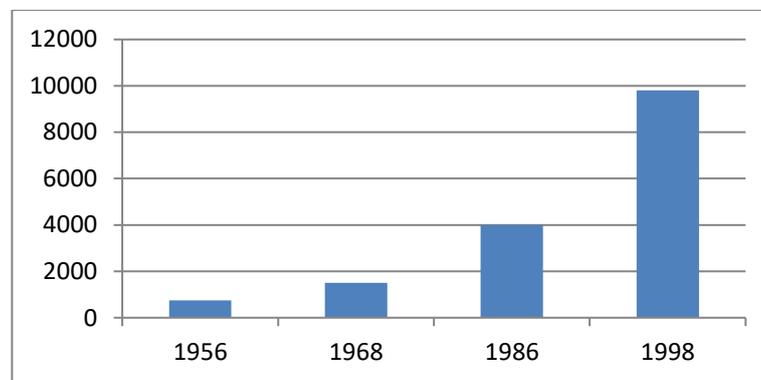


Figura 17: Promedio de toneladas cosechadas anualmente por trabajador (1956 – 1998). Elaboración propia con datos de Ridge & Norris (2000).

Como la maquinaria mejoró sus prestaciones y el sistema de transporte y entrega al ingenio se fue ajustando, la cantidad de máquinas cosechadoras también disminuyó de unas 1.800, en 1972, a 1.300 en 1998 (Ridge & Norris, 2000). Es posible que otra causa del excesivo número de cosechadoras hayan sido las exenciones impositivas que ofreció el gobierno australiano para invertir en la compra de maquinarias. Ante esta circunstancia, numerosos productores cañeros se inclinaron por adquirir cosechadoras, cuando la opción económica más razonable era emplear un contratista.

Según un grupo de industriales y productores tucumanos que recorrieron Australia en 2004, desde 1979 la cosecha de caña era totalmente mecanizada y el sistema de

transporte para la materia prima incluía 3.800 kilómetros de vías férreas y camiones de 24 y de 40 toneladas. Además, el 80 % de la superficie cañera se cosechaba en verde, aunque la tendencia era llegar al 100 % (La Gaceta, 2 de enero de 2004), como efectivamente sucedió. Sin embargo, más allá de que el principal éxito de la agroindustria azucarera australiana consistió en el desarrollo y la fabricación de las cosechadoras integrales, a finales del siglo XX se llegó a una meseta productiva, en donde la mecanización se reconoció como parte del problema. A partir del período en que se optó por recibir solo caña picada en verde (años 1979 y 1980), las investigaciones sobre las cosechadoras estuvieron centradas en su rendimiento operativo y eficiencia comparadas con la recolección y las pérdidas de caña quemada. Recién en los años 1990 se encararon estudios sobre las interacciones entre máquina y cultivo y la evaluación de la calidad de la caña cosechada. La concepción o el enfoque sistémico para analizar el conjunto de operaciones referidas a la cosecha y el transporte, es más reciente todavía (Davis et al., 2009).

En 1984 la industria australiana de fabricación de cosechadoras se redujo a un fabricante, Austoft⁵⁷, que producía un solo modelo con varias opciones operativas (Wegener & Yinggang, 2015). Esta fábrica cerró sus puertas en 2004 y trasladó sus operaciones a Brasil, porque sus ventas en Australia habían pasado de unas 170 máquinas anuales en 1996, a unas escasas 11 unidades en 2003 (Townsend, 2004). En este sentido, el mercado australiano se redujo a su mínima expresión y para 2009 se estimó que solo se venderían nueve máquinas, mientras que en Brasil, por ejemplo, serían unas mil unidades (Davis et al., 2009).

El caso de Cuba

Hasta fines de la década de 1950 la mecanización cañera fue casi inexistente, sólo los ingenios utilizaban algunos tractores para la preparación del suelo. El resto de las explotaciones dependía de la tracción animal. La cosecha y la carga de caña de

⁵⁷ Empresa fundada como Toft en los primeros años de 1960, entre 1968 y 1970 se asoció con la International Harvester y se conoció como Toft IH; en 1980 asociada con una compañía canadiense se convirtió en Versatile Toft. En 1986 fue adquirida nuevamente por empresarios australianos, que la denominaron Austoft; hasta su compra en 1996 por Case Corporation, empresa del conglomerado Fiat.

azúcar se hacían a mano y todo intento de adoptar maquinaria era boicoteado por los trabajadores, que veían en riesgo su fuente laboral; de manera adicional las máquinas disponibles, además de caras, tenían altos costos de mantenimiento y operación (Edquist, 1982; Ríos, 2014).

A partir de la revolución de 1959, el papel y la gestión del estado⁵⁸ fueron fundamentales para la actividad azucarera. En este sentido Cuba fue un caso único en el mundo, dado que el cultivo de caña llegó a cubrir el 80 % de la superficie cultivable del país, lo que significó entre 1,1 y 1,2 millones de hectáreas cosechadas para el período 1975 y 1985, procesadas en 153 ingenios controlados por el estado. De acuerdo con Feuer (1987), una característica sobresaliente del proceso de cambio la constituyó el rápido avance en la mecanización de la cosecha y la modernización de su sector azucarero, sin despidos masivos ni marginalización de los trabajadores. No afectar de manera directa a la mano de obra fue esencial en un país que empleaba entre 300.000 y 400.000 personas para cada zafra.



Figura 18: Cartel del Ministerio de Industrias de Cuba a inicios de los años 1960. Fuente: Imagen de Oroza, E. (Cuba material, 2014).

⁵⁸ Ernesto “Che” Guevara, en su rol de Ministro de Industrias, fue un impulsor de la innovación tecnológica de la agroindustria azucarera cubana. Llegó incluso a operar una cosechadora de caña durante un mes, para la zafra de 1962 del ingenio Ciro Redondo en Morón (Sáenz & Sáenz Coopat, 2010).

Entre otras medidas tomadas, en 1960 se formaron los «Comités de Piezas» –de repuesto–, que buscaron estimular las soluciones creativas para el reemplazo o la adaptación de piezas de recambio para la actividad industrial. También ese mismo año el gobierno lanzó la campaña «Construya su propia máquina» (ver figura 18) para interesar a técnicos y trabajadores en el diseño y construcción de máquinas que pudieran reemplazar a los equipos importados. Aunque los resultados fueron más simbólicos que efectivos, demostraron el interés para enfrentar los problemas de la dependencia tecnológica de la isla (Vasconcelos, 2013).

De manera similar a otros países, la mecanización de la cosecha cubana se inició con la incorporación de las cargadoras mecánicas. Sobre todo, las de tipo topadora empujadora, montadas sobre tractores rumanos y adoptadas masivamente a principios de los años 1960, facilitaron una tarea que se realizaba, hasta ese momento, exclusivamente a mano. Su nombre genérico fue «criollas» y su diseño y construcción no fue un proceso estandarizado. Desde 1964 se fueron reemplazando por el primer modelo de cargadora fabricado en la Unión Soviética, llamado PG 055 ST, ya para 1970 se usaron unas 5500 de ellas. Un factor que contribuyó al éxito de la carga mecanizada (que se incrementó del 26 al 93 % entre 1965 y 1971) fue la creación de los Centros de Acopio, a partir de 1964, para las operaciones de recepción, pelado y trozado de la caña antes de ingresar al ingenio (La Industria Azucarera, 1974; Ríos, 2014).

Para la zafra de 1961 comenzaron las pruebas con la importación de una cosechadora Inca de Sudáfrica y la recuperación de una cortadora Thornton, de origen estadounidense, que había sido probada en 1948 y dejada de lado. De la combinación entre ambas surgió, en 1961, la Ecea MC1 similar a la máquina sudafricana, de la que llegaron a fabricarse 680 máquinas que cortaban, despuntaban y dejaban las cañas enteras sobre los surcos. Pero su desempeño nunca fue notable y su producción se discontinuó (Edquist, 1982).

Entre 1964 y 1965 se probaron un prototipo cubano checoslovaco⁵⁹ y dos cosechadoras integrales de origen soviético: la KCT1 -de arrastre- y la KT1 –autopropulsada-. Aunque entre 1965 y 1968 se importaron más de 1000 de estos modelos, se dejaron de usar en 1972 debido a su escasa productividad. (Edquist, 1982).



Figura 19: Claas Libertadora 1400 de 1970 (Ríos, 2014).

Una máquina que se convirtió en un ícono fue la Claas Libertadora⁶⁰, una cosechadora integral para caña verde, conocida primero como CCE (Combinada para Caña Enredada), que fue diseñada por ingenieros cubanos entre 1967 y 1968⁶¹. La empresa Claas, con sede en Alemania Occidental, fabricó las primeras 25 unidades, conocidas como Libertadoras 800, las mejoras introducidas posteriormente permitieron, a partir de 1970, construir las en serie como Claas CC 1400 o Libertadora 1400 (figura 19), máquina que tuvo un muy buenas prestaciones y que el gobierno cubano adquirió en una cantidad cercana a las 200 unidades⁶² (Perez López, 1991). La firma alemana continuó vendiendo la cosechadora con su marca y no reconoció

⁵⁹ El primero fabricado en la isla (Dirección Nacional de Mecanización - EcuRed, s. f.)

⁶⁰ El nombre de Libertadora se atribuyó a Fidel Castro cuando, en un discurso de 1969 o 1970, mencionó que esta máquina liberaba al hombre de la tarea de cosecha manual.

⁶¹ El grupo de profesionales estuvo dirigido por el ingeniero Roberto Henderson, quien también diseñó la cosechadora homónima (Resultados de la ciencia en Cuba, s. f.).

⁶² La empresa Claas fabricó entre 400 y 600 Libertadoras 1400 que vendió a más de 30 países, entre ellos la Argentina y EE.UU. (Edquist, 1982).

la participación de Cuba (ver figura 20). De acuerdo con Ríos (2014), el diseño original fue la base para la mayoría de los modelos de cosechadoras cañeras fabricadas en el mundo.

¿Caña de azúcar verde? La solución: CLAAS LIBERTADORA 1400

El sistema de corte de dos discos corta muy bajo – donde más concentración de azúcar se encuentra.

La anchura de corte es variable.

Una cuchilla doble en rotación vertical separa la hilerla a cortar de la jungla de caña restante.

El nuevo sistema de corte – picado garantiza un trabajo limpio y suave.

Los ejes anchos permiten trabajar en pendientes hasta el 25%.

El robusto motor garantiza el trabajo hasta en las peores condiciones.

CLAAS
El especialista de cosecha de caña de azúcar, arroz, maíz, trigo y otras cosechas

GEBR. CLAAS MASCHINENFABRIK GMBH
46341 HARSBRUNN/ALLEMAGNE FEDERALE
Departamento para el mercado de caña de azúcar

Firmas en la cosecha respaldado por CLAAS.

CLAAS CC 1400

Para la recolección de caña de azúcar sin problemas

La cosechadora de caña de azúcar CC 1400 cosecha tanto caña de azúcar verde como también quemada. El amplio mecanismo de corte recoge sin pérdidas las cañas, siendo también invencible incluso al trabajar cañas encamadas, con el mínimo de consumo de combustible. La cuchilla lateral separa limpiamente las cañas que cuelgan. El cortocogedor elimina las puntas antes del picado.

Inmediatamente después de la siembra se efectúa el picado, con exactitud y limpieza. La limpiadora proporciona trozos de caña de azúcar con una excelente limpieza. El producto picado posee un reducido volumen de transporte.

A esto hay que añadir el conocido servicio CLAAS – un servicio mundial en cuanto a seguridad.

Figura 20. Avisos publicitarios de la Cosechadora Claas 1400 (Agricultura de las Américas, 1977; Sugar y Azúcar, 1981). Nota: Los avisos destacaron la posibilidad de cosechar caña en verde, una innovación para la época; aunque también podía cosechar caña quemada.

Además de la Libertadora, también se emplearon otras máquinas. La cosechadora Henderson, una máquina autopropulsada desarrollada en Cuba, simple y robusta, se fabricó de a cientos. Pero solo cortaba y cargaba caña sin pelar, por lo que su empleo fue limitado y se dejó usar en 1971. La Massey Ferguson 201 Cane Commander (MF 201), cosechadora integral para caña quemada, importada de Australia a partir de 1971 en más de 400 unidades, tuvo un desempeño muy destacado. Pero la cosechadora más difundida de todas fue la KTP⁶³ 1 y sus modelos posteriores. Fruto de la colaboración cubano-soviética, primero fueron importadas de la Unión Soviética y a partir de 1977 construidas en la isla⁶⁴ (Edquist, 1982; Matos Ramírez,

⁶³ Iniciales de cosechadora autopropulsada en ruso.

⁶⁴ La fábrica, en la ciudad de Holguín, llamada “60 Aniversario de la Revolución de Octubre”, fue inaugurada por Fidel Castro el 27 de julio de 1977; en 1982, con una dotación de más de 2800 personas, alcanzó a producir 600 cosechadoras por año (Bello Expósito, 2015).

2012). En el cuadro 6 se observa que, promediando la década de 1970, la cantidad de cosechadoras KTP1 superaba ampliamente a los modelos MF 201 y Libertadora 1400.

Cuadro 6. Cosechadoras integrales de caña en Cuba, 1976 y 1979. (Pollitt, 1982).

Año	MF 201	Libertadora 1400	KTP1	Total
1976	439	162	683	1284
1979	407	157	1734	2298

Tanto la MF 201 como la Libertadora tenían dispositivos para despuntar la caña, mientras que la KTP no realizaba esta tarea. En cambio, podía cosechar caña en verde, al igual que la Libertadora mientras la MF 201 solo operaba con caña quemada. En 1973 las integrales cosecharon el 11 % de los cañaverales y se previó que, con la incorporación de entre 200 y 300 máquinas similares por año, para 1980 esta superficie ascendería al 80 % (La Industria Azucarera, 1974). Sin embargo, en 1979 todavía se cosechó manualmente el 58 % de la producción cañera cubana, poco más de 42 millones de toneladas de un total de 73 millones (Pollitt, 1982). Es decir que los 31 millones de toneladas restantes, cosechados mecánicamente durante una molienda de 109 días como la de ese año (González Corso, 2015), significaron una productividad promedio de 124 toneladas diarias por máquina, poco más de dos hectáreas, un rendimiento muy bajo en términos comparativos. Característica también mencionada por Feuer (1987), cuando sostuvo que el proceso de mecanización no implicó una mejora en la productividad de las cosechadoras, incluso disminuyó de 90 a 85 toneladas diarias para los años 1981 y 1985, respectivamente. De cualquier manera, y a pesar de los problemas que ocasionó la mecanización hasta su ajuste, fue beneficiosa para Cuba por sus consecuencias en: a) Los conocimientos adquiridos por miles de trabajadores para la reparación y el mantenimiento de maquinarias complejas. b) La disponibilidad de unos 200000 trabajadores, liberados de las tareas de cosecha. c) La experiencia obtenida por los técnicos en diseño, rediseño y procesos de manufactura industrial. d) El desarrollo de una industria para la fabricación de cosechadoras integrales de caña. e) El desarrollo de vinculaciones tecnológicas entre distintos sectores, por ejemplo entre fábricas de cosechadoras con otras de implementos agrícolas, y la generación de nuevos empleos para miles de personas (Feuer, 1987).

Por otro lado, la mejora del trabajo de las cosechadoras⁶⁵ implicó el rediseño de los campos y la selección de variedades de caña adecuadas para la cosecha mecánica. La mecanización también facilitó la reintroducción de la cosecha en verde (práctica casi abandonada desde los años 1970). En 1985, más del 70 % de los cañaverales se cosechó de esta manera. Otro factor que contribuyó con el crecimiento de la cosecha en verde fueron los sistemas de limpieza previos a la molienda de la materia prima que, en 1990, se aplicaron al 85 % de la caña cosechada (Pollitt, 2005).

En consecuencia, en el inicio de los años 1990 Cuba, con una dotación de 4000 cosechadoras y una cantidad similar de cargadoras, era el país con mayor mecanización cañera de América Latina (Comisión Económica para América Latina y el Caribe & Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo, 2000). La crisis económica mundial de los años 2001 – 2003 y la consecuente reestructuración producida en el sector agroindustrial cubano, determinó un freno a los desarrollos de nuevos modelos de cosechadoras y la compra, en 2003 y 2007, de máquinas importadas Cameco 3500 y Case Austoft, estas últimas de origen brasileño (Matos Ramírez, 2012). Aunque la proporción de caña cosechada con máquinas integrales se incrementó desde el 25 % en 1975, al 62 % en 1986 y el 83 % en 2014, el país se vio obligado a reformar su principal agroindustria. Entre las medidas tomadas, sobresalió el cierre de 71 ingenios, sobre un total de 155, y la consecuente caída del 80 % de la producción de azúcar que disminuyó, entre 1985 y 2013, de siete millones de toneladas a una y media (Ríos, 2014).

El caso de Brasil

La creación en 1933 del *Instituto do Açúcar e do Alcool* (IAA), durante la presidencia de Getúlio Vargas, integrado por funcionarios gubernamentales, industriales y agricultores, tuvo por objetivo expreso asegurar el equilibrio del mercado interno de la producción azucarera. Para ello determinaba la proporción de caña de azúcar que, de manera obligatoria, debía destinarse a la elaboración alcohol para disminuir

⁶⁵ En 1987 se presentó la cosechadora KTP 2, una versión mejorada del modelo previo. En 1995, a pesar de la crisis de la economía cubano, se probaron los modelos KTP 2M y el prototipo KTP 3S. (Matos Ramírez, 2012).

la importación de combustibles derivados del petróleo. Con el transcurso del tiempo el IAA sumó nuevas funciones y se convirtió en el organismo planificador (tanto en el aspecto productivo como en el laboral) y proveedor de servicios financieros y de asistencia técnica para todo el sector agroindustrial brasileño (Pélico Filho, 1972).

El balance entre la elaboración de azúcar y etanol, en un país sin autoabastecimiento de combustibles fósiles, marcó la historia de su principal sector agroindustrial. Entre 1975 -año de inicio del programa Proalcohol- y 1985 se generó un proceso acelerado de sustitución nafta por etanol de caña. Durante el período 1986 – 2003 la característica fue la estabilización del volumen de alcohol destilado y la desregulación del mercado, lo que ocasionó el crecimiento de la producción azucarera. La etapa 2003 – 2008, signada por la introducción de los motores *flex*⁶⁶, determinó un aumento considerable de la superficie plantada con caña de azúcar, el inicio de un acelerado proceso de mecanización de la cosecha para elevar la productividad y la aprobación de los protocolos ambientales para restringir la quema de los cañaverales (Cortes, 2016).

Durante la década de 1970 el gobierno de Brasil instrumentó una serie de medidas para aumentar la productividad del sector agroindustrial azucarero. Entre ellas, líneas de crédito a productores, financiamiento a la investigación científico tecnológica y procesos de capacitación para la mano de obra agroindustrial. Por entonces, la superficie cultivada con caña rondaba los dos millones de hectáreas y se obtenían unas cuatro y media toneladas de azúcar por hectárea. En promedio, la mitad de la caña molida era suministrada por cultivadores independientes a poco más de 200 ingenios que integraban un sector fabril heterogéneo en tamaño y capacidad de procesamiento (Gentil, 1977).

⁶⁶ Abreviatura de flexible, motor de combustión interna que funciona con una mezcla variable de nafta y etanol, producido a partir de caña de azúcar.

En Brasil los antecedentes de la fabricación de cosechadoras⁶⁷ para caña se remontan a 1956, cuando la empresa propietaria de un ingenio en Piracicaba, diseñó una máquina para cosechar caña entera que, posteriormente, fabricó la empresa Motocana (Veiga Filho, 2002; Scharinger, 2018). Sin embargo, la mecanización de la cosecha de inició en 1973 en el estado de San Pablo, zona cañera por excelencia. Por entonces los ingenios estatales habían adquirido decenas de cortadoras, cortadoras despuntadoras y cosechadoras integrales. Estas máquinas, empleadas en varias combinaciones, no tuvieron un desempeño destacado. El motivo se atribuyó a un conjunto de causas que incluyó la poca capacitación de los operadores, la falta de sincronización con el transporte, el deficiente ajuste de la maquinaria, el diseño inadecuado de las plantaciones y las adversidades climáticas. (Ripoli et al., 1975).

La empresa Santal, fábrica brasileña de cargadoras de caña y otros implementos, fundada en 1960, presentó a principios de la década de 1970 las cosechadoras integrales 110, 115 y, en 1979, la serie Rotor (ver figuras 21 y 22), que podía cosechar en verde. (Silva, 2013).



Figura 21. Cosechadora Santal 115. Una de las primeras integrales fabricadas en Brasil en la segunda parte de los años 1970 (Coelho, 2013). Nota: a la derecha se observa un carro autovuelco, similar a los actuales, pero con menor capacidad de carga.

⁶⁷ La primera cosechadora mecánica de tallo entero llegó a Brasil, en 1956, fue una máquina Thomson importada de EE. UU. (Ripoli & Segalla Lazzarini, 1981).

santal rotor

To harvest more cane than other harvesting machine, it is necessary to travel faster. And our exclusive Santal Rotor (*) does exactly that.

While other most modern harvesters have about 40 movable shafts, the Santal Rotor has only 14. To again time and economize 60% in maintenance costs, all shafts, bearings, chains and slats used in lifting the load, were eliminated. The rotor wings themselves impel the billets at great speed into a reflector duct which carries them out. In this way, the cane loses all the trash which is sucked out by the fans, and the billets fall already clean into the trucks.

Improving something, then, does not imply in making it more complicated because the Santal Rotor with its simplified construction is also very strong.

It harvests any cane: in the furrows, fallen, raw, or burnt, heavy or extra-heavy. The machine is equipped with a 180 CV Diesel engine, and two base-cutting discs.

And Santal guarantees its technical service anywhere in the world. All these exclusive features make the Santal Rotor the pioneer of a new generation of cane harvesters, and distances Santal even further from the others in its leadership throughout the world.

The comparison is perhaps elementary, but in the same way that the jet plane is far superior to the propeller ones, Santal Rotor represents the most advanced technology introduced into the sugar cane world.

GREEN CANE

The Santal Rotor is the only harvester able to cut raw cane continually, without choking, and at an industrial production rate.

BURNT CANE

Because of its superiority, the Santal Rotor presents an outstanding production in harvesting burnt cane.

(*) The Rotor System is an International Patent and Registered Trade Mark of Santal Equipamentos S.A.

Figura 22. La Santal Rotor de 1979, primera cosechadora autopropulsada brasileña apta para cosecha de caña verde y quemada. Fuente: Publicidad de Sugar y Azúcar Yearbook, (1979b).

En la segunda mitad de los años 1970, fase inicial de la cosecha mecanizada, solo ocho ingenios tuvieron más de 10 cosechadoras integrales, en su mayoría las brasileñas Santal, modelos 110 y 115, que se desempeñaron con un rendimiento de entre 10 y 25 toneladas cosechadas por hora. El costo de estas máquinas fue la mitad que las marcas extranjeras Toft, Claas y Massey Ferguson, debido a las leyes de protección industrial aprobadas en la época (Gentil, 1977). Una organización que tuvo influencia durante el proceso de mecanización fue el *Centro de Tecnologia Coper-sucar*, formado en 1969 por un grupo de ingenios de la región de Piracicaba, que contribuyó no solo al notable incremento de la productividad de los cañaverales, del tenor de azúcar en las cañas y la disminución de los costos de industrialización, sino también a redirigir la orientación tecnológica del sector,

que pasó de tener como referencia a Cuba y Europa a la agroindustria sudafricana y australiana (más adecuadas a las características de Brasil), tendencia que también siguieron los fabricantes de maquinaria (Cortes, 2016).

La escasez de mano de obra⁶⁸ para la cosecha se mencionó como la causa principal para la adopción de las máquinas cosechadoras, las que a fines de los años 1970 ya poseían la capacidad de coleccionar caña en verde. Además, a los «*bóias frias*»⁶⁹(cosecheros), definidos por entonces como trabajadores nómades, de baja calificación laboral y productividad, se les atribuyó una débil complejión física y el impedimento de contar con un gran número de mujeres y niños que los acompañaban (lo que complicaba la logística). Su rendimiento promedio de 4,3 toneladas de caña quemada por hombre por día, fue considerado bajo comparado con las 12 o 15 toneladas obtenidas por los cosecheros australianos. De todas formas, la adopción de un sistema de cosecha mecanizada en reemplazo del manual suponía, por lo menos, un período de cinco años para adaptar el diseño de la finca, capacitar al personal y ajustar la logística de transporte (Brieger & Leite Banks, 1977). Por otro lado, resulta evidente que la mecanización de la cosecha, justificada por la falta de trabajadores, disminuyó aún más la demanda de mano de obra de los productores e industriales para esta tarea. Una máquina integral podía, en condiciones óptimas, coleccionar 330 toneladas de caña quemada en un turno de ocho horas, una cantidad equivalente al trabajo de 64 hombres o más que, en promedio, cortaban cinco toneladas por jornal (Peixoto Alves, 1978).

Hacia 1979, Brasil cultivó casi dos y medio millones de hectáreas de caña y dispuso de 456 integrales y 295 cosechadoras de tallo entero, dotación que coleccionó el 12 % del total de la materia prima (Ripoli & Segalla Lazzarini, 1981). Es decir que el sistema de cosecha manual todavía era el predominante; situación se mantuvo sin

⁶⁸ En Brasil, la migración de mano de obra rural hacia tareas del sector urbano fue tan marcada y repentina que afectó el desempeño de la economía, debido a los problemas sociales ocasionados. Una solución parcial a este problema se produjo en 1972, cuando el estado garantizó una jubilación mínima, el auxilio por invalidez y un servicio de salud; pero no sin igualar las condiciones del régimen previsional entre trabajadores rurales e industriales (Atalla, 1975).

⁶⁹ El término surgió por la costumbre de estos trabajadores de llevar consigo un recipiente de comida para consumirla a la hora del almuerzo (*bóia fria* –boya fría-, sinónimo de olla fría).

demasiadas alteraciones en el tiempo. Diez años después en San Pablo, estado que concentraba el 60 % de la superficie cultivada de caña en Brasil, la proporción de cosecha mecánica se estimó en el 19 % (Toledo et al., 1991), equivalente a una tasa de crecimiento anual menor al 1 %. Para la zafra 1997 – 1998, en el conjunto de los ingenios paulistas, que sumaba casi la mitad del área cosechada, se cosechó mecánicamente solo el 17 % de la superficie; pero las tareas de preparación de suelos, la plantación, el cultivo y la carga fueron realizadas casi exclusivamente con medios mecánicos, sobre todo en las grandes empresas (Veiga Filho, 1998b).

Uno de los motivos que aceleró la mecanización de la cosecha fue la ley⁷⁰ ambiental aprobada en San Pablo⁷¹ durante 2002. La misma estableció un cronograma obligatorio para la reducción de la quema de los cañaverales. A la imposición legal se agregó, en 2007, un protocolo ambiental de adhesión voluntaria que involucró a 179 agroindustrias y 29 asociaciones de agricultores que sumaban el 90 % de la caña cultivada (Nyko et al., 2013).

Los resultados de la aplicación del protocolo ambiental, asociados con la práctica de cosecha en verde, fueron notables. En la zafra 2006/07, con una duración de 132 días y 163.000 trabajadores ocupados, la superficie cañera cosechada mecánicamente fue del 41 %. Proporción que aumentó al 90 % en la cosecha de 2016/17 (unos 5,6 millones de hectáreas). El 10 % restante, cosechado manualmente, significó la suma de 39.000 puestos de trabajo, una reducción de 124.000 sobre la cantidad empleada en 2007. (Fredo et al., 2008; Fredo & Caser, 2017).

Por otro lado, los años previos al protocolo coincidieron con un ciclo económico expansivo entre 2000 y 2004, sobre todo para la elaboración de biocombustibles

⁷⁰ Tanto la ley como el protocolo establecieron dos situaciones distintas: un área factible de mecanizar y otra integrada por las explotaciones menores a 150 hectáreas o ubicadas en terrenos con pendientes mayores al 12 %. Condiciones ambas que dificultan el trabajo de las cosechadoras integrales. Además, puede suceder que las fincas muy pequeñas tampoco quemen la caña, porque la producción se destina a la elaboración de cachaza. En Brasil existen más de 5000 marcas y 76000 establecimientos que elaboran cachaza de manera artesanal, en alambique, o industrial, en columna de fraccionamiento (Chalita & Silva, 2010).

⁷¹ Otros estados, como Paraná y Mato Grosso do Sul, han aprobado normas similares, y algunos avanzaron en regulaciones para el control de la quema, como Minas Gerais (S. Santos, 2011).

usados en vehículos con motores tipo *flex*, y los mercados internacionales de alcohol etílico fueron más propensos a reconocer productos elaborados con menor impacto ambiental. Este proceso de modernización se financió, en gran parte, con fondos públicos, incluso con capital proveniente de organizaciones dedicadas a la protección de los trabajadores que, de manera paradójica, contribuyeron a la compra de máquinas e implementos, mediante créditos con tasas subsidiadas, que generaron mayor desempleo. En este sentido, con la superficie cañera mecanizada en su totalidad, solo se absorbería el 15 % de la mano de obra empleada en la cosecha manual, por lo que sería necesario la aplicación de políticas públicas para incentivar el empleo en otras áreas y capacitar a los trabajadores en las nuevas funciones que depara el proceso de mecanización (Torquato et al., 2008).

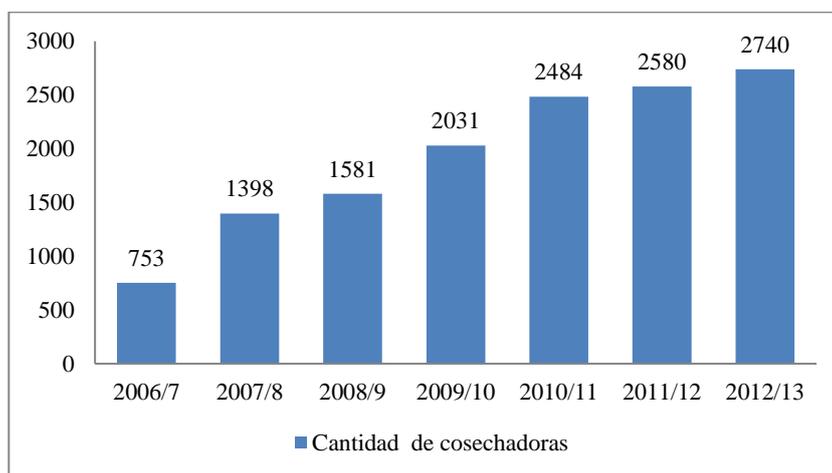


Figura 23. Evolución de la cantidad de cosechadoras en San Pablo -Brasil- (2007–2013). (Jesus & Torquato, 2014).

Como se observa en la figura 23, la cantidad de cosechadoras creció de manera paralela al proceso de mecanización cañera; aunque la información presentada se refiere a San Pablo, la tendencia fue seguida por otros estados brasileños como el de Paraná, segundo productor nacional de caña de azúcar con el 7,5 % del total, en donde se mecanizó el 10 % de la superficie en la zafra 2007/08 (Junqueira et al., 2008).

El sector metalmecánico brasileño también contribuyó al reimpulso de la mecanización cañera, en los inicios del siglo XXI. La empresa Motocana, un establecimiento pionero en la construcción de cargadoras, en 1999 presentó la cosechadora Fenix (para caña entera) y sus posteriores evoluciones. (Veiga Filho, 2002). Santal fabricó, desde los años 1990, su exitoso modelo Amazon, una integral más simple y barata que la competencia, que fue comercializado, con mejoras sucesivas, hasta 2007 (Silva, 2013). Otras empresas de menor tamaño, como Star y Civemasa, fabricaron entre 2007 y 2010 cosechadoras integrales más compactas y con menores costos de mantenimiento y operación; pero debido a las crisis económicas del sector agroazucarero discontinuaron su producción (Scharinger, 2018).

Actualmente en Brasil, debido a las dimensiones del sector agroazucarero, están instaladas tres de las cuatro fábricas de todo el continente americano que construyen cosechadoras integrales: Case, del grupo Fiat; John Deere (que en 1997 absorbió a Cameco); y Valtra, del conglomerado Agco (que adquirió a Santal en 2012). La cuarta, KTP, se encuentra en Cuba.

Las causas de la mecanización en la producción de caña

Hacia el final de la década de 1990 Veiga Filho (1998b), con un enfoque cercano al de la economía de la innovación, estudió el proceso de mecanización en Cuba, Hawái, Luisiana y Australia; sin encontrar una relación causal única que los explicara. El caso más atípico fue el cubano, porque la Revolución de 1959 intervino de manera decisiva para iniciar la industrialización del país. Por lo tanto, aumentó la oferta de trabajo industrial que ocasionó una migración de la mano de obra cañera hacia las zonas urbanas. Además, las mejoras en la infraestructura, la reforma agraria y la reorganización de la actividad azucarera -a partir de grandes plantaciones estatales-, contribuyeron también a disminuir el número de cosecheros. Sin embargo, aunque los cambios en la política económica y el apoyo gubernamental para el logro de una agricultura más diversificada fueron fundamentales, también ocasionaron un retroceso en la productividad del sector, que solo pudo ser superado con la participación de trabajadores no agrícolas durante las zafas de los años 1970.

Solo unos pocos años antes se habían incorporado las máquinas cargadoras de caña y las instalaciones llamadas centros de acopio (empleadas para reorganizar la entrega de materia prima a los ingenios), pero en 1970 solamente el 1 % de la caña fue colectada por medios mecánicos. Recién en 1974, con las cosechadoras KTP y la adopción de la quema previa de los cañaverales, se cosechó mecánicamente más del 40 % de la producción, proporción que alcanzó al 70 % a fines de la década de 1980, cuando el gobierno cubano, ante la crisis económica iniciada a partir de la disolución de la URSS, decidió reorientar el sector agrario para diversificarlo.

En Hawái, donde la mecanización comenzó en los años 30, como consecuencia de la escasez estructural de mano de obra (agudizada durante la II Guerra Mundial), constituyó un ejemplo de abundancia relativa de capital y condiciones favorables de mercado. Durante el conflicto bélico, EE.UU. disminuyó su producción de azúcar en sus estados continentales y, para cubrir su demanda interna, debió recurrir a las islas hawaianas. De todas maneras, el proceso enfrentó varias dificultades técnicas asociadas con la existencia de predios en áreas de riego y de secano, cultivados con cañaverales muy compactos y con cañas caídas, que dificultaron el uso de cosechadoras tradicionales y determinaron el desarrollo de las máquinas cortadoras en V y las grúas de carga. Este tipo de tecnología no tuvo difusión en otros países azucareros, porque estuvo muy vinculado con las particulares condiciones ambientales hawaianas⁷². El caso de Luisiana fue similar en cuanto a la disponibilidad de capital y escasez de mano de obra. Sin embargo, la cercanía a un mercado interno sólido y un servicio de asistencia técnica consolidado fueron factores favorables a la mecanización del corte de caña que, en 1950, alcanzó a la totalidad del cultivo. En todo caso, el sistema de cosecha empleado fue concebido para condiciones ambientales que determinaban una zafra corta, realizada durante el período de heladas agronómicas⁷³ que deterioraban la calidad fabril del cultivo, unida a un ciclo de crecimiento de ocho meses, con variedades de caña erectas y relativamente livianas.

⁷² Una versión adaptada de este sistema llegó a emplearse durante unos años en el ingenio La Esperanza, de Jujuy.

⁷³ La helada agronómica se produce cuando se mide una temperatura igual o inferior a 0° C a la intemperie y a 5 centímetros del suelo. La helada meteorológica, en cambio, se mide en el abrigo o casilla meteorológica, ubicada a 1,5 metro de altura. Cuando una helada se combina con baja humedad ambiental, el efecto sobre los cultivos es más dañino.

En Australia, que también enfrentó la escasez de mano de obra, las tareas de plantación y carga mecanizada ya estaban consolidadas en el período previo a la II Guerra Mundial. El impulso a la mecanización de la cosecha fue una consecuencia de las políticas de estímulo gubernamentales, unidas a condiciones favorables del mercado internacional y la innovación tecnológica. Los servicios de asistencia técnica y un sistema de pago de la materia prima basado en su contenido de sacarosa, también estimularon el progreso del sector azucarero. La muy activa industria de implementos y maquinarias agrícolas australiana diseñó y construyó los primeros modelos eficaces de cosechadoras integrales que, posteriormente, se comercializaron en muchos otros países. Cabe destacar que este tipo de máquina no era totalmente compatible con las plantaciones australianas que poseían una superficie promedio relativamente pequeña, salvo las grandes empresas. Por lo tanto, muchos cultivadores recurrieron al servicio de contratistas de cosecha integral o se agruparon en organizaciones cooperativas para lograr la escala necesaria de superficie.

En general, existieron algunas características comunes a todos los casos analizados que Veiga Filho (1998a) ordenó en cuatro grupos. La primera fue el impacto de la II Guerra Mundial, un factor eventual y externo pero que influyó en el rumbo del desarrollo tecnológico, al interrumpirse el flujo internacional de la mano de obra necesaria para la cosecha, aunque de manera desigual según los diferentes países. La segunda característica fue la competencia técnica de los diseñadores y fabricantes de las máquinas (a veces fueron también agricultores cañeros), para superar las limitaciones ambientales, sobre todo las del clima y los suelos, adaptarse a las condiciones particulares del vegetal e incrementar la eficiencia en el manejo de la materia prima. La tercera característica fueron los cambios organizacionales en los procesos productivos, para adecuarse a las innovaciones tecnológicas. La cuarta fue la necesidad de contar con el apoyo de las organizaciones de ciencia y tecnología, públicas y privadas, para iniciar o continuar con el proceso de innovación. Por último, también mencionó la influencia de los precios relativos de los mercados (tanto

los de la tecnología disponible como los del azúcar), en tanto representaron estímulos necesarios en la generación de condiciones propicias para las innovaciones tecnológicas y organizacionales.

De manera similar a lo que ocurre con otros productos agropecuarios, el precio del azúcar en el mercado rara vez condice con la relación efectiva entre oferta y demanda. En gran medida están distorsionados por regulaciones gubernamentales cuyos orígenes, en este caso, se remontan a la crisis de 1930. Las medidas más usadas fueron las intervenciones estatales vinculadas con la regulación de la oferta y el comercio. La reglamentación legal de las relaciones laborales de los obreros, industriales y agricultores, sobre todo cuando estos eran de pequeña escala, fue un factor común en todos los complejos azucareros. En este sentido, dichos factores también se vinculan con los cambios tecnológicos y organizativos.

Por otro lado, desde fines del siglo pasado, la acelerada globalización también afectó a las organizaciones y los convenios internacionales que regulaban el mercado mundial del azúcar, concebidos originalmente para comercializar los excedentes del producto (aun con precios por debajo del costo), pero justificados por la aplicación de políticas orientadas a fortalecer la industria y proteger puestos de trabajo. Al mismo tiempo, surgieron otros factores condicionantes, entre ellos la competencia de los endulzantes sintéticos, el consumo creciente de jarabe de maíz, el predominio del azúcar refinado sobre el crudo y el empleo de la caña de azúcar como fuente opcional de bioenergía (Rodríguez Duhalt, 2006), a los que se pueden agregar la hegemonía comercial de Brasil (el primer exportador mundial) y el papel de China y la India como grandes consumidores. También es probable que el destino de la materia prima hacia la producción de biocombustible y fibra, modifique los actuales sistemas de cosecha.

En lo referido a los eventos externos que propiciaron la mecanización, aun cuando es innegable la influencia que tuvo la II Guerra Mundial en países en donde restringió la mano de obra, en otros, que no dependían del flujo internacional de trabajadores, la situación fue distinta porque el conflicto generó nuevas oportunidades para

la producción y la exportación de azúcar. Este fue el caso de Cuba, donde los trabajadores de los ingenios lograron mejoras salariales y en sus condiciones de labor (Ríos, 2014). Durante estos años también se produjo el desarrollo de la agroindustria azucarera y alcoholera de San Pablo, Brasil, en desmedro de la región del nordeste más dependiente de las exportaciones de azúcar, que habían empezado a disminuir luego de la crisis mundial del 30 (Moreno, 2011).

En los otros países analizados, Australia y EE.UU., a las restricciones generadas por la conflagración mundial se sumaron, en distintos períodos, marcos legales que restringieron la inmigración de trabajadores para las zafras, vinculados a veces con grupos étnicos particulares.

La competencia técnica de los diseñadores y fabricantes de maquinaria es otro factor a considerar. El proceso de mecanización en la cosecha de caña de azúcar comenzó siempre con la adopción de las máquinas cargadoras que se produjo, de acuerdo con los distintos países, en un período de 30 años, entre 1940 y 1970. La incorporación efectiva de las cosechadoras mecánicas fue mucho más dispar.

En Australia, la cantidad y variedad de tecnología mecánica producida para la cosecha de la caña fue notable. Construyeron la primera cosechadora integral operativa para caña quemada y también la cosechadora integral para caña en verde, que todavía hoy se conoce como «modelo australiano». Tal como se mencionó, estas innovaciones fueron posibles, en parte, por el apoyo de organismos gubernamentales, corporaciones y empresas privadas, productores y pequeños fabricantes de equipos y maquinarias. En la medida de que el sector azucarero australiano dejó de expandirse, la metalmecánica local fue decayendo hasta casi desaparecer. Con respecto a las máquinas desarrolladas en la parte continental de EE.UU., las cosechadoras de tallo entero fueron las que más se adaptaban a su principal ambiente productivo en Luisiana. Posteriormente, la adopción de las integrales estuvo relacionada con la reducción de costos y las restricciones legales para la contratación de mano de obra, sobre todo en el estado de Florida.

Otros factores incidieron en los países latinoamericanos. En Cuba, el proceso de mecanización estuvo condicionado por la falta de bienes de capital y de un sector industrial en condiciones de fabricar maquinaria. Sin embargo, diseñaron una cosechadora que Claas (empresa alemana con más de un siglo en el rubro) mejoró, construyó y comercializó exitosamente en el resto del mundo. Posteriormente, en colaboración con la Unión Soviética, fabricaron cientos de máquinas integrales con las que iniciaron un proceso de mecanización que abarcó dos décadas. Brasil, por su parte, hacia la década de 1960 había mecanizado la etapa de preparación de los suelos y la plantación de caña en forma parcial, pero la cosecha continuó siendo totalmente manual (Veiga Filho, 1998b), situación que no varió en los años siguientes. A inicios de los años 70, en un contexto de expansión económica que mejoró los salarios del sector industrial urbano, los industriales azucareros incentivaron el proceso de mecanización para la cosecha de caña que pronto fue abandonado, entre otros motivos por el inadecuado desempeño de las máquinas. Unos 20 años después, en respuesta a las huelgas y protestas de los cosecheros, que buscaban mejores condiciones laborales y aumento en el valor de los jornales, se inició un segundo ciclo para la mecanización de la cosecha (S. Santos, 2011), que continuó durante el período de las políticas desreguladoras del mercado de los años 1990, y se acentuó con la aplicación de las leyes para eliminar la quema previa a la cosecha en los inicios del siglo XXI. Requisitos legales que se intensificaron, aún más, con las certificaciones internacionales exigidas para exportar etanol (Favoretto, 2014).

La cantidad y la calidad de las instituciones existentes en toda sociedad también estimulan o retardan los procesos de mecanización. La existencia de organizaciones de ciencia y tecnología, tanto públicas como privadas, fueron esenciales en todos los países que impulsaron el cambio técnico en el sector azucarero. Incluso en algunos casos, como en Australia y EE.UU., ingenios privados participaron activamente del proceso modernizador. Además, la intervención estatal, mediante el otorgamiento de créditos y subsidios, o las regulaciones de los mercados, también fueron medidas frecuentes; en este sentido Brasil aplicó, durante años, distintas políticas económicas que favorecieron el desarrollo y crecimiento de su sector sucroalcoholero.

Sin duda la principal consecuencia asociada con los procesos de mecanización agrícola es la reducción de los puestos de trabajo en las tareas agrícolas. Al mismo tiempo, es frecuente que los trabajadores que persistan en la actividad deban aumentar su productividad, incluso en detrimento de su salud y la precarización de las condiciones laborales. En Brasil, el país en donde la cosecha de caña de azúcar fue mayormente manual hasta los inicios del siglo XXI, la productividad de los cosecheros se cuadruplicó en 40 años, pasando de unas tres toneladas diarias, en los años 60, a un promedio de 12 toneladas por día por trabajador, en los 2000 (Alves, 2006; Rumin, Navarro, & Periotto, 2008). Este notable incremento fue producto de numerosos cambios, que incluyeron la especialización de los zafreiros en el corte de caña, dejando la tarea de acondicionamiento y carga en manos de otros trabajadores, hasta la incorporación de las grúas móviles en la década de 1970, en manos de otros trabajadores. El quemado de los cañaverales, previo a la cosecha, adoptado masivamente fue otro factor determinante para elevar el rendimiento de los cosecheros porque facilitó el corte. Esta especialización de las tareas, más propia del trabajo industrial que del agrícola, se completó con la aparición de otras, desconocidas hasta entonces, como las de «*bituqueiro*»⁷⁴ y «*perca*»⁷⁵ (Favoretto, 2014); que modificaron los tradicionales puestos de trabajo. El aumento de la productividad de los trabajadores no estuvo exento de los conflictos que generan las innovaciones técnicas, que alteran rutinas de trabajo con muchos años de establecidas (Alves, 1991). Aun cuando se trate de la adopción de artefactos de baja complejidad, como herramientas manuales o nuevos instrumentos para registrar las distintas actividades productivas.

Por otro lado, el incremento de la productividad de los trabajadores, además de los límites físicos, también está vinculado con otros factores, como la forma de organización laboral que tiene la empresa, las fuerzas de las organizaciones gremiales de los trabajadores y el papel de estado, en cuanto a la creación de nuevas fuentes de

⁷⁴ La tarea de recolectar manualmente las cañas que no fueron colectados por las máquinas cargadoras.

⁷⁵ El trabajo de recortar los tallos de caña al ras del suelo, luego del paso de las cuadrillas de cosecheros.

trabajo, el diseño de políticas previsionales, la existencia de seguros de desempleo y otras medidas similares para morigerar la pérdida de empleos que se producirá. Porque las innovaciones que permiten disminuir el costo de algunas tareas y son de alto riesgo para los trabajadores, son finalmente aceptadas (Gras et al., 2000).

En los casos expuestos queda demostrado que la mecanización de la cosecha cañera forma parte de un sistema de tecnologías de proceso continuo (Dye, 1993), un concepto similar al de «paquete tecnológico», en consecuencia es necesario que cualquier cambio introducido sea compatible con los otros componentes del complejo azucarero. Un grado de compatibilidad que haga eficaz la adopción de una cosechadora mecánica, involucra aspectos organizativos, técnicos y sociales. Entre otras variables, su incorporación implica, por lo menos, la reorganización del sistema de transporte de la materia prima, el cual involucra no solo la etapa agrícola sino también la industrial. Así, los ingenios precisan modificar las tareas de ciertos puestos de trabajo y las instalaciones para adecuarse a las modificaciones incorporadas. Además, en cuanto al aspecto laboral, más allá de los problemas derivados del incremento de la desocupación, será necesario disponer de trabajadores competentes para la correcta operación y mantenimiento de las nuevas máquinas, lo que supondrá por parte de los usuarios la adquisición de un conjunto de conocimientos y habilidades, durante un proceso de *learning by using*, que insumirá un período de tiempo considerable. En los complejos agroindustriales interviene una variable más, que es el conjunto de condiciones fijadas para la compra de la materia prima. Requisitos que establecen la cantidad y la calidad de la caña de azúcar a entregar, en consonancia con el sistema de pago, y que contribuyen a facilitar u obstaculizar los cambios tecnológicos.

El complejo escenario planteado, las múltiples interrelaciones entre los componentes del sistema agroindustrial azucarero, la influencia de los factores sociales, económicos y ambientales, unidos a las características propias de la naturaleza técnica de los artefactos, determinan que los procesos de innovación tecnológica nunca son lineales y totalmente predecibles; aunque la comparación entre casos similares permite encontrar principios generales para el análisis de casos particulares.

CAPÍTULO VII: EL SECTOR AZUCARERO DE TUCUMÁN

El cultivo de caña en Tucumán

Debido a las condiciones agroecológicas del área cañera de Tucumán (ver figura 24), el periodo de crecimiento del vegetal cultivado es de unos ocho meses⁷⁶, desde mediados de agosto a mediados de abril. El desarrollo del cultivo depende de varios factores, como la variedad de caña empleada, la fecha de plantación y cosecha, el manejo agronómico y las condiciones meteorológicas (sobre todo de la cantidad de lluvia caída), porque la mayor parte del cultivo se realiza en condiciones de secano. Debido a deficiencias históricas de infraestructura y limitaciones financieras, solo se riega una cuarta parte de la superficie cañera provincial. El cultivo de caña de azúcar abarca, de manera sintética, tres pasos o etapas: plantación, cultivo y cosecha y transporte.

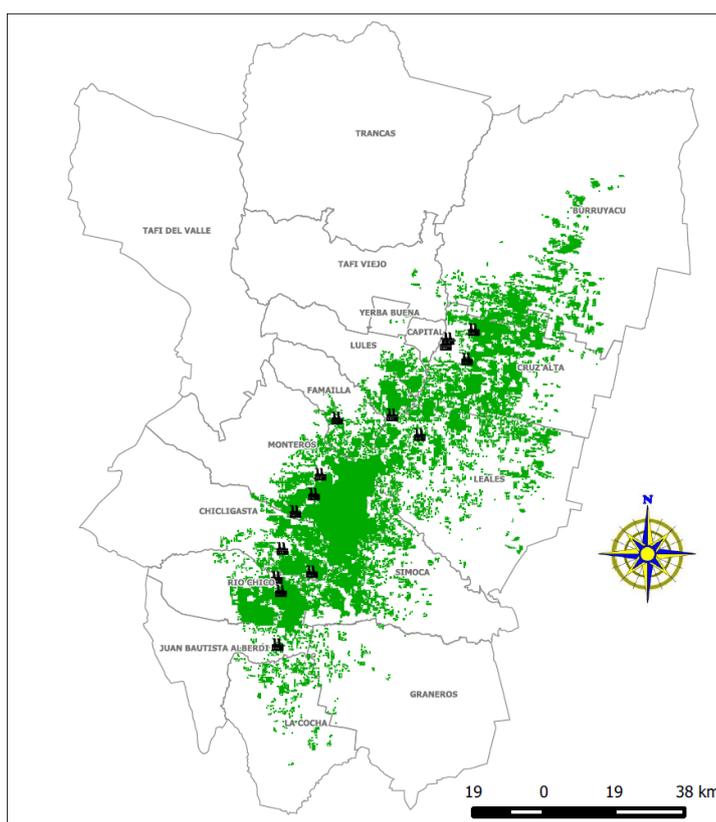


Figura 24. Área cañera e ingenios azucareros de Tucumán (Secretaría de Estado de Gestión Pública y Planeamiento, 2014).

⁷⁶ En regiones con clima tropical el desarrollo de la caña alcanza los 24 meses, aunque las plantaciones son escalonadas para cosechar cada 12 meses.

La etapa de plantación supone la preparación del terreno y el trazado de los surcos en donde se depositará la «caña semilla»⁷⁷, a veces producida por el mismo agricultor en una parcela destinada a tal efecto, y otras adquirida a terceros. Una vez cubierta con tierra la caña semilla, el surco conforma un bordo. A lo largo del tiempo, el ancho de los surcos y el espacio entre ellos, llamado trocha, han tenido algunas variaciones pero, en consonancia con el proceso de mecanización y el ancho de labor de la maquinaria, las distancia entre surcos se estandarizó, entre 1,50 y 1,60 metros, hace algunos años. La longitud de los surcos también se modificó, durante la vigencia de la cosecha manual, el diseño más común de las plantaciones fue un clásico damero, con cuadros de cien metros de lado, separados por calles de unos tres metros de ancho. Con la adopción de la cosecha mecánica, los surcos se alargaron a 400 metros y más, de acuerdo con las posibilidades del terreno, para facilitar la tarea de las máquinas.

La colocación de la caña semilla en el surco fue, durante años, una actividad eminentemente manual, o efectuada con el auxilio de máquinas plantadoras muy simples. En la actualidad existe una tendencia al empleo de máquinas, autopropulsadas o de arrastre, que realizan al mismo tiempo el surcado, el sembrado y el tapado de la semilla.

Por su parte, el cultivo agrupa una serie de tareas que, además, pueden variar de acuerdo con las condiciones agroecológicas de los sitios en donde se implantan los sistemas productivos, ellas son: a) mejoramiento de las cualidades físicas de los suelos (compactación, pie de arado); b) mejoramiento de la captación y retención de agua y la aireación del suelo; c) aplicación de los fertilizantes; d) control de malezas, plagas y enfermedades (Romero et al., 2009). En caso de contar con riego, también debe incluirse la preparación del terreno para su correcta aplicación.

⁷⁷ Como se indicó, la caña semilla es un trozo del mismo vegetal con varias yemas, a partir de las cuales se desarrollarán nuevas plantas.

La cosecha de caña, que en Tucumán abarca entre 150 y 180 días, durante los meses de junio a octubre o noviembre⁷⁸, fue la tarea que más cambios sufrió a lo largo del tiempo. Con todo, incluso hoy conviven tres sistemas diferentes: manual, semimecánico y mecánico o integral. Si bien existieron algunas variaciones, propias de cada época y zona productiva, el sistema manual más empleado incluyó: a) corte basal de la caña; b) pelado o deshojado manual de cada tallo; c) despuntado, también tallo por tallo; d) acondicionado de la caña entera de cuatro o seis surcos en una trocha, dos o tres de cada lado; e) cargado al carro paquetero y atado del paquete de caña o al carro volquete, en este caso a granel.

El sistema manual actualmente empleado en Tucumán, solo en superficies pequeñas, se ha simplificado para reducir el empleo de mano de obra. Se compone de: a) corte basal de la caña; b) acondicionado de la caña entera de cuatro o seis surcos en una trocha, dos o tres de cada lado; c) pelado mediante la quema de la maloja; d) despuntado de la caña en la trocha; e) cargado al carro paquetero y atado del paquete de caña o al carro volquete, en este caso a granel.

El quemado de las plantaciones en pie (empleado como método para pelar las cañas en muchas regiones cañeras para abaratar los costos de la cosecha manual y el sistema semimecánico o también para facilitar el trabajo de las primeras máquinas integrales), fue una práctica poco corriente en Tucumán hasta mediados de la década de 1980, cuando empezó a usarse de manera masiva. Luego de unos 25 años se abandonó debido a restricciones legales, aunque en el sistema manual de cosecha todavía se realiza en caña cortada y acondicionada en la trocha.

El sistema semimecánico comprendió varias combinaciones que fueron variando con el tiempo, entre ellas: a) corte mecánico, pelado, despuntado, apilado y carga manual; b) corte mecánico, pelado, despuntado y apilado manual y carga mecánica, c) corte, pelado, despuntado y apilado manual, carga mecánica. Actualmente, la

⁷⁸ El período varía de acuerdo con la variedad de caña plantada y, sobre todo, con las condiciones climáticas imperantes. La cantidad de días con lluvias y el volumen de las precipitaciones, la humedad relativa ambiente y la ocurrencia de heladas, son factores que pueden reducir el período de cosecha.

versión más empleada se compone de las operaciones siguientes: a) corte manual de la caña; b) acondicionado de la caña entera de cuatro o seis surcos en una trocha, dos o tres de cada lado; c) pelado por fuego de la maloja, con la caña cortada y dispuesta en la trocha; d) despuntado manual en la trocha; e) carga mecánica a granel en el carro volquete.

La tarea de acondicionado implica que el cosechero, luego de cortar cada tallo, lo ordene de manera perpendicular al surco. Esta operación, a veces llamada «volteo», se repite acumulando la caña de cuatro o seis surcos en una trocha, lo que permite formar una hilera de tallos sobre el suelo para que, después de la quema de maloja y el despuntado, la cargadora realice su tarea y coloque los tallos sobre los vehículos de transporte. En realidad, en el actual sistema tucumano de cosecha semimecánico, la única operación mecanizada es la de carga.

El sistema integral incluye, en un proceso único, todas las operaciones que realiza una cosechadora autopropulsada: a) despuntado, b) corte basal, c) trozado, d) deshojado, e) carga directa a la caja del camión de transporte, a un acoplado, a un carro de vuelco lateral o al carro autovuelco.

Este sistema reduce al mínimo la cantidad de mano de obra necesaria pero, en contraposición, necesita de las máquinas cosechadoras, que son muy costosas de adquirir, requieren de un mantenimiento permanente y la conducción de operarios expertos.

Por último, además de las características de los predios y cañaverales, que condiciona en parte la tarea de cosecha, hay que considerar que, al contrario de otros cultivos agroindustriales, la materia prima debe ser procesada lo más rápido posible, para evitar la disminución de los rendimientos industriales, debido al deterioro biológico del jugo contenido en los tallos. En este sentido, el transporte y la entrega de la caña a los ingenios es una etapa inseparable de la cosecha.

La composición del sector azucarero tucumano

En Tucumán, durante las primeras décadas del siglo XX, existían 4 mil cañeros que cultivaban 75 mil hectáreas de caña y el sector agroindustrial, compuesto por 30 ingenios, ocupaba 70 mil empleados, 20 mil de forma permanente y más de 50 mil trabajadores transitorios, prácticamente la mitad de ellos provenientes de las provincias vecinas de Santiago del Estero y Catamarca (Schleh, 1923). Además, en Santiago del Estero trabajaban cientos de personas para extraer las 300 mil toneladas anuales de leña necesarias para hacer funcionar las calderas de los ingenios, y en la elaboración de los miles de fardos de alfalfa, destinados a la manutención de los 80 mil animales (mayormente mulas y bueyes), usados como fuerza de tracción para las tareas agrícolas y el transporte de la producción cañera tucumana.

Sin duda, un motivo que contribuyó a consolidar la producción de caña fueron los buenos resultados económicos obtenidos por su cultivo, superiores a los generados por otras especies destinadas al procesamiento industrial (ver la figura 25). En Tucumán, estos ingresos por hectárea eran todavía más importantes, porque su estructura agraria ya se caracterizaba por un gran número de parcelas de tamaño reducido, en manos de pequeños productores.

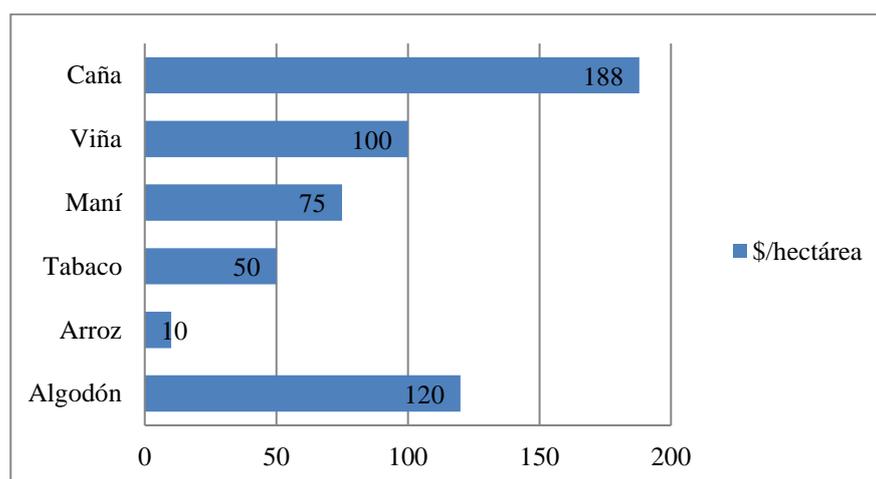


Figura 25. Ingreso en pesos por hectárea para diferentes cultivos industriales en 1922. Elaboración propia con información de Schleh (1923).

Casi desde sus orígenes, los beneficios generados por el complejo azucarero estuvieron sujetos a los vaivenes del mercado externo y el sector industrial apoyó las regulaciones estatales cuando lo benefició, como pasó en los períodos de sobreproducción y lo protegió de la competencia del azúcar importado, o bien propiciaron la desregulación de la actividad cuando los precios aumentaban y fue posible mejorar su ingreso económico.

En la puja distributiva del sector agroindustrial azucarero argentino, los establecimientos de Salta y Jujuy históricamente se opusieron a cualquier iniciativa estatal para beneficiar a Tucumán. Al día de hoy, su posición hegemónica se continúa basando, mayormente, en dos características: el cultivo de caña tiene mejores condiciones ambientales para su desarrollo y las empresas son propietarias de casi la totalidad de la materia prima que procesan, por lo tanto, su eficiencia productiva es mayor.

Las políticas proteccionistas tomadas por los gobiernos nacionales, iniciadas en 1928 con el Laudo Alvear⁷⁹, sostenidas en la década de 1930, y profundizadas durante los primeros gobiernos peronistas, fomentaron, de manera más o menos directa, la consolidación del sector de los pequeños y medianos productores cañeros (Vessuri, 1974). Para 1937 se cultivaron unas 143 mil hectáreas de caña de azúcar, más del doble que en 1923. 65 mil de propiedad de los ingenios y 77,5 mil en manos de casi 15.000 cañeros independientes (Méndez Calzada, 1939).

En 1944 el sector agroindustrial tucumano se componía de 27 ingenios, 13 mil agricultores y 180 mil hectáreas cultivadas que, en conjunto, generaba unos 100 mil puestos de trabajo durante el periodo de mayor ocupación anual, que coincidía con el mes de agosto en la época de cosecha⁸⁰. En enero de 1945 el Poder Ejecutivo Nacional, luego de varias zafas conflictivas, aumentó las regulaciones del com-

⁷⁹En alusión a Marcelo T. de Alvear, presidente de la Argentina durante el período 1922 – 1928. Marco normativo para la actividad azucarera que, entre otras disposiciones, estableció un sistema de pago basado en el rendimiento individual de la caña entregada por cada productor.

⁸⁰ En Tucumán el período de zafra abarca desde principios de junio a octubre - noviembre.

plejo azucarero. Dispuso la creación de un fondo regulador de compensación económica, tanto para cañeros como para industriales, y la integración de la Junta Nacional del Azúcar. Organización que fijó el precio del azúcar, contemplando la retribución al trabajador y los costos de la producción de caña, la industrialización y la comercialización; todo esto sin que se afectara al consumidor. Por entonces el sector industrial celebró la iniciativa porque la consideró positivas para ordenar la actividad, pero aclaró que los más beneficiados con las medidas tomadas habían sido los asalariados. (Centro Azucarero Regional de Tucumán, 1945).

La creación del fondo regulador, vigente entre 1945 y 1959, y otras medidas similares se orientaron a la protección industrial pero, en este caso, al fijar compensaciones en el caso de baja productividad fabril, limitaron la modernización de la industria. En cambio, beneficiaron a los cañeros, quienes no vieron limitado su volumen de producción y contaron con un sistema de precios mínimos para la materia prima comercializada (Delich, 1970). En consecuencia, los esquemas de regulación y la mejora del ingreso de asalariados y pequeños productores, determinaron una expansión de la superficie cultivada de caña de azúcar, incluso en áreas marginales. Pero, al mismo tiempo, produjo una reducción en las inversiones del sector fabril, que disminuyó la eficiencia productiva, sobre todo comparada con la obtenida por los ingenios de Salta y Jujuy que, además, eran propietarios de casi la totalidad del cultivo que procesaban.

Durante 1955, en Tucumán se cultivaron unas 226 mil hectáreas de caña, 30 mil más que en 1946, circunstancia que se vinculó con el sistema de comercialización de la caña, basado en el pago por el peso y no por su contenido de azúcar. Por entonces la mayoría de las fábricas se abastecían con materia prima de productores independientes, que cultivaban el 75 % de la caña molida, lo que ocasionaba numerosos problemas de logística y deterioro de la calidad de la materia prima previa a su molienda. Otro factor a considerar fue que 17.500 productores (el 92 % del total de 19.347 plantaciones), cultivaban, en promedio, hasta seis hectáreas cuando la dimensión de una finca en esos años no debía ser inferior a 16 hectáreas, para sostener a una familia tipo (Instituto de Investigaciones Económicas, 1956).

Para solucionar el denominado «problema azucarero», presente sólo en Tucumán, el gobierno nacional de la llamada «Revolución Libertadora» (1955–1958) propuso medidas económicas y técnicas. Las de carácter económico se concentraron en distintas políticas para la desregulación de los precios del azúcar. Las técnicas incluyeron, entre otras, fomentar la mecanización del cultivo y resolver el problema del minifundio «...a fin de que las explotaciones cañeras sean racionales, bien mediante la fusión de fincas o el agrupamiento en cooperativas». (Instituto de Investigaciones Económicas, 1956:13). La presidencia de facto, ejercida por el general Pedro Aramburu, estableció el valor de la materia prima de acuerdo con un rendimiento mínimo de sacarosa para toda la caña de azúcar cultivada en el país, sin tomar en cuenta las diferencias producidas por las condiciones ambientales; medida que se completó con la libre contratación entre cañeros e ingenios. Además, liberó a estos últimos de las obligaciones de moler toda la caña producida e instalar cargaderos en zonas marginales; imposiciones que perjudicaron a los pequeños cañeros tucumanos y favorecieron a los complejos agroindustriales concentrados del norte (M. C. Bravo, 2017b). La fijación de precios, tanto de la materia prima y como del azúcar, también fue un mecanismo que mejoró la rentabilidad de los ingenios de Salta y Jujuy.

El objetivo de ordenar la producción azucarera centrada en medidas para los pequeños productores se repitió a lo largo del tiempo. En 1961, un proyecto de ley presentado en el Congreso de la Nación propuso, entre otras regulaciones, el reordenamiento de los minifundios, para orientarlos a otras actividades más rentables, su agrupamiento para que permitieran ser explotados de acuerdo con parámetros de eficiencia económica o la formación de unidades económicas mediante su transferencia a titulares únicos (Fossati, 1961). Las intervenciones de los legisladores en los debates parlamentarios, dejaron en claro las dificultades que supondrían la aplicación de varios artículos propuestos, entre ellas las derivadas de la agrupación de minifundios, la titularidad formal de los nuevos fundos y los problemas que ocasionaría el desplazamiento de muchos agricultores durante el proceso de racionalización.

Los industriales tampoco fueron ajenos a este tipo de propuestas. Para la mayoría de ellos, el problema azucarero tenía como causas principales la existencia de 20 mil productores minifundistas en Tucumán y la imposibilidad de reemplazar el cultivo de caña por otros más adecuados con su escala productiva. Aun así, cualquier regulación estatal fue vista como una forma de mantener el statu quo. Para los industriales de Salta y Jujuy, la crisis del sector tucumano era tan reducida que no valía la pena afectar a toda la actividad azucarera. Por otra parte, afirmaron que la creación de un instituto nacional comercializador, indefectiblemente sujeto a presiones sociales y políticas, no podría cumplir su cometido (Centro Azucarero Regional del Norte Argentino, 1964).

Entre los años 1955 y 1966, con intervención estatal directa, la producción tucumana azucarera disminuyó del 70 al 56 % del total nacional, mientras que, paralelamente la de Salta y Jujuy creció del 17 al 28 %. (M. C. Bravo, 2017b). Además, los gobiernos de ese período no propiciaron reestructuraciones que evitaran, en Tucumán, los conflictos sociales derivados de la puja distributiva entre industriales, cañeros y trabajadores del surco, que solo se atenuaron en 1963 y 1964, debido al precio excepcional que alcanzó el azúcar exportado. Pero, la sobreproducción de las zafas 1964, 1965 y 1966, nuevamente intensificaron las protestas sociales (Consejo Federal de Inversiones, 1973). De este modo, la actividad agroindustrial azucarera continuó supeditada a las crisis originadas por la sobreproducción y los consecuentes vaivenes de los precios en el mercado nacional e internacional.

La crisis más grave de la actividad azucarera tucumana estalló entre 1966 y 1967, cuando la dictadura encabezada por Onganía cerró compulsivamente 11 de los 27 ingenios que entonces funcionaban. Además, volvió atrás con las reformas de la década precedente y decretó un nuevo marco regulatorio para toda la cadena productiva: producción, industrialización y comercialización. La ley 17.163, aprobada en febrero de 1967, determinó la expropiación del cupo de aquellos productores con una cuota menor a ocho mil kilos de azúcar, aproximadamente unas tres hectáreas de caña, tamaño que incluyó a más de la mitad de los cañeros existentes en 1966, y que hasta ese año agruparon el 10 % de la superficie cultivadas (Consejo Federal

de Inversiones, 1973). A partir de 1969, estos casi 10.000 agricultores no tuvieron ninguna participación en el mercado azucarero legal y debieron recurrir a diversos mecanismos, más o menos formales, para comercializar su producción o, caso contrario, abandonar la actividad (Cortés, 1969).

En ese momento, el sector industrial azucarero tucumano también replicaba, en parte, la asimetría de los productores cañeros debida, sobre todo, a su capacidad de molienda. Hasta 1965 estuvo compuesto por 27 ingenios, que podían agruparse en cuatro conjuntos de fábricas: 14 procesaban entre mil y dos mil toneladas diarias, siete entre dos y tres mil toneladas, cinco entre tres y cuatro mil toneladas y solo uno, cerca de ocho mil toneladas por día (Bueno et al., 1967). También, existió una gran heterogeneidad de situaciones cuando se evaluó la gestión empresarial de estos establecimientos. Incluso se dio el caso de ingenios con un desempeño regular en su faz técnica, pero que gestionaban satisfactoriamente sus variables administrativas⁸¹ (Sabatté et al., 1967). La intención de solucionar drásticamente los problemas atribuidos al sector azucarero tucumano tuvo graves consecuencias socioeconómicas, y su efecto más inmediato fue el aumento del desempleo y la disminución de la cantidad de pequeños productores cañeros quienes, históricamente y en forma mayoritaria, también eran empleados de los cañeros más grandes y de los ingenios.

El efecto del cierre de los ingenios en relación con la pérdida de puestos de trabajo, toma una dimensión mayor cuando se lo compara con las otras fuentes de empleo provinciales. En 1964 poco más de la tercera parte de la población económicamente activa dependía, directamente, de la actividad azucarera. La mano de obra permanente en caña de azúcar era de 24.000 puestos, entre labores culturales e ingenios, a los que se sumaban otros 50.000 empleos temporales durante la cosecha, el 40 % de ellos cubiertos por trabajadores de provincias vecinas. (Italconsult Argentina, 1967). A estos 74.000 puestos de trabajo, se le agregaban otros 25.000 obreros,

⁸¹ Treinta años después, con 15 ingenios operativos, el panorama era similar, el establecimiento fabril de mayor tamaño concentraba más del 20 % de la molienda y varios de las más chicos rondaron el 5 % cada uno (D. Pérez et al., 2007).

mayormente provenientes de las provincias limítrofes, que cosechaban las fincas de los cañeros independientes.

Otras fuentes reflejan, con algunas diferencias en las cifras, una situación similar. En agosto de 1965 de las 70.923 personas empleadas y registradas formalmente en la provincia, 19.251 tenían como rubro principal la producción de caña de azúcar y otras 31.848 eran ocupadas por los ingenios, con un promedio de 1.228 trabajadores por establecimiento (Mentz & Elías, 1966). Es decir, más del 70 % de los puestos de trabajo estaban relacionados con la agroindustria azucarera. Por lo tanto, solamente en el sector fabril, el cierre de los ingenios ocasionó la pérdida de unos 13.500 puestos laborales. Varios miles de trabajadores tucumanos que, de manera repentina, perdieron sus fuentes laborales, emigraron con sus familias a otras provincias. De acuerdo con los censos nacionales y considerando el crecimiento vegetativo de la población, se estimó que la emigración entre 1960 y 1970 fue de casi 151.000 personas, una cifra equivalente a más del 16 % de la población total, en su mayor parte jóvenes (Cerro, 1973). Aunque la información disponible no permite una comparación directa de las cifras, debido a que fuentes empleadas fueron distintas, otros análisis también destacaron la pérdida que supuso la migración de los hijos de los minifundistas en edad activa (Cortés, 1969). Este proceso ya se había iniciado en la segunda parte de la década de 1950, y agudizado durante los años de 1960 (González, 1972), asociado a las crisis de sobreproducción y la consecuente baja en el precio de la materia prima en ese período, que incidían directamente sobre los ingresos familiares de los cañeros.

El desempleo también afectó a los trabajadores temporales que, llegados principalmente de las provincias vecinas de Catamarca y Santiago del Estero⁸², fueron una presencia constante en las zafras, desde el inicio de la expansión agroindustrial azucarera. Su período de auge, la década de 1940 y parte de la de 1950, coincidió con el aumento del consumo y el fortalecimiento del mercado interno. Al mismo tiempo,

⁸² En los complejos agroindustriales de Salta y Jujuy, los trabajadores temporales migrantes provinieron, en su gran mayoría, de Bolivia.

durante los primeros gobiernos peronistas, la reglamentación de las relaciones laborales, la vigencia de nuevos convenios colectivos de trabajo, la obligación de pago de jornales y salarios en efectivo, el acceso a servicios de salud y la creación de fondos previsionales constituyeron un estímulo extra para los migrantes. Los habitantes de Santiago del Estero, que trabajaban durante seis meses en la zafra tucumana, obtenían los ingresos suficientes para subsistir el resto de año, pese la dureza del trabajo desarrollado. Además, como se pagaba por tarea, lo más frecuente era trasladarse con todo el grupo familiar para que colaboraran en las tareas de la cosecha y aumentar el ingreso total (Benencia & Forni, 1986). Algo similar sucedió con los zafreiros provenientes del área de los Valles Calchaquíes, los llamados genéricamente «vallistos» (si vivían en la zona de Amaicha del Valle, ubicada en Tucumán) o «marianos» (cuando residían en la ciudad catamarqueña de Santa María). Las crisis azucareras de la década de 1960, que ocasionó una fuerte disminución de la demanda de mano de obra y la rebaja de los salarios, unida al inicio de la expansión de los servicios gastronómicos y turísticos en la zona de Río Hondo y la Costa Atlántica, redujo de manera muy notoria la cantidad de migrantes santiagueños.

En conjunto, los efectos de la crisis iniciada en 1966, significaron que más de 50.000 personas fueran expulsadas de la actividad azucarera (Osatinsky, 2012). Cifra que no incluye el desempleo generado en otras actividades económicas ligadas a la agroindustria cañera, varias localizadas en zonas rurales. Tampoco hubo un plan realista y sistemático para afrontar los efectos de la desocupación. Aunque existieron algunas medidas para los trabajadores de los ingenios cerrados, no incluyeron a los pequeños productores afectados. La Operación Tucumán⁸³, concebida para atemperar los efectos de la crisis y la consiguiente desocupación mediante la radicación de industrias⁸⁴ y la diversificación productiva agropecuaria⁸⁵, solo generó

⁸³ La denominación pronto se transformó en Operativo Tucumán.

⁸⁴ Sin embargo, como se verá oportunamente, el Operativo Tucumán facilitó la radicación de Indal, empresa que fabricó unas de las primeras cosechadoras integrales argentinas.

⁸⁵ A pesar de que no estuvo entre las propuestas principales de diversificación, la citricultura fue uno de las pocas actividades que inició su desarrollo en este período, probablemente porque lo hizo asociada con la instalación de establecimientos agroindustriales.

unos 5.200 puestos de trabajo permanente hasta 1971 (Consejo Federal de Inversiones, 1973). Todas las otras ramas de la actividad económica provincial, eran de una escala inferior y sin capacidad de absorber nuevos trabajadores. Los talleres ferroviarios de Tafí Viejo, la segunda industria tucumana en importancia, empleaba a 3.000 personas y el sector metalúrgico, también ligado a la industria azucarera, solo contaba con 600 trabajadores (Italconsult Argentina, 1967). Por lo demás, la actividad azucarera comenzó a recuperarse recién en 1973 y 1974, luego de varias zafas con baja producción por motivos climáticos, debido a una mejora de los precios internacionales.

Una característica del sector azucarero tucumano es la presencia de los pequeños productores cañeros (también llamados minifundistas), debido a su doble papel de proveedores de materia prima y de mano de obra temporal. Por este motivo, su participación en el complejo agroindustrial del azúcar se analizó de manera reiterada a lo largo del tiempo.

El número de pequeños productores cañeros varía de acuerdo con las fuentes consultadas. Rara vez los datos disponibles, de los ingenios, las cámaras empresariales, las organizaciones de productores y los registros públicos, coinciden o son comparables. En la historia del sector azucarero, las diferencias numéricas entre distintas fuentes fue una constante e incluyeron, también, la información técnica y económica. Situación que ya había sido criticada, para el área productiva, por Fernández de Ullivarri (1959), cuando sostuvo que, en apariencia, a nadie interesaba conocer la cantidad de caña molida en Tucumán y las toneladas de azúcar obtenidas.

Dos años después del cierre de los 11 ingenios, Cortés (1969) presentó información oficial de la cantidad de fincas censadas en 1965 y 1966. Las cifras respectivas de 18.690 y 26.780 explotaciones significaron un aumento de 8.090 unidades en sólo un año, algo difícil de suceder. La diferencia se explicó porque en 1965 se registró a los titulares de las parcelas y en 1966 a los poseedores de cupos cañeros, situación que puso de manifiesto una estrategia de los productores, quienes inscribieron varias personas por finca para comercializar con más de un ingenio.

Cuando a fines de la década de 1960 Delich (1970) analizó el sector azucarero tucumano, la Federación de Obreros y Trabajadores de la Industria Azucarera (FOTIA) sostuvo la existencia de 15 mil minifundistas con una superficie menor a 18 hectáreas. En cambio, para la Unión de Cañeros Independientes de Tucumán (UCIT), eran 23 mil cañeros, casi 20 mil con menos de 20 hectáreas. Para la Dirección Nacional del Azúcar había poco más de 18 mil. Un año después, la Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán (1971) informó la existencia de 17.657 fundos, 16.000 de ellos (el 90 %) con un tamaño igual o inferior a 18 hectáreas. Las diferencias, que suponían más de tres mil productores minifundistas, o unas 55 mil hectáreas, se asociaron casi siempre a dos motivos. Por un lado, los distintos intereses de los actores y sus organizaciones sectoriales y, por el otro, a la escasa voluntad de los organismos de control estatal para cumplir con su misión (unas veces por carecer de medios, otras, porque fueron funcionales a las estrategias de algunos de los sectores involucrados). Para elaborar los registros y los censos se recurrió, la mayoría de las veces, a listados de entrega de materia prima o de tenedores de cupo de caña para la molienda; procedimientos que solían sobrestimar el número de cañeros, sobre todo porque muchos de ellos disponían de varios cupos para la misma finca. Pero también influyó una cuestión técnica pocas veces mencionada y que se originó en la conversión de distintas unidades⁸⁶.

La carencia o imprecisión de fuentes de información continuó siendo una constante, para 1980, un informe del Gobierno de la Provincia de Tucumán (1981) sostuvo la existencia de 17.000 productores de caña de azúcar, sin realizar ninguna distinción entre ellos. Para fines de la década de 1980, una investigación de Giarraca & Aparicio (1991) determinó la cantidad de unos 11.500 cañeros, el 60 % (6.900) de tipo campesino. Un número superior a los 9.700 agricultores cañeros registrados por el Censo Nacional Agropecuario 1988.

⁸⁶ La conversión de kilos de azúcar a toneladas de caña (cupo), estas a su vez en surcos de cien metros y, posteriormente, a hectáreas, sumó errores en cada etapa del cálculo (Bilbao, 1972). Otras variables consideradas promedios, como la productividad del cultivo y el rinde de sacarosa tampoco eran lo suficientemente uniformes para disponer de una referencia común.

Aunque con los años las cifras sobre la cantidad de productores fueron más confiables, el problema de la calidad de la información nunca se superó totalmente y todavía subsiste en la actualidad. De todos modos, y aun con las deficiencias mencionadas en los registros de este período, la proporción de pequeños productores cañeros nunca fue inferior a los dos tercios del total de los agricultores integrantes del sector agroindustrial azucarero tucumano.

A poco de iniciados los años 1990, la actividad azucarera, en consonancia con las políticas económicas de primer gobierno de Carlos Menem, se desreguló en un tiempo muy corto, medida que se tradujo en una rebaja en el precio de azúcar. En ese momento funcionaban 15 ingenios, pero solo dos grupos empresarios controlaban más del 50 % de la molienda. Aunque los costos de transporte no superaban la media internacional, el rendimiento de sacarosa de los cañaverales, la eficiencia de las fábricas y de la cosecha, elevaban los costos de producción por encima de los promedios internacionales. Con este contexto los productores tendieron a aumentar la productividad, mediante la introducción de nuevas variedades, e incrementar los niveles de mecanización, sobre este punto la información fue, una vez más, muy imprecisa.

En tanto, la estructura agraria del sector no había sufrido grandes cambios, los productores con cupos equivalentes a más de 100 hectáreas de caña representaban solo el 7 % (de un total de 13.200 cupos), pero controlaban más del 60 % de los cañaverales; mientras el 78 % de ellos tenían menos de 30 hectáreas (Fogliata, 1995).

Además de la disminución del número de productores cañeros, hubo cambios en la constitución del sector. La desaparición del sistema de comercialización de materia prima, basado en la asignación del cupo, determinó un cambio en la proporción de materia prima que controlaba cada integrante del complejo agroindustrial: 30 % los ingenios, 30 % un grupo de grandes agricultores (compuesto por unas 60 empresas agrícolas vinculadas a la industria azucarera), y la porción restante, del 40 %, en manos de cañeros independientes, sin otra relación con los ingenios que la entrega su caña para procesar (Macció et al., 1992).

Cuadro 7. EAP y superficie implantada de caña por escala de extensión en 1988 y 2002.

Escala (ha)	EAP (1988)	Ha (1988)	EAP (2002)	Ha (2002)
Hasta 15	6191	24390,3	3893	19722,2
15,1 - 50	2210	33956,2	986	25944,4
50,1 - 100	614	22810,2	220	14582,1
Más de 100	695	128921,7	265	104198,4
Totales	9710	210078,4	5364	164447,1

Elaboración propia con datos de INDEC (1988; 2002).

Para Giarraca (1999), la reducción del número de cañeros en la última década del siglo XX (ver el cuadro 7), se debió a cuatro motivos: fincas vendidas luego del fallecimiento de su titular; productores que cedieron su plantación a terceros a cambio de una renta periódica; agricultores que vendieron su explotación; y aquellos que reemplazaron la caña por otro cultivo. La comparación entre los censos nacionales agropecuarios de 1988 y 2002, confirmó una disminución del 45 % de los productores cañeros, una proporción equivalente a unos 4.300 agricultores de todas las escalas. En todo caso, fue notable el proceso de concentración fundiario, manifestado en el aumento del tamaño medio de las superficies cultivadas, casi 78 % en el estrato de 50,1 a 100 ha y más de 200 % en el estrato mayor (ver la figura 26). Una circunstancia que también determinó la posibilidad de incrementar la escala, para un empleo más eficiente de la maquinaria.

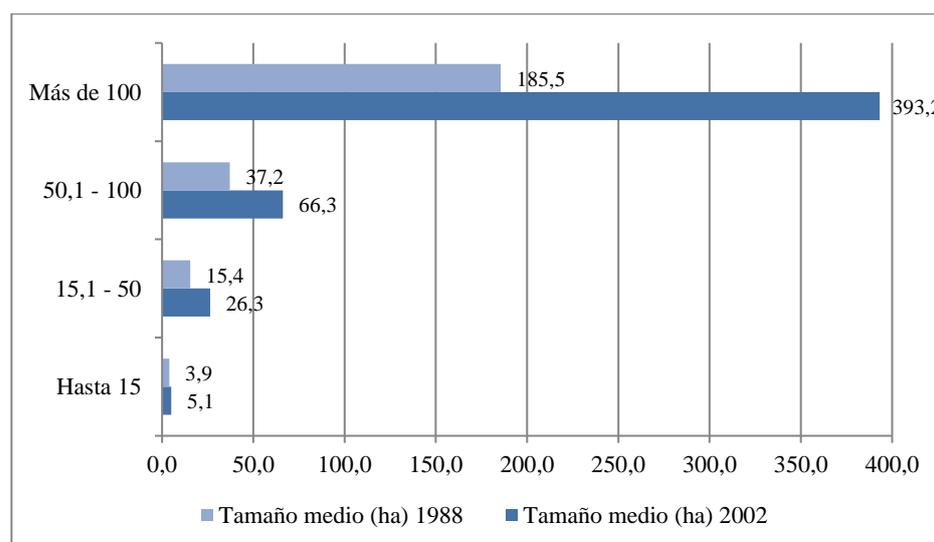


Figura 26. Tamaño medio de las fincas cañeras por escala de extensión en 1988 y 2002. Fuente: Elaboración propia con datos de INDEC (1988, 2002).

De acuerdo con lo expuesto, el sector de los pequeños productores fue una presencia constante y mayoritaria a partir la modernización de la agroindustria azucarera de Tucumán, iniciada hacia finales del siglo XIX. Pero, hacia la segunda parte del siglo XX, comienza a ser visto como uno de los responsables directos de las crisis de la actividad; por lo tanto, debía ser erradicado o transformado para conseguir una estructura productiva más racional. Esta concepción, mayoritaria en el área de las ciencias agrícolas, relacionada con el determinismo científico-tecnológico, influenciada también por la economía⁸⁷, y atada al logro de una escala ideal de superficie, pretendió la adaptación de los sistemas productivos antes que la generación de tecnología adecuada a las necesidades de los minifundistas. Estas visiones del problema estuvieron asociadas con la corriente «difusionista» de la extensión rural, propia de la época, que basó sus análisis sobre los bajos índices de adopción tecnológica en la escasa información sobre las ventajas de la misma.

Una segunda postura, menos lineal y con un punto de vista sociológico, puso el foco en el papel de los minifundistas como reserva de mano de obra y la relación subordinada que mantenían con la industria⁸⁸. Algunas de estas posiciones, con un abordaje más integrador, incorporan a la tecnología en sus análisis⁸⁹. De todas formas, incluso las de corte estructuralista, suponen al componente tecnológico como un elemento externo a los productores.

El desarrollo tecnológico cañero

El análisis de la cuestión tecnológica en el área de las ciencias agrícolas, asociada con los procesos de mecanización o modernización, fue relativamente escaso comparado con la cantidad de trabajos sobre mejora genética, sanidad vegetal y manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar. Además, salvo excepciones, los materiales consultados no hacen mención a los conflictos sociales y políticos ocurridos a lo largo de la historia del sector agroindustrial.

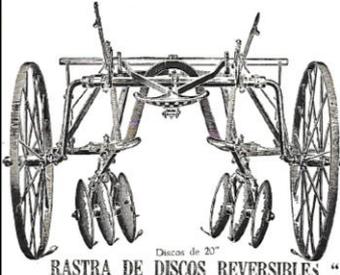
⁸⁷ Un estudio clásico fue el de Canitrot & Sommer (1972a).

⁸⁸ Ver: Cortés (1969); Delich (1970); Bilbao (1972); González (1972); León (1999); Slutzky (2016).

⁸⁹ Ver: Giarraca (1999a); Giarraca & Aparicio (1991); Giarraca et al. (2000); M. C. Bravo (2017b)

El proceso de mecanización en caña de azúcar comenzó con la tarea de labranza. Los arados de mancera⁹⁰, más robustos y pesados (ver la figura 27), y otros implementos, como rastras con paquetes de discos tirados por animales de trabajo, ya eran usados en Tucumán para el cultivo de caña de azúcar desde las primeras décadas del siglo XX. El uso de maquinaria pesada, y más compleja, también registra antecedentes en los inicios del mismo siglo, cuando algunos ingenios emplearon arados Fowler tirados con cables, de un extremo del campo al otro, movidos por motores de vapor. Además, en 1917, el ingenio Santa Ana empleó tractores con motor a alcohol, que se elaboraba en la misma fábrica, para realizar varias tareas de manera más económica, debido, según Cross (1942), a lo costoso de la mano obra y el aumento de la extensión cultivada.

CULTIVADORA "ORLEANS"
PARA CAÑA DE AZÚCAR



SIN IGUAL PARA EL CULTIVO Y APORQUE DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Aporca en surcos de cualquier ancho, pues sus ruedas de acero se ajustan de 1m10 a 1m85 de distancia y son de 1m35 de alto. Liviana de tiro por la altura de las ruedas

RASTRA DE DISCOS REVERSIBLES "AVERY"

Discos de 20"

La rastra de discos "AVERY" es fuerte, sencilla y compacta de muy pocas piezas. Tiene las dos palancas a fácil alcance del asiento en forma que se puede cambiar instantáneamente la inclinación de los discos. Es muy aplicable en el cultivo de la caña de azúcar y en plantaciones frutales. Se puede usar de seis discos en vez de ocho, suprimiendo los dos de adentro. Los discos pueden disponerse en un momento para echar la tierra tanto hacia afuera como hacia adentro.

Gran surtido de Arados de Manceras, de Rejas y Discos, Rastras de Dientes, Cultivadores, etc. REJAS y REPUESTOS LEGÍTIMOS.

FIDAN CATALOGOS Y PRECIOS AL COMERCIO DE TUCUMÁN O A LOS FABRICANTES E IMPORTADORES

B. F. AVERY & SONS (Soc. Anó.)
BUENOS AIRES: 571 - PERU - 583 ROSARIO: 511 SAN MARTIN

EL AFAMADO ARADO "PONY" DE UN CABALLO

Nuestro arado PONY tiene un talón ajustable de acero extra duro. Todo arado se remite con una reja de repuesto y provisto de una rueda delantera.

LEGÍTIMO



Arado PONY de una mancera con timón de madera reja de 7 pulgadas, peso 20 kilos.

Estos arados se adaptan con preferencia para el cultivo de las viñas, caña de azúcar, maíz, árboles frutales, etc. Su especial forma de vertedera permite volcar la tierra perfectamente bien, dejando un trabajo muy parejo. En la construcción de este arado empleamos materiales de primera calidad, siendo por lo tanto un implemento sólido y útil; su peso es completamente liviano prefiriéndose el uso de estos arados en todas las zonas donde se carece de buenos animales para el empleo de otros más pesados.

"EL ARGENTINO"
INTEGRO DE ACERO



Es un arado especial para campos difíciles de romper y muy aplicable para el cultivo de caña de azúcar, maíz y viña.

Figura 27. Equipos para el cultivo de caña de azúcar en Tucumán hacia 1920 (Publicidad de La Industria Azucarera, 1928:877, 884).

Con base en los cambios que incrementaron la productividad, Cerrizuela (1988) dividió el desarrollo tecnológico de la producción de caña de azúcar en Tucumán

⁹⁰ Mancera o esteva es la pieza de madera que, ubicada en la parte trasera del arado, permite conducirlo. En la Argentina suele escribirse «mansera».

en tres períodos, 1917 – 1941, 1942 – 1960 y 1961 – 1985, a esta clasificación se le agregó la etapa 1986 – 2005.

El período 1917 – 1941

En las últimas décadas del siglo XIX, la productividad del cañaveral tucumano osciló alrededor de las 25 toneladas por hectárea, con un rendimiento promedio de azúcar del 6 %. Para esa época el cultivo y la cosecha eran totalmente manuales.

Los cosechadores voltean primeramente la caña, usando para este propósito un machete; luego pelan y despuntan la caña para el trapiche con unos cuchillos grandes. Este sistema difiere del de Luisiana y algunos otros países, donde cada tallo se pela, despunta y corta con una misma operación [...] la caña debe de ser debidamente pelada, despuntada y entregada en brazadas “a la rueda”, al carrero parado dentro de su carro quien la recibe y la acondiciona en el mismo. (Cross, 1929:426).

Los carros, con dos grandes ruedas de madera y llantas de hierro, tirados por bueyes o mulas, cargaban entre 2.500 y 3.000 kilos de caña, atados en un paquete mediante tres cadenas, para transportarlos a los ingenios.

Hasta 1917 en Tucumán se cultivaron cañas denominadas «criollas»⁹¹, un conjunto de variedades aclimatadas que se agrupaban, por su aspecto, en moradas y rayadas. Las primeras eran las preferidas de los ingenios por su mayor contenido de sacarosa, mientras que las rayadas, en cambio, eran las favoritas de los productores por su mayor peso y resistencia a las enfermedades (Lenis & Moyano, 2007). Luego de varios años de bajos rendimientos, debido a la enfermedad del mosaico⁹² que afectó a las plantaciones de la provincia, se inició una selección sistemática de cañas tolerantes o resistentes, obtenidas a partir de semilla botánica de variedades importadas de otros países y regiones, como Brasil, Barbados y Java. El éxito en la lucha contra

⁹¹ Denominación genérica de las cañas de azúcar que se habían adaptado al ambiente local.

⁹² «*Mosaic virus*». Enfermedad de origen viral que destruye la clorofila, retarda el desarrollo de las cañas y afecta su productividad.

el mosaico se debió a la selección de cañas tolerantes introducidas, principalmente, desde la isla de Java⁹³, en la actualidad parte de la república de Indonesia.

En este primer proceso de mejora genética cabe destacar el papel protagónico de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán (EEAT), creada en 1907, y la Escuela Nacional de Agricultura (actualmente Escuela de Agricultura de la Universidad Nacional de Tucumán), y esta misma casa de altos estudios, fundada en 1914 (Moyano, 2011). La EEAT, hoy Estación Experimental Agropecuaria Obispo Colombes (EEAOC), una organización dedicada a la investigación científica y tecnológica del sector agrícola e industrial, creada por el gobierno provincial, estuvo entre las primeras del mundo para el amplio espectro de complejos cañicultores (Moyano et al., 2011).

El desarrollo y cultivo de nuevas variedades de caña elevó la productividad agrícola y contribuyó a modificar el sistema de transporte. Se suplantó el tiro con bueyes por el de mulas, animales más veloces para el trabajo y en algunos ingenios, para la caña propia, se adoptó el ferrocarril tipo Decauville⁹⁴, sistema compuesto por pequeñas locomotoras y vagones de carga que se desplazaban en vías de trocha ancha, 60 centímetros de separación entre rieles, que podían tenderse y trasladarse rápidamente y de acuerdo con las necesidades (M. C. Bravo, 2017a).

Durante este período se unificaron algunas técnicas para la plantación y el cultivo de la caña de azúcar. La distancia entre surcos, que en Tucumán había variado entre 1,0 y 2,6 metros, se modificó hasta alcanzar entre 1,8 y 2,0 metros, con una marcada

⁹³ Estas cañas se conocieron genéricamente como POJ, siglas en holandés de la Estación Experimental del Oeste de Java. Esta tradición se conserva hasta la actualidad con otras variedades de caña de azúcar, por ejemplo: LCP (Luisiana Canal Point), a las originarias de Luisiana; RA (República Argentina), fruto de la colaboración entre la EEAOC y el INTA; FAM (Famaillá), mejoradas por el INTA y TUC (Tucumán), producto de la labor de la EEAOC.

⁹⁴ Denominación que rinde honor a su inventor Paul Decauville, hijo de un agricultor francés que se dedicó a la elaboración de azúcar de remolacha. Es más correcto el término de trocha Decauville. Esta empresa, creada en 1875, fabricó material ferroviario muy variado para uso industrial y de transporte en general. Uno de sus inventos más difundidos, por su facilidad de instalación, fue una vía de 60 o 70 centímetros de ancho (también hubo versiones de 40 y 50 centímetros), donde los rieles estaban integrados a los durmientes en una única pieza de acero (Enciclopedia de Ciencias y Tecnologías en Argentina, 2010)

preferencia por el espacio más ancho. Las dos terceras partes de los surcos de la provincia estaban trazados a dos metros de distancia unos de otros (La Industria Azucarera, 1930). También se difundieron algunos trabajos sobre el empleo de máquinas cosechadoras en otros países, generalmente con evaluaciones negativas porque las cañas no llegaban lo suficientemente limpias a los ingenios. Como alternativa para eliminar la maloja de manera eficaz y poco costosa, se experimentó la quema de los cañaverales, práctica que por entonces no adoptó masivamente el sector productivo debido, probablemente, a las disposiciones del Laudo Alvear y la negativa de los ingenios de moler caña quemada, porque disminuía la calidad del azúcar.

El período 1942 – 1960

Para Cerrizuela (1988), durante este período no se llevaron a cabo adelantos tecnológicos de importancia. Sin embargo, desde fines de la década de 1950 se había incrementado de manera notable la mecanización de algunas labores, debido al empleo creciente de los tractores agrícolas.

Ya durante la segunda mitad de la década de 1940, el proceso de mecanización en los cañaverales de Estados Unidos y Cuba había generado el incremento de la productividad por jornal y, al mismo tiempo, la disminución en la cantidad de trabajadores necesarios. Entretanto, en la Argentina, la mecanización se consideró necesaria para «humanizar» el trabajo rural y, al mismo tiempo, elevar los rendimientos ya que el empleo de maquinaria permitiría realizar, en tiempo y forma, las tareas agrícolas en las zonas cañeras, donde las características agroecológicas limitaban los procesos biológicos y reducían la productividad. (Bital Buceta, 1954). De este modo, la adopción de maquinaria agrícola, representada por la incorporación del tractor, posibilitaría un mejor manejo agronómico del cultivo y disminuir la dependencia de la tracción animal, basada en la utilización de miles de mulas⁹⁵, cuya atención insumía recursos humanos y materiales. Para la región pampeana se estimó

⁹⁵ No se hallaron datos sobre las consecuencias productivas de disponer de las superficies ocupadas por los animales de tiro y que pudieron ser sumadas al cultivo de caña de azúcar. Tampoco sobre la cantidad de personas que, durante décadas, ejercieron los oficios de «mulero» y «carrero».

que entre el 5 y el 10 % de la superficie cultivada se destinaba a este fin. (Coscia, 1983).

En la misma época todas las tareas del cultivo continuaban siendo manuales (Instituto de Investigaciones Económicas, 1956). Aunque el interés del sector fabril por iniciar un proceso de mecanización fue sostenido. Varios números de la revista *La Industria Azucarera* (publicación del Centro Azucarero Argentino) reprodujeron artículos que promocionaron sistemas de cosecha mecanizada, sobre todo en Luisiana, como los de Maier (1949), Willcox (1950) y *La Industria Azucarera* (1959), en este último caso se mencionaron máquinas que pocos años después llegaron a Tucumán, como las cosechadoras Thomson y J&L. En el mismo sentido, el Centro Azucarero Regional de Tucumán, la organización integrada por los propietarios de los ingenios azucareros de la provincia, sostuvo que la incorporación de tractores permitiría mejorar el desempeño de la actividad azucarera debido, principalmente, a la posibilidad de realizar las labores de cultivo en tiempo y forma. Tarea difícil de realizar solo con tracción a sangre, más todavía cuando casi todos los animales de trabajo estaban destinados al transporte de caña. En consecuencia, los industriales solicitaron facilidades para obtener los tractores necesarios. Sobre la mano de obra, en cambio, se resaltó el bajo rendimiento en el trabajo de los cosecheros, que no excedía de cinco o seis horas diarias y, por lo tanto, ocasionaba la paralización de la molienda por falta de materia prima. (Centro Azucarero Regional de Tucumán, 1949).

En lo relativo a las organizaciones de ciencia y técnica con sede en la provincia de Tucumán, se continuó con el proceso de mejora genética, la selección de variedades, el estudio de las malezas, las recomendaciones sobre el manejo agronómico del cultivo, como la estandarización del espacio entresurco, y la forma de mejorar la calidad de la caña entregada a los ingenios. En otros temas, socialmente más conflictivos, como el sistema de pago de la materia prima, no se avanzó. Para 1959, a 30 años del Laudo Alvear, la situación no había cambiado demasiado. El mecanismo empleado continuaba siendo injusto e ineficiente, entre otros motivos, porque los análisis para determinar la calidad de la caña entregada los realizaban los

ingenios. El no contar con un sistema de comercialización equitativo, que contemplara tanto la condición de la materia prima entregada como la etapa fabril, hacía difícil mejorar la producción de azúcar (Fernández de Ullivarri, 1959).

Como se observa, en el período analizado, la mecanización se asoció casi exclusivamente con la incorporación de tractores y, tanto desde el punto de vista del «progreso social» como del interés económico de las empresas, no varió la concepción de la cosecha de los cañaverales, basada en la necesidad de contar con grandes contingentes de mano de obra para realizarla. Con respecto al transporte, en cambio, se habían reemplazado numerosos carros de dos ruedas por «carros cañeros» (con cuatro ruedas neumáticas) que, en grupos de cuatro o cinco, eran tirado por tractores hasta los cargaderos o los ingenios. Para el traslado de la caña desde el cargadero a la fábrica ya era habitual el empleo de camiones, en vez del ferrocarril. También hacia fines de los años 1950 se produjo un incremento en la mecanización del cultivo, aunque en muchas fincas se continuaba con el tradicional método de «pala y azada» y la tracción animal (Cross, 1960).

Por otra parte, los cambios ocurridos en la forma de cultivo y los medios de transporte de la materia prima no se trasladaron a otras tareas. La cosecha de la caña no tuvo mayores modificaciones hasta los años 1960. Aunque el ingenio Bella Vista compró y probó, en 1949, una cosechadora mecánica tipo Luisiana, marca Thorton, no llegó a usarla comercialmente (Cerrizuela & Hemsy, 1967). En consecuencia, la caña de azúcar continuó siendo cosechada por obreros que trabajaban en forma individual y cobraban por paquete de tres toneladas cargados en un carro. Como un cosechero necesitaba unos tres días de trabajo para esta tarea, la carga se componía con los tallos cortados durante 96 horas (Cross, 1959). La entrega de materia prima con tres días o más estacionamiento, fue un motivo de conflictos constantes entre cañeros e industriales, sobre todo porque la molienda de caña «vieja» disminuía el rendimiento fabril⁹⁶.

⁹⁶ Debido principalmente a la presencia de microorganismos que degradan la sacarosa.

El período 1961 – 1985

Durante este período, signado por la mayor crisis socioeconómica que atravesó el complejo azucarero tucumano, se produjeron varios cambios. Aunque se le atribuyó al sector industrial un atraso tecnológico significativo (difundido en medios de prensa provinciales y nacionales), que fue usado como una de las justificaciones para cerrar ingenios, este tipo de afirmaciones no se constató. Por el contrario,

...desde fines de los años '50 la industria azucarera argentina se renovó a una tasa de inversión cuatro veces mayor que la de la tasa media del país en el período 1961/1964, estimulada por los saldos exportables y el esporádico buen precio del azúcar en el mercado libre. La modernización tecnológica se produjo [...] en la casi totalidad de los ingenios tucumanos (Pucci, 2007:50).

De esta forma, entre 1960 y 1965, los 27 ingenios en su conjunto habían aumentado en más del 50 % la cantidad de caña molida, mejoraron en un 65 % la utilización de los recursos productivos e incrementaron las inversiones en instalaciones y equipos, todos indicadores que contrastaron con la supuesta ineficiencia atribuidas a las fábricas azucareras de Tucumán (Sabatté et al., 1967).

En las «Primeras jornadas agronómicas sobre caña de azúcar», realizadas en Tucumán durante 1961 y organizadas conjuntamente por el INTA y la EEAT, se presentaron 27 experiencias, la mayoría de ellas vinculadas con nuevas variedades, sanidad vegetal y manejo de malezas. Entre los pocos trabajos con una visión más integral del tema, como el de Fernández de Ullivarri (1962b), se destacó la necesidad de incrementar la productividad por hectárea, objetivo que podía lograrse mediante una correcta preparación del suelo, la plantación temprana, el uso de variedades adecuadas, el control de malezas y el empleo de fertilizantes, lo que permitiría alcanzar valores productivos similares a los de Salta y Jujuy. Para esto también era necesario un sistema de comercialización basado en la calidad de la materia prima, antes que en su peso. Ante el problema de la caña entregada con varias horas de estacionamiento (un período de 96 horas en promedio), se reconoció el límite que planteaba el sistema productivo tucumano, en donde la provisión de caña por parte de los agricultores independientes superaba con creces la cultivada por los ingenios.

En lo referido a la especie vegetal, se consolidó un proceso de mejora genética de la caña, se intensificaron los estudios para controlar malezas y se modificó, una vez más, el espacio entre surcos, que pasó de 1,8 a 1,6 metros, separación que se mantiene hasta la actualidad. Sin embargo, la estandarización de la distancia fue un proceso relativamente lento, en tanto hacia fines de los años 1970 casi la mitad de los cañeros plantó a distancias menores o mayores a 1,6 metros (Ponce et al., 1987), lo que también supone que la cosecha en estos predios continuaba siendo manual o semimecánica. Al respecto, Fernández de Ullivarri (1962a) mencionó que, aunque una mayor distancia suponía mayor insolación y un consiguiente aumento del rendimiento fabril, este se vería contrarrestado por un retraso de la maduración, debido al exceso de follaje que desarrollaría la caña. Por su lado, Scandaliaris, Alonso, Lazarte, Sánchez Loria, & Muro (1986) demostraron que, aunque existe influencia de la variedad genética, la edad del cañaveral y el ambiente, las plantaciones con surcos a cuarenta u ochenta centímetros obtienen mejores resultados en cuanto a producción de biomasa total, azúcar, alcohol y unidades de energía. Por lo tanto, la información disponible permite inferir que la distancia entre surcos está influenciada por el ancho de labor de las máquinas y del manejo agrícolas, antes que por conveniencia biológica o económica. Al contrario de lo sucedido con los cambios varietales y la reducción del espacio entre surcos, la preparación del suelo, la plantación y las labores de cultivo permanecieron sin grandes cambios, salvo el mayor uso de maquinaria en lugar de tracción a sangre. El empleo creciente del tractor, además de mejorar la labranza, permitía realizar las labores de manera más oportuna, aunque su escaso número determinaba la necesidad de finalizar la cosecha para usarlos en la nueva campaña (Fernández de Ullivarri & Kenning Voss, 1966).

En la zafra de 1963, varios ingenios emplearon cosechadoras tipo Luisiana y cargadoras importadas, y sólo un año después se utilizaron cortadoras simples de manufactura local. El empleo de estas máquinas inició la configuración de dos nuevos sistemas de cosecha, el semimecánico y el mecánico, que con el tiempo se sumaron al manual. En efecto, a mediados de la zafra de 1964 hubo en Tucumán 35 cosecha-

doras norteamericanas, J&L y Thomson (Cerrizuela & Hemsy, 1967). El inadecuado desempeño de estas máquinas fue el motivo principal para no insistir con su empleo. En tal sentido, se afirmó que

...no se ha podido adaptar las máquinas cosechadoras a las cañas ahora cultivadas, para pelarlas y despuntarlas debidamente, hay que procurar adaptar las cañas a las posibilidades de estas máquinas, mediante variedades adecuadas para este fin. (Cross, 1966:153).

Efectivamente, las cosechadoras empleadas en aquel entonces no pelaban la caña y el despuntado era deficiente. Empero, la opinión expresada por Cross trasluce una visión determinista de la tecnología -común entre los profesionales de las ciencias agrarias cuando los resultados no eran los esperados-, en vez de modificar las máquinas, debía adaptarse el cultivo; concepción que no cambió demasiado en los años sucesivos.

Con respecto a la mecanización en los predios cañeros, la mayoría de la información disponible se relaciona cuestiones económicas. Hacia 1966, una superficie cultivada de 50 hectáreas o más era el tamaño mínimo para justificar la incorporación de un tractor, para el cultivo y el transporte de la materia prima al ingenio. Pero esta opción solo representaba un 6 % de ahorro en mano de obra, porque la cosecha todavía era manual. Para lograr una disminución significativa en los costos, se necesitaba disponer por lo menos de 70 hectáreas de caña (Zappi et al., 1967).

A poco de iniciada la década de los años 1970 Bilbao (1972) afirmó que, en el caso de los minifundistas cañeros, el equipo de trabajo era casi inexistente, el 97 % carecía de tractor, cerca de la mitad tampoco animales de tiro ni carros (por lo que dependían de terceros para transportar su materia prima) y el uso de fertilizantes era excepcional; lo que explicaba los bajos rendimientos culturales que obtenían. De todos modos, el panorama no era homogéneo. La bonanza económica del período

1972 – 1975⁹⁷ también se reflejó en los ingresos de los agricultores y muchos pequeños cañeros adquirieron su primer tractor entre esos años; de manera similar a lo ocurrido durante los primeros años 1960 (Giarraca, 1999b).

De manera concomitante, continuó el reemplazo de los carros de madera (salvo en las fincas de los pequeños productores) por los carros «paqueteros»⁹⁸ que, con una capacidad de carga de tres toneladas, eran tirados por tractores en conjuntos de hasta seis unidades (los camiones con acoplado trasladaban más de 10 paquetes -30 toneladas de caña- por viaje). El punto de entrega principal continuó siendo el cargadero y la distancia promedio al ingenio fue de 17 kilómetros lo que, unido a la mala organización de las operaciones de carga y descarga de la materia prima, ocasionaba moler caña estacionada y, en consecuencia, menor rendimiento de azúcar (Fernández de Ullivarri & Kenning Voss, 1966).

El cambio de medios de transporte fue gradual. Todavía en 1978, el 62 % de la caña se transportó en paquete, porcentaje que se redujo a fines de la década de 1980, cuando se entregó a granel el 50 % de la caña (Cerrizuela, 1988). El paso del paquete a la caña a granel, entera o trozada, supuso el reemplazo de los carros paqueteros por carros con sistema de vuelco lateral⁹⁹ y camiones con caja y acoplado, con una capacidad de carga de entre 35 y 40 toneladas.

En suma, en los inicios de los años 1970, la situación era la siguiente: dada la superficie cultivada y los volúmenes cosechados en el complejo azucarero tucumano existían, en conjunto, solo la mitad de los tractores necesarios. Por otro lado, varias plantaciones que disponían de maquinaria la usaban por debajo de su capacidad operativa, seguramente, porque, en fincas menores a 90 hectáreas los animales de tiro seguían siendo menos costosos que el tractor (Consejo Federal de Inversiones, 1973).

⁹⁷ Los precios de la caña fueron altos en 1958, 1963, 1974 y 1984 y, salvo para este último año (debido al programa económico del gobierno de Alfonsín), coincidieron con alzas de los precios internacionales del azúcar (Bas & Carllinni, 1989).

⁹⁸ Denominación genérica debida a estos carros cargaban, para su traslado, un paquete de caña de tres toneladas. Como se verá oportunamente, hubo marcas tan reconocidas que se convirtieron en sinónimos de este medio de transporte, entre ellas Helvético y Rosso Leones.

⁹⁹ Comúnmente llamados Java, debido a la empresa tucumana del mismo nombre que los fabricó.

La bonanza económica del sector azucarero durante la primera parte de la década de 1970, producto de los buenos precios internacionales del azúcar, facilitó la adopción de los sistemas semimecánico e integral en sus primeras versiones, que permitieron reducir los costos de una tarea que insumía la mitad del costo total por tonelada de caña. En este aspecto, Salta y Jujuy corrieron con ventaja, debido a que los pocos ingenios norteños disponían de grandes superficies y los productores independientes aportaban una reducida cantidad de materia prima. Por el contrario, en Tucumán, la

...estructura socioeconómica y de tenencia de la tierra, obstaculizaron la incorporación masiva de los aportes científicos y técnicos [...] no se debe pasar por alto la influencia negativa que tuvo la política azucarera nacional, a través de los regímenes de compraventa de caña, especialmente en el segundo subperíodo -1942 – 1960-. Es a partir de 1967 cuando comienza a pagarse la materia prima en base a pol¹⁰⁰ por ciento en caña, estimulando la calidad (Cerrizuela, 1988:25).

En este sentido, las políticas proteccionistas, para el caso de los pequeños productores de caña, fueron mencionadas como obstáculos para un proceso de mecanización considerado como natural y sin mayores desventajas para los usuarios, salvo las asociadas con sus altos costos.

De acuerdo con Ponce & Haro (1979), hacia los años 1973 – 1974 los productores con perfil empresarial iniciaron un proceso gradual de mecanización de la cosecha para disminuir sus costos. Proceso que solo se vería obstaculizado por la cantidad de productores pequeños, sin posibilidades de alcanzar la escala necesaria. La investigación que realizaron estableció que el 92 % de los agricultores usaba el sistema manual de cosecha, el 4 % el sistema semimecánico y el 4 % restante el sistema integral (en este último caso, combinado con alguno de los otros dos sistemas). Este último grupo solamente incluyó cañeros con una superficie cultivada de entre 200 y 1200 hectáreas, es decir, menos del 10 % del total de los agricultores cañeros. La explicación de los autores, que se enfocó en el factor económico, sostuvo que, si bien el sistema manual continuó siendo la opción más barata, en plantaciones

¹⁰⁰ Contenido aparente de sacarosa en una muestra de jugo de caña. Para efectos prácticos el porcentaje de sacarosa y el porcentaje pol son sinónimos

mayores a 400 hectáreas era dificultoso conseguir una dotación de entre 120 y 150 cosecheros, durante los cinco meses de la zafra. De cualquier manera, el costo del sistema integral (el más elevado de todos los empleados), superó en casi un 50 % al manual, en parte porque en el cálculo se incluyeron las pérdidas ocasionadas por la caña sin cosechar (unos 100 kilos por surco como mínimo) y el mayor contenido de trash que incorporaban las cosechadoras integrales (estimado entre un 6 y 8 %), niveles muy superiores al 1,5 % en promedio, de la cosecha manual o semimecánica.

El período 1986 – 2005

Para el período 1977-1987, los pequeños y medianos productores cañeros de Tucumán casi no habían realizado cambios en sus sistemas de cosecha (ver cuadro 8). Solo se había producido una mejora en el acceso a la tracción mecánica por parte de los minifundistas (Ponce et al., 1987). Los escasos agricultores que emplearon el sistema integral en 1987, siempre lo hicieron en combinación con la modalidad semimecánica. Aunque en los estratos de productores analizados el sistema de transporte (con las etapas de finca – cargadero – ingenio) cambió poco, es probable que la situación fuera más heterogénea en el caso de los productores grandes.

Cuadro 8. Productores cañeros y sistema de cosecha manual en 1977 y 1987.

Estratos	Superficie (ha)	Cosecha manual	
		1977	1987 (%)
Minifundista	16	100	100
Pequeño	50	97	91
Mediano	100	95	59

Elaboración propia con datos de Ponce & Haro (1979) y Ponce et al. (1987).

En la misma época, un cálculo del costo de producción que realizaron Bas & Carlinni (1989) para un cañero de cien hectáreas (definido como el productor medio más representativo), incorporó en la ecuación el uso de equipos para el sistema de cosecha semimecánico, como la cargadora, dato que permite inferir la existencia frecuente de este tipo de maquinaria en las fincas de medianos productores. De todos modos, a principios de la década de 1980, el 60 % de la cosecha continuó siendo

manual, un 20 % integral y el 20 % restante semimecanizada; es decir, combinando operaciones mecánicas y manuales (Cerrizuela, 1988).

El ya clásico estudio sobre el sector cañero tucumano, realizado por Giarraca & Aparicio (1991), que estimó un total de 11496 productores¹⁰¹, permite inferir que prácticamente la mitad de los campesinos cañeros (categoría equivalente a los minifundistas definidos por otros autores) no contaba con mecanización alguna (unos 2.400 casos). Además, en los cañeros más pequeños, el proceso de tractorización se había detenido varios años antes. El panorama para la cosecha era más homogéneo todavía, el 82 % de los productores empleaba el sistema manual y la casi la totalidad del 18 % restante el semimecánico. El sistema integral solo era usado por unos 45 agricultores de tipo empresarial, estrato que incluía a las fincas cultivadas por los ingenios; quienes en conjunto abarcaban entre el 20 y el 25 % de la superficie cañera, y disponían de entre 45 y 50 cosechadoras aproximadamente.

El diagnóstico que ofrecieron Macció et al. (1992) sobre los pequeños cañeros fue similar. El cambio más notable que se mencionó en las tareas habituales para la cosecha fue que el pelado de la caña ya no se realizaba manualmente, sino mediante el quemado de las cañas, ya cortadas y acondicionadas en la trocha; una modalidad adoptada masivamente para bajar costos. La propuesta tecnológica aconsejada para este tipo de productores se basó en el reemplazo del sistema manual por el semimecánico, pero en su versión más elemental, donde la única operación mecánica era la carga a granel de la materia prima en los carros (lo que suponía un ahorro de costos superior al 30 %). Pocos años después otro estudio confirmó el bajo grado de mecanización de los pequeños y medianos productores debido, en parte, a: las reducidas superficies que cultivaban, su diseño irregular y surcos irregulares. Para estos casos se recomendó la cosecha semimecánica, unida a la organización y la capacitación de los productores, medidas que tendieron a lograr una escala que justificara el uso de maquinaria. (INTA & EEAOC, 1995).

¹⁰¹ Esta cifra, equivalente a los titulares de cupo cañero, registrados en la por entonces Dirección Nacional de Azúcar, supera en casi 1800 agricultores a la cantidad de 9710 EAP, consignadas por el CNA 1988 (INDEC, 1988). De todas maneras, la diferencia no invalida el análisis.

En el sector de empresarios e industriales el panorama fue distinto, el proceso de desregulación económica, iniciado durante la primera presidencia de Menen (1989-1995), reconfiguró la actividad agroindustrial y permitió, para el caso de la cosecha, la incorporación de máquinas integrales importadas que, en pocos años, permitieron aumentar la superficie cosechada por este sistema, casi inexistente hacia fines del siglo XX (Giarraca, 1999a). A mediados de la década de 1990, un informe sobre la industria azucarera tucumana mencionó que la proporción de los sistemas de cosecha fueron: 10 % de sistema manual, el 50 % semimecánico y 40 % integral; aunque con amplias variaciones de acuerdo con el ingenio (International Finance Corporation, 1996). Otro diagnóstico, que propuso el aumento de la escala productiva y la integración horizontal de las empresas cañeras, afirmó que la mecanización en la cosecha era casi total y que en más del 70 % de la superficie cañera se empleaban las máquinas integrales, cuando en 1991 eran casi inexistentes (González Lelong, 1997). Aunque el porcentaje de cosecha integral se había incrementado, difícilmente hubiera podido alcanzar la proporción mencionada. Por su parte, para la misma época, Giarraca (1999a) mencionó cifras más conservadoras y sostuvo que el 20 % de los cañeros cosechaba con máquina integral, cuando en 1988 esa proporción no alcanzó el 1 %. Para el año 2005, la superficie cosechada con el sistema integral se elevó al 60 % (Vicini & Vicini, 2010). Al mismo tiempo, la cosecha semimecánica y, sobre todo, la manual quedaron reducidas a su mínima expresión.

La coexistencia de diferentes sistemas de cosecha también determinó cambios en los medios de transporte y el tiempo de entrega de la materia prima en los ingenios (ver el cuadro 9). Hacia fines de la década de 1980, la demora entre la cosecha y la molienda de los paquetes de caña, colectados manualmente, fue mayor a los tres días y medio, debido al pasaje por el cargadero y la estiba en la fábrica. Con el sistema semimecánico, que transportaba gran parte de la caña en carros volquetes, la demora se redujo en un día. De todos modos, el cambio más notable llegó con el sistema integral, al reducir la espera a poco más de seis horas (Scandaliaris, Romero, & Olea, 1988).

Cuadro 9. Sistema de cosecha por medio de transporte y tiempo de espera (1998).

Sistema de cosecha	Camión y camión volante	Carros volquetes	Jaulas dobles	Carro paquetero	Tiempo cosecha - molienda (h)
Manual	85,5	-		13,7	88,60
Semimecánico	16,2	83,3	0,5	-	66,35
Integral	33,8	58,6	7,9	-	6,14

Elaboración propia con datos de Scandaliaris, Romero, Olea, Pérez Zamora, & Martín (1988).

La disminución del tiempo entre cosecha y molienda también se relaciona con las características de la materia prima entregada. La caña trozada se deteriora más rápido que la entera, por lo tanto, el ingenio debe procesarla antes que su calidad fabril se vea afectada. Esta situación, que representa una ventaja para el sistema integral de cosecha, puede afectar a quienes entregan caña entera y deben resignarse a una mayor espera.

Como se señaló, las primeras innovaciones mecánicas para el cultivo y la cosecha se abandonaron al poco tiempo y, hasta la década de 1960, la casi totalidad de las tareas agrícolas dependieron del trabajo manual y la tracción a sangre, pese a que algunos ingenios usaron unos pocos tractores importados para la preparación del suelo. Una explicación probable es que, en esa época, la cantidad de caña que poseían las empresas azucareras (menos de la quinta parte del total cultivado) no justificara la inversión en equipos mecanizados y los cambios logísticos en el resto de las tareas relacionadas. Además, existía una oferta suficiente de mano de obra y de animales para la tracción a sangre. En cambio, sí hubo otras innovaciones adoptadas que se usaron durante más de 80 años, como fue el caso de las cadenas para el atado de los paquetes de caña –que se detallará más adelante- y las grúas para carga y descarga, instaladas en los cargaderos e ingenios hacia 1907¹⁰². Innovaciones que fueron simples desde el punto de vista técnico, pero muy rentables y eficientes al permitir el ahorro de mano de obra en las operaciones de carga y descarga, la disminución de los tiempos operativos y la mejora en la alimentación de los trapiches (Moyano, 2014). Algo similar sucedió con los carros conocidos como Helvéticos, con cuatro neumáticos de caucho, incorporados desde fines de la década de 1940.

¹⁰² Diversas grúas que usaban los ingenios para maniobrar los paquetes de caña, fueron adaptadas para descargar los carros de vuelco lateral y todavía se emplean actualmente.

Al principio tirados por mulas, reemplazaron a las lentas carretas arrastradas por bueyes y posibilitaron incrementar la velocidad del transporte de la materia prima destinada a la fábrica; sobre todo cuando fueron arrastrados por tractores. Innovación que continuó, unos 20 años más tarde, con la aparición de los carros de vuelco lateral, tipo Java, todavía en uso. El tractor agrícola, incorporado a partir de los años 1960, fue un elemento insustituible que se completó, primero con las cortadoras de caña y, posteriormente, con la cosechadoras tipo Luisiana y las cargadoras. Este conjunto de máquinas constituyó el sistema semimecánico de cosecha que, con algunas variaciones, todavía se continúa empleando en fincas de pequeños productores. Las primeras máquinas integrales, introducidas a mediados de la década de 1970 (sin los resultados esperados en primera instancia), se difundieron solo parcialmente, para convertirse en una presencia habitual recién a partir de la última década del siglo XX y, hasta la fecha, resultan insustituibles.

Las visiones críticas sobre la tecnología y sus consecuencias sociales en el complejo agroindustrial azucarero se pueden agrupar en dos posiciones, aunque es posible encontrar elementos comunes entre ellas. La primera, es contraria al proceso de mecanización por considerarlo responsable de empeorar las condiciones de vida de los trabajadores. Por ejemplo, Augusto Bravo, luego de reseñar la historia de la industria azucarar tucumana, sostuvo «... establecer con firmeza que la industria primitiva dio bienestar y progreso, y que los trastornos se iniciaron con la era mecanizada, que evidentemente no tuvo como objeto la finalidad social (A. Bravo, 1966:75). Esta posición tecno pesimista, vincula a la incorporación de innovaciones mecánicas con un proceso de deshumanización, sin analizar otras consecuencias sobre las cuestiones estructurales.

Una versión de la postura anterior es la que cuestiona directamente el empleo de las máquinas, por sus consecuencias sobre el empleo. Es el caso de las opiniones de

Emilio Sidán¹⁰³ publicadas en el diario La Gaceta¹⁰⁴ cuando, ante la incorporación de numerosas cosechadoras integrales, afirmó que:

La máquina, en lugar de representar el progreso, es un enemigo para el hombre: Lo reemplaza sin existir industria sustituta. ¿Dónde irá la mano de obra desocupada? [...] La producción agraria moderna no se apoya sólo en maquinarias sino también en gente capacitada que habite el campo. En suma, los ajustes siempre se dan con mucha fuerza hacia abajo y, en el caso argentino, la estabilidad no se logró por milagro: Alguien la paga, y eso se llama costo social (La Gaceta, 1993:8).

La segunda posición sobre la tecnología está asociada con factores estructurales que superan los aspectos técnicos, como la que sostuvo que, en el caso tucumano, la cuestión cañera estaba directamente ligada «a su estructura social, cuya muestra principal es el grave problema del minifundio: por más que se logre tecnificar las explotaciones, nunca se podrá dar al pequeño productor los ingresos necesarios para satisfacer sus necesidades vitales.» (Fernández de Ullivarri & Kenning Voss, 1966:19).

En general, los enfoques analizados y sus variantes no consideran a los agricultores cañeros, sobre todo los minifundistas, capaces de tomar daciones sobre la adecuación de las innovaciones tecnológicas a sus sistemas productivos. De este modo, para las corrientes economicistas, es necesario que los pequeños productores, mediante el aumento de la escala productiva, logren la mecanización con la tecnología disponible y se conviertan en agricultores racionales; aun cuando el cálculo de la escala óptima es una construcción teórica y atada a la coyuntura económica. Por su parte, las concepciones de tinte sociológico suelen sobreestimar las relaciones de subordinación del sector agrícola al industrial y, aunque los pequeños productores son considerados racionales, no pueden escapar al papel asignado en el sistema como reserva de mano de obra. Sin embargo, todas las corrientes mencionadas comparten un elemento en común, suponen a la mecanización como parte de un proceso natu-

¹⁰³ Dirigente histórico de UCIT, integró la comisión directiva de esta organización desde 1958 y en 1993 fue su vicepresidente.

¹⁰⁴ La Gaceta, 18 de octubre de 1993.

ral y homogéneo de modernización, en donde los agricultores se convierten en receptores pasivos de la innovación técnica, y deben amoldarse a ella para incrementar la productividad o sufrir los efectos de su uso.

Ninguno de estos enfoques supone un abordaje integral. Aunque es cierto que las relaciones de subordinación existen, y es imposible desconocerlas, las situaciones son muy diversas y, entre otros factores, cabe considerar la particularidad del complejo agroindustrial analizado, el tipo de producto elaborado, el mercado abastecido y sus niveles tecnológicos. El prejuicio de considerar a la técnica como extraña a las actividades humanas desconoce las múltiples ventajas de su uso adecuado. Tampoco puede concebirse a la mecanización como un proceso automático y separado de las cuestiones estructurales y socioeconómicas, porque no permite un análisis más profundo de la cuestión. Como señalaron Martínez de Ibarreta, Posada, & Pucciarelli (1994), en los sectores agroindustriales, dada la importancia que tiene el factor tecnológico en ellos, una vía de acceso al problema es el estudio de las formas en que se generan, producen y adoptan las innovaciones técnicas, con las consecuencias sociales y económicas que se dan en consecuencia.

CAPÍTULO VIII: LA TRACTORIZACIÓN CAÑERA EN TUCUMÁN

La tractorización del agro argentino y tucumano

Anteriormente se indicó que, en el análisis del sistema de cosecha de caña de azúcar, deben incluirse cambios e innovaciones previos que, además de generar las bases para su modificación, constituyeron un proceso inseparable. En este sentido, la adopción del tractor fue esencial, tanto para las labores de cultivo como para las relacionadas con la cosecha, la organización del trabajo y el transporte (etapa de la producción que se transformó a partir de la incorporación y el empleo de los carros cañeros).

La tractorización argentina, iniciada durante la segunda mitad de la década de 1950, para la misma época que en el resto de Latinoamérica, tuvo un ritmo creciente hasta fines de los años 1970 (Tort & Mendizábal, 1980). Como innovación agropecuaria, de acuerdo con Vitelli (2003), es posible agruparla como perteneciente al segundo bloque tecnológico (ver el cuadro 10).

Cuadro 10. Innovaciones tecnológicas agropecuarias en la Argentina (1860 – 1990).

Primer bloque	Segundo bloque	Tercer bloque	Cuarto bloque
1860 - 1880	1950 - 1960	1960 - 1970	1970 – 1990
Ferrocarril Tecnología de frío	Tractores y maquinaria Fertilizantes y plaguicidas Semillas híbridas	Mecanización plena Agroquímica Genética vegetal y animal	Paquetes tecnológicos Nuevos cultivos Ampliación de la frontera agrícola

Elaboración propia con datos de Vitelli (2003).

En efecto, el primer bloque, integrado por la mejora en los transportes y los equipos de frío para la conservación de alimentos, fue funcional con la industria de la carne. El segundo bloque, integrado por la «tractorización», los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y las primeras semillas híbridas, en el país se produjo tardíamente respecto a otros productores mundiales de alimentos. Hacia 1948 Australia, Canadá y EE.UU. tenían, respectivamente, 3, 11 y 27 veces más tractores que la Argentina (Vitelli, 2003). Al respecto, no cabe duda que la incorporación masiva de estos vehículos se produjo cuando fue estimulada por el Estado, a través de políticas específicas (entre ellas la promoción de actividades industriales y la protección del

mercado interno), como sucedió durante la segunda presidencia de Perón. (Romero Wimer, 2010)

En 1952, año en que se declaró de interés nacional la fabricación de maquinaria y repuestos agrícolas, la energía suministrada por los tractores al sector agropecuario argentino fue solo del 10 %. En 1957 la proporción se elevó a 23 % y llegó al 51 % en 1964 (Llosa, 1965), pero hasta principios de 1970 la cuarta parte de la energía empleada por la agricultura argentina todavía provenía de la fuerza animal (Tort & Mendizábal, 1980).

Las razones para la incorporación de tractores a las tareas de campo pueden ser variadas, pero sin duda el precio de mercado tiene un peso destacado. Resulta complejo definir cuándo un bien es más o menos costoso. La opción correcta es analizar el índice de precios mayoristas de productos agropecuarios para deflactar el precio del tractor, considerando también las innovaciones técnicas que mejoran sus prestaciones durante un periodo de tiempo. Así fue posible señalar que el precio de mercado de un tractor tipo, entre los años 1935 y 1965, tuvo un valor máximo en 1941, pero desde 1957 las cifras fueron más bajas que en los años iniciales, a tal punto, que entre 1960 y 1964, el precio fue un 22 % inferior al del período 1935 – 1939 (Giberti, 1965).

Tractores más baratos suponen facilidades para su adquisición, pero también influyen otras razones, entre ellas el costo de la mano de obra que será reemplazada por su uso, el personal a contratar para su operación, la situación financiera del agricultor, los mecanismos de financiamiento y la oportunidad de realizar las tareas de cultivo en tiempo y forma, sin depender de la tracción animal. Sin duda, el ahorro de tiempo fue una razón importante. En un establecimiento típico del noroeste de la provincia de Buenos Aires, en la década de 1960, con una superficie de 70 hectáreas dedicadas al cultivo de lino y maíz, fue posible ahorrar, con los mismos implementos de labranza y cultivo, el 60 % del tiempo operativo (pasando de 1188 horas con tracción animal a 490 con tracción mecánica). Además, la superficie de cultivo aumentó por la incorporación de la tierra que se destinaba al mantenimiento

de los animales (Llosa, 1965). El tractor hizo posible reorganizar las tareas e, incluso, ante eventualidades, posibilitó el trabajo en doble jornada.

Con respecto a las ventas de tractores en la Argentina, la trayectoria de las empresas que los producían fue dispar (ver el cuadro 11). Algunas tuvieron corta vida, como las que fabricaban las marcas Case y Fahr. En 1969 Hanomag fue comprada por Massey Ferguson, quien se convirtió en la principal competidora de Fiat (Franchelli, 1971). Los más de 16.000 tractores vendidos en 1961 recién fueron superados mucho tiempo después y, además, la cantidad comerciada en la década siguiente tuvo importantes oscilaciones; para crecer nuevamente hacia mediados de los años 1970. Una tendencia que se comprobó durante 1971, cuando en 11 meses se vendieron más de 12.000 tractores (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 1971). En 1974 las ventas nacionales superaron el total vendido en 1961 y en 1977 se vendieron más de 22.000 tractores, cantidad que no se volvió a superar.

Cuadro 11. Ventas de tractores por empresa (1961 – 1970).

Empresa	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Case	212	577	285	296	5					
Deutz	2.871	2.675	2.572	3.611	3.289	2.259	1.953	2.081	1.572	2.048
Fhar	859	1.184	935	1.335	1.333	1.057	238	820	599	689
Fiat	8665	3.642	5.157	4.380	4.793	3.800	3.809	4.338	4.722	5.473
Hanomag	1389	1.639	992	2.317	2.140	1.380	1.532	1.281	863	761
J. Deere	2762	1.194	1.948	3.149	2.180	1.457	2.465	2.452	1.778	2.305
Total	16.668	10.911	11.889	15.088	13.740	9.953	9.997	10.972	9.534	11.276

Elaboración propia con datos de Franchelli (1971).

Si bien las fuentes consultadas difieren en la cantidad anual de tractores vendidos, varios autores coinciden en que fue un sector dinámico de la economía argentina durante más de 20 años (Bil, 2014; Raccanello, 2010). Por ejemplo, la empresa Fiat, que fabricó seis modelos de tractores y que entre 1954 y 1974 vendió 108.000 unidades, ofertaba tres de ellos en versión «cañera», los 400, los 500 S y los 700 E (Nosotros, 1974). La fábrica John Deere hizo lo mismo con algunos de sus modelos.

A los bajos precios relativos del tractor y la reorganización del trabajo, se acoplaron un conjunto de medidas de protección y estímulo estatal que incluyeron aranceles

diferenciales, tipo de cambio favorable, otorgamiento de subsidios, exenciones impositivas y, sobre todo, la política crediticia de Banco Nación y del Banco Interamericano de Desarrollo¹⁰⁵, que permitió financiar hasta el 70 % del precio de la maquinaria con una tasa de interés inferior a la de la inflación en esos años (Bil, 2014; Raccanello, 2010). Además del factor económico, hubo otros dos factores que influyeron en la cantidad de tractores vendidos, contar con un sistema productivo compatible (como fue el de cereales y oleaginosas en el área pampeana, que seguramente incluyó la escala y el relieve del predio cultivado) y disponer de personal calificado para su aprovechamiento eficaz (Tort & Mendizábal, 1980); aunque esto también fue evidente en el caso de las cosechadoras.

La incorporación del tractor fue acompañada de manera paralela por un gran desarrollo de implementos para la labranza y el cultivo, que también incluyó a la fabricación de las cosechadoras de granos. Circunstancia que se vio reflejada en el creciente número de empresas de maquinaria agrícola y la cantidad de sus empleados (ver el cuadro 12).

Cuadro 12. Empresas de maquinaria agrícola y cantidad de empleados (1954-1965).

Año	Empresas	Empleados
1954	168	14346
1961	374	24500
1963	352	34570
1965	574	>50000

Elaboración propia con datos de Scremin (1965).

Aunque en 1963 el 54 % de las empresas listadas solo producían repuestos y partes para otros fabricantes, el número de empresas y puestos de trabajo generados permiten confirmar su acelerado crecimiento, en un momento en donde se planteaba la exportación de equipos a los países latinoamericanos e, incluso, a las naciones africanas recientemente independizadas (Scremin, 1965). Por su parte, la primera exposición de maquinaria agrícola argentina, en marzo de 1965, presentó más de 366 fabricantes de máquinas, repuestos e implementos que, a su vez, formaban parte del

¹⁰⁵En el marco del “Programa de Préstamos para Tecnificación Agropecuaria”, ejecutado durante 14 años a partir de 1963.

registro de la Secretaría de Industria y Minería de la Nación. El catálogo impreso de la muestra ofrecía 31 modelos de cosechadoras (21 autopropulsados y 10 de arrastre), pero ninguno diseñado para cosechar caña de azúcar (CAFMA, 1965). Un indicador de la importancia numérica que tuvo el sector en aquel momento es que Expoagro (la hoy ya tradicional feria y exposición de tecnología agropecuaria), contó con 386 y 460 expositores, para 2017 y 2018 respectivamente, sumando la presencia de empresas de China, EEUU, Finlandia, Brasil e Italia (Bertello, 2018), algo que no sucedió en 1965.

El extraordinario período de desarrollo del sector metalmeccánico agrícola de la Argentina, tanto de diseño y construcción de maquinaria nacional como de radicación de industrias extranjeras, en el caso de los tractores, duró hasta fines de la década de 1970.

La apertura de la economía a partir del año 1976 y hasta 1982, caracterizada por la reducción arancelaria, la suspensión de los incentivos fiscales y crediticios a las actividades industriales, implicó una reducción en la producción de tractores y cosechadoras y un incremento en la participación de mercado de las maquinarias agrícolas importadas. Las consecuencias de este nuevo entorno fueron, por un lado, la desindustrialización y, por el otro, la pérdida de capacidades metalmeccánicas adquiridas en las décadas anteriores (Hybel, 2006:28).

Inclusive en 1976, la Asociación de Fábricas Argentinas de Tractores reconoció que, si bien los años previos habían sido irregulares en cuanto a las ventas, el precio de los tractores había aumentado menos que otros productos y que los agricultores todavía podían adquirirlos mediante un crédito de Banco Nación, a cuatro años de plazo y con interés muy accesible para las condiciones de la época (La Industria Azucarera, 1976a).

En todo caso, la distribución de las fábricas de maquinaria agrícola era muy desigual (ver cuadro 13). Menos del 5 % de ellas se ubicaban fuera de las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires. En el caso del NOA, Santiago del Estero tenía dos talleres y Salta uno, al igual que Tucumán, el Establecimiento Agromecánico Insiarte, dedicado a la construcción de equipos para el cultivo de la caña de azúcar.

Las otras empresas proveedoras de implementos y carros para el transporte de este cultivo eran: Bicupiro (Oncativo, Córdoba); Franza (Corral de Bustos, Córdoba); Ras (Rosario de Santa Fe); Maysa (Laguna Larga, Córdoba); Musian, Canciani y Cía. (Marcos Juárez, Córdoba); Rosso Leones (Leones, Córdoba) y La Helvética (Cañada de Gómez, Santa Fe). (CAFMA, 1965). Los carros cañeros fabricados por las dos últimas empresas fueron muy apreciados por los cañeros tucumanos.

Cuadro 13. Provincias y empresas de maquinaria agrícola (1954-1963).

Provincia	Empresas (1954)	%	Empresas (1963)	%
Buenos Aires	62	37	121	34
Santa Fe	61	36	130	37
Córdoba	36	21	59	17
Río Negro	4	2	11	3
Mendoza	2	1	14	4
Sgo. del Estero	1	1	5	1
Salta	1	1	4	1
Tucumán	1	1	2	1
Entre Ríos	0	0	6	2
Totales	168	100	352	100

Elaboración propia con datos de Scremin (1965).

Si bien en Tucumán existían emprendimientos metalúrgicos que producían y reparaban equipos para la industria azucarera desde fines del siglo XIX, el caso de los establecimientos dedicados a la fabricación de implementos agrícolas era distinto. Su escala productiva, el tipo de producto y la organización interna, los asemejaba más a un establecimiento de tipo artesanal que a uno industrial. Sin embargo, condiciones económicas relativamente favorables, acompañadas de un ciclo de buenos precios internacionales para el azúcar posibilitaron, entre la segunda mitad de la década de 1960 y el comienzo de los años 1980, un desarrollo inédito del sector metalmeccánico tucumano.

La incorporación del tractor para la producción de caña de azúcar

La «tractorización» tucumana formó parte del mismo proceso ocurrido en el resto del país, iniciado durante la última parte del segundo gobierno peronista y que llegó

hasta mediados de los años 1970. La información hallada sobre este proceso resultó escasa y esquiva, empero, la presencia y el uso de tractores en las labores de labranza, cultivo, plantación y cosecha indican la importancia que tuvieron y aún poseen para la actividad cañera. En este sentido, no cabe duda que la integración del tractor al sistema productivo azucarero impulsó un acelerado proceso de mecanización que, en poco tiempo, excedió los límites de las fincas para convertirse, también, en un componente esencial para el transporte de la materia prima.

Entre 1937 y 1960, el número de tractores en Tucumán aumentó de 138 a 1.960 unidades, fueron 2.430 en 1965 y 3.245 unidades en 1971 (Italconsult Argentina, 1967; Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán, 1971; Tort & Mendizábal, 1980). Hasta la década de 1950 los únicos ejemplares que se incorporaron fueron tractores con orugas, eventualmente usados por algunos ingenios para la labranza y unos pocos tractores «con ruedas de hierro, los vecinos [todavía] tenían animales, una rastra de hierro, un arado [...] eso fue durante mucho tiempo, en la zona, no hubo tractores hasta el año 1960» (Entrevistas a Rodolfo Porcel y José Torres¹⁰⁶, 2017). Sin embargo, existieron iniciativas previas que permiten suponer un panorama más heterogéneo. En abril de 1954 se fundó una academia privada para tractoristas y mecánicos, destinada a capacitar a sus alumnos en el funcionamiento de motores y los diferentes usos del tractor, incluido las tareas de mantenimiento. Un motivo mencionado para su creación fue el ritmo creciente en la mecanización en las actividades cañeras, que incluía el uso de los nuevos vehículos para tirar arados, rastras y equipos de cultivo variados (El Mundo Azucarero, 1954). En la figura 28 se aprecia tractores de doble tracción, una novedad en la época¹⁰⁷ (y que representaba una inversión importante), por lo que, probablemente el emprendimiento haya sido una iniciativa de algún ingenio. Además, hasta 1956, la casi totalidad de los tractores empleados en la Argentina eran importados o ensamblados con piezas de origen extranjero (Bil, 2014).

¹⁰⁶ Ambos productores cañeros y contratistas de cosecha poseen más de 60 años de experiencia.

¹⁰⁷ Por esos años las empresas norteamericanas Oliver y Thomson fabricaron tractores con tracción en las cuatro ruedas. Ambas marcas fueron muy conocidas en Tucumán, porque también comercializaron equipos e implementos para el cultivo de caña de azúcar.



Figura 28. Desfile de graduados de la Academia de Tractoristas de Tucumán (El Mundo Azucarero, 1954).



Figura 29: Fiat Someca M45 y John Deere 445, ambos de la década de 1960. Publicidad de la época (La Industria Azucarera. Año LXIX, nro. 845, 1964 y <http://pesadosargentinos.blogspot.com.ar/2015/04/someca-m45-canero.html>).

Entre 1960 y 1971, el número de tractores se incrementó, en Tucumán, por lo menos, un 165 %, pasando de 1960 a 3.245 unidades, mientras que la cantidad de animales de tiro, en conjunto, se redujo un 65 %, de 96.394 a 43.781 cabezas (Italconsult Argentina, 1967; Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán,

1971). Aunque la base de este cálculo es distinta, porque compara el total de tractores y animales de tiro para todo el sector agrícola tucumano en 1960, con los usados solo en la actividad cañera en 1971; resulta válida, en tanto la mayoría de animales de tiro y tractores se empleaban en la agroindustria azucarera. En 2002 la cantidad de mulas apenas superaba las 3.000 cabezas (INDEC, 2002).



Figura 30. Tractores cañeros FIAT y Supersom 55. Folletos de publicidad. <http://pesadosargentinos.blogspot.com.ar/2015/03/anexo-documento-tractores-caneros-fiat.html> y <http://pesadosargentinos.blogspot.com/2014/02/flat-supersom-55.html>. (2018).

Alrededor de 1960 se incorporaron los primeros tractores con alto despeje del suelo, llamados «cañeros» (ver figuras 29 y 30), que permitieron realizar labores mecanizadas para el cultivo de caña de mejor manera, la mayoría fueron de las marcas Fiat, Fiat Someca y Supersom (desarrollados a partir de un modelo francés) y John Deere (Vicini & Vicini, 2010). Sus potencias rondaron entre los 40 y los 60 CV en los modelos más grandes y, además de ser usados para las tareas de cultivo, se utilizaron como medio de transporte de la materia prima durante 20 o 30 años más de su vida teórica útil, como se observa en las figuras 31 y 32.



Figura 31. Tractor FIAT 700, con 50 años de antigüedad, todavía usado en la EEAF.



Figura 32. Tractor Hanomag R 55 (originalmente un modelo alemán) fabricado en Santa Fe. Nota: A finales de los años 1960 la planta fabril Hanomag Cura SA fue adquirida por Massey Ferguson.

Los usos y la versatilidad de los tractores fueron aspectos fundamentales para la producción de caña de azúcar. Se empleó tanto para el cultivo como para la cosecha y, para la tarea de transporte, resultó fundamental. Es probable que la casi inexistencia de tractores con orugas haya obedecido a sus costos, antes que a cuestiones relacionadas con el mantenimiento de los suelos agrícolas, con precios elevados respecto a los de ruedas neumáticas, caros de mantener y, sobre todo, muy lentos

para el transporte de la caña al cargadero o el ingenio; sin ventajas comparativas con la tracción a sangre.

Una de las consecuencias de la crisis azucarera de los años 1966 y 1967 fue la reorganización del sector industrial que, desde inicios de los años 1970 y favorecido por un ciclo de altos precios internacionales, generó en 1973 una producción récord de azúcar. Esta circunstancia, unida a una política crediticia accesible, impulsó una etapa de «sobretractorización» -más unidades de las necesarias en relación con la superficie cultivada-, incluso para agricultores que disponían de superficies pequeñas para que la inversión fuera rentable económicamente (Mora y Araujo & Orlandsky, 1978).

Cuadro 14. Cantidad de tractores, carros helvéticos y cargadoras en Tucumán (1970).

Departamento	Tractores	Carros Helvéticos	Cargadoras
Burruyacu	389	903	21
Capital	96	301	4
Cruz Alta	384	1389	1
Chicligasta	515	1602	13
Famaillá	455	1586	10
Graneros	49	126	0
Leales	200	739	0
Monteros	595	2754	5
Río Chico	521	1721	0
Tafí	41	132	0
Total	3245	11253	54

Elaboración propia con datos de la Cámara gremial de productores de azúcar de Tucumán (1971).

Al principio, la adopción masiva de tractores no se reflejó de manera directa en otras actividades productivas cañeras, en 1970 la presencia de 54 cargadoras (ver cuadro 14) indica que la cosecha continuaba siendo una actividad predominantemente manual. En la zafra de ese año sólo el 9 % de la superficie cañera se cosechó de manera semimecánica (Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán, 1971).

El ciclo de expansión económica iniciado en los primeros años de 1960 y que, luego de la crisis de 1966 - 1967, continuó durante la década de 1970, permitió que productores de 20 hectáreas o menos pudieran adquirir tractores, situación que se mantuvo mientras fue posible disponer líneas de crédito específicas para el sector. Las expresiones de los entrevistados fueron unánimes al respecto: «En 1961 tuvimos el primer Supersom 55 [una versión del Fiat Someca]. Más modernito que el Someca, la empresa tenía cuatro Supersom 55...» (Roque Budeguer, 2018). «Vino una mejora, 63 o 65, y con los ahorros [mi padre] compró un tractor en el concesionario Namur y Muedra un Fiat 480, de 40 HP, alto, para caña.» (José Torres, 2017). «La actividad daba para que cada productor tuviera un tractor de 60 HP, el Fiat 700, fue furor en su momento...» (Entrevista a Walter Zalazar, 2017).

El tractor permitió además montar otros equipos, como cortadoras y cargadoras, que contribuyeron a formar el sistema semimecánico de cosecha. «Compré una cortadora, cortaba la caña y el obrero la pelaba y la acondicionaba. La monté sobre el tractor que tenía mi padre, un Fiat 700, el mío de 40 HP no alcanzaba.» (Entrevista a José Torres, 2017). La posibilidad de aprovechar su fuerza motriz se concretó incluso a costa del empleo correcto de los nuevos vehículos.

...los tractores andaban marcha atrás, con los conductores sentados sobre el capó. Mi papá empezó a reírse, el amigo también, los dos eran hombres de fierros; cuando vieron uno les llamó la atención, pero después vieron dos o tres más. Entonces, uno de los dueños [del ingenio Concepción], les explicó que el tractor [John Deere 730] tenía adosada una cortadora de caña de un disco. Entonces le preguntan por qué no la colocaban adelante y le contesta que no se podía, que la salida del cardan estaba atrás. (Entrevista a Jorge Birgi, 2017).

Otra actividad que se modificó radicalmente fue el transporte de la materia prima al ingenio, los tractores podían arrastrar tres, cuatro o cinco carros cañeros, al principio con paquetes de caña, luego cargados a granel, práctica que continuó durante décadas, hasta la prohibición legal que determinó su reemplazo por camiones. Al principio de esta etapa, fue común la combinación entre animales de tiro y vehículos motorizados. Por último, el tractor redujo el tiempo dedicado a las tareas productivas y permitió generar ingresos extras a sus propietarios.

Los cañeros que terminaban la cosecha en sus campos iban a trabajar las fincas del ingenio, sobre todo las más lejanas. El trabajo se pactaba en litros de combustible, por ejemplo, una rastrada eran 40 litros de gasoil por hectárea, la arada, todavía se araba, 50 litros; en zonas con poca oferta se pagaba más. El que tenía un Fiat 700, cuando terminaba con su caña, se convertía en tractorista del ingenio. (Entrevista a Enrique Fernández Ullivarri, 2017).

A partir de 1976, la posibilidad de comprar o reemplazar los tractores existentes se vio limitada por las recurrentes crisis económicas. Recién en la década de 1990, con el tipo de cambio peso dólar fijo y la oferta de productos importados, se dio una renovación parcial de estas máquinas. La diferencia en la cantidad de tractores que se observa en el cuadro 15, unas 1400 unidades menos en 14 años, también se explica por el aumento en la potencia de los motores, que les permitió un incrementar su productividad y horas de uso, una tendencia similar a la ocurrida en el resto del país. Por el contrario, es notable la proporción de tractores con más de 10 años de antigüedad (ver figura 33). En otras palabras, superaron su vida útil teórica y corrobora la falta de renovación del parque de maquinaria a partir de los años 1980.

Cuadro 15. Cantidad de tractores en Tucumán, por años de antigüedad (1988 y 2002).

	Menos de 5	5 a 9	10 y más	Totales
1988	680	970	7326	8976
2002	437	687	6473	7597

Elaboración propia con datos del INDEC (1988, 2002).

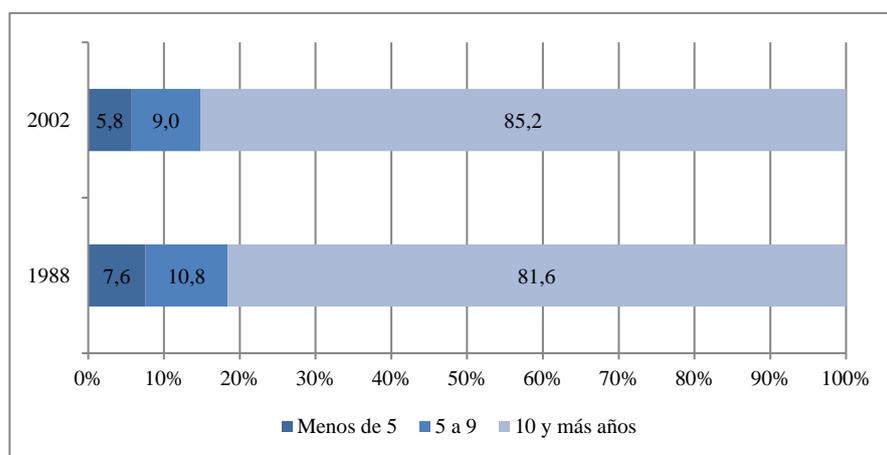


Figura 33. Antigüedad de los tractores en Tucumán en porcentaje (1988 y 2002).

La información sobre la potencia de los tractores que se presenta en el cuadro 16, confirma la tendencia hacia el aumento de potencia de los motores en esta etapa. En los años 1970, un tractor de 70 o 75 CV era considerado de mediana potencia mientras que, en la actualidad, los incluidos en la misma categoría rondan entre 140 y 180 CV. Como se observa, las máquinas de más de 100 CV crecieron el doble, de 9,1 % a 18,6 %, entre 1988 y 2002.

Cuadro 16. Cantidad de tractores en Tucumán por potencia (1988 y 2002).

	Hasta 75 CV	76 a 100	101 a 140	Más de 140	Total
1988	6354	1803	555	264	8976
2002	4394	1796	932	475	7597

Elaboración propia con datos del INDEC (1988, 2002).

El encarecimiento de los tractores, unido al incremento de potencia que también permitió el uso de implementos más grandes y pesados, afectó, sobre todo, a los productores más pequeños, estrato en donde actualmente. Según un técnico,

...los tractores que hay son obsoletos, que pueden servir para cultivo y transporte, pero no para hacer funcionar la máquina. Son de baja potencia, son de los años 70, después no hubo renovación, son modelo 70, 72, 76, Fiat 400, 500, 700, algún Someca. No hay tractores modernos en el área del minifundio cañero (Entrevista a Edgardo Sánchez Tello, 2017).

En efecto, la antigüedad de los tractores, unida a su escasa potencia, los hacen poco aptos para el empleo de algunas innovaciones tecnológicas que requieren, por ejemplo, la toma de fuerza hidráulica, como es el caso de los carros autovuelcos y algunas plantadoras. Otra cuestión a considerar es que los precios relativos se han alterado a favor de otros bienes, incluso de los inmuebles, por lo que la ecuación económica no es favorable.

...un tractor de 180 CV cuesta dos millones de pesos [en 2017], con eso me compro 15 hectáreas. Una desproporción ¿cómo los pago?, además hay que dar un adelanto de 40% y esperar cuatro meses para la entrega, vienen sin cabina, suma 80 mil pesos más. Un Valtra, el Pauny Zanello es un poco más barato, `carne de perro`. Si tengo dos millones de pesos me compro las 16 hectáreas que vende un conocido (Entrevista a Ricardo Porcel, 2017).

En suma, el proceso de mecanización en la producción de caña de azúcar se inició a principios de los años de 1960 con la incorporación del tractor y llegó a su máxima expresión unos 15 años después. Este vehículo permitió, sobre todo, mejorar el transporte de la materia prima a los cargaderos e ingenios, disponer de una fuente autopropulsada de fuerza motriz para realizar las tareas de labranza y cultivo en tiempo y forma, además de posibilitar la adopción de otras innovaciones técnicas, como las cargadoras de caña. También estimuló la construcción de un nuevo tipo de carro para carga a granel y vuelco lateral, conocido como carro Java, muy difundido entre los cañeros. Los nuevos equipos de labranza para los tractores (similares a los que se tiraban con mulas, pero con mayor capacidad de trabajo) se ofrecieron en el mercado casi en forma simultánea, junto a las primeras cortadoras mecanizadas y las plantadoras de caña, máquinas escasamente adoptadas.

La plantadora de caña

Sin duda, en una tarea que representa el 20 % del costo total de la producción de caña, la necesidad de incrementar casi al doble la densidad de siembra¹⁰⁸, es uno de los factores que explica la persistencia de la plantación manual, a pesar de los inconvenientes que supone la escasa mano de obra calificada disponible.

La caña de azúcar es una especie semiperenne, por lo tanto, tiene la capacidad de rebrotar varios años sin necesidad de siembras anuales. De todos modos, para mantener la productividad comercial del cultivo es necesario renovar la plantación cada cinco años, lo que implica replantar anualmente una quinta parte de la superficie total. Aunque existen varias maneras de plantar, la más usual es hacerlo con la llamada «caña semilla», un ejemplar similar al producido para moler, pero cultivado en condiciones de sanidad controlada. Los tallos o trozos de caña semilla se ubican en los surcos del terreno, que luego se cubren con tierra, a la espera de la brotación de las yemas, ubicadas en los nudos del vegetal.

¹⁰⁸ Por lo general, en la plantación manual la caña semilla se troza a 50 o 60 centímetros, mientras que en la mecanizada los trozos son de entre 30 y 40 centímetros. En el primer caso son necesarios unos 150 kilos por surco de semilla, en cambio, compensar las fallas de la siembra mecánica, debidas a la distribución heterogénea de las cañas en los surcos y los daños a las yemas que causan sus mecanismos, supone el empleo de 250 kilos por surco de caña semilla (Vallejo, 2018).

En poblaciones naturales de caña de azúcar, de acuerdo con el grosor de los tallos, la distancia entre ellos varía entre los dos y los cinco centímetros. Espacios entre surcos de 60 a 90 centímetros son comunes en donde la caña se cultiva de forma manual; pero en plantaciones comerciales mecanizadas el espaciamiento es mayor, entre 60 y 240 centímetros. A pesar de que las distancias menores pueden incrementar los rindes promedios hasta un 30 %, debido al aumento del número de tallos, el límite inferior suele ser de 60 centímetros para facilitar las tareas del cultivo (Richard, 1980). De acuerdo con Irvine & Benda (1980), el incremento de la producción de caña, que se consigue con espaciamiento reducido, no afecta la proporción de sacarosa de los tallos por lo tanto se produce más azúcar por superficie, sobre todo en cañaverales con ciclos de crecimiento de siete u ocho meses, como los plantados en Tucumán.

Una alternativa al acercamiento entre los surcos es la plantación en surcos anchos, entre 40 y 60 centímetros en la base de los mismos y de 10 a 20 centímetros de profundidad, modalidad que aumenta los rendimientos de caña por hectárea y, desde hace varios años, se emplea en Tucumán con buenos resultados, logrando incrementos de producción del 15 al 20 % (Giardina et al., 2015). Por otro lado, este diseño, que mantiene la distancia entre surcos en 1,6 metro, permite el uso de los sistemas de cosecha que no son aptos para trabajar en espacios menores, una evidencia del ajuste del cultivo a los parámetros mecánicos (Irvine et al., 1980). De todas maneras, también es posible que la distancia entre surcos que se emplea en otros países, que varía entre 0,45 y 2,55 metros, esté más ligada al uso y la costumbre que al potencial productivo de la caña de azúcar (Lonardi, 1982).

Con todo, el espacio actual entre surcos, que oscila entre 1,50 y 1,60 metros, está condicionado por el proceso de mecanización, antes que por cuestiones biológicas. Debido al ancho estándar de trabajo de las cosechadoras, una distancia menor de plantación ocasionaría que estas máquinas aplastaran un surco al cosechar otro. Existe además una ventaja adicional, ya que una distancia entre surcos de 1,60 metro posibilita cultivar 55 surcos por hectárea, mientras que con 1,80 metro la cantidad se reduce a 50. Estos cinco surcos de diferencia tienen una gran incidencia en

la productividad física del cañaveral y, por lo tanto, en los ingresos económicos. Aun así, la distancia entre surcos está más relacionada con el ancho de labor de los equipos mecánicos que con las prácticas culturales. Por ejemplo, en Colombia, para un surco de 60 centímetros de ancho, similar al empleado en Tucumán, se aconsejó un entresurco de 1,75 metro, distancia que evita la mayor parte del daño por pisoteo a la cepa, tanto en el sistema semimecánico como en el integral (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2002).

La plantación fue, desde siempre, una tarea en donde predominó el trabajo manual. Básicamente, combinó el surcado, realizado con una reja o disco, la colocación de las “cañas semilla” en los surcos, el trozado de los tallos (para estimular la brotación de las yemas) y su posterior tapado con tierra. La plantadora mecanizada, que apareció a fines de los años 50, no tuvo gran difusión hasta muchos años después. Según Cerrizuela & Hemsy (1967), alrededor de 1959 el ingenio La Fronterita (Famailá) importó una máquina brasileña, que pronto dejó de usar. Recién en 1964 la empresa Agrolic (ver figura 34) presentó una plantadora mecánica de arrastre, que requería de cuatro personas para operarla, dos montadas en la máquina y las restantes para preparar la «caña semilla» y cargar el equipo.

POR PRIMERA VEZ EN TUCUMÁN... UNA PLANTADORA DE CAÑA!

Forma parte de la **NUEVA LINEA INTEGRAL** **Agrolic**

¡Máquina de arrastre a los reconocidos de la zona, y con su bajo costo, al alcance de todos los cultivos!



REALIZA 7 OPERACIONES EN UNA SOLA PASADA!

En el próximo año, tú, el dueño, utilizarás la Plantadora Agrolic como base de una buena plantación. La Plantadora de Caña Agrolic, te ofrece las siguientes ventajas:

- SURCADORA para preparar en el suelo los surcos y facilitar el laboreo necesario de los mismos.
- ABRILLO para el control en el punto ideal de preparación.
- INCORPORAR del tallo a la producción de semilla.
- TROZADO de la caña semilla en trozos adecuados.
- COLOCACIÓN de la caña en el fondo del surco en una línea perfecta sobre el surco de la caña.
- TAPADO inmediato de la caña semilla en surcos de 10 centímetros.
- COMPACTADORA a 40 cm. para evitar el paso de agua con los surcos del campo. La PLANTADORA Agrolic realiza todas estas operaciones... y con una velocidad como la de un tractor agrícola. Además de los modelos REGULAR y COMPACTA se fabrica con el tipo de estructura plantadora de tracción permanente.

Capacidad de plantación con el tractor adecuado aproximadamente 200 hectáreas cada 10 horas.

LA ABRILLO "AGROLIC" SE COMBINA CON CUALQUIERA DE ESTOS EQUIPOS

PARA MÁS INFORMACIÓN **Agrolic** S. C. A. FARMACIA 176, 6º P., S. M. DE TUCUMÁN, T. C. 2742

UNICO DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE REPUBLICA ARGENTINA Y PAISES LIMOS Y EXTRANJERO.

Figura 34. Plantadora de caña Agrolic (1964). La Industria Azucarera. Año LXX, nro. 851, octubre de 1964.

Aunque el empleo de una plantadora supone el ahorro de tiempo y la disminución de los costos de mano de obra (además de un menor esfuerzo físico de los trabajadores), su presencia fue muy escasa. En 1970, para un total de 17.657 fincas, solo había 94 plantadoras mecánicas en Tucumán (Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán, 1971), una muestra de que la tarea continuó siendo una actividad fundamentalmente manual, situación que mantuvo sin mayores cambios hasta el inicio de los años 2000. Como lo afirmó un productor entrevistado:

Las plantadoras recién ahora se están usando, a mí, con 30 o 40 mil surcos [unas 80 hectáreas], prefiero la gente, se reniega un montón; pero es más prolija. Las plantadoras la pican muy chiquito y la caña no sale como me gusta. Los obreros la hachan más grande. Las plantadoras cortan muchas yemas, es mi opinión. Tengo vecinos que las usan y, al día de hoy, mi caña está mucho mejor, más alta, y eso que no le ponemos muchas cosas. A la larga habrá que usarlas, porque no se consigue gente... (Entrevista a Roque Budeguer, 2018).

Efectivamente, en la campaña 2016 - 2017, sobre casi 28.000 hectáreas de caña de azúcar relevadas, pertenecientes a medianos y grandes productores tucumanos, solo el 19 % de esa superficie fue plantada mecánicamente (Courel, 2018). Actualmente, algunos cañeros y contratistas disponen de plantadoras, autopropulsadas y de arrastre (ver figura 35), que en combinación con las cosechadoras integrales y los carros autovolcables, tienen la capacidad para cargar entre 6 y 10 toneladas de caña semilla trozada para surcar, sembrar, abonar y tapar los trozos de caña, en una sola operación.



Figura 35. Plantadora automática de arrastre, modelo 8022 BR, fabricada por la empresa TT de Morteros (Córdoba). <https://tt-global.net/tt-8022-br.php#>

La adopción de las plantadoras automáticas de caña es la contracara de lo sucedido con los tractores. Estos vehículos demostraron su alto grado de compatibilidad con el resto de los componentes del sistema azucarero (incluso cuando se integraron a otras innovaciones como los carros para caña a granel y las cargadoras), y fueron técnicamente confiables y económicamente accesibles durante largo tiempo. En cambio, las máquinas plantadoras se destinan a una tarea muy específica, requieren del uso de otros equipos complejos, como las cosechadoras integrales y los carros de autovuelco, y son costosas. Además, no cumplen con los requisitos buscados por la mayoría de los productores, sobre todo los relativos a la calidad y el costo de la tarea.

CAPÍTULO IX: EL CAMBIO EN LOS SISTEMAS DE COSECHA CAÑERA DE TUCUMÁN

Los sistemas de cosecha de caña en Tucumán (1960 – 2005)

La información disponible sobre los cambios de sistema de cosecha de caña de azúcar es escasa y fragmentaria, de manera similar a la del proceso de mecanización iniciado con el uso de tractor. En Tucumán, los organismos de ciencia y tecnología se abocaron, principalmente, a los procesos de mejora genética (vinculados con la sanidad vegetal) y al manejo agrícola del cultivo para el aumento de la productividad, pero no al desarrollo de maquinaria (Mora y Araujo & Orlansky, 1978). Uno de los motivos de ello fue que el territorio provincial, por cuestiones agroclimáticas, no es el ambiente óptimo para la producción cañera en gran escala. Tampoco es posible desconocer que el origen de la EEAOC (organización científica tecnológica provincial), fundada a principios del siglo XX, estuvo más asociado con los intereses del sector industrial antes que con el agrícola.

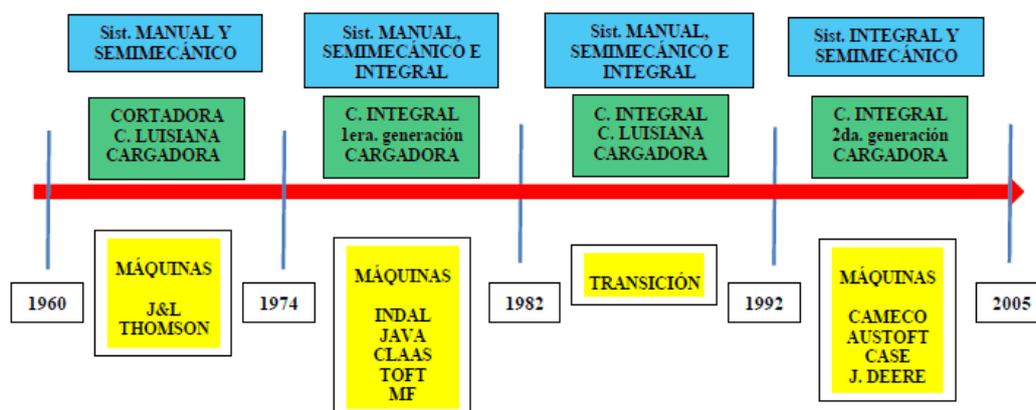


Figura 36. Sistemas de cosecha de caña de azúcar predominantes y modelos de máquinas cosechadoras empleadas en Tucumán (1960 – 2005).

La línea de tiempo presentada (ver la figura 36), establece que el inicio del proceso de mecanización de la cosecha de caña se produjo alrededor de 1960, con la incorporación del tractor, vehículo que, junto con los carros paqueteros de cuatro ruedas, transformó radicalmente el transporte de la materia prima, además de facilitar las tareas de labranza y cultivo. El periodo 1960 – 1974 fue en donde el sistema semi-mecánico, integrado por las máquinas cortadoras, las cosechadoras tipo Luisiana y las cargadoras, inició su desarrollo. La primera etapa del sistema de cosecha integral

comprendió los años 1974 y 1982 y se relacionaron con el origen, el auge y el ocaso de los grandes desarrollos locales de maquinaria agrícola; proceso que no volvió a repetirse. La etapa entre 1982 y 1992, que estuvo signada por una profunda crisis del sector azucarero, fue una fase de transición hacia el último período analizado, entre 1992 y 2005, caracterizado productivamente por la desregulación del sector, la incorporación de las cosechadoras integrales de última generación y el inicio de la vigencia de la ley provincial que prohibió la quema de los cañaverales.

La adopción de un sistema de cosecha determinado no significó la desaparición de su predecesor, en todo caso coexistieron más o menos armónicamente, hasta la declinación de algunos de ellos. Inclusive en la actualidad, una pequeña parte de la superficie cultivada se cosecha en forma manual, aunque en las condiciones presentes es un sistema en vías de extinción. Por el contrario, la cosecha integral, de manera paulatina desde 1974 y a pese a sus limitaciones, se incrementó hasta alcanzar una proporción mayor al 80 % del área cosechada en 2010.

Todos los cambios ocurridos en los sistemas de cosecha cañeros deben ser analizados en el contexto de un sistema mucho más amplio, integrado a su vez por las tareas agrícolas previas, la plantación y el cultivo, aunque también, por las etapas posteriores de transporte y comercialización de la materia prima. Instancias que, a su vez, modifican y son modificadas por las variables económicas, las máquinas y equipos disponibles, los cambios logísticos y organizacionales que conllevan y, sobre todo, la dotación de mano de obra y la capacitación de todas las personas involucradas en el proceso. Por lo tanto, no existe a priori un sistema de cosecha superior a otro y, aunque las variables que intervienen en su selección son numerosas, es posible establecer lineamientos generales para la evaluación de los mismos. En este sentido, los costos y precios relativos, las condiciones de entrega de la materia prima, establecidas por el ingenio y la mano de obra involucrada, conforman una compleja red de interacciones tanto o más importantes que las variables biológicas y de manejo cultural, para entender el fenómeno de cambio técnico e innovación.

Las variables económicas

El costo de la cosecha fue siempre un valor de referencia para decidir el sistema a usar. En 1970, cuando todavía no existían máquinas integrales que pudieran trabajar de manera satisfactoria, para un cañero tucumano de 90 hectáreas el empleo del sistema semimecánico (corte y cargado mecánico, pelado manual), comparado con el sistema manual en su totalidad, supuso un costo 29 % menor por tonelada de caña cosechada (Morín, 1970a). Unos años después, otro trabajo determinó la cantidad de producción de caña a partir de la cual resultaba conveniente el cambio de una tecnología por otra (Torres & Ruiz, 1977). La comparación fue entre los tres sistemas de cosecha cañera: manual, semimecánico e integral y se evaluó mediante un cálculo económico clásico, incluyendo los intereses al capital, las amortizaciones de las maquinarias e incluyó también la eficiencia operativa de los distintos sistemas y los descuentos del ingenio por trash. Los resultados obtenidos, para un rinde promedio de 55 toneladas de caña por hectáreas, determinaron que cambiar del sistema manual al semimecánico se justificaba con una superficie mayor a 92 o 154 hectáreas, según se dispusiera de maquinaria usada, con el 50 % de su vida útil, o nueva. La muda desde sistema semimecánico al integral era más costosa. En efecto, con maquinaria nueva, se precisaba contar con una superficie superior a 1941 o 3490 hectáreas, según se emplearan cosechadoras nacionales o importadas (lo que también era un indicador de la diferencia de precio que existía entre las cosechadoras de distinta procedencia). Con maquinaria al 50 % de su vida útil, las superficies y volúmenes de producción se reducían a 1.293 o 2.327 hectáreas respectivamente, todas cantidades por encima de las capacidades operativas de este tipo de máquinas y también de las superficies cultivadas por la mayoría de los agricultores cañeros. Por lo tanto,

...la conclusión fundamental de este trabajo sería la imposibilidad económica del sistema integral y la recomendación del sistema semimecanizado para el rango más amplio del espectro de productores cañeros de Tucumán. Tomando la mejor alternativa [...], solamente el 0,13 % de los productores y el 15 % de los surcos, estará en condiciones de usar el sistema integral según los datos de censo de productores de la DNA. Por el contrario, el sistema semimecanizado podría ser económico para el 2,5 % de los productores y el 44 % de los surcos de la provincia (Torres & Ruiz, 1977:132).

En consecuencia, al considerar solamente los criterios de racionalidad económica, se hizo evidente la sobredimensión del parque de maquinarias, aunque las zafras con buenos resultados productivos parecieron justificarla, debido al incremento del ingreso bruto obtenido por la venta de materia prima. Por otro lado, plantear las pérdidas económicas causadas por el sistema integral versus los otros sistemas de cosecha resulta contradictorio ante una evidencia irrefutable: entre 1972 y 1976 se comercializó una cantidad cercana a 240 máquinas integrales (Olea, Romero, et al., 1993), que efectivamente se usaron en la cosecha de caña, más allá de sus rendimientos operativos. En todo caso, además de los motivos económicos, existieron otros que equilibraron la ecuación beneficio costo y justificaron el empleo de las cosechadoras integrales.

Por su parte, algunos técnicos del INTA, con una mirada también crítica del proceso de mecanización en el cultivo de caña (considerado desordenado y con escaso criterio económico), repararon en la existencia de productores cañeros que, buscando suplir mano de obra faltante o disminuir los costos de producción, sobredimensionaron su parque de maquinarias. La escasa información técnica sobre los equipos adquiridos, los maquinistas sin la capacitación adecuada y el capital inmovilizado una gran parte de del año, fueron algunos de los inconvenientes señalados. También se llamó la atención sobre tres cuestiones asociadas con el empleo de maquinaria para la cosecha: las mayores pérdidas de caña comparado con sistema manual, la necesaria «sistematización del cañaver»¹⁰⁹ y el sistema de transporte de la materia prima cosechada al ingenio, que debería haber sido diseñado de manera conjunta con el sistema de cosecha, para evitar tiempos inútiles de espera (Ponce & Haro, 1979). Basados en indicadores económicos, recomendaron la mecanización de la cosecha solamente a los productores que cuenten con una superficie de tamaño suficiente. Así, en cañeros de hasta 50 hectáreas, reconocieron que era casi imposible cambiar el sistema de cosecha manual, suponiendo el uso de mano de obra casi exclusivamente familiar y el transporte a cargadero mediante tracción a sangre, en carros para paquetes de 3.000 kilos o, en los agricultores de más de 16 hectáreas,

¹⁰⁹ En la jerga agronómica, la sistematización es la tarea de adecuar el diseño del campo para aprovechar al máximo la maquinaria, por ejemplo, la longitud de los surcos. Como en todo sistema, al otorgar prioridad a un componente en particular se avanza en detrimento de los otros.

en carros «helvéticos»¹¹⁰ que, tirados por un tractor en grupo de cinco o seis, trasladaban la caña a granel.

Todavía para cañeros de hasta 100 hectáreas era mayoritario el sistema de cosecha manual, aunque en este caso era usual tener más de un tractor, carros de vuelco lateral tipo «Java»¹¹¹ y, a veces, cortadoras y/o cargadoras mecánicas. Con una superficie de entre 100 y 200 hectáreas, los cañeros poseían entre tres y cinco tractores y combinaban la cosecha manual y semimecánica, con mano de obra contratada. El traslado al ingenio se realizaba con carros tipo Helvético y Java. El sistema integral era muy poco empleado.

En el caso de los cañeros con más de 200 hectáreas, además de contar con seis tractores o más y los carros helvéticos o volcadores, combinaban los sistemas de cosecha semimecánica e integral en distintas proporciones. En contadas ocasiones, cuando los agricultores superaban las 400 hectáreas, utilizaban solamente este último sistema, que además podía implicar la quema previa para el pelado de la caña en pie.

Cuadro 17. Sistema de cosecha apropiado por tamaño del predio, con base en los costos (1978).

Sist. Cosecha	Manual	Semimecánico	Integral
Superficie (ha)	90	90 – 150	1300
	100	100 – 200	> 400

Elaboración propia con datos de Torres & Ruiz (1977) y Ponce & Haro (1978).

En el cuadro 17 es posible apreciar que, a grandes rasgos, las dos fuentes disponibles coincidieron con las escalas de superficies necesarias para emplear el sistema de cosecha manual o el semimecánico. La diferencia del tamaño de la superficie a cosechar con máquinas integrales se basó en que el cálculo de 1978 propuso la

¹¹⁰ La denominación de estos carros deriva del nombre de la empresa que los fabricaba, con sede en Santa Fe.

¹¹¹ Carro de forma prismática, abierto por su parte superior, que incorporaba un dispositivo para volcar lateralmente la caña cargada. Al igual que con el caso anterior, su nombre deriva de la empresa metalúrgica tucumana que los fabricaba.

combinación de los sistemas semimecánico, con cortadora y cargadora y el integral, una situación más cercana a la realidad y relacionada con el precio de las máquinas cosechadoras. Con la información colectada fue posible comparar los precios promedios de la maquinaria destinada a la cosecha de caña de azúcar. En el cuadro 18 se observa que, desde el punto de vista económico, solo se justificó adquirir cosechadoras integrales cuando se disponía de grandes extensiones.

Cuadro 18. Precio promedio de maquinaria para cosecha de caña (julio de 1978).

Máquina	Precio (miles de \$)	Base 1 (precio tractor 70 HP)
Cortadora 2 discos	18.376	1,3
Cargadora	22.976	1,6
Integral nacional	89.000	6,1
Integral importada	158.500	10,9

Elaboración propia con datos de Ponce & Haro (1978).

Cabe aclarar que, tanto la cortadora como la cargadora, eran máquinas relativamente simples, aunque necesitaban ser montadas en un tractor. Por lo tanto, su costo se encarecía de manera significativa. De todas formas, la diferencias con los precios de mercado de las integrales era sustantiva, entre 6 y 11 veces más caras. En consecuencia, el sistema de cosecha usado con frecuencia en esos años en fincas de mediana extensión (unas 100 hectáreas en promedio), fue el semimecánico en algunas de sus varias opciones, como se infiere de los cálculos de costos de producción de caña de azúcar realizados por las organizaciones de ciencia y tecnología (González Terán & Gargiulo, 1980).

Otro cálculo, con precios correspondientes al mes de septiembre de 1980, comparó los aspectos económicos de los sistemas de cosecha más usados por entonces (Gargiulo & González Terán, 1980). El procedimiento incluyó la capacidad de labor de la maquinaria empleada, sin contemplar otros factores de organización, y el porcentaje de pérdidas, por tocones, mal despunte y caña no cosechada, que se sumó al costo final. Se aclaró además que, para la modalidad de cosecha manual, con caña pelada por quema, el 40 % de los zafreros habitaban en viviendas construidas en la finca, mientras el 60 % restante se trasladaba diariamente a las parcelas (todos ellos

recibían un pago de acuerdo con las normas legales vigentes por entonces). En el cuadro siguiente se presenta la relación de costos entre los distintos sistemas. Para el caso del semimecánico, que incluyó más de una combinación entre tareas mecánicas y manuales, se agruparon las distintas opciones analizadas.

Cuadro 19. Costo de los distintos sistemas de cosecha, comparados con el semimecánico (1980).

S. Cosecha	Capacidad de trabajo (tn/h)	Pérdidas (%)	Costo comparado
Integral	26,2	20,5	2,6
Semimecánico	25 - 35	7,6 - 9,0	1 - 1,75
Manual	-	6,2	4,2

Elaboración propia con datos de Gargiulo & González Terán (1980).

Como se observa en el cuadro 19, el sistema más económico fue el semimecánico en todas sus combinaciones, seguido por el integral, con un aumento de más del 160 % y, por último, el manual con caña quemada, por lo menos tres veces más costoso. Cabe aclarar que cualquier modificación en la capacidad de trabajo de los equipos, la estimación de las amortizaciones, o las pérdidas de cosecha, habría modificado las cifras y, por ende, la selección de la tecnología. Por otro lado, en una explotación de pequeña superficie, sin el empleo de mano de obra asalariada, el costo de la cosecha manual hubiera representado menos de la mitad que el sistema semimecánico, en su opción más barata.

Menos de un año después, se calculó la superficie de indiferencia, medida en hectáreas, para cada sistema de cosecha aplicado. Los supuestos básicos fueron: 60 surcos por hectárea, 1.000 kilos de caña por surco de 100 metros y 1.200 horas de uso anual de la maquinaria, con una vida útil de 6.000 horas para la cosechadora integral y entre 8.000 y 10.000 horas para las distintas opciones de sistema semimecánico (González Terán & Gargiulo, 1981) cantidades que, nuevamente, introdujeron diferencias en el cálculo de las amortizaciones. Además, se tomaron en cuenta las pérdidas ocurridas en el campo, las debidas al contenido de trash y las ocasionadas por la reducción del rendimiento industrial. Las superficies mínimas y

máximas, aconsejadas para modo de cosecha, basadas en el punto de indiferencia económica, se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Rangos de superficie en hectáreas, de acuerdo con cada sistema (1981).

Sistema cosecha	Sup. desde (ha)	Sup. hasta (ha)
Manual	0,1	13 - 18
Semimecánico 1	18	700
Semimecánico 2	700	1300 y >

Elaboración propia con datos de C. González Terán & Gargiulo (1981).

En el cuadro previo, se puede observar que los rangos de superficie son más extremos que en los análisis presentados previamente y, en el caso de la cosecha manual, la diferencia obedeció al pago de los jornales prescritos por ley. Los valores del sistema «semimecánico 1» incluye cuatro combinaciones distintas de tecnologías, desde cortadoras simples hasta cosechadoras tipo Luisiana, por lo que la variación de superficie también es grande. El sistema «semimecánico 2» duplica la cantidad de máquinas empleadas en el 1; es decir, la recomendación de los autores del estudio, siempre desde el punto de vista de la disminución de los costos, fue aumentar la dotación de cosechadoras antes que emplear el sistema integral. Sin embargo, reconocieron que por lo general existían motivos técnicos o sociales que inducían al uso de sistemas menos económicos.

Para mediados de la década de 1980 la situación no había experimentado cambios significativos. Algunos productores continuaron usando maquinaria no probada en la región, pero al mismo tiempo, por parte de las organizaciones científico tecnológicas, hubo poca asistencia técnica. En esos años, suponiendo un valor índice de 100 para la cosecha manual, el empleo de una máquina cortadora lo reducía a 90 y con la adición de una cargadora disminuía a 80. Para una cosechadora integral el costo osciló en poco más de 80 y, con el sistema Luisiana, la versión más económica del sistema de cosecha semimecánico, el total alcanzaba a 60 (Carbonell et al., 1985). De todos modos, las comparaciones de costo entre los distintos sistemas de cosecha deben ser tomadas con prudencia, ya que las diferencias pueden resultar grandes. Pocos años después del último ejemplo presentado, otra estimación sostuvo que el empleo de una cosechadora tipo Luisiana o una integral representaba,

respectivamente, el 24 % y el 60 % del sistema manual (González Terán & Scandaliaris, 1988), variaciones que permiten suponer una base distinta para el cálculo. Por supuesto que alcanzar estas cifras de referencia suponía el aumento de la eficiencia de trabajo de todos los equipos mecánicos y que, entre los costos del sistema manual y el integral, existía toda una gama de combinaciones posibles para el semimecánico. Sin embargo, la selección de uno u otro sistema de cosecha no dependía solamente de las cifras o los costos teóricos. También implicaba el acuerdo con el ingenio y otros intereses en juego, que variaban de acuerdo con el tipo de agricultor y su escala productiva (Carbonell et al., 1985).

Para el sector empresarial, integrado por los grandes cañeros y la parte agrícola de los ingenios, la reducción de los costos de cosecha fue siempre una prioridad, sobre todo los generados por la mano de obra. A pesar de ello, todavía en la zafra de 1989, el 48,2 % de la superficie cultivada se cosechó manualmente, el 44,0 % con el sistema semimecánico y solo el 7,8 % con cosechadoras tipo Luisiana o integrales (Scandaliaris, Perez Zamora, et al., 1992).

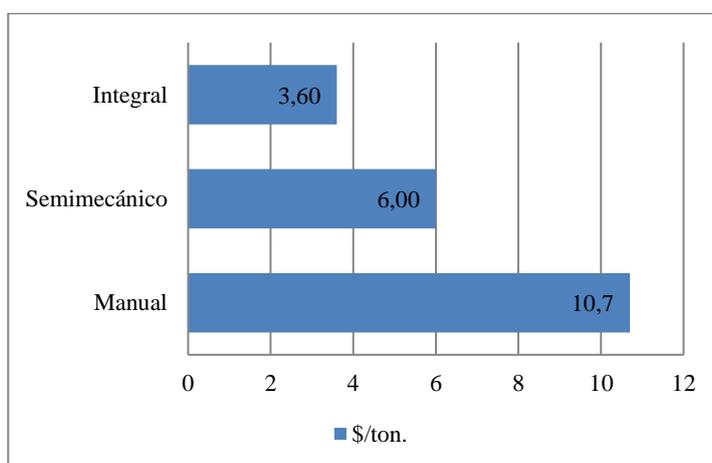


Figura 37. Costos en pesos/tonelada de los distintos sistemas de cosecha en 1992. (Procaña 95, 1992).

Durante el período en que rigió la paridad cambiaria entre el peso y el dólar estadounidense (marzo 1991 – enero 2002), los precios relativos favorecieron la compra de maquinaria agrícola importada y fue una etapa favorable a la mecanización de la cosecha. En 1992, el INTA y la EEAOC estimaron que los costos de cosecha más

bajos correspondían, con una gran diferencia, al uso del sistema integral como se ve en la figura 37 (Procaña 95, 1992). Aunque no se informó la base de referencia del cálculo, todo hace suponer que los resultados incluyeron el valor de los jornales, fijado por las leyes vigentes en ese momento. Incluso, para el caso de la cosecha manual, se aclaró que el costo calculado podía ser todavía mayor si la entrega se realizaba en un cargadero, porque debía pagarse el flete desde la finca al cargadero y luego desde allí al ingenio. Los valores obtenidos coincidieron con otra estimación realizada para la misma época, en donde las diferencias de costo entre los distintos sistemas de cosecha fueron mayores aún: 13,20 \$/tn para la cosecha manual, valor que podía incrementarse hasta casi 17 \$/tn de acuerdo con la distancia al ingenio; de entre 2,49 a 6,19 \$/tn las opciones semimecánicas, y 3,60 \$/tn el sistema integral (Scandaliaris, Olea, et al., 1992). La sensible disminución de los costos de este último sistema se debió, en parte, a que la nueva generación de cosechadoras integrales disponibles había elevado su rendimiento promedio a poco más de 26 toneladas por hora y su vida útil de 5.000 a 7.000 horas, valores que casi duplicaban la productividad de los primeros modelos y permitieron amortizar en un período más largo los costos de la inversión.

Por esos años, de acuerdo con una encuesta realizada por la revista *Avance Agroindustrial* (1993) a los encargados del área productiva cañera de cuatro grandes empresas agroindustriales, el motivo principal para la adopción del sistema integral fue la reducción de costos, rebaja que podía alcanzar el 30 %. Las empresas consultadas cosechaban entre el 40 y el 90 % de sus cañaverales con sistema integral y el resto con el sistema semimecánico más difundido; es decir, todas las operaciones manuales excepto la de carga. En contraposición, y a pesar de destacar los adelantos y mejoras de las nuevas máquinas cosechadoras, se mencionó que las principales deficiencias fueron las pérdidas de caña en el campo (por tallos no recogidos), y el incremento del trash. La compactación de los suelos agrícolas por el tráfico de las máquinas también se consideró un efecto adverso. De todas formas, la reducción de costos fue tan significativa y apreciable a corto plazo que compensó, en apariencia, las consecuencias negativas. Sin embargo, los técnicos reiteraron la necesidad de adaptar las fincas para alcanzar una eficiencia mayor, proceso que incluía modificar

los diseños de plantación, el largo de los surcos, ajustar la equidistancia entresurco y ensanchar callejones, a lo que sumaron una mayor demanda de variedades aptas para la cosecha mecánica.

Con mayor experiencia en el uso de los distintos sistemas de cosecha, algunos profesionales evaluaron al sistema semimecánico como el de más eficiencia porque, además de su productividad, su empleo tenía menores pérdidas, incluyendo las de campo, transporte y fábrica (Olmos, 1993). De esta manera, la cantidad de 11 \$/tn para el sistema semimecánico versus la de 10,9 \$/tn para el integral, justificaba la elección del primero, por su trabajo de mayor calidad y la capacidad de adaptación.

La disminución de costos también fue una preocupación de los pequeños productores. Sobre el final de los años 1990 la cosecha manual, aun en condiciones de trabajo informal (es decir, pagando jornales menores a los establecidos por los marcos legales vigentes por entonces), representó valores superiores a los de los otros sistemas de cosecha. Cifras que calculó el Programa Social Agropecuario (ver el cuadro 21), cuya sede en Tucumán trabajó con numerosos grupos de pequeños cañeros.

Quando casi toda la cosecha era manual, si el productor minifundista y su familia ponían el trabajo, sólo tenían que desembolsar el costo de cargadero y, eventualmente, el transporte, en total cuatro pesos por tonelada. Los grandes productores debían sumar a eso la contratación del trabajo manual con lo que su costo llegaba a ocho pesos por tonelada. Los minifundistas en estas condiciones tenían menos costos, y es los ponía en condiciones de competir, a al menos de coexistir, con los grandes cañeros.

En los últimos años, las cosechadoras importadas bajaron tanto de precio que la suma de cosecha integral más transporte hasta el ingenio cayó a cinco con cuarenta pesos por tonelada, y aún menos en los casos en que se contrata mucha superficie. (Programa Social Agropecuario, 1997:15).

Cuadro 21. Costos de los sistemas de cosecha de caña de azúcar en pesos por tonelada en 1997. (Programa Social Agropecuario, 1997).

S. Cosecha	Cosecha (\$/t)	Transporte (\$/t)	Total (\$/t)
Manual	4,00	4,00	8,00
Semimecánico	4,80	1,80	6,60
Integral	3,60	1,80	5,40

Con estos costos la cosecha manual dejó de ser sustentable para los minfundistas y se recomendó la integración de los denominados «frentes de cosecha». Agrupaciones cooperativas de productores que, luego de un acuerdo con los ingenios sobre el volumen de materia prima a entregar, el precio del flete o los plazos de pago, empleaban el sistema semimecánico de cosecha con costos competitivos, comparados con los del sistema integral.

Un número significativo de estas organizaciones cooperativas colapsó, debido a los múltiples problemas financieros derivados de la crisis económica de la década de 1990. Posteriormente, en la medida de sus posibilidades, iniciaron un lento y gradual proceso de recuperación que, en muchos casos, no logró consolidarse. Esta situación, sumada a la desregulación del sector azucarero a partir de 1992, originó, además de una modificación en el sistema de comercialización vigente hasta ese momento (basado en la denominada maquila), el incremento de la venta de caña en pie, una modalidad existente por lo menos desde la década de 1970, que fue ganando adeptos en el estrato de los pequeños cañeros al permitirles desentenderse de la cosecha.

Con los costos teóricos estimados para los distintos sistemas de cosecha, el empleo de la cosecha integral por contratista resultó el más económico, aunque el pequeño productor realizara todas las tareas manuales sin retribuir su propio trabajo. Sobre todo, porque el transporte era directo al ingenio, sin el pago de un segundo flete, ni la tasa por el servicio brindado por el cargadero. De todos modos, para los minifundistas cañeros, el sistema manual y el semimecánico fueron los más empleados, ya que las superficies de sus predios limitaban el uso eficiente de las cosechadoras y no eran económicamente redituables para los contratistas. Cuando se trató de medianos o grandes productores cañeros, la cosecha integral estuvo más asociada con los períodos de estabilidad económica y los precios relativos de la mano de obra, la tecnología y la materia prima comercializada. El costo de la mano de obra fue siempre una variable importante para este tipo de cañeros, porque,

La gente es carísima, nosotros empezamos [en los años 70] hachando a macheta, pelábamos y despuntábamos muy bien. Después vino la cortadora

de Mattalia, la MDB, que cortaba, y la gente daba vuelta la caña; era mucho más barato. Después, el mismo Mattalia, aparece con la cortadora despuntadora, más barato todavía; pero no anduvo muy bien, yo la tuve también.

 Antes, llegué a tener 3 o 4 Claas [cosechadoras integrales], pero no daban pie con bola, no me fundí porque era una linda época, uno no se podía fundir. Hacía trabajos para terceros, era contratista, perdí plata; pero se podía perder plata. Hoy no, con esta máquina [una Cameco] también hicimos de contratista, pero, como nos agrandamos un poco, ya no; salvo que esté muy cerca de la finca nuestra. (Entrevista a R. Budeguer, 2018).

Durante gran parte de la década de 1970, las condiciones económicas posibilitaron la compra de maquinaria agrícola, aun en productores que no tenían la escala suficiente pero que afrontaron los costos como contratistas de cosecha. En los años posteriores (un período de crisis recurrentes que también afectó a los fabricantes locales de maquinaria), la ecuación se invirtió nuevamente y se retornó al empleo de la cosecha manual y la semimecánica, incluso en predios de los ingenios; tal como lo relataron un fabricante de cosechadoras y el responsable de la cosecha de un ingenio.

Me acuerdo que pasamos de vender 18 cosechadoras en un año y al año siguiente ni una. [...]. Incluso el problema de que no pagaban las que habían retirado, me tocó ir a recuperar máquinas a Famaillá, al ingenio San Pablo, cuando paso por ahí todavía me da escozor. Muchos otros se presentaron a convocatoria de acreedores... Fue al final de la dictadura, después de la Guerra de Malvinas, en el 83 ya estaba todo terminado. (Entrevista a Jorge Birgi, 2017).

Trabajé muchos años en el ingenio San Juan, hasta 1991, 92. Hasta donde yo trabajé, todavía traían cuadrillas de gente para la cosecha, aunque tercerizaban ese servicio. Todo era cosecha semimecánica, la integral era más cara y menos productiva. No porque la mano de obra fuera muy barata, la máquina integral era muy cara. Ahora las máquinas, comparativamente, bajaron de precio y son más eficientes que en aquel entonces (Entrevista a Enrique Fernández de Ullivarri, 2017).

Las medidas de política económica tomadas durante el gobierno de Menem permitieron, en los primeros años de vigencia, la renovación del parque de maquinaria, en el marco de la convertibilidad uno a uno, entre el peso y el dólar estadounidense. En poco tiempo, se conformó un mercado de cosechadoras usadas al alcance de un grupo de medianos productores de caña. Como es lógico, los ingenios tuvieron una

participación muy importante en estas operaciones, como fue el caso de los propietarios de algunas fincas cañeras medianas.

...las primeras cosechadoras, que las tenían los ingenios o muy grandes productores, pero contados con los dedos de la mano. No es como hoy, que hay productores, si te vas al este, vas a encontrar productores medianos chicos, tirando a chicos, que tienen una Cameco de los noventa, han logrado llegar. Todo eso ayudado a que como la tecnología ha avanzado tanto, van comprando máquinas usadas que salen baratas, porque el precio de reventa es bajo. (Entrevista a Ricardo Porcel, 2017).

Hasta que aparece Ferro [propietario del ingenio La Florida] comprándole a Ledesma las más nuevas, que eran las Cameco, y me llaman, porque querían vender todas las máquinas viejas para comprar otras nuevas. Como soy fierro, voy a buscar la mejor al depósito, había 95, 96, 97, 98, elegí la 95 porque era la más firme, valía 50 mil dólares, no los tenía, pero me ofrecieron pagar con servicios. Después aparece otra más nueva y la cambio, hasta que aparece una 2003, con dos o tres años de uso, que Ledesma no llevó. A esta máquina todavía la tenemos hoy en día, después compré otra, entregué otra y me quedé con esa; ahora tenemos las 2003 y una 2012. (Entrevista a Rodolfo Porcel, 2017).

Sin dejar de lado el tema del costo de las máquinas, en ocasiones priman otros motivos para su compra, como la necesidad de cumplir en tiempo y forma con los compromisos de entrega al ingenio, o no depender de los contratistas quienes pueden brindar un servicio deficiente. En palabras de un experimentado cañero y dirigente de una cooperativa de productores de Famaillá:

El día de hoy tenemos una integral ¿por qué la compramos? Hace cinco años ya no teníamos herramientas y pagábamos servicios, cada uno con su cosecha. Un problema fueron los socios que se fueron a vivir a la ciudad y los herederos vendieron sus fincas. A la integral la gestiona mi hijo, es una máquina usada, una Cameco de las chicas.

El contador de la cooperativa no quería inmovilizar cinco millones en una máquina, pero les dije que era una cooperativa, no para enriquecerse, es para tener un buen servicio. (Entrevista a Jose Torres, 2017).

En cuanto al cálculo del costo de la cosecha (sin dudas la tarea más onerosa en la producción de caña de azúcar para cualquier sistema empleado), existen varias dificultades para efectuarlo. Una de ellas es que las combinaciones posibles entre capital y trabajo son numerosas y dependen de cada sistema productivo. Algo similar

sucede con las tasas de interés asignadas al capital fundiario, el valor de las amortizaciones y la capacidad operativa de cada sistema de cosecha. Si además se incorporan los porcentajes de pérdidas de materia prima y trash, las estimaciones de manera considerable. Por último, en una economía inestable como la de Argentina, los precios relativos de bienes y servicios poseen una gran variación de acuerdo con el período analizado. En este sentido, cualquier análisis económico financiero sería una aproximación y, en consecuencia, recomendar un sistema de cosecha, la compra de una máquina o decidir su empleo basado exclusivamente en los resultados contables, solo reflejaría un aspecto parcial de la cuestión tecnológica.

El sistema de comercialización de la materia prima

Las condiciones establecidas para la entrega de la materia prima, es otro factor que interviene en la adopción de un sistema de cosecha específico, tema particularmente sensible en el caso de la caña de azúcar. Al contrario de otros productos agrícolas destinados al procesamiento industrial, este cultivo se deteriora progresivamente apenas cortado, lo que determina una reducción en la cantidad de azúcar obtenida por la fábrica. Además, los distintos procedimientos de cosecha, también incorporan un contenido variable de impurezas (llamado trash), que es necesario regular. Con el avance de la mecanización, se incrementaron las exigencias de coordinación entre el campo y el ingenio, por lo que la prioridad de entrada a los molinos se le asignó a la caña trozada, ya que la calidad de sus jugos se reduce con más rapidez que la colectada entera. (Castillo, 1994).

Uno de los componentes del trash es el residuo producido por el procedimiento de quema (una práctica para disminuir el costo del pelado de la caña), que se aplicó en la mayoría de los países productores de azúcar desde antiguo. Aunque en EE.UU. y Australia hubo, desde fines de la década de 1940, algunos modelos de cosechadoras integrales capaces de cosechar en verde, su complejidad mecánica o los conflictos con los cosecheros eventualmente desplazados impidieron su perfeccionamiento y la difusión a otros países. En esos lugares, la escasez de mano de obra, como consecuencia de la II Guerra Mundial, impuso la quema de la maloja previa

a la cosecha. Por el contrario, en Tucumán, esta práctica fue resistida durante años por los ingenios tucumanos en la medida que implicaba un aumento de los costos, por la necesidad de contar con instalaciones de lavado para la caña, so pena de obtener un producto final de menor calidad. De igual modo, otro inconveniente de procesar caña quemada es la baja de rendimiento fabril, sobre todo si la materia prima se dejó estacionada, más todavía si fue trozada (Cerrizuela, 1989).

En Tucumán, la quema de los cañaverales fue un acontecimiento frecuente en la época de zafra. Durante mucho tiempo se consideraron siniestros, accidentales o intencionales, y se tomaron medidas para reducir su extensión. Entre otros motivos porque desde 1926, con la aprobación del Laudo Alvear, las condiciones pactadas con los ingenios para la entrega de la materia prima fueron incompatibles con el empleo del fuego. Los conflictos ocasionados por la caña quemada fueron numerosos, sobre todo cuando los industriales dejaban de recibir materia prima en esas condiciones y consideraron que los incendios eran una forma de protesta gremial, tal como sucedió en 1948 y 1949 (Centro Azucarero Regional de Tucumán, 1949). Se aclaró, sin embargo, en una respuesta a una nota de la Unión de Cañeros Independientes de Tucumán, que

En circunstancias especiales, tales como la escasez de brazos, gran urgencia para cosechar ciertos tablones, etc., los ingenios pueden disponer que se prenda fuego a determinado número de surcos, antes de cosecharla, realizando la operación científicamente, es decir, de tal forma que no se queme más cantidad de surcos en un día que la que se puede cosechar y transportar al ingenio el mismo día siguiente, y que el cañaveral se queme en forma uniforme en toda su extensión, con un fuego cuya intensidad asegure la eliminación de las hojas y de las vainas sin “cocinar” la caña misma ni perjudicar las cepas. (La Industria Azucarera, 1949:101).

Más allá de la justificación técnica presentada, queda claro que la quema de los cañaverales en pie, previa a la cosecha, fue aceptada por los ingenios siempre que respondiera a sus intereses. De manera gradual, esta práctica se hizo común hacia fines de los años 1970, y estuvo impulsada por una nueva crisis del sector cañero, como medida para aumentar la productividad de la escasa mano de obra disponible para la cosecha, o para elevar la eficiencia de los sistemas semimecánico e integral empleados en esa época. (Ponce & Haro, 1979). Pocos años después la quema fue

aceptada como una técnica útil para reducir los costos y el contenido de trash, aunque se advirtió sobre los efectos negativos que podía causar en la calidad de la materia prima. (Scandaliaris, Romero, & Olea, 1988)

De este modo, y nuevamente estimulada por las crisis económicas de los años 1980, el pelado de la caña por el fuego alcanzó, a inicios de la década de 1990, al 92 % de la materia prima entregada a los ingenios (EEAOC et al., 1991). Si bien algunas de las integrales de esa época podían cosechar caña verde, rendían un 40 o 50 % menos, cosechaban con más trash y las pérdidas en el campo eran mayores (Cerrizuela, 1989).

La cantidad de trash generada por la quema también varía de acuerdo con el sistema de cosecha empleado y la época del año. Al principio de la zafra, las condiciones ambientales no son propicias para un pelado eficiente por fuego, situación que cambia hacia el final de la cosecha, cuando la baja humedad y el desecado natural de las hojas mejora el resultado. Como se observa en el cuadro 22, la cosecha integral produce menos trash que la cosecha manual de caña quemada.

Cuadro 22. Porcentaje de trash, por sistema de cosecha, para dos épocas de cosecha.

S. cosecha	Junio		Septiembre	
	C. verde	C. quemada	C. verde	C. quemada
Manual	1,02	9,68	1,20	5,39
Integral	5,18	2,57	3,35	3,19

Elaboración propia con datos de Scandaliaris & Muro (1981).

El otro aspecto a considerar son las características propias de cada variedad de caña cultivada, algunas de ellas más propensas que otras a desprender sus hojas, al igual que si son erectas y/o de crecimiento uniforme. En definitiva, las posturas sobre la cantidad de trash se deben, en su mayoría, al prejuicio de que en algún momento la caña llegada al trapiche parecía haber sido cepillada tallo por tallo. Antes de reconocer que todos los sistemas de cosecha, correctamente empleados, incorporan proporciones similares de trash. (Bliss, 1975).

El conocimiento de los efectos de la quema de los cañaverales sobre los suelos y el ambiente fue mejorando con los años. En los comienzos de la mecanización con máquinas integrales, que cosechaban mejor la caña quemada, el asesoramiento técnico recomendó realizar esta operación, para que las cosechadoras trabajaran mejor (entrevista a W. Zalazar, 2017), sin advertir sus consecuencias negativas o minimizándolas; como lo reconoció uno de los expertos consultados.

En un momento, a nivel mundial, en todos los congresos, el tema era como quemar eficientemente la caña en pie; porque la historia era que Australia se había quedado sin mano de obra por la Segunda Guerra e inventaron la integral que trozaba. Pero las máquinas no resolvían el problema, entonces a quemar. Estamos a una misma latitud y con climas similares, comienzo la cosecha a fines de mayo, hasta que llega agosto con todo seco ¿cómo quemamos? No hace daño a nada, perfecto. [...] El que tiene una noción de suelos sabe que no es cierto, el tiempo fue demostrando el daño... (Entrevista a D. Sandoval, 2017).

En consecuencia, la quema de caña no sólo tiene efectos perjudiciales para el medio ambiente. También representa una limitante para la entrega de materia prima a los ingenios. En todo caso, es un problema que afecta de manera particular a los pequeños productores porque, al cosechar con un sistema semimecánico simplificado, necesitan de la acción del fuego para pelar la caña. Además de la regulación legal sancionada en 2005, los ingenios han ido condicionando su recepción de materia prima. En palabras de dos contratistas, que emplean distintos sistemas de cosecha:

...también tuvo que ver el factor ambiental, el ingenio no recibe caña quemada. Aunque podrían recibir caña entera cosechada en verde, es una cuestión de adecuar las instalaciones, te hacen esperar el camión 10 o 15 horas, dicen que es incómoda molerla, que los rendimientos son más bajos. (Entrevista a N. Gómez, 2017).

Para el ingenio, te diría en este momento, lo que mejor aporta la cosecha mecanizada es que prácticamente tenés una caña verde, donde acá tuvimos largas décadas de caña quemada en el campo, con el cual teníamos un perjuicio ambiental, por un lado, caña que ingresaba al ingenio con mucha ceniza (Entrevista a R. Bleckwedel, 2017).

Para el sector industrial la mayor desventaja de la cosecha en verde con máquinas integrales (sobre todo de los primeros modelos), fue el aumento del trash, integrado

por el material vegetal sin contenido de sacarosa, como los residuos de despuntes y trozos de hojas, y la cantidad de tierra con se entregaba la caña. Un mayor contenido de trash también significa pérdidas por flete «vacío» (es decir se transporta material sin contenido de sacarosa) y, además, para el ingenio se traduce en un incremento de cachaza, pérdida de melaza y, por consiguiente, menos azúcar por tonelada de materia prima procesada, como se muestra en el cuadro 23.

Cuadro 23. Rendimiento fabril y azúcar perdida de acuerdo con el porcentaje de trash.

Trash (%)	Rend. Fabril (%)	Azúcar perdida (kg/tn)
1	10,38	1,20
5	9,95	5,50
10	9,54	9,60

Elaboración propia con datos de Romero, Pérez Zamora, Olea, Martín, & Scandalariis (1988).

Las pérdidas de caña durante la cosecha también fue un tema abordado cuando se incrementó la mecanización. En la etapa de campo, las pérdidas suman la cantidad de caña no cosechada, los tallos con despunte insuficiente, los cortados por encima de su base y los perdidos durante la operación de carga. La cantidad total puede oscilar entre el 10 y 20 % aunque, en un sistema bien ajustado, no debería superar el 5 %. Existen varias causas que explican las pérdidas, pero las principales son: operarios no capacitados, máquinas cosechadoras mal reguladas, campos faltos de sistematización, plantaciones en mal estado y cosecha en épocas inoportunas. (Romero et al., 1988).

Durante la segunda parte de la década de 1990 los ingenios comenzaron a otorgarle preferencia a la compra de caña trozada, cosechada por máquinas integrales, porque presentaba algunas ventajas sobre la caña entera y quemada. Incluso las fábricas que más dependían de la materia prima de los productores independientes fueron adecuando sus instalaciones para recibir caña cosechada en verde. Entre otros factores, las industrias acondicionaron sus trapiches para caña trozada, que no necesita lavarse antes de su molienda y los cargamentos son más sencillos de manejar en el canchón que los paquetes de tallos enteros o la caña larga a granel. (Entrevista a E. Sánchez Tello, 2017).

Cuando se consigue un ajuste eficiente la logística de transporte está ajustada, la caña trozada que recibe la fábrica es más limpia y fresca, y se muele con menos tiempo de estacionamiento que la entera (Entrevista a R. Bleckwedel, 2018). Además, se evita la etapa de limpieza (con el consecuente ahorro de agua), el uso de los desfibradores previos al trapiche o molino (que puede procesar la materia prima más rápidamente) y de esta manera los rendimientos fabriles son mayores (Entrevista a R. Barrientos, 2017). En este sentido, se puede afirmar que Tucumán ha seguido la tendencia de los principales productores de azúcar del mundo, como Brasil. Sin embargo, esto no se repite en todos los complejos azucareros, sobre todo en los que poseen una significativa dotación de mano de obra, como India y China. Una característica que resaltó uno de los técnicos entrevistados.

Depende de la cultura y la dotación de mano de obra, si es barata o cara como en los países industrializados, ahí todo es mecanizado. EEUU, Australia, todas estas máquinas fueron desarrolladas en esos países, por la necesidad, porque la mano de obra es muy cara. En países africanos o la India, hay mano de obra barata y además queman. En Cuba la mano de obra está presente, igual en China, si bien desarrollan máquinas integrales para exportar, pero no para ellos, necesitan crear trabajo. (Entrevista a E. Fernández de Ullivarri, 2017).

Como ya se mencionó, la caña trozada se deteriora más rápidamente que la entera, reducción de calidad que afecta también a los rendimientos en el proceso fabril. El daño se incrementa en la medida que los trozos son de menor tamaño, pero, al mismo tiempo, porciones más pequeñas de caña permiten mejorar la economía del transporte, al cargar mayores volúmenes de materia prima por entrega. Según dos de los entrevistados, la búsqueda de una mayor eficiencia en el transporte de la materia prima, de la finca al ingenio, fue un factor determinante para reducir, o prohibir, la entrega de caña entera. «Aunque la trozada se deteriora más rápido, el argumento es que se entrega muy sucia y estacionada. El volumen es más grande e incómodo de manejar... El ingenio dejó de recibir paquetes» (Entrevista a N. Gómez, 2017).

Todo el deterioro por troceo es negativo y baja el rendimiento en la fábrica. El trozado de 30 centímetros era negativo, ahora el de cuatro o cinco cen-

tímetros es peor; pero nadie dice nada porque así se limpia mejor y el camión lleva dos toneladas más. ¿Pero el objetivo es tener azúcar o que el camión cargue dos toneladas más?, es una involución... Lo que va en el sentido de la eficiencia, va en contra de otros intereses. (Entrevista a D. Sandoval, 2017).

La desregulación de la actividad azucarera, a partir de 1992, alteró el sistema de comercialización de la materia prima y se pasó de la maquila regulada por el Estado a un esquema similar, pero con acuerdo entre particulares, llamado maquila privada. De este modo, los ingenios, sin las restricciones del cupo establecido para la compra de caña y la posterior elaboración de azúcar, se transformaron en activos compradores de materia prima, muchas veces con la intermediación de terceros y el empleo de las cosechadoras integrales de nueva generación. Para los entrevistados, el sistema de cosecha integral favoreció la compra de caña en pie (Ricardo Porcel, 2017; Rubén Barrientos, 2017; Néstor Gómez, 2017).

Para los productores cañeros la venta de caña en pie (que el ingenio cosecha con sus integrales o contratistas) es la forma más rápida para obtener dinero efectivo, porque la operación es al contado. La venta de caña mediante el sistema de maquila individual o asociada, con un volumen acordado con el ingenio, supone un mejor ingreso económico pero la demora en el pago, o la entrega de las bolsas de azúcar para su comercialización, puede ser de varios meses.

Cuadro 24. Precio, costo e ingreso en pesos por tonelada de caña, de acuerdo con el sistema de venta y el lugar de entrega (1998).

Sistema de venta	Contado a intermediario		Maquila por cooperativa
Forma de entrega	En pie	Cargadero	En ingenio
Precio	9,00	15,00	19,60
Costo total	4,60	10,60	12,60
Ingreso	4,40	4,40	7,00

Elaboración propia con datos de Programa Social Agropecuario (1998).

Para el caso expuesto en el cuadro 24, el ingreso obtenido por la venta de caña en pie o entregada en el cargadero resulta equivalente. Sin embargo, en el primer caso, el peso se estimaba «a ojo», por lo que de manera frecuente se reconocía un volumen menor de caña. Por el contrario, la venta con entrega pactada en cargadero

permitía conocer con certeza la cantidad comercializada y, por ende, el ingreso a percibir.

Con el incremento de la mecanización de la cosecha los ingenios también debieron adecuar sus instalaciones, hasta entonces diseñadas y construidas para recibir y moler caña entera, cortada, pelada a mano y despuntada; parámetros definidos a partir de 1928 en el Laudo Alvear, pero muy difíciles de cumplir con otro sistema de cosecha que no fuera el manual.

Debido al empleo masivo de la quema para el pelado de la caña, los ingenios modificaron algunos de sus equipos. Hasta 1989 no hubo grandes cambios, pero comenzó una tendencia hacia la instalación de mesas de lavado y, hacia 1991, cinco de estos equipos lavaron el 26 % de la caña molida y se previó la construcción de tres mesas más, en otros tantos ingenios (Cárdenas et al., 1992); lo que suponía contar con el suministro del agua necesaria. El sistema semimecánico incluye caña con una cantidad importante de tierra, la materia con mayor incidencia negativa para la molienda. Entonces la fábrica debió incorporar dispositivos desarenadores, tamices, ciclones separadores y algunos otros equipos para eliminar el material insoluble. El sistema integral casi no agrega tierra, pero si una proporción de tallos inmaduros, hojas secas y verdes. La solución fue el lavado previo de la caña, cuando estaba entera, y sistemas de limpieza en seco, por corriente de aire forzado, para el sistema integral (Cárdenas & Diez, 1993).

Por último, como en toda relación asimétrica, y más allá de los costos extras que representa para las fábricas adecuar sus equipos para la caña a moler, el peso de la materia prima entregada, el contenido de sacarosa en el vegetal y el porcentaje de trash a descontar son determinados por los ingenios. En consecuencia, los resultados obtenidos, desde hace años, se convirtieron en una fuente permanente de conflictos que exceden la dimensión técnica, pero que influyen en ella.

He tenido grandes discusiones, nunca se sinceró el tema, ni desde el Estado. Se escribió mucho sobre la parte agronómica del cultivo, pero no te cuentan lo que es vox populi, como calculan el trash. (Entrevista a N. Gómez, 2017).

El ingenio te pone “a dedo” el trash de 10%, una mentira. Tanto se ha peleado por la cosecha integral en verde, las máquinas son muy eficientes limpiando la caña, entonces ¿por qué me carga 10 % de trash, si tiene el 4 %? [...] ¿Cómo se descuenta el trash? En azúcar, que dejo de cobrar. (Entrevista a Ricardo Porcel, 2017).

En síntesis, la comercialización de la materia prima se ajustó a las necesidades de los ingenios que, en la búsqueda de una mayor eficiencia para el sector industrial del complejo agroazucarero, orientaron sus objetivos hacia la imposición del sistema integral de cosecha, para garantizar el volumen de caña a moler, sin contemplar la heterogeneidad del sector agrícola productivo. Como lo expresó R. Barrientos (2017) -un asesor técnico con más de 35 años de experiencia en la actividad azucarera-, la fábrica esta acondicionada para los productores más grandes, los pequeños cañeros, si no se asocian, van a desaparecer por el avance tecnológico.

La mano de obra y la mecanización de la cosecha en Tucumán

La mecanización de la agricultura en general, y de la cosecha cañera en particular, se consideró un progreso para el complejo azucarero, en la medida que incrementó la productividad y disminuyó el esfuerzo humano, pese a ser vista de manera instrumental y sin analizar sus consecuencias en el mundo laboral. En este sentido, fueron las organizaciones gremiales de los trabajadores, por lo menos hasta el golpe de estado de 1976, quienes denunciaron el desempleo que generaría el uso creciente de las máquinas cosechadoras y actuaron en consecuencia; durante un período histórico conflictivo que estuvo

...marcado por un proceso de radicalización política y de auge de la militancia sindical de base que no se restringió a la Argentina, sino que tuvo proyecciones significativas en América Latina y en distintos puntos del mundo. En el marco de la Guerra Fría, al calor de los procesos de descolonización en importantes regiones de Asia y África, y de proyectos revolucionarios como el que triunfó en Cuba en 1959, se produjo el crecimiento de organizaciones políticas y sindicales que —con diversos lineamientos ideológicos— compartían una posición crecientemente contestataria y llamaban a producir cambios radicales en el orden económico, político y social. (Basualdo, 2016:12).

Más allá de las protestas gremiales en defensa de las fuentes de trabajo, es notable la escasez de documentación sobre la mano de obra ocupada por la agroindustria azucarera, tanto de empleados permanentes como temporales o trabajadores de ingenio y de surco. Además, la información disponible se presenta de manera dispersa y a veces con datos contradictorios (Nassif, 2015a). Una característica que también se extiende a la información existente sobre la pérdida de puestos de trabajo, causada por el proceso de mecanización.

La cosecha mecanizada y las organizaciones gremiales

Como ya se estableció, el proceso de maquinización del campo y la consecuente racionalización del trabajo agrario en la Argentina se había iniciado con la tractorización. Ya en 1963 la Federación Obrera Tucumana de la Industria del Azúcar (FOTIA), la organización gremial de trabajadores más importante de la provincia de Tucumán, había advertido que la mecanización de la actividad azucarera ocasionaba la disminución de los puestos de trabajo. En efecto, antes de 1940, para producir menos de 500 mil toneladas de azúcar, se necesitó el empleo de 160 mil trabajadores, poco más de 20 años después, para producir el doble de azúcar, el personal de cosecha no alcanzó a 64 mil personas, menos de la mitad de aquel número. Incluso la central gremial predijo la desaparición de algunos oficios, como el de carrero, debido a la generalización del transporte de caña en carros helvéticos y camiones, lo que efectivamente aconteció años después. En referencia a la cosecha, fue igual de crítica con la incorporación de maquinaria, incluso con la más simple. Sobre este particular, sostuvo que en

...la zafra del '61 hizo su aparición en nuestro país la máquina cortadora de caña, que se completaba con la fumigación (quemada de la caña) en reemplazo de la pelada. [...] Ahora se anuncia la fabricación en el país y tal vez en nuestra propia provincia de una cosechadora ya probada, que corta, pela, despunta y apila. Su capacidad de producción diaria es de aproximadamente 200 surcos, según sean las condiciones del terreno y el estado del cañaveral donde actúe. [...]. Tenemos así que la cosechadora reemplazaría a 117 [personas]. (FOTIA, 1963:8).

Probablemente la cosechadora mencionada haya sido una máquina construida en Santa Fe por Alarco, una empresa metalúrgica. El modelo se probó en los campos del Ingenio Mercedes, ubicado en las cercanías de Lules (La Industria Azucarera, 1964c). La capacidad de recolección indicada, equivalente a 17 toneladas por hora, suponía un desempeño teórico casi imposible de alcanzar con ese tipo de maquinaria (por ejemplo, implicaba descargar manualmente la tolva en donde se depositaban las cañas cortadas, cada pocos metros). Con este tipo de innovaciones, la mecanización total de la zafra, solo podría retardarse por la gran subdivisión de algunos predios; aunque «con las máquinas aparecerán sociedades, firmas o consorcios dedicados exclusivamente a cosechar o a cultivar por cuenta de terceros» (FOTIA, 1963:10), es decir con la aparición de la figura del contratista.

Pocos años después, entre mediados de 1966 y 1967, las medidas tomadas por el gobierno de facto de Juan Carlos Onganía generaron, entre otros efectos, la eliminación de 40 a 50 mil puestos de trabajo, solo en la agroindustria azucarera, y la profundización de un proceso de concentración en dicha industria. Muchos trabajadores y pequeños productores cañeros, que sufrieron las consecuencias directas de estas medidas, apoyaron distintas formas de organización en las que se puso de manifiesto, nuevamente, el protagonismo de la FOTIA. (Nassif, 2015a).

En lo referido al proceso de mecanización, FOTIA mantuvo su posición contraria al uso de las cosechadoras integrales. En junio de 1974, cuando participó del Primer Encuentro de Trabajadores Azucareros que se realizó en Tucumán, sostuvo

La oposición absoluta a la introducción de máquinas integrales, mientras no se adopten medidas para solucionar el grave problema de la desocupación. El trabajo de esas máquinas, en 8 horas, con solo dos operarios, desplaza a 260 trabajadores. (Evita Montonera, 1975:9).

Efectivamente la estimación era exagerada, desplazar 260 trabajadores (que cosechaban 350 toneladas de caña por jornal) implicaba, para la época, el empleo de dos máquinas integrales durante una jornada completa. De todos modos, además de organizar una huelga que paralizó la zafra durante varias semanas, en agosto de 1974,

los trabajadores agremiados a FOTIA, impidieron a los ingenios recibir caña recolectada por cosechadoras integrales (Noticias, 1974). Los reclamos se reiteraron en septiembre del mismo año, luego de un congreso de delegados seccionales, cuando se propusieron una serie de medidas de fuerza que se justificaron, entre otros motivos, en

...los desaprensivos [que creen] que la firme posición de FOTIA contra la incorporación de la cosechadora integral es una actitud antiprogresista. Se nos quiere presentar oponiéndonos al progreso. Pero, repetimos, eso reza en cuanto a los desaprensivos, pero no es esa la creencia de las patronales industriales y cañeras, esas patronales tienen conciencia que la verdadera posición de FOTIA es otra; y es FOTIA, precisamente, la que quiere liberar a los trabajadores de esas tareas insalubres, brutales, con jornadas de agobio, que deben cumplir los trabajadores del surco, sus mujeres e inclusive sus hijos. Nos oponemos a la incorporación de la máquina porque produce desocupación y porque su incorporación no ha sido dispuesta en una planificación que signifique el surgimiento de nuevas fuentes de trabajos industriales y agrícolas. (FOTIA, 1974:9)¹¹².

Mientras no hubiera nuevas fuentes de trabajo, la federación obrera sostuvo que la dotación de personal permanente debía ser de 1,5 persona cada 1.000 surcos de caña (aproximadamente 20 hectáreas), unos 11.500 empleados permanentes para ese año.

Otras veces, las protestas obreras se tradujeron en medidas de acción directa, dos cosechadoras integrales MF, las primeras que había adquirido el ingenio Concepción, fueron inutilizadas por los trabajadores mediante su vuelco en 1974 o 1975 (Entrevista a S. Chaila, 2018). Hubo otras organizaciones políticas que, además de compartir la postura de la organización gremial respecto a la mecanización, tomaron medidas similares a las de los cosecheros mencionados¹¹³. Unos días después, la misma organización, durante una reunión de delegados de la FOTIA, distribuyó

¹¹² Parte del texto de una solicitada publicada por FOTIA, en La Gaceta del 10 de septiembre de 1974.

¹¹³ En agosto de 1974, la agrupación Montoneros realizó un atentado con explosivos a un taller, ubicado en la Banda del Río Salí, como resultado del ataque, se informó que una máquina fue dañada en forma parcial (La Gaceta, 1974a:6). En los primeros meses de 1975, la revista oficial de Montoneros informó la destrucción con explosivos de 12 cosechadoras integrales y el incendio de otras dos más (Evita Montonera, 1975), es casi seguro que esta cantidad incluya el atentado a las siete máquinas en agosto de 1974.

un volante con instrucciones y un croquis para destruir cosechadoras integrales¹¹⁴ (La Gaceta, 1974b:9). Otra fuente, mencionó dos cosechadoras destruidas por un atentado, sin dar mayores precisiones al respecto (Mora y Araujo & Orlansky, 1978). Por último, en julio de 1976, un informe de la empresa de seguridad del ingenio Concepción, mencionó el incendio de máquinas integrales en la Finca El Chilcal, propiedad del mismo establecimiento fabril. (Basualdo, 2016).

Es probable que la cantidad de cosechadoras dañadas o destruidas por las organizaciones políticas armadas antes que por los cosecheros, haya sido sobrestimada debido a su impacto público. Al respecto, ninguno de los fabricantes locales de maquinaria informó que sus máquinas hubieran sufrido atentados o sabotajes (Entrevistas a Birgi, 2017 y A. Bleckwedel, 2018). Tampoco se puede descartar que algunas de las máquinas quemadas se hayan incendiado por falta de limpieza y un mantenimiento deficiente, debido a la inexperiencia de sus propietarios y operadores.

Las actividades de las organizaciones gremiales y políticas tucumanas prácticamente finalizaron los primeros días de febrero de 1975, cuando las Fuerzas Armadas iniciaron una vasta ofensiva militar, que denominaron Operativo Independencia, que concluyó a mediados de 1977 poco más de un año después de iniciada la dictadura que implantó el terrorismo de estado en el país. En definitiva, mediante el Operativo Independencia y las acciones tomadas durante el Proceso de Reorganización Nacional,

...las FF.AA. asumieron la tarea de disciplinar a la sociedad tucumana. Ello fue así porque la provincia de Tucumán no solo había sido el espacio donde se había asentado un frente de guerrilla rural; desde el cierre de once ingenios azucareros en 1966, se había convertido en un espacio de fuerte conflictividad política y sindical y de alta movilización política. (Garaño, 2016:148).

¹¹⁴ Sobre el Partido Revolucionario de los Trabajadores – Ejército Revolucionario del Pueblo (PRT-ERP), la otra organización política que tuvo presencia en los conflictos del sector azucarero en 1974, no se encontró información que la vinculara con medidas contrarias al proceso de mecanización. Al respecto, se consultaron los números 40, 41 y 42, todos de 1974, de la revista Estrella Roja, publicación del ERP. En ninguno de ellos se mencionaron atentados en contra de las cosechadoras.

La organización de agricultores más representativa de la época fue la Unión de Cañeros Independientes de Tucumán (UCIT). Constituida en 1945, a partir de la fusión de otras agrupaciones de cañeros, inicialmente representó a productores pequeños y grandes. Empero, a inicios de la década de 1960 y como consecuencia de las acciones de protesta, los cañeros grandes se separaron y formaron su propia entidad. De este modo, UCIT se convirtió en una asociación representativa de los pequeños productores cañeros (D. Mariotti, 2011). Aunque durante las grandes crisis de la agroindustria azucarera, entre 1956 y 1967, mantuvo una postura en defensa de la actividad, sus relaciones con FOTIA y el sector industrial (a veces conflictivas, otras veces de alianzas circunstanciales), estuvieron signadas por los intereses opuestos de sus asociados, al mismo tiempo proveedores de materia prima y demandantes de mano de obra para las tareas del cultivo y la cosecha.

El proceso o la forma de la mecanización y sus consecuencias no tuvo gran interés para UCIT. Sin embargo, durante 1978 se manifestó partidaria de la importación de cosechadoras de caña de azúcar, a través de una nota dirigida a la Federación Agraria Argentina. La solicitud se fundó en la necesidad que tenían los cañeros de tecnificar sus explotaciones quienes, año tras año, se enfrentaban con la escasez de mano de obra durante los períodos de zafra. También se señaló que la importación no afectaría a la industria nacional, quienes en los años previos no habían podido abastecer, en cantidad y calidad, a la demanda del mercado interno (Aldonate, 1978a). Afirmación que fue cuestionada por la Cámara Argentina de Fabricantes de Maquinaria Agrícola, quien aseguró que las empresas argentinas dedicadas al rubro de la caña de azúcar, Indal SA, Java SA y Mecanagro SA¹¹⁵, habían cumplido con la demanda de los productores y que, por parte de UCIT¹¹⁶, no habían recibido ningún pedido al respecto. (Aldonate, 1978b:7).

El marco en donde se desarrolló la agroindustria azucarera durante la última dictadura no tuvo grandes cambios, por lo menos desde el punto de vista formal. La

¹¹⁵ Sobre esta empresa no se encontró información.

¹¹⁶ El libro de actas de las reuniones de comisión directiva de UCIT, con fecha de 27 de junio de 1978, registra la recepción de una copia de la nota mencionada de la Cámara Argentina de Fabricantes de Maquinaria Agrícola. En las actas sucesivas no se volvió a tratar el tema.

actividad continuó regulada por el Estado, mediante la asignación de cupos de producción y comercialización de azúcar (controlada por la Dirección Nacional de Azúcar, ente autárquico con sede en Tucumán), y el financiamiento de la industria a estuvo a cargo de la banca oficial. De todos modos, el sistema de regulación estatal perdió eficiencia debido a la molienda de caña sin cupo, destinada a la producción de azúcar «en negro», lo que significó menor precio de la caña (M. C. Bravo & Rivas, 2017). Por otro lado, durante este período, hubo un avance significativo en la mecanización de la cosecha y una disminución en la cantidad de mano de obra requerida para esta tarea¹¹⁷.

El desempleo y la mecanización cañera

Es difícil establecer la cantidad de mano de obra desplazada por las innovaciones tecnológicas mecánicas en la producción de caña de azúcar. Además de los escasos datos al respecto, la información rara vez es comparable, entre otros motivos porque se refiere, en gran medida, a puestos de trabajo temporales y con una demanda variable a lo largo del ciclo productivo. En este sentido, es conveniente comparar la cantidad de jornales perdidos por la mecanización en vez de la cantidad de trabajadores, quienes en escasas ocasiones trabajaban durante todo el período de la zafra en el mismo establecimiento o bajo las mismas condiciones. Además, en la mayoría de las fincas, existió un número importante de trabajadores no remunerados (González, 1972). Este grupo, normalmente constituido por los integrantes del grupo familiar de los pequeños productores, también se vio afectado por la adopción de maquinaria para la cosecha. Según Bilbao (1973), se trató de una población subocupada de 75.000 personas.

A poco de iniciado el proceso de tractorización tucumano, Zappi et al. (1967) afirmaron que la mecanización del cultivo de caña, en cañeros de hasta 55 hectáreas, solo generaba un ahorro de mano de obra de 10 %. Este estudio no analizó la etapa

¹¹⁷ En cuanto a FOTIA, las crisis de la actividad azucarera en el período democrático llevaron a que en su actual accionar predominen los reclamos, negociados entre las partes, para mantener la fuerza de trabajo y garantizar la molienda en los ingenios y el pago en término de salarios (Barbetta & Mariotti, 2001).

de cosecha porque todavía no habían difundido las máquinas cosechadoras. Un abordaje más integral de la cuestión se realizó a principios de la década de 1970 por Canitrot & Sommer (1972a) quienes, a pesar de lo dificultoso de algunos cálculos, estimaron la pérdida de puestos de trabajo para el período 1963 – 1969 y, de acuerdo con su origen, la atribuyeron a una mejora en: los rendimientos del cultivo en el campo, en el proceso fabril, o debida al incremento de la mecanización. Además, estimaron las pérdidas previsibles en el corto plazo, con dos supuestos distintos, uno con tasas de incremento en la productividad similares a las históricas de la actividad, y el otro con incrementos que permitieran alcanzar los niveles del sector azucarero de Salta y Jujuy, superiores a los de Tucumán.

Cuadro 25. Puestos de trabajo perdidos en el sector agroazucarero de Tucumán (agosto 1963 y 1969).

Año	Puestos de trabajo	Diferencia año previo
1963	104.077	--
1965	115.910	11.833
1969	76.318	-39.592

Elaboración propia con datos de Canitrot & Sommer (1972b).

Como se observa en el cuadro 25, los puestos de trabajo generados por la actividad azucarera en su conjunto (en los meses de agosto, cuando se produce el pico de ocupación), disminuyeron un 35 %, entre 1965 y 1969. Cabe resaltar, sin embargo, que la zafra de 1965 fue récord y que, para la de 1969, ya se había producido el cierre de 11 ingenios. La pérdida de trabajo atribuida al incremento de la mecanización, representada en esa época por la incorporación del tractor, las cortadoras y las cargadoras de caña, sumado al empleo de herbicidas para el manejo del cultivo, fue del orden del 18 %, unos 6.000 puestos, que afectó casi exclusivamente a los cosecheros temporales. La previsión para 1974 estimó que la disminución continuaría, hasta abarcar entre 13.000 y 30.000 trabajadores más (Canitrot & Sommer, 1972b). Sin embargo, entre 1970 y 1974 la superficie cultivada con caña aumentó un 75 % y fue difícil cubrir los requerimientos de mano de obra para la cosecha manual. (Mora y Araujo & Orlansky, 1978).

El impacto del cambio tecnológico sobre el nivel de empleo fue analizado nuevamente, durante 1974 y parte de 1975, por Mora y Araujo & Orlansky (1978). Este trabajo, encarado con una perspectiva más sociológica que económica, mencionó el papel de los gremios y sindicatos azucareros en la cuestión. Destacó también que, aunque el costo de una nueva tecnología resulta importante para su adopción, intervienen otros factores, como su disponibilidad, la información existente sobre ella, la predisposición cultural y educativa, las políticas al respecto y los intereses de los sectores sociales involucrados en la actividad. En primera instancia, la mecanización, incorporada en la etapa de cultivo, tuvo un efecto menos visible y afectó más a los empleados permanentes. Efectivamente, las fincas cañeras que dependían de la tracción a sangre y las labores manuales (una proporción cercana a los dos tercios del total), necesitaron dos hombres con empleo permanente cada 1000 surcos; en los establecimientos mecanizados esa cifra se redujo a la mitad. Con la mano de obra transitoria para cultivo sucedió algo similar. La estimación para 1974 (cuando ya se usaba el sistema semimecánico y se habían incorporado las primeras cosechadoras integrales) determinó, para una superficie mecanizada del 65 % del total¹¹⁸, una reducción de entre el 40 y el 46 % de los jornales de cosecha (Mora y Araujo & Orlansky, 1978).

En Tucumán, la pérdida de puestos de trabajo continuó durante la dictadura de 1976 – 1983 y se intensificó a partir del proceso de desregulación económica de los años 1990. No fue posible hallar información confiable sobre la evolución de los puestos de trabajo, en parte por la dificultad de su clasificación en empleo temporal y permanente y, a su vez, contratados por los industriales o por los agricultores. Al mismo tiempo, la informalidad de los registros y el cobro a destajo, complican aún más cualquier estimación. La disminución de los puestos de trabajo afectó particularmente a los empleados cañeros temporales. Aunque no existen datos confiables,

¹¹⁸ Se consideró una superficie máxima a mecanizar del 65%. El restante 35 % sumó el 20 %, en manos de los minifundistas, quienes no podrían hacerlo, y el 15 % de los cañaverales ubicados en terrenos no aptos para cosechadoras mecánicas. Los supuestos del cálculo incluyeron: una zafra de 150 días, la productividad de la mano de obra, que varió entre 1,2 y 3 toneladas cosechadas por jornada de cosecha manual, según la fuente consultada; y para la productividad de la cosecha mecanizada, se tomó valores entre 10 y 40 veces mayores; cifras acordes con la maquinaria empleada por entonces.

desde mediados de los años 1970 hasta la década de 1990 el número de zafreros se redujo de 45.000 a menos de 15.000 (Giarraca et al., 2001)

Como se observa en la figura 38, para 1983 el total de puestos en el complejo agroazucarero alcanzó a 56.000 (Delgobbo & Castillo, 1986); poco más de diez años después, en 1996, la información suministrada por FOTIA dio cuenta de 28.000 empleos (Giarraca, 1999a). Dato comparable con el suministrado por González Lelong (1997), quién mencionó un total de 30.900 puestos para 1995, incluyendo trabajadores de surco y de ingenio. Cantidad que se redujo a 22.000 para 2003 (Viviani, 2003).

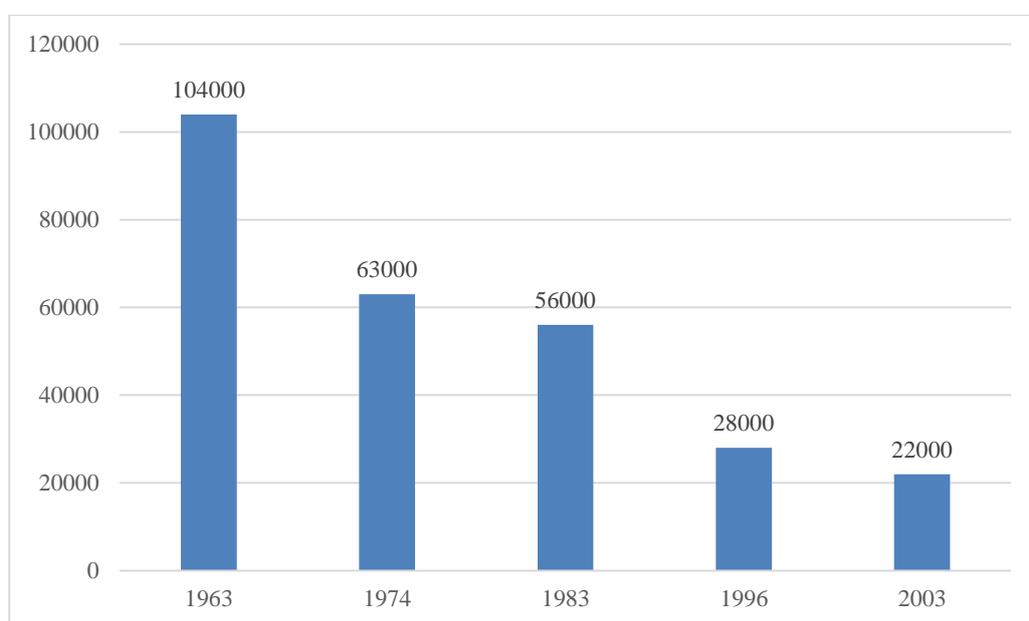


Figura 38. Cantidad total de puestos de trabajo en el complejo azucarero tucumano (1963-2003). Elaboración propia con datos de Canitrot & Sommer (1972a); Delgobbo & Castillo (1986); Giarraca (1999a); Viviani (2003).

La reducción de puestos de trabajo continuó varios años más. En 2007, según un estudio del sector agroindustrial argentino, el complejo azucarero en su conjunto empleó a 25.700 personas (Lódola et al., 2010), lo que permite inferir que en Tucumán rondaron las 18.000.

De todas maneras, aún con la imprecisa información disponible, se puede estimar una disminución de puestos de trabajo cercana al 80 % en un período de 40 años. Las evidencias existentes vinculan este fenómeno, en una proporción muy variable, no solo con el incremento de la mecanización, sino con las profundas modificaciones que afectaron al sector, sobre todo desde el cierre de los ingenios en 1966 y 67. Solo esta medida causó la pérdida de 50.000 empleos, a los que se sumaron otros 30.000 durante los siguientes 35 años, período en donde también influyeron las crisis económicas de los años 1980 y la desregulación de la década de 1990, que determinaron la reestructuración del sector agrícola y el industrial. Por otro lado, la oferta de mano de obra se fue reduciendo con el paso del tiempo, debido a la aparición de fuentes de empleo alternativas¹¹⁹ o, incluso, por la caída de la demanda. En todo caso, la mecanización apareció como funcional a estos cambios de contexto, antes que como una causa de los mismos, circunstancia que se vio favorecida por la dinámica de la industria metalmeccánica provincial.

El sector metalmeccánico cañero de Tucumán

El volumen y la calidad de la maquinaria para cultivo, cosecha y transporte de caña de azúcar fabricada en Tucumán, estimulada por la bonanza económica a inicios de la década de 1970, fue excepcional y no volvió a repetirse. Los establecimientos metalmeccánicos, además de abastecer el mercado local y regional, realizaron exportaciones de varios productos a países latinoamericanos. Las políticas económicas de la dictadura militar, entre 1976 y 1983, ocasionaron el cierre de varias de estas fábricas.

El caso de Indal¹²⁰ y Java, las dos marcas tucumanas de cosechadoras integrales y otros implementos fue sobresaliente y sin comparación en el contexto latinoamericano de la época. Aunque en Brasil ya existía la fábrica Santal, un establecimiento metalúrgico especializado en el sector azucarero desde inicios de los años 1960, su

¹¹⁹ Es el caso de los empleos generados por la industria cítrica tucumana.

¹²⁰ Siglas de Industrias de Alberdi. Los galpones que pertenecieron a la fábrica actualmente están ocupados por un supermercado mayorista.

primer modelo de cosechadora integral fue fabricado bajo licencia Mizzi, de industria australiana. Al mismo tiempo, en Cuba se estaba diseñando la primera versión de la Libertadora, cosechadora fabricada por Claas unos años después, en Alemania Occidental. Por esos años, el referente mundial en el diseño y fabricación de ese tipo de cosechadoras era Australia, que ya tenía más de dos décadas de experiencia en el desarrollo de estas máquinas y había contado con estímulos y políticas estatales específicas. EEUU, en cambio, se había dedicado a la producción de cosechadoras tipo Luisiana, más compatibles con su ambiente agroecológico y sistemas de cultivo.

En Tucumán, las experiencias con cosechadoras tipo Luisiana fueron iniciadas por algunos ingenios, con máquinas importadas, durante la primera mitad de los años 1960 y abandonadas poco tiempo después, debido a que el desempeño de estas maquinarias no fue el esperado, en comparación con el nivel de calidad logrado por la cosecha manual. Sin embargo, volvieron a usarse con éxito unos 15 años después. La oferta de modelos importados explica, en parte, la virtual ausencia de desarrollos locales.

Cosechadora para caña de azúcar.

HUMAX 4000

Patente N° 40233879

La solución para su zafra.

Liviana - Versátil - Fuerte y super económica

CORTA, DESPUNTA Y APILA.
Hasta 6 surcos en 1 para cosecha tipo Luisiana.

- Se trabaja en tramos desde 70 o más metros.
- El corte se realiza con un cilindro horizontal sobre un eje de 110 mm.
- Corta, despunta y apila hasta 6 surcos tanto para este como para el disco en la forma horizontal al mismo tiempo.
- El brazo apilador tiene 4.000 mm de longitud permitiendo elevar el corte hasta 1,20 metros.
- La desmenuadora es propulsada hidráulicamente mediante 2 bombas de aceite y un eje común de uso opcional.
- El brazo apilador es de altura regulable, lo que le permite elevar el corte en los momentos de mayor altura.
- El sistema de corte es de tipo hidráulico de alta potencia.
- El brazo apilador es de altura regulable, lo que le permite elevar el corte en los momentos de mayor altura.
- El sistema de corte es de tipo hidráulico de alta potencia.

Veálo en:
Av. Roca 1832 - Tel. 24-2496
S.M. de Tucumán

Figura 39. Folleto de la cosechadora tucumana Humax 4000, tipo Luisiana (s.f.). Nota: La publicidad destacó que su diseño era patentado.

Sin embargo, se construyó, una versión tucumana, la Humax (ver figura 39), que se vendió montada sobre un tractor Fiat hasta los primeros años 1990 y se fabricó por encargo, en una época de transición hacia el sistema integral de cosecha. No se encontró más información sobre la existencia de otras cosechadoras del mismo tipo y de construcción local. Un factor a considerar fue que los establecimientos metalúrgicos que incursionaron en la fabricación de cosechadoras, comenzaron con la fabricación de cortadoras simples y continuaron, directamente, con la construcción de máquinas integrales.

Existió además otra cosechadora integral de industria nacional La Magar (ver figura 40), una máquina apta para caña quemada, cuyo prototipo, diseñado y fabricado por una empresa de San Francisco (Córdoba), fue probado con buenos resultados, por lo menos entre 1964 y 1978, pero de acuerdo con la información disponible no se construyó en serie. Incluso, en distintas etapas de su desarrollo, el emprendimiento, contó con el apoyo financiero de los ingenios San Martín del Tabacal y Ledesma (Centro Azucarero Regional del Norte Argentino, 1964; Entrevista a R. Fernández de Ullivarri (h), 2019).



Figura 40. Cosechadora Magar en el Ingenio Tabacal (Centro Azucarero Regional del Norte Argentino, 1964).

De acuerdo con uno de los entrevistados, experto en mecanización cañera, el diseñador de esta máquina, que tuvo un desempeño aceptable y podía cosechar en verde con algunas limitaciones, intentó que fuera construida por una empresa tucumana pero el proyecto fracasó.

[La Magar], fue bastante buena, parecida a la Massey Ferguson, pero mejorada. Fabricada en San Francisco, donde no hay caña, la hizo un ingeniero joven que se le ocurrió agrandar el negocio familiar de trilladoras. La probó nada menos que en Ledesma, donde usaban la Massey Ferguson. [...]. Además, con ciertas limitaciones, cosechaba caña verde, aunque dejaba caña caída. La trajo a Tucumán, a Givogri, para que la copiara, pero nunca pasó de prototipo. (Entrevista a D. Sandoval, 2017)

El fabricante del prototipo fue la Metalúrgica Magnano, con sede en San Francisco (Córdoba), una empresa fundada en 1938 y que, hasta comienzos de 1980 fabricó, entre otras máquinas y equipos, más de 600 cosechadoras autopropulsadas de granos, 2.000 sembradoras al voleo, 1.000 acoplados, e incluso 2.000 chasis para Institec y 2.000 para Rastrojero. En la década de 1960 incursionó en la fabricación de esta cosechadora integral para caña de azúcar (Bil, 2009; E. de León, 2014). Por sus características, esta máquina, contemporánea de los primeros modelos australianos, se adelantó varios años a otras similares.

La fábrica Indal, fundada en 1970 por Eoclides Birgi y Luis Marzoratti en la localidad de Juan Bautista Alberdi, construyó y vendió más de 100 integrales entre 1971 y 1981, compitiendo en precio y servicio técnico con las cosechadoras importadas Claas. A pesar de las mejoras y el aumento de potencia de sus últimos modelos, aptos para cosecha en verde, no sobrevivió a la crisis económica de esos años y cerró sus puertas a principios de 1982. Durante sus pocos más de 10 años de existencia también construyó implementos de cultivo, carros cañeros, cortadoras de caña e, incluso, cargadoras continuas, o trasbordadoras, que vendió a los ingenios de Jujuy. Su creación se vio favorecida por las regulaciones del Operativo Tucumán. De este modo, la familia Birgi, residente en Córdoba, se trasladó a Tucumán porque había un acuerdo previo para

...hacer una máquina cosechadora motriz, pero había que hacerla aquí, con un espacio físico que lo permitiera. Se hizo el negocio entonces y nos vinimos, trajimos algunas personas de Córdoba, porque aquí no había mano de obra, salvo la gente que estaba en los ingenios. A partir de ahí, el 5 o 6 de enero de 1970 vinimos al galpón con todo cocinado, la compra hecha, la gente de allá. [...] Ahí nomás, en ese momento, se comenzó a hacer la primera máquina, la primera cosechadora, con las limitantes que había aquí y toda la importación cerrada, esas cosas; nosotros veníamos del sur, donde había mayor desarrollo del sector, se podían conseguir cosas, correas, motores, que acá no era posible. (Entrevista a J. Birgi, 2017).



Figura 41. Productos fabricados por Indal a mediados de la década de 1970 (Archivo de la familia Birgi, 2017). Nota: La publicidad ofrece un «paquete» para la cosecha integral, compuesto por desboquilladora y niveladora, para preparar el suelo, el carro volquete para trasladar la caña y la ISA 165; el primer modelo tucumano de máquina integral.



Figura 42. Cosechadora Indal ISA 221(Archivo de la familia Birgi, 2017). Nota: fue el modelo más avanzado de la fábrica, con un motor de mayor potencia y transmisión hidráulica tenía capacidad para cosechar caña en verde.



Figura 43. Vista trasera de la Indal 221. (Archivo de la familia Birgi, 2017).

La construcción de las integrales (figuras 41, 42 y 43) fue vista como una continuidad de las máquinas cortadoras y seguramente estuvo influenciada por la experiencia de E. Birgi quien, además de haber trabajado en la fábrica de cosechadoras de granos Susana (una de las primeras del país), había construido una cosechadora de maní para la firma Ochetti, mientras residió en Córdoba. Todos los componentes de la cosechadora de caña, excepto el motor y el equipamiento hidráulico, se fabricaron en Tucumán, lo que supuso una serie de inconvenientes que se fueron superando con el tiempo. Entre ellos, el traslado de las herramientas necesarias (pantógrafo, agujereadoras radiales, tornos pesados, equipos de soldar) y el montaje de un horno para el tratamiento térmico de los engranajes y otros metales. «La opción era [hacerlo] Córdoba, pero se perdía tiempo». (Entrevista a J. Birgi, 2017).

Además de los problemas suscitados por la falta de equipamiento industrial y la necesidad de capacitar los recursos humanos locales para los distintos procedimientos, la fábrica tampoco escapó al clima político de la época. En parte de ese período, debido a los conflictos gremiales en Fiat, los motores adquiridos para las cosechadoras no se entregaban en óptimas condiciones. «Destapaba los cárteres y encontraba alambres, virutas, dejadas adentro o los dejaban sin junta para que se fundieran; porque saboteaban a la fábrica Fiat, fue algo muy comentado en su momento». (Entrevista a J. Birgi, 2017).

Indal construyó dos modelos de cosechadoras e incluso adaptó uno de ellos para trabajar en terrenos con pendiente, que contaba con la posibilidad de regular su ancho de trabajo. La cosechadora ISA 165, luego de las pruebas de su prototipo en 1970, que incluyeron ajustes para adaptarse a las variedades de caña más comunes por entonces, «se fabricó entre 1971 y 1974, se presentó oficialmente en 1972, en serie de 15 o 18 por año. Después hicimos una con dos anchos de trocha, para maniobrar mejor en campos con pendiente». (Entrevista a J. Birgi, 2017).

La Indal 221, diseñada para la cosecha de caña quemada, pero que también podía cosechar en verde, mejoró apreciablemente su potencia y mecanismos hidráulicos, las principales falencias del modelo previo. Al igual que con la Magar, el ingenio

Ledesma estuvo interesado en conocer su desempeño y la probó en sus cañaverales durante en 1976 o 1977, aunque después la empresa agroindustrial optó por adquirir máquinas Massey Ferguson importadas de Australia. El establecimiento Indal fabricó,

...120, 130 máquinas, en series de 15 o 20 por año, hubo algunas que absorbían las otras, las reprocessábamos, era una alternativa comercial para los que no tuvieran como pagar una nueva. [...] Recibíamos las cosechadoras de modelos anteriores, reprocessábamos la parte interna, armábamos el chasis y las entregábamos. Era una diferencia de precio importante, usábamos cortadores, pontones, cilindros; motor y chasis nuevos. (Entrevista a J. Birgi, 2017).

Las relaciones comerciales también posibilitaron el desarrollo y venta de otros productos (ver figura 44), que no tenían una demanda importante en el mercado de Tucumán, debido a las características de sus sistemas productivos¹²¹.



Figura 44. Cargadora continua o trasbordadora Indal (Archivo de la familia Birgi, 2017).
Nota: Este equipo integraba el sistema semimecánico de cosecha y permitía cargar la caña cortada, dispuesta en el suelo, al medio de transporte.

¹²¹ Fabricamos niveladores de suelo, para sistematizar con curvas de nivel y que la máquina cosechadora rindiera. Después hicimos trasbordadoras de caña, a veces reparábamos las que ya tenía el cliente, en años llovedores había zonas en donde no podía acceder los carros grandes, entonces hicimos estas máquinas, vendimos unas 15; pero para Jujuy, aquí no se usaron mucho. (Entrevista a J. Birgi, 2017).

La empresa Java, creada entre 1965 y 1966, inició sus actividades con la fabricación de carros y otros implementos agrícolas para caña de azúcar. A mediados de los años 1970, construyó poco más de 10 cosechadoras integrales que no tuvieron las prestaciones esperadas, pero continuó en el rubro con la construcción de equipos de cultivo, carros volquetes y cargadoras, que fueron su mayor éxito comercial. Cerró sus puertas en 2004, cuando las consecuencias de las crisis económicas de 2001 y 2002 afectaron la sostenibilidad del emprendimiento. Su origen se debió a una sociedad familiar entre los hermanos Carlos «Freddie» y Eugenio Bleckwedel, que residían en Tucumán y tenían experiencia en la venta de equipos agrícolas e industriales, y el taller metalúrgico Inco¹²², ubicado en San Francisco, Córdoba. Java

...nació cuando empezó el Operativo Tucumán y como consecuencia de que cerraron [los ingenios], cuando estaba latente una necesidad de hacer algo en la materia y ahí surgió, en el año 65, la creación de Java. Que era dos tercios de los talleres Inco de Córdoba, las cabezas con las que hice mayor amistad, a los que agradezco todos los conocimientos que me dieron, en la persona del ingeniero Taglioretti y su socio, el doctor Lamberghini, que era abogado y estaba más bien en la parte jurídica. Un tercio mi hermano y yo, y dos tercios Talleres Inco, ahí nace Java, en el 66. [Al nombre] lo eligieron los socios de Inco, porque iba a centrarse en productos para la caña de azúcar, y la isla de Java fue ancestralmente productora de caña... (Entrevista a C. A. Bleckwedel, 2018).

Las máquinas integrales construidas por Java fueron un fracaso y, en algún momento, pusieron en riesgo la continuidad de la empresa. Un factor que debe considerarse es que se diseñaron para un ancho de labor de dos surcos, una innovación

¹²² Luego de una reiterada búsqueda en Internet, fue posible comunicarse con un descendiente del fundador de Inco. Esta empresa comenzó sus actividades en 1959, y en 1962 conformó una sociedad entre Antonio Lamberghini, socio principal y presidente por aquel entonces, junto a José Emilio Taglioretti y la sociedad Canpa (Nicolini, Giletta y Lamberghini). El objetivo de la empresa era comprar rezagos del ejército a la fábrica militar y modificarlos para fabricar acoplados. Dentro de los diversos productos que desarrolló Talleres Inco, durante la gestión de José Emilio Taglioretti, varios tuvieron que ver con la mecanización de la cosecha de caña de azúcar, en el norte del país. A lo largo de la historia de Inco se produjeron diversos tipos de productos: Acoplados, picadoras de forrajes, enfardadoras, semirremolques, máquinas para la cosecha de la caña de azúcar, agujereadoras, partes para vagones de trenes, partes para tractores, etc. Los últimos productos agrícolas que se produjeron en Talleres Inco fueron máquinas para la cosecha del algodón, desarrollando productos para la nueva tecnología de siembra y cosecha de este cultivo. Luego de soportar dos crisis diferentes, debido a las inundaciones en la zona de cultivo del algodón, la empresa comienza a fabricar matrices y a mecanizar piezas de metal duro para Tantal. (Taglioretti, 2019).

tecnológica difícil de lograr con resultados competitivos, incluso al día de hoy¹²³.

Con las cosechadoras

...nos embarcamos en un proyecto que nos complicó mucho, como éramos innovadores no la queríamos de un surco sino de dos. Empezamos con una de dos surcos, hicimos 10 máquinas y, al año siguiente a las 10 las reformamos, sin ningún pago, a un surco. Se sacó todo el segundo surco, se mejoró la estructura, y quedó una máquina ancha que cosechaba un surco. Nunca nos interesó ganar mucha plata o poca plata, sino el hecho de hacer algo, una innovación [...]. Cada rotura, un bulón que fallaba, era una máquina parada y no era una cargadora, era una cosechadora. Con las cosechadoras nos fuimos cavando un poco la fosa. (Entrevista a C.A. Bleckwedel, 2018).

Los principales defectos de esta máquina se asociaron con su muy escasa maniobrabilidad, debida a su excesivo tamaño, y el bajo rendimiento, como lo reconocieron los técnicos entrevistados. «Comenzaron con el concepto del doble surco, directamente, entonces era una máquina inmanejable.» (J. Birgi, 2017). «... era una máquina enorme, que entraba en tres surcos. Una rueda era la que cortaba y la otra rueda en el tercer surco. Era un monstruo.» (W. Zalazar, 2017). «...cuando tenía que doblar, 15 metros no alcanzaban para dar la vuelta.» (D. Sandoval, 2017). Otro inconveniente que se sumó es que, en esos años, habían empezado a importarse máquinas cosechadoras integrales con mejores prestaciones.

Sin dudas, las mayores innovaciones de Java fueron los carros volquetes y las cargadoras de caña (ver figura 45). Con estos dos equipos fue posible integrar el sistema semimecánico de cosecha que, en sus distintas versiones, se empleó desde entonces hasta la actualidad en Tucumán. Sus productos, cuyas bondades fueron reconocidas hasta por sus competidores directos, llegaron a exportarse a Bolivia, Uruguay y Paraguay. La idea de los carros surgió al observar que el sistema de carga en paquete era incompatible con las cortadoras de caña.

...el sistema de paquetes era el que demoraba todo el proceso. En ese momento, creo que el ingenio Los Ralos y el Santa Lucía, habían comprado

¹²³ En la década de 1990 tanto Claas como Cameco fabricaron cosechadoras de doble surco, sus prestaciones, comparadas con las máquinas tradicionales, no fueron las esperadas.

unas cortadoras despuntadoras y se vio que al transporte había que adecuarlo, tenían que hacerlo distinto. A tal punto que fueron los primeros clientes en comprarnos carros volcadores.

Ideamos los carros de vuelco lateral, que en parte eran un poco copia [de los tradicionales]; pero la copia significaba que había que amarrar la caja y que pivoteara, el ingeniero Taglioretti hizo la innovación. Colocó la bisagra bastante más adentro, casi a la altura en donde estaba el chasis y, casi sin amarre, se conseguía el vuelco lateral y que se abriera la caja. Fue un aliciente bastante importante. (Entrevista a C.A. Bleckwedel, 2018).



Figura 45. Cargadora autopropulsada y carros cañeros Java. (Avisos publicitarios de La Gaceta, 15 de julio de 1976 y Avance Agroindustrial, abril 1987, año 7, nro.28).

La cargadora, también parte del sistema semimecánico de cosecha, permitió incrementar la productividad y reemplazar la carga manual de los carros, una tarea riesgosa para los obreros. Los modelos de Java y posteriormente de Mancini hacia 1984 (una máquina diseñada localmente por el ingeniero agrónomo Domingo Sandoval, pero construida en Córdoba), fueron los más conocidos por sus prestaciones, aunque también hubo ejemplares de otras fábricas tucumanas como Givogri y Caballero. En general, la vida útil teórica de estos equipos fue largamente sobrepasada,

un indicador de su calidad constructiva y de la adecuación que tuvieron con el sistema semimecánico de cosecha. Incluso en la actualidad, por parte de algunos contratistas y cooperativas, todavía existe una demanda no satisfecha de cargadoras, lo que determina un precio de venta elevado para los escasos ejemplares ofertados, a veces en regular estado de conservación.

En el 70 empezó un poco el auge de las cargadoras, y eso duró 15, 20 años, hasta que ingenios como el Ledesma empezaron a hacer punta y compraron cosechadoras integrales. [...] El último modelo de cargadora fue el autopulsado, un elemento de trabajo a prueba de balas, todavía hay muchas funcionando. (Entrevista a C.A. Bleckwedel, 2018).

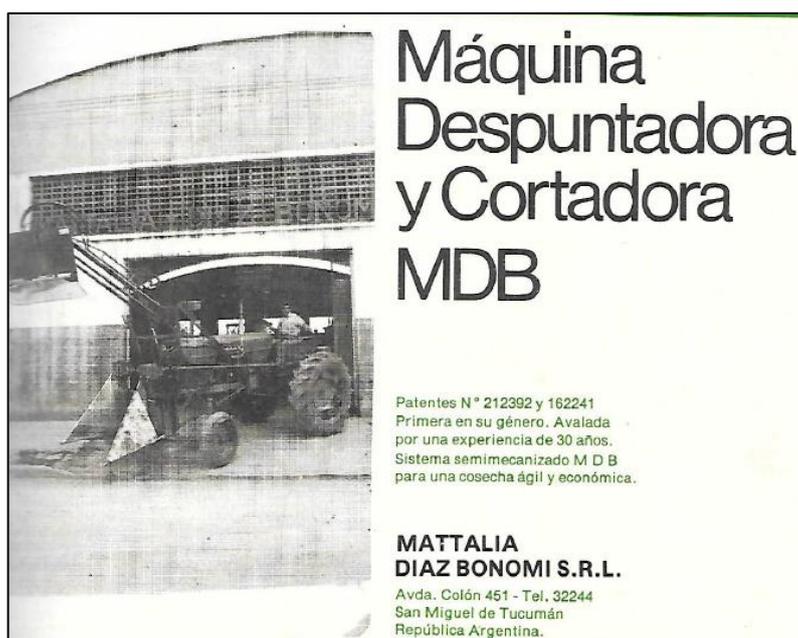
Diseñé la cargadora Mancini [...] y le gané un concurso a Cameco en Ledesma. [Llevamos] una sola máquina, se hacía por pedido, contra 17 Cameco. Sólo dos maquinistas y un ayudante. La prueba era cargar durante 24 horas, recién al día 26 la pararon. Después de esa prueba vendimos 29 cargadoras, entre Jujuy y Tucumán, incluso exportamos a Paraguay. [...] Mancini la fabricó, pero con la importación el negocio no tuvo futuro y terminaron en el sector de maquinaria vial. (Entrevista a D. Sandoval, 2017).

Los desarrollos de Java, al igual que los de Indal, fueron usados en los campos del ingenio Ledesma, también en los de San Martín del Tabacal, lo que permitió probar sus desempeños y realizar las modificaciones necesarias para construir equipos de gran calidad, como lo reconocieron los expropietarios ambas empresas de maquinaria. Además, estas fábricas tucumanas debieron superar las limitaciones asociadas con la lejanía de los proveedores de componentes hidráulicos¹²⁴ y la poca formación de los recursos humanos locales quienes, en el mejor de los casos, contaban con alguna experiencia en el área industrial de los ingenios azucareros. Este inconveniente fue subsanado, hasta la capacitación de los trabajadores locales, con la incorporación de personal proveniente de Córdoba y Santa Fe. Java llegó a emplear

¹²⁴ La hidráulica empezaba a despertar en la Argentina y teníamos la mayoría de los proveedores en Córdoba, de cuerpos de válvulas, bombas, mangueras de alta presión, cilindros hidráulicos, todo nuevo para la Argentina. (Entrevista a C.A. Bleckwedel, 2018). Aquí no se fabricaban bombas hidráulicas a rodillos, eran con bujes, toda la hidráulica era con bujes. Con estas condiciones se hacía inviable fabricar algunas cosas, porque los bujes se deterioraban por calentamiento; por supuesto no nos dejaban importar, así era la cosa. [...] Lo destaco porque fue muy sacrificado hacer la máquina aquí. (Entrevista a J. Birgi, 2017).

casi 200 personas e Indal unas 50, cantidades apreciables en el contexto laboral de la época.

Otras máquinas construidas en Tucumán, de gran aceptación por el sector productivo cañero, fueron las cortadoras. Las cortadoras, a veces combinadas con mecanismos despuntadores, funcionales al sistema semimecánico de cosecha, se comercializaron desde mediados de los años 60 hasta inicios de los 80. Tanto Indal como Java y MDB¹²⁵ se destacaron por la confiabilidad de sus equipos (ver figuras 46 y 47). Una noción de la cantidad existente de estas cortadoras es que, en 1968, se probaron cinco modelos distintos, cuatro de transmisión mecánica y uno de transmisión hidráulica¹²⁶, que tuvieron un desempeño similar en la cosecha; pero se diferenciaron por sus precios de venta (Morín, 1970b).



**Máquina
Despuntadora
y Cortadora
MDB**

Patentes N° 212392 y 162241
Primera en su género. Avalada
por una experiencia de 30 años.
Sistema semimecánico M D B
para una cosecha ágil y económica.

**MATTALIA
DIAZ BONOMI S.R.L.**
Avda. Colón 451 - Tel. 32244
San Miguel de Tucumán
República Argentina.

Figura 46. Despuntadora cortadora MDB. (Avance Agroindustrial, septiembre 1980, año 1, nro.2, página 17)

¹²⁵ El taller de MBD (Mattalia Díaz Bonomi), ubicado a unas 25 cuadras de la zona céntrica de San Miguel de Tucumán, es actualmente la sede de una iglesia evangélica pentecostal.

¹²⁶ Es probable que esta última máquina haya sido una Agrolic, como la adquirida por la Cooperativa Campo de Herrera (J. Domínguez & Hervas, 1970).



Cortadora de caña Super MDB

Conozca el nuevo modelo de la Cortadora de caña marca Super MDB modelo 1981.

Se ha efectuado la modificación a los efectos de lograr una mayor eficiencia para el caso de cañaverales en los que la caña se encuentra caída o enredada, mejorando un 100 % el trabajo de la máquina.

El agregado puede dividirse en tres partes:

En primer lugar un rodillo paralelo a los discos porta cuchillas que al dar vuelta ayuda a la caña ya cortada a pasar con mayor facilidad, evitando el atascamiento.

En segundo lugar los dos rodillos que van adelante de las pantallas, que al dar vueltas hacia adentro ayudan a la caña abierta o caída a encauzarse para pasar las cuchillas.

En tercer lugar el disco con cuchillas que se observa al costado izquierdo al girar trocea la caña vecina abierta y enredada permitiendo así cortar el surco en el que se está trabajando.

Toda la fuerza de estos tres movimientos adicionales ha sido sacada de la caja de engranaje y transmitido por medio de cadenas para su funcionamiento.

En el caso de caña caída o enredada no se puede trabajar con la despuntadora y por lo tanto se usa la cortadora con esta modificación. Si el cañaveral es erecto y es apto para cortar y desuntar con la cortadora simple y la despuntadora.

Los nuevos dispositivos pueden adicionarse en las cortadoras de caña fabricadas en años anteriores.

MATTALIA & DIAZ BONOMI S.R.L.
FABRICA DE MAQUINAS E IMPLEMENTOS AGRICOLAS

Av. COLON 451 TELEFONO 23-2244 S. M. DE TUCUMAN - (República Argentina)

Figura 47. Cortadora de caña MDB (Avance Agroindustrial, octubre 1981, año 2, nro.6, página 19). Nota: La publicidad destacó que la máquina tenía la capacidad para cosechar caña caída, y la posibilidad de integrar el dispositivo a modelos más antiguos.

Del dinámico y diverso sector metalmecánico tucumano subsistió, luego de sucesivas crisis económicas, solo una pequeña parte que fabrica, sobre todo, equipos de labranza, carros volquetes y acoplados para el traslado de la materia prima. Otros equipos más complejos, como carros autovuelcos y plantadoras, son construidos en Santa Fe y Córdoba. Aunque Java fabricó autovuelcos hasta su cierre, en 2004. En el caso de las plantadoras también se construyeron localmente algunos prototipos como se observan en las figuras 48 y 49. El futuro de estos emprendimientos, iniciados alrededor de 2010, es difícil de predecir debido a los recientes cambios de la política económica y la presencia de empresas transnacionales, con sucursales en Tucumán, que ofertan equipos similares, como Case y John Deere.



Figura 48. Plantadora autopropulsada de caña usada en la EEA Famaillá (2017). Nota: Diseñada y construida por el ingeniero agrónomo César Terán, se emplea desde hace varios años en los cañaverales tucumanos (EEA INTA Famaillá, 2017).



Figura 49. Plantadora de arrastre El Patriota, fabricada por encargo (Tucumán, 2017).

Actualmente, en Tucumán, no se fabrican máquinas cosechadoras para caña de azúcar. El caso la Cañera INTA (presentado en la Introducción) fue excepcional, porque estuvo dirigida al sector de los pequeños productores y se trató de un equipo diseñado para el sistema semimecánico. La opinión de los expertos e informantes consultados al respecto no fue unánime. Algunos destacaron varios factores para mejorar, asociados con defectos en el diseño y las opciones tecnológicas realizadas

que obstaculizaron su empleo eficaz. Otros, en cambio, mencionaron que podría convertirse en una alternativa para la cosecha de fincas de pequeños productores y de caña semilla. De una forma u otra, son varias las cuestiones a revisar. Se trata de una máquina de arrastre y por lo tanto necesita de un tractor de más de 80 CV y con toma de fuerza hidráulica. Además, varios de sus mecanismos se accionan mediante transmisiones mecánicas, con engranajes y cadenas, que complican su operación, y el sistema de carga para la caña cosechada es poco eficiente. Otros motivos a considerar es que la zafra dura en promedio entre 120 y 150 días, un periodo corto para amortizar el costo de la máquina, sobre todo si hace falta adquirir un tractor adecuado. Incluso con oferta de servicios de cosecha, por parte de contratistas, la logística debería ser ajustada para evitar la capacidad ociosa o carecer del servicio en tiempo y forma. Por último, y con seguridad la cuestión más importante, cada vez son menos los ingenios que reciben caña larga (o lo hacen en una mínima proporción), una limitación que hace difícil continuar con el sistema semimecánico de cosecha.

El sistema de cosecha manual de caña de azúcar

El sistema de cosecha manual es, sin duda, el más antiguo y difundido en el mundo. En Tucumán, según (Cross, 1942; 1961), no tuvo cambios significativos entre 1880 y 1960, salvo la incorporación de algunos carros y tractores para trasladar la caña cortada en las fincas a los ingenios. La cosecha comprendía cuatro operaciones: corte, pelado, despuntado y cargado de la caña.

Primero se voltea la caña cortándola con un machete a flor de tierra, y luego, empleando un cuchillo grande, se toma cada tallo separadamente y se deshoja (es decir quita las hojas y las vainas) y se “despunta”, cortando y descartando la parte superior verde e inmadura de la caña.

El acarreo se realiza en carros y carretas tirados por bueyes y mulas y en trenes Decauville que poseen algunos ingenios. [...]. Los cosechadores son pagados a razón de tanto por tonelada, por cuya suma la caña debe ser debidamente pelada, despuntada y entregada en brazadas “a la rueda”, al carrero parado dentro de un carro quien la recibe y la acondiciona en el mismo (Schleh, 1953:52-53).

Para el corte o hachado el zafrero tucumano empleó, a diferencia de otros complejos azucareros, dos herramientas: un machete¹²⁷ (también llamado macheta o mocha¹²⁸ -ver figura 51-, debido a su extremo romo), para el corte del tallo y, para el pelado posterior, un cuchillo más liviano -ver figura 50- (con una hoja de 35 centímetros aproximadamente); que se dejó de usar hacia fines de los años 1970. Eventualmente, el cosechero podía llevar una lima plana o una piedra de afilar.



Figura 50. Cuchillo para pelar caña

¹²⁷ «...los machetes fueron traídos al continente por los europeos, aunque no se conozcan las funciones específicas originales de los mismos. Sin embargo, es probable que tuvieran una función dual, como arma y como herramienta...» (Hernández Morales, 2014:55).

¹²⁸ También llamada pacora y cuto en algunos países latinoamericanos. El nombre de mocha se emplea también en Cuba «Desde que el machete o mocha tumba la caña hasta que se cierra el envase de azúcar...». (F. Ortiz, 1973:55).



Figura 51. Macheta empleada en Tucumán para la cosecha manual de caña.

Con un peso aproximado de 500 gramos, la macheta tiene una longitud total de poco más de 54 centímetros, distribuidos entre 32 de hoja y 22 de mango. A veces, en el extremo delantero del contrafilo, presenta una escotadura que comúnmente se denomina gancho y sirve para deshojar la caña. La información sobre el origen y desarrollo de esta herramienta para la cosecha es imprecisa, pero se conoce que en algunos países productores de azúcar se la emplea desde hace más de 150 años (ver figura 52).



Figura 52. Macheta usada en Luisiana alrededor de 1850 y su versión actual, fabricada en El Salvador. (West Baton Rouge Museum, s. f.; Imacasa, 2017).

Aunque el uso de la macheta para el corte de la caña es muy frecuente en la mayoría de los países latinoamericanos, también se han utilizado otros diseños (ver figura

53) que buscaban mejorar el desempeño de los cosechadores, al mismo tiempo que disminuir el esfuerzo físico realizado por estos.



Figura 53. Machete «australiano» (Imacasa, 2017). Nota: En esencia una macheta con mango largo y perfil angulado de 135° para facilitar el corte.

En Colombia, la macheta clásica se reemplazó por el machete «barrigón», de hoja oblonga y afilado en todos sus bordes, luego fue el turno del «sable rojo», similar a la macheta, pero más largo y pesado, todavía hoy el modelo de mayor aceptación. El último cambio fue, hacia finales de los años 1970, cuando el 30 % de los cosecheros adoptó el machete «australiano», con un diseño peculiar originado en el país homónimo. (AUPEC, 1997).

En Brasil, cuando la mecanización era incipiente, también se evaluaron diversas herramientas de corte manual empleadas en distintas regiones y países del mundo (ver figura 54), entre ellas las de Mauricio, Luisiana, Australia y nordeste de Brasil.

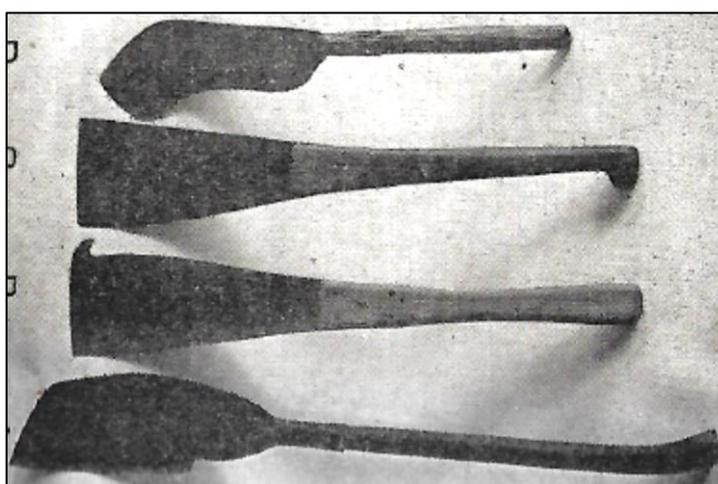


Figura 54. Machetes evaluados en Brasil (Arroxelas, 1973). Nota: de arriba hacia abajo herramientas usadas en nordeste de Brasil, Australia, Luisiana y Mauricio

Los resultados de la prueba, realizada en parcelas de caña quemada y efectuado por cosecheros que tuvieron un periodo de entrenamiento de 15 días con los machetes, determinaron una clara ventaja a favor de las herramientas empleadas en Luisiana y Australia por sobre las de Brasil y Mauricio. Los valores en toneladas hombre por jornada de ocho horas fueron, para cada modelo de machete: Luisiana, 7,57; Australia, 7,52; Brasil, 4,56 y Mauricio, 4,34 (Arroxelas, 1973). Sin embargo, el mejor desempeño de algunos machetes no determinó su adopción por parte de los cosecheros.

En Tucumán, con el propósito de mejorar la eficiencia del trabajo y disminuir el desgaste del obrero para las tareas posteriores al corte de las cañas (como el pelado, apilado y cargado), se realizó una evaluación sobre la eficiencia del trabajo de corte manual con el empleo de tres herramientas: la macheta tradicional, el machete australiano y la hachita¹²⁹ santafesina, con pesos de entre 560 y 710 gramos. El experimento no encontró diferencias significativas entre la macheta y el machete australiano, pero ambas sí fueron superiores al instrumento santafesino. La pequeña diferencia de rendimiento a favor del machete australiano se atribuyó a su diseño ergonómico y mayor peso. Por otro lado, la pericia de los cosecheros con la macheta, debido a su experiencia laboral previa, determinó que los rindes alcanzados fueran similares entre las dos herramientas. (Fogliata & Morín, 1989).

El machete «australiano»¹³⁰ supuso una innovación. Aunque su origen y desarrollo es incierto, los cosechadores de aquel país lo usaron de forma masiva desde finales de la década de 1950. Se trató de la modificación de un modelo industrial (el machete recto), al que los obreros, mediante el calentamiento de la hoja, doblaron en ángulo. Este nuevo diseño, posteriormente de fabricación estándar, permitió trabajar más rápido y sin doblar tanto el cuerpo, aunque el despunte de la caña apilada debía hacerse con un machete común (Boileau & Thompson, 2011).

¹²⁹ Como su nombre lo indica, se trata de una herramienta muy similar a un hacha, de unos 45 centímetros de largo, pero con la cabeza más liviana.

¹³⁰ En Centroamérica se lo conoce también como modelo «colombiano», porque lo fabricó y distribuyó una empresa de ese país.

Las ventajas que ofrece el machete australiano se relacionan con un corte de la caña al ras del suelo, la posibilidad de cortar más de un tallo por golpe, debido a su mayor peso y longitud, y una posición de labor más cómoda, al no ser necesario inclinar tanto el cuerpo.

En lo referido a los otros modelos de machetes para cosechar caña, su diseño parece estar más ligado al uso y las costumbres de cada país, antes que a sus parámetros de eficiencia; además de otras razones relacionadas con las variedades de las cañas y las características de los sistemas de cultivo. En la India, por ejemplo, los cuatro machetes más empleados en la cosecha de caña, con un peso de entre 400 y 700 gramos, tienen una hoja corta y ancha similar a una media luna. Un estudio ergonómico al respecto propuso alivianar su peso y mejorar el agarre del mango, para que las herramientas fueran más confortables de usar por los cosecheros (Thiyagarajan et al., 2013). En Tucumán no se han encontrado indicios de otras herramientas distintas del machete para el corte manual de caña y, prácticamente, la única que se emplea y comercializa es la macheta, casi siempre de procedencia colombiana¹³¹.

Desde el punto de vista sociotécnico, el machete responde a un diseño industrial estándar. Por consiguiente, es el usuario quién debe adaptarse a la herramienta. Mediante un proceso que sucede a partir la experiencia laboral y el conocimiento tácito del cosechero. Sin embargo, sería posible introducir mejoras en el implemento, tanto por parte del mismo trabajador (como sucedió con el origen del machete «australiano»), como por el fabricante. Una prueba de ello es un machete ergonómico diseñado en Colombia, que posibilitó un incremento del 11 % en la cantidad cosechada por hombre (Iguarán et al., 2017). De cualquier modo, todo cambio puede traer algunos inconvenientes y exige nuevos aprendizajes. El machete «australiano», cuya longitud permite trabajar menos encorvado y concentra su peso en el extremo de la hoja cortante, es más eficiente en manos de personas de complejión robusta que de cosecheros con menor talla. Además, cuando las herramientas son específicas para una tarea, pierden su utilidad para otras labores, como cortar leña,

¹³¹ Marca Incolma (Industria Colombo Alemana), modelo Cirirí. Para un entrevistado, la inexistencia de machetas argentinas se debió a la falta de interés de los fabricantes de herramientas, asentados mayormente en la región pampeana, por la producción azucarera. (Sandoval, 2017).

desmalezar o, en este caso, pelar caña, y su empleo puede ser resistido por los operarios (Weekes, 2004).



Figura 55. Zafreiros en plena tarea, años 1965 y 2012. (Portada de La Industria Azucarera. Tomo LXXI, nro. 862, septiembre de 1965 y AER INTA Monteros, 2012).

En Tucumán no hubo modificaciones o adaptaciones de herramientas para el corte manual de la caña. En la figura 55, con un período temporal de casi 50 años, se aprecia que la única diferencia en la tarea de «hachar» es el estilo de las prendas de ropa que visten los cosecheros, siempre destinadas a obtener la mayor protección posible, tanto de los factores climáticos como de la faena.

Las operaciones de pelado, despuntado y carga de la caña constituyeron los pasos siguientes a su corte. Todas estas tareas eran asumidas sin solución de continuidad, como si se tratara de una sola: se iniciaba con el corte y culminaba con el paquete de tres mil kilos cargado sobre el carro. Esa

...era la (cosecha) manual, 1970 o 1972, la semimecanizada estaba haciendo su ingreso [...]. Mi abuelo y mi vieja eran cañeros, más que cañeros obreros del surco, pequeños productores de la zona de Leales y, obviamente, tenían que hachar, pelar, despuntar y cargar. Yo hice alguna de esas tareas con ellos, tenía ocho años. Ir con ellos y ver cómo se trabajaba, como era la actividad... (Entrevista a W. Zalazar, 2017).

Aunque en conjunto pueda parecer una faena simple, implicó un trabajo coordinado y un apoyo logístico considerable que, además, debía combinarse con el ingenio para coordinar la entrega de la materia prima¹³². Para la zafra se requería una cantidad abundante de mano de obra originaria de otras provincias, porque resultaba difícil que los productores de caña de azúcar (fueran independientes o ingenios) contaran con el personal suficiente en su zona¹³³. La necesaria presencia de estos contingentes de trabajadores también ocasionaba otras demandas que debieron ser atendidas. En Tucumán

...los empleados transitorios, por lo menos en esta zona [departamentos Famaillá y Monteros], eran santiagueños, muy respetuosos, que venían a trabajar. Vivían en el monte, produciendo carbón, venían contentos. No había el gremialismo de ahora, no significa que se los explotaba, se pagaba lo que correspondía y la gente se iba con plata para el resto del año. De los santiagueños tengo el mejor recuerdo, muy respetuosos.

En esos tiempos no había casas para la familia y, bueno, cortaban sunchos para hacer un rancho transitorio, por lo general venía la familia completa, salvo casos aislados como muchachos solteros de 20 o 25 años. Hacían un ranchito cerca de un alambrado o un terreno libre. Venían familias porque el hombre tenía su “barra”, su mujer y sus hijos. La “barra” pelaba una carrada por día y si había alguna urgencia podían acelerar el trabajo. Un hombre solo demoraba dos días en pelar una carrada. (Entrevista a José Torres, 2018).

Un profesional con una larga experiencia como encargado del «departamento de campo» en una finca del ingenio Ledesma y luego en el predio del INTA Famaillá, redactó un manual para la producción de caña de azúcar que, en la sección de cosecha, estableció las necesidades de mano de obra para un «frente de cosecha»¹³⁴ manual, que se precisan en el cuadro 26.

¹³² Todo era manual, cortado, pelado, cargado arriba de los carros, primero los carros [de madera] venían de Santiago, después los helvéticos, mi hermano los llevaba al cargadero a las cinco de la mañana. La sacaban y la llevaban al tren, todas carradas de 2500 o 3000 kilos. Todos paquetes, colas de paquetes y a la cadena había que tensarla. Por ahí venían y no podías cargar porque no te habían traído cadenas o habían llegado tarde al reparto, y ya estabas jodido, tenías que esperar un día sin cargar, eso era una odisea a veces. (Entrevista a Rodolfo Porcel, 2017).

¹³³ En los ingenios de Salta y Jujuy, durante un largo tiempo los jornaleros fueron de origen boliviano.

¹³⁴ Denominación del conjunto de personas, equipos y maquinarias organizadas para la tarea de cosecha.

Cuadro 26. Integrantes de un frente de cosecha manual para caña quemada (1993).

Tarea	Función	Personal
Marcada	Jefe	1
	Capataz	1
	Zafreiros	90
	Ayudante	1
	Apuntador	1
	Ganchero	2
	Cadenero	4
	Palero	3
Transporte	Tractorista	4
	Total	107

Elaboración propia con datos de Olmos (1993). Organizado para una asignación de 500 toneladas diarias de caña de azúcar y 50.000 toneladas totales para una zafra de 120 días.

Al total de 107 personas se le agregan cuatro tractores y 30 carros helvéticos. Además, si el frente de cosecha debe descargar la materia prima, sería necesario sumar otros cuatro operarios. En el cuadro 27, el nombre de «Marcada» se debe a que el jefe, junto con el capataz y el ayudante «marcan la tarea», asignando la cuota diaria de caña a cosechar por cada zafreiros y las distintas obligaciones a cumplir por el resto del personal. En tanto, la «Función» se relaciona con las distintas operaciones: el apuntador lleva el registro de lo cosechado por persona; el ganchero (o «cuartero») se ocupa de enganchar los carros a los tractores; el cadenero empaqueta la caña y el palero, con su pala, es un auxiliar para nivelar el terreno y facilitar el tránsito de los tractores y carros. La asignación de 500 toneladas, una superficie promedio de entre 8 y 12 hectáreas, equivale a cinco y media tonelada de caña quemada por cosechero. Aunque la integración de otros frentes de cosecha haya prescindido de algunas de las funciones listadas, la dotación de poco más de 100 personas es consistente con la información colectada y el testimonio de los entrevistados.

Para la cosecha manual, la jornada se iniciaba con la llegada al cañaveral, a las cinco o seis de la mañana, y la asignación a cada trabajador de 4 o 6 surcos de 100 metros cada uno. Más allá de las condiciones de vida de los zafreiros, la colaboración de los otros miembros de la familia fue un factor determinante para la productividad, que podía elevarse al doble cuando la tarea de corte (la más intensa) quedaba reservada al cosechero y el pelado (que implicaba menos esfuerzo físico, pero era la tarea que más demoraba) al resto del grupo familiar. De esta manera, «un pelador

adulto, joven y diestro, puede cortar hasta tres mil kilos por jornada. Si le ayudan su mujer y sus hijos, la cifra puede ascender a cuatro o cinco mil.» (Facultad de Filosofía y Letras de la UNT, 1963:39).

En lo referido al diseño de las plantaciones, en Tucumán fue muy común la división del predio en «tablones», integrados de 200 o 300 surcos (separados entre sí por 1,60 metros) con un largo de 100 metros (una superficie equivalente a cuatro o cinco hectáreas). «Los tablones están distanciados de 5 a 7 metros, para facilitar la circulación de la maquinaria. De 20 a 25 tablones integran una sección. Tres secciones forman un lote y de 3 a 4 lotes una colonia». (Acevedo, 1981:11). Es decir que 25 tablones suman unas 100 hectáreas, 300 forman un lote, y entre 900 y 1.200 una colonia¹³⁵. Los tablones con una superficie variable, dependiente de las condiciones ambientales, la topografía y el sistema de cosecha (Olmos, 1993) modificaron el diseño tradicional, en donde cada tablón se componía de 100 surcos de 100 metros de largo (superficie equivalente a dos hectáreas), la unidad empleada históricamente en la Argentina para el cultivo de caña. (Schleh, 1953). Este diseño característico de los campos también servía para ubicar de manera rápida y precisa cualquier sector del cañaveral, sobre todo en establecimientos de gran tamaño. Además, la longitud del surco facilitaba el control de la tarea de los cosecheros.

La caña se cultivaba en parcelas o tablones cuya característica distintiva era el diseño en dameros de igual medida en el ancho. Todas las tablas sin excepción tenían 100 metros de ancho. Por esta razón la industria azucarera tiene arraigado el concepto de surco como una medida convencional equivalente a una línea de caña de 100 metros de caña, ya que fue el único diseño existente en los campos durante largo tiempo (Comunicación personal con Miguel Fernández de Ullivarri, 2018).

Es probable que este diseño en damero, además de aumentar la eficiencia en el transporte de la caña cosechada, se haya usado para limitar un mayor desplazamiento de los obreros del surco. Parcelas de cien metros de lado aseguraban un

¹³⁵ En la actividad azucarera el significado de esta palabra se corresponde con una plantación de caña, que era cultivada por los colonos que residían en los alrededores. A diferencia del colono tradicional, el del sector azucarero tiene una dependencia laboral con el propietario de la tierra y entrega todo lo producido al mismo.

trayecto máximo de cincuenta metros con la brazada de caña al hombro, tanto para la plantación como para la cosecha¹³⁶.

El rendimiento del cosechero era variable si se trataba de caña verde o quemada. Para el primer caso, una experiencia realizada hace 45 años atrás en el ingenio Cruz Alta determinó una productividad cercana a un tercio de tonelada por hora (ver cuadro 27).

Cuadro 27. Tareas de la cosecha manual en horas y minutos, para una tonelada y un paquete de 3.000 kilos (Morín, 1975).

Tareas	Tiempo/Tn	Tiempo/paquete
Hachar	33 min	1 h 39 min
Pelar	2 h 08 min	6 h 24 min
Apilar	16 min	48 min
Cargar	8 min	24 min
Totales	3 h 05 min	9 h 15 min

Las poco más de nueve horas que lleva la confección de un paquete de 3.000 kilos, cargado en el carro paquetero fue, prácticamente, la base de todos los cálculos empleados en Tucumán para determinar el rendimiento individual de los obreros cuando se trató de caña en verde. Es decir, se calculó unas tres toneladas de caña diarias por hombre, aunque, muchas veces, el cosechero trabajaba con los integrantes de su familia o allegados, sobre todo en la tarea de pelado. De acuerdo con la productividad de las distintas variedades de caña de azúcar, el tiempo podía extenderse hasta 11 horas por paquete de tres toneladas, como lo demostró Morín (1970b); lo que determina unos 2.200 kilos por jornal de ocho horas, cantidad similar a la indicada por Fogliata (1995).

¹³⁶ La distancia máxima de carga era de 50 metros, razón determinante para establecer los 100 metros antes mencionados. La plantación de caña también era manual por lo que estas distancias preestablecidas daban el marco que definía los sistemas de plantación. Todas las tareas de plantación eran manuales y la distancia máxima de acarreo de “caña semilla” era de 50 metros. (Comunicación personal Miguel Fernández de Ullivarri, 2018).

Como se deduce de la figura 56, si la rutina de cosecha no incluía el pelado, el tiempo necesario para el trabajo se reducía de manera notable. Esto también explica la estrategia de los cosecheros que trabajaban con su grupo familiar.

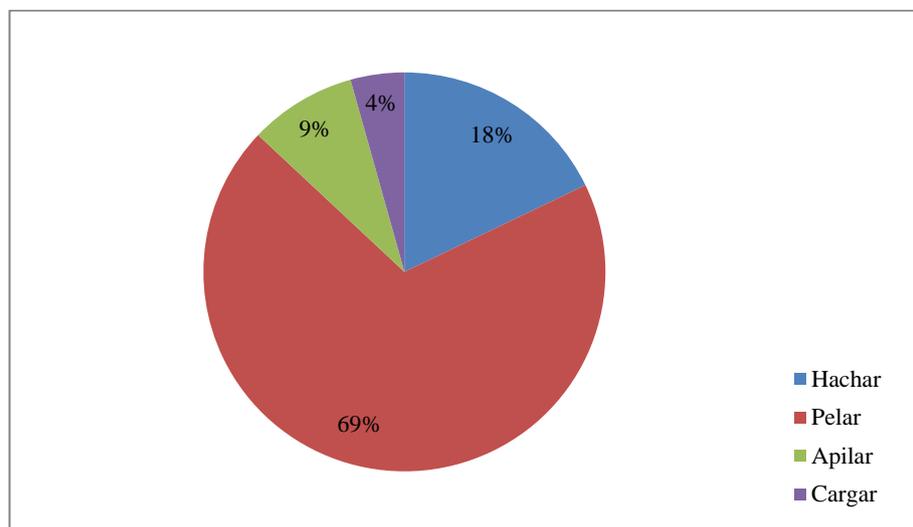


Figura 56. Tareas de la cosecha manual en porcentaje de tiempo por tonelada. Elaboración propia con datos de Morín (1975).

Cuando se trataba de caña quemada, el rendimiento se elevaba a unos 5.000 kg/día. Si, además, el despuntado era poco exigente, el rendimiento aumentaba más todavía (Fogliata, 1995). Algunos autores, cuando calcularon costos de producción de caña de azúcar, difirieron de esta cifra y mencionaron rendimientos de 1.500 kilos por jornal (González Terán & Gargiulo, 1980), 1.200 kilos por jornal de ocho horas (Scandaliaris, Perez Zamora, et al., 1992) o cercanos a los 2.000 kilos (Scandaliaris, 1985). Diferencias debidas, muy posiblemente, a la productividad promedio de todo el personal para una jornada de ocho horas. Aunque tampoco pueden descartarse otras causas, como cañaverales tupidos o probablemente se tratara de personal contratado por jornal, en cuyo caso, como su ingreso monetario no dependía del volumen cosechado, el rendimiento por obrero tendía a disminuir. En definitiva

Un obrero, guapo, podía hacer tres toneladas por día, pero guapo guapo, y lo cargaba al carro, tres mil kilos, normalmente solo. Había algunos que se organizaban con la mujer y hacían una tonelada más. Depende de los cojones que tuviera el que pelaba las cañas, a la hora que llegaba y se iba (Entrevista a Roque Budeguer, 2018).

Este rendimiento diario por persona fue confirmado por un excosechero, quien recordó que, desde 1970, cuando tenía 18 años de edad, junto con sus tres hermanos menores, trabajaron durante varias zafras en la finca del INTA. Por entonces se trasladaban, en bicicleta, a las tres de la mañana, desde la ciudad de Famaillá en donde residían y cosechaban hasta «la oración» (el atardecer), con macheta y cuchillo pelador. La productividad alcanzada, en cañaverales sin quemar, fue de tres toneladas por día por persona, incluyendo corte, pelado y carga; para una asignación de seis surcos que se apilaban de a tres (Comunicación personal con Carlos Ruiz, 2019). De acuerdo con Weekes (2004), existen otras variables que inciden en la productividad de los cosecheros, ellas son: a) La cantidad y características de las hojas de la caña; b) La longitud y grosor del tallo; c) Cañaveral erecto o recostado; d) La cantidad de malezas, sobre todo de enredaderas; e) El rendimiento del cultivo (tn/ha); f) El tipo de herramienta de corte utilizada; g) La idoneidad, el estado físico y la edad del cosechero; h) El sistema de pago por la tarea.

El listado precedente incluye numerosas características del cultivo y agrupa en un solo ítem el factor humano (como la salud, el estado físico y la edad del cosechero), todas variables que inciden directamente en la productividad del trabajo. Por ejemplo, los hombres de entre 20 y 40 años son más productivos que los de más edad quienes, además, tienen un mayor riesgo de quedar desempleados y sin posibilidades de reinserción laboral (Cano & Vergínio, 2010).

En consecuencia, el rendimiento de los cosecheros en los distintos países es variable y oscila entre una tonelada por hombre por día, para caña verde y cargada a mano (como en Vietnam e Indonesia) a más de 10 toneladas por hombre por día, para caña quemada (como en Suazilandia, en el sureste de África). Antes de la mecanización, los cosecheros australianos afirmaron alcanzar hasta 15 toneladas diarias por hombre, con caña quemada y cargada mecánicamente (Weekes, 2004). En Brasil, a inicios de la década de 1960, cuando la caña comenzó a ser quemada antes de la cosecha, la productividad, sin el obstáculo del follaje, se elevó de dos y media a cuatro toneladas por hombre por jornada. Hacia los 1970, con la incorporación de las máquinas cargadoras, las tareas se dividieron entre cortadores y cargadores, y el

rendimiento de los primeros alcanzó las 12 toneladas por hombre a principios de los 2000. Por supuesto que a costa de un gran esfuerzo por parte de los trabajadores, que continuaron cobrando por kilos cosechados (Laat, 2010). Para la misma época, en Guatemala, el rendimiento del personal, en cañaverales quemados y libres de piedras, alcanzó entre seis y siete toneladas de caña por hombre, por jornada de ocho horas (Donis García, 2014). En Colombia, país donde gran parte de la cosecha es manual, la productividad de los «corteros», durante una experiencia realizada en 1998 y 1999, alcanzó entre 2,5 y 3,2 toneladas hombre por día, con un método manual de cosecha en verde, prácticamente igual al empleado en Tucumán (Viveros et al., 1999).

También en Tucumán, para el caso de caña quemada, se constataron rendimientos de más de 10 toneladas diarias por cosechero, aunque de manera excepcional (Entrevista a Walter Zalazar, 2018). Cabe suponer que la práctica continua, la organización adecuada de las cuadrillas de cosecheros y la división de tareas, similar a la adoptada oportunamente en Australia y Brasil, hubieran permitido alcanzar un desempeño similar.

Había que sacrificarse, pero más hacías más ganabas; pero era un trabajo muy pesado. Trabajando full full, hacías dos carradas por día, pero de sol a sol, más de 12 horas. Se pelaba caña por caña y tres toneladas no las vas a pelar en un rato. Todavía no se quemaba. [...]

 Con 14 o 15 años [fines de los años 1980] se empezó a hachar y quemar en el piso, después se despuntaba una por una. Primero se empezó a quemar la caña volteada, después parada; era más limpio, cuando se quemaba en el piso toda la ceniza quedaba encima de la caña. Cuando apilabas o braceabas tragabas toda la ceniza, te entraba en los ojos, quedabas negro. Cuando se quemaba parada, la caña largaba melaza y quedabas pegoteado entero. (Entrevista a Omar Cáceres, 2018).

A pesar de que el esfuerzo físico de los cosecheros fue uno de los motivos repetidamente mencionados para justificar la necesidad de la mecanización, los estudios sobre este tópico en la Argentina fueron escasos. La evaluación del trabajo de varios zafreiros, presentada en el cuadro 28 (que midió el ritmo cardíaco, el consumo de oxígeno y la fuerza de distintos grupos musculares), permitió conocer la cantidad

de energía consumida, unas 4.790 kilocalorías por carrada de 3.000 kilos caña (Leveroni et al., 1971). El tiempo total empleado para la tarea, ocho horas y cincuenta y dos minutos, fue de una magnitud similar al promedio habitual de la época.

Cuadro 28. Intensidad y energía consumida por un obrero para cosechar 3.000 kilos de caña de azúcar.

Tareas	Tiempo (h y min)	Intensidad (O ₂ ml/min)	Energía consumida (kcal)
Hachar	1 h 24 min	2015	877
Pelar	6 h 8 min	1731	3190
Apilar	52 min	1715	446
Cargar	28 min	1965	273

Elaborado propia con datos de (Leveroni et al., 1971).

Todas las tareas de la cosecha fueron catalogadas como intensas o muy intensas, de acuerdo con el método de Brouha¹³⁷. Por otro lado, la pérdida de peso corporal de un cosechero fue de unos tres kilos por tarea, aunque varió entre poco más de uno y cuatro, dependiendo de la complejidad física de cada trabajador (Morín, 1970b). Aunque la disminución de peso es una medida indirecta y muy influenciada por el estado metabólico de cada individuo, ofrece un indicador del esfuerzo físico del cosechero¹³⁸.

La cosecha manual, además, tiene otros inconvenientes derivados de las características de la especie vegetal. El corte de caña, que es la tarea más intensa, obliga al trabajador a avanzar inclinado sobre el surco, para apartar los tallos con el brazo izquierdo, y golpear la base de las cañas con la macheta, sostenida por el brazo derecho. Como se trata de una gramínea, el borde de sus hojas es áspero y cortante una cualidad que en algunas variedades del vegetal fue notable.

¹³⁷ El procedimiento más empleado para medir esfuerzo físico, estima las consecuencias cardiovasculares para el organismo y se basa en una correlación entre la frecuencia cardíaca y el oxígeno consumido (Normand, 1997).

¹³⁸ En el área de las ciencias agrarias no se encontraron estudios más actuales que involucren a otros aspectos del bienestar laboral, o sobre los riesgos de una tarea en donde los cosecheros enfrentan las consecuencias de su exposición a la intemperie, altas temperaturas, peligro de insolación, consecuencias físicas debidas a las posturas y maniobras de trabajo, aspiración de polvillo u hollín, riesgo de deshidratación y de accidentes, entre otras afecciones de tipo profesional (F. L. Rocha, 2007).

Salió la [variedad] 63-90, todavía no se conocía el tupulo¹³⁹, y la planté en la finca nueva. Con la primera cosecha viene una barra de San José que se subleva, cuando pregunto por qué, me dicen que estaban enjanados. Era una caña muy januda comparada con las variedades anteriores, muchos estaban medio enfermos porque las janas¹⁴⁰ irritan la piel; después las quemamos para pelarla. (Entrevista a Jose Torres, 2018).

Luego del corte o «hachado» de la caña se procedía a pelarla con el cuchillo y, seguidamente, casi con el tallo en el aire, de un tajo se hacía el despunte o descolado¹⁴¹, que eliminaba los tres o cuatro primeros entrenudos del extremo superior de cada caña. El despuntado se realizaba para eliminar la parte del vegetal con menor contenido de sacarosa y, al mismo tiempo, disminuía la proporción de trash y el peso transportado hasta en un 10 % (Olmos, 1993). Para el pelado, los trabajadores con experiencia, el mismo cosechero o su personal de apoyo, necesitaban solo dos o tres pasadas. Por último, si la caña era muy larga, se cortaba por la mitad y luego se acondicionaba, tarea que consistía en colocar los tallos en forma perpendicular entre dos surcos. Hacia los años 1980 se dejó de emplear el cuchillo pelador para comenzar a realizar esta operación con la misma macheta. Igualmente, para ahorrar tiempo, también comenzó a aceptarse el despunte en conjunto de varias cañas.

El cosechero acondiciona dos surcos a cada lado, es decir que acondiciona cuatros surcos en una fila, dos de un lado, dos del otro. El despunte, a pesar de que el convenio estipula que es individual, caña por caña, se despunta en el suelo y en conjunto (Entrevista a Enrique Fernández de Ullivarri, 2018).

Yo empecé apilando, acomodando caña, porque cuando se despuntaba la caña se desacomodaban, cuando me hice más grande empecé a hachar. En esa época se cortaba y pelaba tres surcos para un lado y tres surcos para otro. En la trocha limpia se apilaba, cargábamos a hombro, [...] La cosecha duraba mucho porque se pelaba, venía gente de Santiago que también trabajaba. (Entrevista a O. Cáceres, 2018).

¹³⁹ El tupulo es el nombre común de una maleza trepadora que, con los años, infestó numerosos cañaverales. Sus hojas pubescentes son muy irritantes y, en algunas zonas de Tucumán, su presencia es tan abundante que hace casi imposible la cosecha manual.

¹⁴⁰ Jana, del quechua, espina.

¹⁴¹ La palabra despunte, o punteado, con la aparición del sistema semiecánico se transformó en descolado (Rosenzvaig, 1999).

La carga del carro paquetero normalmente se realizaba con una cuadrilla de operarios, arriba del carro se encontraba el «recibidor», que tomaba las brazadas de caña llevadas al hombro por sus compañeros de faena. Se requerían de unos 60 paquetes, de alrededor de 50 kilos, para completar un paquete estándar de 3.000 kilos, es decir 20 atados por persona. Sin dudas, una actividad con un esfuerzo y riesgo considerable, sobre todo cuando se debía caminar cargando la caña sobre una tabla de 40 centímetros de ancho, apoyada en el carro (Entrevista a Néstor Gómez, 2018). Tarea que no varió con los años, como se observa en la figura 57.



Figura 57. Zafreiros cargando un carro cañero tipo Rosso Leones en los años 1960 y trasladando una brazada de caña en 2013. (La Industria Azucarera. LXXII, 876 1966 y AER INTA Monteros). Abajo, cosecheros acondicionando caña quemada y cargando caña a granel en los años 2010 (AER Monteros, 2012; Golsberg & Pilatti, 2013).

La recepción y armado del paquete de caña también suponía una serie de habilidades para la operación.

Antes los paquetes eran más largos, después se prohibieron porque los camiones salían a la ruta y había accidentes cuando se encontraban de a dos. La carrada corta tenía tres metros. Un camión llevaba 12 o 14 paquetes. El armado dependía de la caña, a veces estaba torcida, entonces se cortaba en dos o tres partes, si era larga solo dos cortes y se acomodaba cola con cola. Esta caña era más fácil de cargar y armar el paquete. Con caña corta era más incómodo y hacía más fuerza, todo trabajo tiene su maña. Era más fácil cargar caña larga, levantar y girar el cuerpo, con la caña corta había que revolver... (Entrevista a O. Cáceres, 2018).

En conjunto, el sistema de cosecha manual tuvo algunas variaciones en los últimos 40 años. La mayor modificación fue en la operación de pelado cuando, desde mediados de los años 80, se impuso la práctica del quemado previo a la cosecha, como una medida destinada a bajar los costos del deshojado manual. Otra, como ya se relató, fue el despunte en conjunto, con las cañas ubicadas en la trocha. La carga manual no sufrió modificaciones salvo que, al principio, las brazadas de caña se reunían para conformar el clásico paquete con cadenas y, posteriormente, los tallos se transportaron a granel en los carros tipo java.

El transporte de la materia prima

Como ya se estableció, la modalidad de transporte de la materia prima está asociada a la cosecha, en tanto ambas integran de manera estrecha, una misma cadena productiva. Hubo ingenios ubicados en el norte del país que modernizaron tempranamente su sistema de transporte de caña. Tal fue el caso del ingenio La Esperanza ubicado en la localidad de San Pedro, provincia de Jujuy. Esta empresa empleó, desde los años 1960, un sistema de cosecha peculiar, tomando como modelo el sistema hawaiano. La caña, luego de quemada en pie, se cortaba manualmente, posteriormente los tallos se apilaban mediante el uso de máquinas topadoras para ser cargados, con grúas autopropulsadas, a los camiones de transporte (ver figura 58).

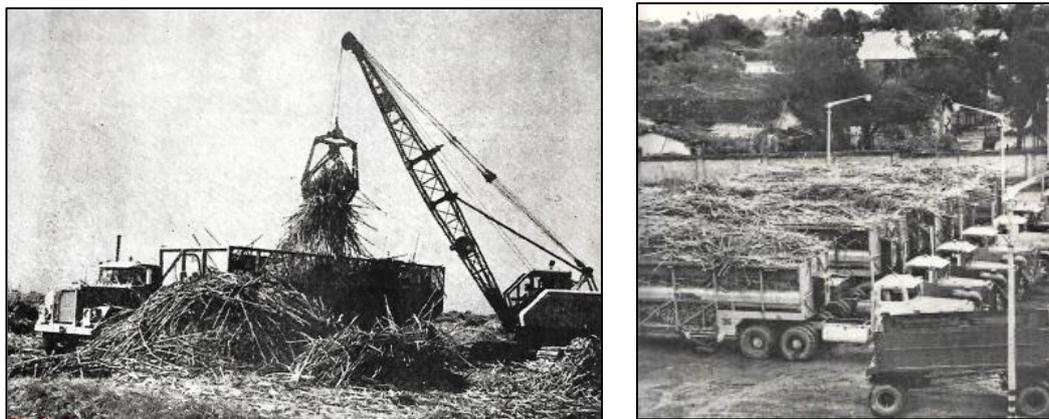


Figura 58. Campo y canchón del ingenio La Esperanza (San Pedro – Jujuy). Nota: con tres grúas y 13 camiones con semiremolques de 25 toneladas cada uno, la fábrica operó de manera continua durante las 24 horas. (La Industria Azucarera, números 848 y 858, julio de 1964 y mayo de 1965 respectivamente).

Tucumán, en cambio, tuvo un desarrollo del transporte con modificaciones más graduales y, durante un tiempo considerable, convivieron los primeros sistemas concebidos para el traslado de la cosecha manual y la mecanizada.



Figura 59. Cargando una carreta cañera en los años 60 (Suplemento IDIA, 1962). Nota: El ingenio San Juan, al que perteneció el transporte de la imagen, continúa moliendo actualmente, aunque con serios problemas financieros.

Las carretas cañeras tradicionales, de madera y con dos grandes ruedas, tiradas por cinco o seis mulas (como muestra la figura 59), fueron reemplazados paulatinamente por carros metálicos con neumáticos (los llamados «helvéticos»), durante años arrastrados por animales de tiro y luego por tractores. Un indicador de que la presencia de carros helvéticos ya era frecuente fue su mención en 1946, en una aclaración del decreto ley nacional 16.163¹⁴², que estableció el régimen de salarios y sueldos para el personal de la industria azucarera. Unos años antes Cross (1942) señaló que las carretas, poco a poco, fueron reemplazadas por carros tirados por mulas, un adelanto trascendente debido a la mayor rapidez de marcha de estos animales, aunque como se observa en la figura 60 el uso de este medio de transporte continuó siendo masivo varios años más.

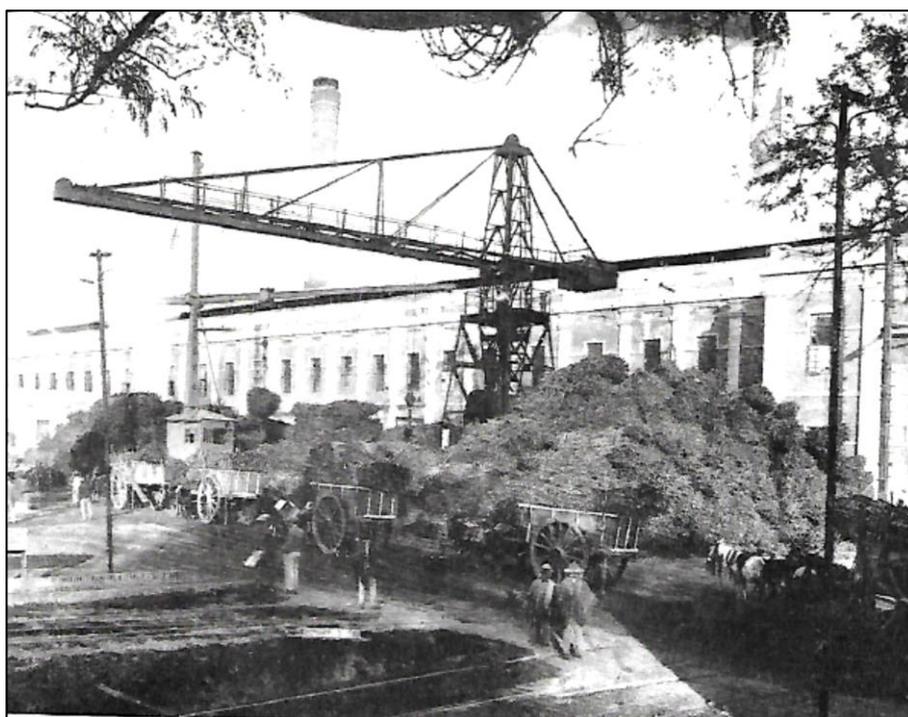


Figura 60. Canchón del ingenio Concepción a fines de la década de 1940 (La Industria Azucarera, 1949). Nota: se observa que toda la caña se transportaba en carretas de madera tiradas por mulas. Esta fábrica todavía es la más grande de Tucumán

¹⁴² Excepto aclaración expresa, las referencias a los decretos y las leyes que se mencionan han sido extraídas de las compilaciones legales de Schleh (1947).

Entre los nuevos carros cañeros algunos tuvieron distintos diseños, de acuerdo con las características de la materia prima transportada. Uno de los más difundidos para llevar caña en paquete fue el Rosso Leones¹⁴³ (ver figura 61), construido totalmente en metal y con sección transversal en U, lo que facilitaba el armado del paquete. Sus características principales fueron un eje delantero articulado, con un diseño que permitía trasladarlo sobre los bordos sin deteriorarlos, y ruedas traseras y delanteras de distinto diámetro, que le otorgaron mayor capacidad de maniobra. El carro paquetero convivió durante muchos años con el tipo Java, de vuelco lateral y diseñado para transportar caña entera a granel, introducido hacia 1967. Los motivos del extendido uso de estos carros se vinculan, antes que con la resistencia al cambio con los condicionantes prácticos del contexto. Además de sencillos de construir y poco costosos para mantener, eran casi el único medio de transporte de materia prima con que contaban los pequeños y medianos productores cañeros (Moyano, 2014).



Figura 61. Zafreiros cargando carros paqueteros, varios de ellos tipo «Rosso Leones» (Suplemento IDIA, 1962). Nota: el obrero con la macheta está recortando los tallos que exceden la medida convencional del paquete.

¹⁴³ Empresa metalúrgica fundada en 1904, en la localidad de Leones (Córdoba). Entre 1957 y la primera parte de los años 1960 fabricó cientos de carros cañeros con un diseño innovador, además de silos y elevadores de granos, cerró sus puertas durante la primera parte de la década de 1980 (Peyrachia, 2016).

Para el sector agroindustrial azucarero la incorporación, alrededor de 1907, del sistema de cadenas para el enfardado de la caña fue, quizá, la innovación tecnológica más destacada de la primera parte del siglo XX. Hasta entonces, todas las labores de carga y descarga eran manuales, lo que significaba para los ingenios disponer de unos 20 obreros por turno para alimentar los molinos (Moyano, 2014). La utilización de eslingas¹⁴⁴ fue común en varias industrias, pero en ninguna con la característica de la azucarera, en donde el sistema de agarre permitía su desenganche de manera automática (ver figura 62). Aunque hubo varios fabricantes¹⁴⁵ del dispositivo, los diseños diferían poco entre sí (Reid, 1955).

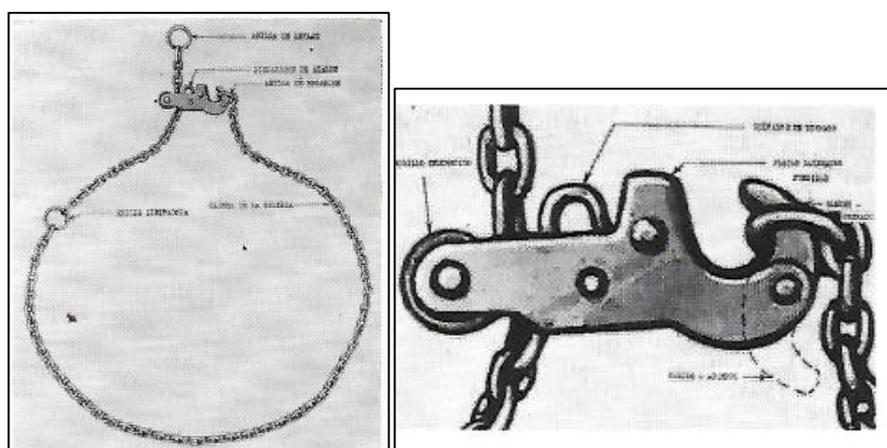


Figura 62. Cadena «paquetera» y sistema de agarre (Reid, 1955).

El nuevo tipo de carro de transporte, con sección en U, también facilitó el uso de las cadenas para atar los paquetes de caña de azúcar. El procedimiento se iniciaba acomodando en el carro vacío tres cadenas¹⁴⁶, de cinco metros y diez centímetros de largo estándar y un peso total de unos 45 kilos (Fogliata, 1995), con argollas en sus extremos, para luego ir depositando sobre ellas las brazadas de caña necesarias,

¹⁴⁴ Una cuerda gruesa con algún dispositivo para levantar cargas.

¹⁴⁵ Uno de los primeros fue la American Hoist and Derrick Co, de Saint Paul (Minnesota, EE. UU.), compañía fundada en 1884. En su catálogo de 1897 ya ofreció sistemas de grúa para cargar caña de azúcar (American Hoist and Derrick Co, 1897).

¹⁴⁶ Las cadenas eran entregadas por el ingenio o los cargaderos, a razón de tres por paquete. Algunos productores poseían cadenas propias, pero cuando su cantidad era insuficiente se reemplazaban por alambre, opción que determinaba una tarea extra en el ingenio; porque un obrero debía cortarlo con una tijera adecuada. En este caso se realizaba un descuento en el pago de la materia prima.

ordenadas «cola con cola», para completar el paquete de tres metros de largo y 3.000 kilos de peso. Completada la carga, las cañas se ajustaban con un sistema de criquet con retén, el «gato», que requería el empleo de una palanca ad hoc, la «chiva», así llamada porque en uno de sus extremos tenía dos suplementos similares a cuernos. Finalmente, en el cargadero o el ingenio, el paquete se elevaba con un aparejo de tres ganchos que, a su vez, colgaba de una grúa. En los ingenios, la tarea de desprender las cadenas, para que la caña cayera en el sistema alimentador del molino o trapiche, estaba en manos de un operario munido de una herramienta similar a una pica.

El número de animales de trabajo, insustituibles durante varios años para el sistema de cosecha manual, disminuyó en la segunda parte del siglo XX de manera notable. En 1960 la cantidad de caballos, mulas y bueyes representaban 96.394 cabezas, el 75 % de ellas compuestas por mulas (Italconsult Argentina, 1967). En 1971, la dotación de tracción a sangre fue de 34.481 ejemplares. Cabe aclarar que, al mismo tiempo, había crecido la cantidad de vehículos de tracción mecánica y de carros helvéticos (Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán, 1971). Aunque la cantidad de vehículos motorizados para el transporte de caña también disminuyó con el tiempo, esto se explica por el incremento de su capacidad de carga por unidad. Por su parte, los pequeños productores cañeros continuaron empleando carros y mulas para la entrega de la caña de azúcar.

La información disponible sobre la cantidad y el rendimiento de los animales que necesitó la agroindustria azucarera es escasa y con valores que variaron entre 0,35 y 0,60 o 0,65 mulas por hectárea (Schleh, 1947; Bitál Buceta, 1954; Zappi, Zuchini, Núñez Aguilar, & Álvarez de Toledo, 1967). Si bien la cifra de 0,60 mulares por hectáreas cultivadas resulta más ajustada a la realidad, el empleo de los animales para el cultivo y el transporte, unido a las demoras en la entrega de la caña (una situación muy común por entonces), permite suponer que la dotación óptima fuera un promedio entre las cantidades citadas¹⁴⁷. Otro inconveniente para realizar una

¹⁴⁷ El número de mulas variaba notablemente de acuerdo con la tarea. Surcar un campo requería de dos tiros de seis animales por jornada, 12 en total. En cambio, para una rastra liviana bastaban dos mulares (Omar Cáceres, 2018; Nemesio Cuello, 2019).

estimación correcta reside en que los predios más pequeños debían contar con cinco o seis mulas para tirar de los carros (si llevaban la caña al ingenio), aunque fuera una cantidad excesiva para realizar las labores de cultivo.

En el período de auge de la cosecha manual, entre el 60 % y el 70 % de la caña cosechada se entregaba a un «cargadero». Una instalación situada en las cercanías de las zonas productoras, concebida para el trasbordo de la materia prima en donde, una vez pesados los paquetes de caña, se cargaban nuevamente en vagones de ferrocarril o camiones para su entrega al ingenio (ver figura 63). Estos centros de acopio o trasbordo, dependientes de los ingenios o de las organizaciones cooperativas de los productores, estuvieron ubicados estratégicamente a la vera de las vías férreas, o de las rutas principales, para facilitar el transporte. Su equipamiento se integró, básicamente, con una balanza, una grúa¹⁴⁸ para descargar y cargar la caña y el espacio necesario para estibar los paquetes, cuando no había disponibilidad de vehículos de transporte al ingenio.

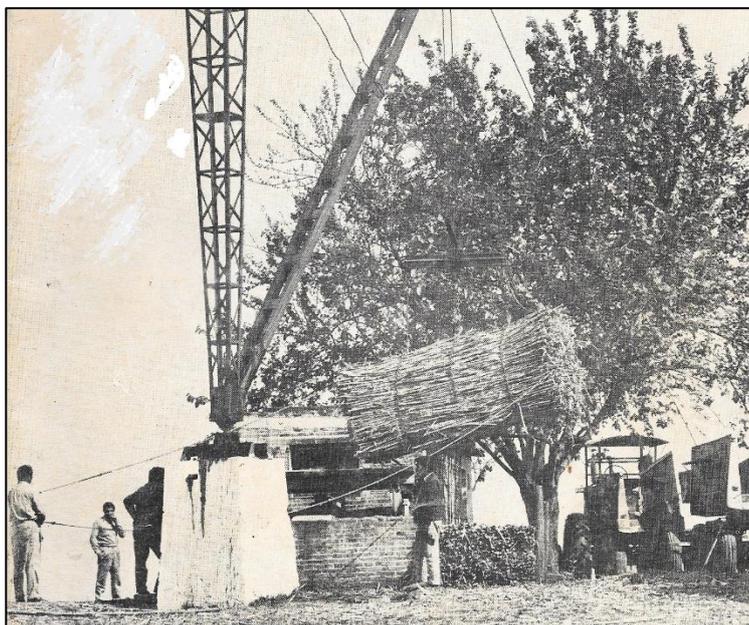


Figura 63. Cargadero ubicado en el INTA Famaillá en la década de 1970. (Revista IDIA 315/316, 1974). Nota: en la imagen se observa el pesado de un paquete de caña.

¹⁴⁸ Las grúas más simples obtenían su fuerza motriz mediante un sistema de malacate, movido por mulas.

Dos de los entrevistados, un contratista de cosecha y un cañero con más de 60 años de experiencia (y actual dirigente cooperativo), destacaron la importancia de los cargaderos en los tiempos de la cosecha manual y su compleja logística de funcionamiento.

La cooperativa tenía cuatro cargaderos, en ese entonces era muy importante, con grúas de giro completo cuando la mayoría era de medio giro. Permitían pesar la caña en la balanza y la cargaban en el camión o estibar los paquetes a la vuelta. Una grúa de medio giro bajaba 28 paquetes, una de giro completo el doble. Eran propiedad de la cooperativa, de hecho, todavía quedan en pie los cargaderos. Había que elegir el lugar, cerca de los caminos principales, de la ruta, a una distancia similar de todos los productores. Siempre fue un tema complejo... (Entrevista a Néstor Gómez, 2018).

En ese tiempo se entregaba la caña en un vagón de ferrocarril, en el Kilómetro 5, camino a Río Colorado, generalmente al ingenio Baviera o al Fronterita, los dos tenían cargaderos en el Kilómetro 5. Mi papá hacía madrugar a los dos carreros que tenía a las tres de la mañana, porque si llegaba antes la flota de los Bartabhuru, el productor más grande de la zona, eran 18 carros. Para descargar el carro en el cargadero había que tener el espacio para acomodarlo y el vagón o el camión para el trasbordo. (Entrevista a José Torres).

Durante muchos años, el cargadero fue un eslabón esencial del sistema agroindustrial azucarero. Sobre todo, porque permitió organizar el abastecimiento de los ingenios e incrementar la eficiencia del transporte, debido a que los animales de tiro no debían recorrer más de cuatro o cinco kilómetros para entregar su carga. Al mismo tiempo, también se usaron como depósitos eventuales de materia prima para regular el ingreso de la materia prima a la fábrica¹⁴⁹.

Para los ingenios, fue una preocupación permanente disponer de la cantidad suficiente de caña para programar su molienda, sobre todo los fines de semana y los días no laborables, cuando los cosecheros no trabajaban. Por ejemplo, el ingenio Concepción, a mediados de los años 1970, solía acumular semanalmente hasta 1600

¹⁴⁹ Se decía «el ingenio se ha trancado» cuando tenía caña de sobra y dejaba de recibir, cuando se desocupaba recién mandaba los camiones a los cargaderos. Los que trabajaban ahí tenían que estar atentos a cualquier hora de la noche, o de la madrugada, cuando llegaba un camión se golpeaba con un fierro la pluma de la grúa, ese sonido era la señal para volver a cargar. (Entrevista a Omar Cáceres, 2018).

paquetes, 1000 bajo techo y 600 al aire libre. «Los responsables del canchón se jugaban su prestigio con la estiba.» (Entrevista a Salvador Chaila, 2018). Pese a todos los recaudos, el tiempo entre el corte de la caña y su molienda podía alcanzar hasta 90 horas, contra las poco más de seis del sistema integral (Gargiulo et al., 1986), circunstancia que ocasionaba una importante disminución en la cantidad de azúcar producido.

El número de cargaderos en Tucumán llegó a centenares en la segunda mitad del siglo XX. Los existentes durante el período 1974 – 1978 (ver cuadro 29) indican, al mismo tiempo, la recuperación de los niveles productivos luego de la crisis de 1967 y el uso preponderante del sistema de cosecha manual, dado que esta instalación solamente se usó para caña en paquete.

Cuadro 29. Cargaderos en Tucumán por año y por ingenio, 1974 – 1978. (Haro, 1979).

Año	Cargaderos	Promedio por ingenio
1974	751	47
1975	870	54
1976	914	57
1977	958	60
1978	1137	71



Figura 64. Cargadero de Manuela Pedraza –Simoca-, en los años 1990 (Programa Social Agropecuario, 1997).

Actualmente la red de cargaderos (similares al de la figura 64) casi ha desaparecido, según Sánchez Tello (2017), técnico del INTA con más de 30 años de experiencia en el cultivo de caña de azúcar, en el área de Simoca y Monteros, caracterizada por la presencia de minifundistas cañero, solo funcionan unos pocos. Testimonio que coincide con un estudio reciente sobre los modos de comercialización de la caña por parte de pequeños productores: solo el 9 % de ellos entrega caña en estos sitios, con el clásico paquete de tres toneladas (Proicsa, 2013).

El trabajo en el sistema manual de cosecha

El sistema de cosecha manual se conformó a fines de 1930, a partir de la reglamentación del Laudo Alvear de 1928 (Fogliata, 1995). De acuerdo con las normas aprobadas, la caña de azúcar entregada debía reunir las siguientes condiciones: «Bien pelada, limpia y despuntada en el último canuto maduro, libre de raíces y tierra.¹⁵⁰». A partir de esta premisa, las reglamentaciones laborales posteriores codificaron y detallaron las tareas intervinientes y su retribución monetaria. Inclusive cuando los otros sistemas de cosecha ya habían irrumpido en el campo tucumano generando algunas modificaciones en las rutinas de trabajo. Entre ellas, la más importante, fue la adopción de la quema, en lugar del pelado individual de cada tallo, seguida por la carga mecánica de los carros. Prácticas que posteriormente formaron parte del sistema semimecánico usado en Tucumán, una suerte de híbrido entre las dos modalidades de cosecha.

Como se aprecia en la planilla salarial de 2014 (reproducida en la figura 65), la descripción de las tareas para el caso de la cosecha manual mantuvo inseparable el conjunto de operaciones necesarias para realizarla: Hachada, pelada y cargada por tonelada. En cambio, para el sistema de cosecha semimecánico, desarrollado posteriormente, primó la lógica fabril y las tareas se correspondieron con actividades definidas de manera específica y secuencial, con todas las opciones de hachado, pelado, despuntado, acondicionado y apilado.

¹⁵⁰ Cita extraída del Laudo Alvear, publicado por la Unión Cañeros Independientes de Tucumán (1956).

COSECHA DE CAÑA	
Hachada, pelada, cargada y apilada	203,03
Por cargar caña de carro que empina o volcare en la tarea.	177,13
Por cargar caña de carro volcado e empinado se le reconocerá al carrero, por carrada	65,64
Hachada, pelada y cargada de caña dejada en pie el año anterior se le reconocerá un suplemento por tonelada	28,31
Suplemento al pelador por atar lio de caña con cadena en zorras o vagonetas, para cargar en vagón FF.CC por tonelada	16,47
Capataz de carro y agricultura en general que no están en la planilla de empleados	259,34
Corraleros o potrenzos en general	259,34
En surcos yuyosos o m aciegosos en exeso, el pelador no estará obligado a machetear el yuyo	
Apuntador zorra lote	259,34
Enrielar via portátil de 50 cms incluso calzar por yuntas	7,49
Enrielar via portátil de 60 cms incluso calzar por yuntas	8,29
Enrielar via portátil de 70 cms incluso calzar por yuntas	9,23
CAmbios via portátil de 50 cms, incluso calzar por cambio	19,68
CAmbios via portátil de 60 cms, incluso calzar por cambio	26,22
CAmbios via portátil de 70 cms incluso calzar por cambio	29,48
Curvas via portátil de 50 cms incluso calzar por curva.	17,24
Curvas via portátil de 60 cms incluso calzar por curva	19,68
Curvas via portátil de 70 cms incluso calzar por curva	22,82
Lo rieles deben ser entregados a los enrieladores en los respectivos lotes o colonias.	
COSECHA SEMI-MECANIZADA DE CAÑA	
Por tonelada de caña	
Hachar a ras del suelo (incluida la acondicionada)	37,67
Hachar a ras del suelo (incluida la acondicionada) caña quemada	45,41
Acondicionar (solamente cuando la caña haya sido cortada mecánicamente)	6,30
Pelar	79,93
Despunte de caña en conjunto o en el suelo	15,13
Despunte de caña en conjunto o en el suelo caña quemada	18,21
Despuntar caña por caña	306,09
Apilar caña acondicionada para carga mecánica (se respetará en cuanto a la cantidad de surcos las modalidades en cada establecimiento)	16,62
Cargar	39,85
Pelar y despuntar caña por caña	110,50
Acondicionar, pelar, despuntar caña por caña y apilar	132,88
Hachar, pelar, despuntar caña por caña y apilar	164,32
Acondicionar, despuntar caña por caña y apilar	52,95
Hachar, despuntar caña por caña y apilar	84,62
Recibir amba	20,22

Figura 65. Fragmento de la planilla del acuerdo salarial CART – FOTIA¹⁵¹ (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2014).

El mismo Decreto Nacional 2895 estableció, además, que todos los trabajos a destajo debían percibir «...durante la jornada legal y en trabajo normal, una remuneración que por lo menos sea igual al jornal básico correspondiente». Pero, en definitiva, la remuneración del cosechero dependió de su productividad. Sobre este punto, uno de los profesionales entrevistados reflexionó lo siguiente:

... se paga a destajo y depende de la eficiencia de cada operario. La caña no paga mal, además no trabajan ocho horas, es trabajo es intensivo, pero en pocas horas, quizá la tarea se complete en tres o cuatro horas, sea plantación o cosecha. En esfuerzo físico, la plantación es menos dura. Históricamente se calculaba que tres o cuatro surcos de cien metros era el equivalente a un jornal. (E. Fernández de Ullivarri, 2018).

¹⁵¹ La planilla conserva la estructura la estructura fijada por el Decreto Nacional 2895 de 1949. Por ello contiene actividades imposibles de realizar actualmente, debido a la desaparición de los medios que deberían emplearse como, por ejemplo, la carga en vagón de ferrocarril o la instalación de rieles para vías tipo Decauville.

Los valores acordados por las tareas, indicados en la planilla, también pueden explicar, en parte, la escasez de mano de obra para la cosecha. Además de las condiciones de trabajo, el pago por tonelada cosechada por el sistema semimecánico (que consiste en las operaciones de hachado, acondicionado, despunte en conjunto de caña quemada y el apilado), es una tercera parte del que se recibiría empleando el sistema manual. En este sentido, la posibilidad de regular la tarea de cosecha, para percibir un pago similar al jornal regulado legalmente, fue una aspiración de los trabajadores que pocas veces se alcanzó. El modo más habitual de remuneración, y que todavía perdura, fue el pago a destajo.

El sistema de cosecha semimecánico de caña de azúcar

La primera incorporación de un equipo para la cosecha mecanizada en Tucumán fue en 1961, cuando el ingenio Los Ralos adquirió una máquina tipo Luisiana, para usar sobre caña quemada. Además, la complementó con una cargadora de pinzas, similar a las empleadas actualmente esperando. Con la incorporación de tres conjuntos más de maquinarias en 1962, se esperaba cosechar el 70 % de sus cañaverales (Correch, 1962). Los modelos usados fueron idénticos a los descritos en la figura 66.

COSECHADORAS Y CARGADORAS

Cane Master

REDUCEN SUS COSTOS MEJORANDO TOTALMENTE LA ZAFRA



Cosechadora de caña de azúcar "CaneMaster" que trabaja con los datos de peso más en cada sección. Capacidad de corte de 4 a 6 pulgadas, en 8 Pases de trabajo. Corte, limpieza y volteo. Este equipo extrae de cada caña los tres cortes por los cuales se carga sobre el camión con la seguridad de "CaneMaster".

Cargadora "CaneMaster" modelo P05. Capacidad hasta 7.5 toneladas por hora. De fácil instalación sobre el tractor. Compatible en Zanjadora de excelente rendimiento, sencilla de operación. Máxima calidad.

Los equipos "CaneMaster" se han impuesto en muchos países del mundo, en base a su calidad y alto rendimiento libre de desperfectos mecánicos. Son equipos PRUEBADOS por el uso, que tienen los adelantos de la técnica Norteamericana que garantiza una perfecta adaptabilidad a las condiciones de los cañaverales de Argentina.

Totalmente fabricados en los Estados Unidos de Norteamérica por J. & L. Engineering Co. Inc. de Jaconette, Louisiana.

Soliciten catálogos y la proyección de perfiles en colores mostrando estos equipos en acción.

Representantes exclusivos en la República Argentina:

GRANT Y CIA.

SERRAJO 743 - Buenos Aires
Teléfono 31-6132

Distribuidores exclusivos en la provincia de Tucumán y Santa Fe

BROMBERG Y CIA. S.A.C.

Mazón 972 - Buenos Aires - Teléfono 37-7761
Congreso 155 - Tucumán - Teléfono 11847

Figura 66: Cosechadora tipo Luisiana y cargadora de caña de origen estadounidense (Publicidad de La Industria Azucarera, año LXVI, nro. 807, enero de 1961). Nota: La marca Cane Master, fueron conocidas en el sector cañero como J&L

En la misma época, los ingenios del norte, como Ledesma y La Esperanza (ambos ubicados en Jujuy) y Las Palmas (Chaco), también compraron equipos similares.

Le siguieron otros ingenios tucumanos, entre ellos Santa Lucía, San Pablo, La Providencia, Lules, San Juan, Concepción y Corona, que también incorporaron equipos para mecanizar la cosecha. A pesar del monto significativo de la inversión, que implicaría además cambios en el sistema de transporte y en el proceso industrial de la materia prima, la mecanización se justificó por su menor costo (Correch, 1962).

Con este tipo de máquinas, que en conjunto cosechaban y cargaban caña quemada entera, y que con el tiempo se convertirían en una de las opciones del sistema semimecánico de cosecha, se estimó que solamente dos hombres podrían realizar el trabajo de 200 cosechadores cortando y pelando, una previsión demasiado optimista que finalmente no se cumplió. El nuevo procedimiento, además de disminuir los costos y acortar el tiempo de zafra, resolvía

...el problema de los braceros, que deben ser movilizados muchas veces desde provincias vecinas, como Catamarca y Santiago del Estero para Tucumán [...]. Estos obreros adventicios ocasionan muchos problemas, comenzando por los de alojamiento y alimentación, el transporte y la vigilancia... [...]. Todo esto desaparecerá con la cosecha mecánica, inclusive las inevitables complicaciones actuales de las leyes sociales, por su aplicación a sujetos de identidad indefinida, que se presentan un año sí y otro no, con documentación no del todo clara (Correch, 1962:132).

Para la actividad cañera, integrada tanto por agricultores como por industriales, la contratación de cosecheros fue una cuestión conflictiva, sobre todo a partir de la vigencia de leyes nacionales¹⁵² que regularon las condiciones de trabajo. Durante mayo de 1966 se realizó en Ginebra, convocada por la organización Internacional de Trabajo, la V Reunión de la Comisión del Trabajo de las Plantaciones. En representación del sector azucarero la Argentina concurre el asesor legal del Centro Azucarero Argentino (CAA) y el secretario del Sindicato Obreros y Empleados del Ingenio Ledesma. Durante el transcurso de la reunión, el asesor legal del CAA, luego de reseñar los modos de contratación, trabajo y condiciones de vida de los obreros temporales, destacó que, en comparación con los otros países convocados, la situación de la Argentina era la más progresista (La Industria Azucarera, 1966).

¹⁵² Sancionadas durante el primer gobierno de J. D. Perón (1946 – 1952).

Además de la rebaja de costos y la disminución de los problemas que suponía reducir la contratación de cosecheros (a veces debido a la dificultad de conseguirlos, otras por los múltiples aspectos que involucraba su atención, asociados con fuertes prejuicios sociales o conflictos con las organizaciones gremiales de los trabajadores), una cuestión técnica debatida fue la quema del cañaveral, que exigía la aplicación del sistema semimecánico de cosecha. Práctica empleada masivamente por la mayoría de los países productores de azúcar pero que, en Tucumán, como ya se mencionó, tuvo escasa difusión y se adoptó varios años después.

Desde que el Laudo Alvear estableció en 1928 las condiciones de calidad para la caña entregada a los ingenios, éstos, en ocasiones se negaron a recibir caña quemada, aun cuando la entrega fuera inmediata a la aplicación del fuego. Al respecto, ante un reclamo de la Unión de Cañeros Independientes de Tucumán, un informe del Centro Azucarero Regional sostuvo que la quema de caña, intencional o por accidente, afectaba seriamente el rendimiento fabril y, además, el fuego descontrolado no quemaba las hojas de manera uniforme. Sin embargo, recalcó que ante circunstancias especiales, como la escasez de brazos o la urgencia para cosechar, los ingenios podían disponer quemar una cantidad determinada de surcos, sin alterar la calidad de la materia prima (La Industria Azucarera, 1949)

Como se advierte, los ingenios rechazaron la entrega de caña quemada salvo cuando tuvieron necesidad de materia prima, situación que se estableció de acuerdo con sus criterios de producción. Cross (1961; 1962), un referente técnico indiscutido, siempre bregó por la entrega de caña limpia, aclarando que la quema no daba buenos resultados en Tucumán, salvo la realizada en la última parte de la zafra o después del período de heladas. Sólo en esta época la maloja se encontraba en mejores condiciones para ser eliminada por el fuego. De todos modos, incluso la caña quemada correctamente obligaba a los ingenios a efectuar procedimientos de limpieza.

Otro inconveniente de quemar los cañaverales fue la resistencia de los obreros para cosecharlos en esas condiciones, debido principalmente a su exposición al hollín y las cenizas (Cross, 1962). En consecuencia, esta práctica solo se justificó en el caso

de escasez de mano de obra y sin desconocer las limitaciones de la maquinaria existente.

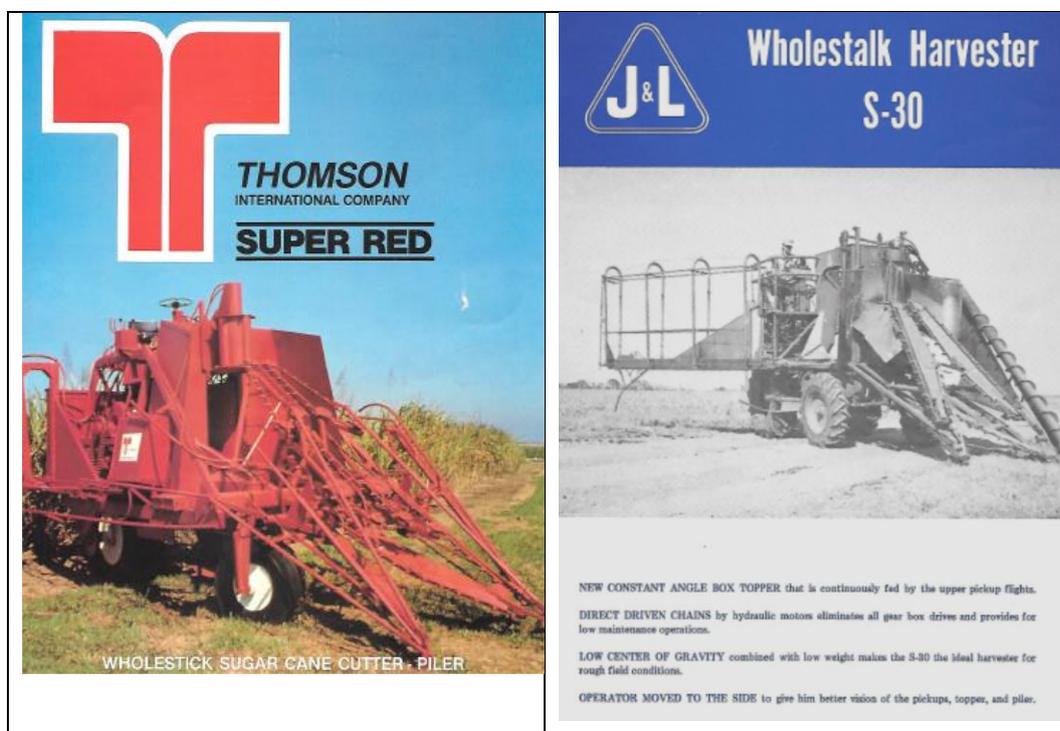


Figura 67. Folletos de las Cosechadoras Thomson y J&L, de mediados de los años 1980. Nota: en el caso de la J&L, la publicidad destaca su bajo centro de gravedad y la nueva posición del conductor.

En 1963, los ingenios tucumanos emplearon 23 cosechadoras autopropulsadas, con sus respectivas cargadoras montadas en tractores. Los ingenios Los Ralos y Bella Vista sobresalieron de la lista, con cuatro equipos cada uno. Las máquinas empleadas, de fabricación norteamericana, únicas disponibles en el mercado tucumano, fueron nueve Thomson Special y catorce Cane Master -J&L- (ver figura 67), que llegaron a 35 unidades en 1964 (Palma & García Posse, 1963; Cerrizuela & Hemsy, 1967). Ambas cosechadoras, autopropulsadas por motores diésel de entre 60 y 78 HP, cortaban y despuntaban la caña para apilarla cada seis surcos, de manera transversal al sentido de avance. La Thomson contaba con tres ruedas y necesitaba de un auxiliar, además del conductor, para regular mecánicamente la altura de corte. En cambio, la J&L, con cuatro ruedas, tenía un control hidráulico para el corte y solo requería de una persona para conducirla. Con este tipo de cosecha las cañas,

ya cortadas y dispuestas transversalmente en un entresurco, se quemaban con el auxilio de un lanzallamas para eliminar la maloja, aunque los resultados de esta práctica se evaluaron poco prometedores.

Las cargadoras empleadas, de igual marca que las cosechadoras, eran similares en su diseño y funcionamiento. Estaban montadas sobre un tractor de unos 35 HP y consistían de un dispositivo de empuje, tipo topadora, y un brazo con dos mandíbulas para recoger, elevar y descargar unos 250 kilos de caña de azúcar. Además, el mecanismo era hidráulico y manejado por el mismo tractorista.

De forma recurrente se mencionó el mayor contenido de trash que implicaba este método de cosecha, en comparación con la cosecha manual, aunque se aclaró que esta cuestión no constituía un problema en los países que habían adoptado procesos mecanizados. Para (Cross, 1942), una causa de la demora en adoptar métodos de carga mecánica se debía a que la tarea de cosechar caña, pagada a destajo, estipulaba la entrega de la misma «a la rueda» del carro, a lo que agregó la carga desprolija por parte de los sistemas mecánicos, lo que reducía la capacidad efectiva de estos.

Otro punto a destacar sobre el empleo de estas primeras cosechadoras mecánicas fue que el tiempo necesario para preparar al personal a cargo de las nuevas maquinarias era mayor al indicado por los proveedores porque, como sostuvieron dos especialistas, «...en algunos casos ni una extraordinaria buena voluntad y deseos de superación pueden improvisar una preparación racional y metódica del operario». (Palma & García Posse, 1963:262). En relación con la fase industrial, también se hizo hincapié en la necesidad de contar con instalaciones para el lavado de la caña quemada, equipamiento solo presente en el ingenio Los Ralos.

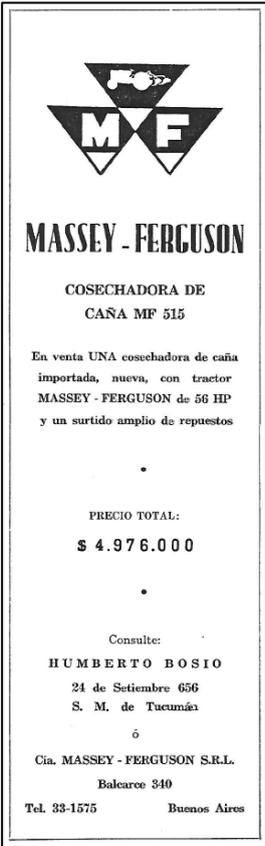
Aunque los rendimientos alcanzados por ambas máquinas fueron similares (alrededor de 200 toneladas por jornada de ocho horas de trabajo), se consideró que el impulso a la mecanización de la cosecha era prematuro, debido a que el sector no había tomado en cuenta la necesidad de adaptar todo el sistema de cultivo, cosecha, industria y mercado a la nueva modalidad (Palma & García Posse, 1963). Aspectos

que involucraban cuestiones técnicas, sociales y legales, entre ellos la preparación de los suelos, el diseño de las fincas, la organización de la cosecha y el transporte, la adecuación de los equipos industriales, el sistema de pago de la materia prima, la disminución de los puestos de trabajo temporales y la aparición de nuevos oficios. Pese a todo, el proceso de mecanización de la cosecha continuó su desarrollo, impulsado por el sector industrial y profesional. Pruebas del interés que despertaba fueron ciertas actividades de la época. Por ejemplo, en julio de 1964, durante unas jornadas técnicas sobre caña de azúcar (organizadas por la Facultad de Agronomía y Zootecnia), se dieron detalles sobre el desempeño de una nueva cosechadora mecánica empleada en Brasil y un especialista explicó cómo se había mecanizado la cosecha en el ingenio Las Palmas de Chaco (La Industria Azucarera, 1964a). Además, en septiembre del mismo año, una de las empresas estadounidenses que había vendido maquinaria a varios ingenios, designó como técnico delegado para Sudamérica a un ingeniero agrónomo, docente universitario e investigador, que trabajaba en Tucumán (La Industria Azucarera, 1964b). También, en el ingenio Mercedes, se presentó una nueva cosechadora fabricada por Alarco SRL, una empresa de Santa Fe. Esta máquina -precursora de una cosechadora integral- despuntaba, cortaba, pelaba y apilaba en un cajón metálico la caña colectada, que dos obreros descargaban para depositarla sobre el suelo¹⁵³.

Por su parte, Cerrizuela & Hemsy (1967), luego de una gira técnica a EE. UU., analizaron la mecanización del cultivo y la cosecha de caña de azúcar, comparando la situación del estado norteamericano de Luisiana y la provincia de Tucumán, debido a las similitudes ambientales y productivas entre ambos complejos azucareros. Además de mencionar la existencia de un marcado interés por la mecanización de la agricultura cañera, sobre todo en América Latina (fundamentado en la disminución de costos y la humanización del trabajo), atribuyeron el proceso de mecanización de Luisiana a la modificación de su estructura productiva que, entre 1937 y

¹⁵³ La prueba, realizada a principios de septiembre, fue presenciada por técnicos y cultivadores que quedaron bien impresionados, si bien no dejaron de señalar que requeriría de diversos perfeccionamientos para que su utilización sea todo lo provechoso que se plantea (La Industria Azucarera, 1964c:320).

1960, redujo el número de fundos cañeros de 10.260 a 2.547 y pasó de una superficie promedio por finca de 12 a 44 hectáreas. En cambio, en 1960, Tucumán registró 20.520 explotaciones cañeras, poco más del 86 % de hasta 10 hectáreas y una superficie promedio de ocho hectáreas¹⁵⁴. Entre los 18 equipos mecánicos para la cosecha, que describieron someramente, solo incluyeron dos de industria nacional: La Magar, ya mencionada, y una cortadora simple, fabricada por Java, montada sobre un tractor.



M F

MASSEY - FERGUSON

COSECHADORA DE
CAÑA MF 515

En venta UNA cosechadora de caña
importada, nueva, con tractor
MASSEY - FERGUSON de 56 HP
y un surtido amplio de repuestos

•

PRECIO TOTAL:
\$ 4.976.000

•

Consulte:
HUMBERTO BOSIO
24 de Setiembre 656
S. M. de Tucumán

ó

Cia. MASSEY - FERGUSON S.R.L.
Balcaroe 340
Tel. 33-1575 Buenos Aires

Figura 68: Publicidad de la cosechadora de caña trozada Massey Ferguson 515, pionera en su tipo (La Industria Azucarera, 1967).

También en 1967, estuvo disponible en el mercado argentino la cosechadora Massey Ferguson 515 (ver figura 68). Esta máquina, montada sobre un tractor, fue pionera en la cosecha de caña trozada, sistema que comenzó a emplearse en Australia

¹⁵⁴ Cabe aclarar que las superficies cañeras totales eran comparables, casi 114.000 hectáreas en Luisiana y unas 172.000 hectáreas en Tucumán.

en 1956 y que solo 10 años después era de uso masivo en ese país. Su ventaja principal residió en eliminar la operación del cargado de caña, tarea insustituible con las cosechadoras de tallo entero (Davis et al., 2009). Concebida para trabajar con caña quemada, fue una antecesora de las máquinas integrales, importadas o construidas en Tucumán, utilizadas en la década de 1970.

Otra muestra del interés que despertó la mecanización del cultivo de caña, fue un programa de tres años que elaboró un grupo de investigadores de la Universidad Nacional de Tucumán en 1968, para lograr una reducción en los costos de la cosecha, actividad que implicaba el 50 % de los gastos totales y que evaluaron como el problema fundamental de la producción de caña. Para esta iniciativa, se contó con el apoyo de varios fabricantes de equipos mecánicos y la coordinación de la Comisión Permanente de la Mecanización de la Caña de Azúcar, organismo formado por la misma universidad, el INTA, la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, el Centro de Cañeros de Tucumán, el Centro Azucarero Regional de Tucumán, la Unión Cañeros Independientes de Tucumán y la Dirección Nacional de Azúcar. Entre otros ensayos, se propuso probar tres clases de equipos para cosecha, cortadora simple, cortadora apiladora y cortadora cargadora (La Industria Azucarera, 1968). Se desconoce si el plan de trabajo fue cumplido.

En lo referido a las cosechadoras tipo Luisiana, la información encontrada fue escasa. Un hecho ya advertido a fines de la década de 1980 para el sistema semimecánico de cosecha en general, a pesar de los años que tenía su desarrollo en Tucumán. Un hecho atribuido a que era visto como un sistema de cosecha complementario del manual (Olea et al., 1988). De todas maneras, las prestaciones de estas máquinas no cambiaron demasiado con el tiempo.

Estaba la variedad [de caña] 7679 que era muy quebradiza y tenía poco despunte, entonces la máquina no la agarraba bien y se caía o se quebraba, había muchas pérdidas. Pero con la 350 y la 357 andaban muy bien, en el [ingenio] San Juan había dos máquinas, pero no podías pasar de mil kilos por surco porque empezaban los problemas, entre ochocientos y mil kilos andaban bien, con las cortadoras pasaba lo mismo, la limitante de estas máquinas fue el tonelaje, por encima de mil doscientos kilos eran poco

eficientes. Por otro lado, eran mucho más baratas que las integrales, prácticamente son un tractor... (Entrevista a Enrique Fernández de Ullivarri).

Como se aprecia en el testimonio presentado, estas máquinas funcionaron bien en cañaverales de hasta mil kilos por surco. Por encima de esa cifra, su desempeño se hacía menos eficiente. Si además se cosechaba en verde, como sucedió hasta la década de 1980, el rendimiento era todavía inferior. Aunque más baratas y fáciles de mantener que las integrales, para los pequeños productores continuó siendo más económico el corte manual. A pesar del tiempo transcurrido desde su fabricación, todavía quedan unos pocos ejemplares en condiciones de uso (ver figura 69), pero su empleo es casi simbólico.



Figura 69. Cosechadora Thomson, reparada para su venta en Monteros, Tucumán (octubre de 2017).

Siguiendo una clasificación estricta, las cosechadoras tipo Luisiana, cuando se emplean junto con las cargadoras (de pinzas o continuas) conforman un sistema mecanizado. Sin embargo, las posibilidades de recombinarlo con otras máquinas y tareas manuales, como sucedió en Tucumán, dieron por resultado varias versiones del sistema semimecánico de cosecha. Esta particularidad, que algunos calificaron de innovación local (Fogliata, 1995) y otros, como el expropietario de Java, de adaptaciones de sistemas ya existentes (Acevedo, 1982), fueron empleadas de manera

generalizada. Los ingenios Bella Vista y La Fronterita, hasta finales de década de 1980, emplearon ocho combinaciones distintas, desde la integrada solo por la cosechadora y la cargadora, hasta la formada por las tareas manuales de corte, despunte y apilado, y el uso de una cargadora continua (ver figura 70). Esta máquina levantaba la caña del suelo (apilada y quemada), la trozaba y, con una corriente de aire forzado, la limpiaba para depositarla en el carro de transporte. Entre sus ventajas se destacaron el bajo porcentaje de trash que incorporaba, la capacidad para trabajar con surcos altos y su alta eficiencia de recolección, siempre que se hubieran empleado los jornales necesarios para acondicionar la caña cortada sobre el suelo. La principal desventaja fue que, para trabajar a capacidad plena, necesitaba de tres o cuatro cosechadoras Luisiana en funcionamiento, para no transformarse en una opción antieconómica (Simon & Martínez, 1988). El precio de venta, la necesidad de sistematizar el campo para su desempeño correcto y los altos costos de mantenimiento, también fueron señalados como obstáculos para la adopción de estas máquinas (Jaldo Álvaro et al., 2016).



Figura 70. Cargadora continua J&L R6. Nota: Un modelo similar al presentado fue usado en los ingenios La Fronterita y Bella Vista, durante los años de 1980.

En Tucumán también se optó por reemplazar las cosechadoras tipo Luisiana por las máquinas cortadoras, más económicas y de construcción relativamente simple. Instaladas sobre un tractor y con transmisión mecánica, empleaban la fuerza motriz del

mismo. En 1964 sumaron 35 unidades, en 1972 ascendieron a 197 y, para mediados de los años 1970, llegaron a más de 670 ejemplares en toda la provincia (Canitrot & Sommer, 1972a; Morín, 1975). Incluso, varios modelos evolucionaron tecnológicamente y, de las cinco marcas disponibles en 1968, algunos habían incorporado dos discos de corte, en vez de uno, y transmisión hidráulica, en vez de mecánica, lo que mejoró sus desempeños (Morín, 1970b).

Sin embargo, las primeras máquinas cortadoras fabricadas en Tucumán tuvieron algunos problemas de diseño, que pronto fueron superados, como su montaje en un solo modelo de tractor o cajas de transmisión defectuosas. Luego de mejorar sus prestaciones se vendieron de a cientos. Seguramente, un factor técnico determinante fue su adaptación a los tractores Fiat, más baratos que el John Deere 730. Superada en parte la crisis de los años 1966 y 1967, las condiciones económicas existentes por entonces permitieron que un número considerable de cañeros, con fincas de tamaño mediano o pequeño, pudieran adquirirlas; como lo recordaron varios entrevistados.

Las cortadoras eran de fabricación local, mecánicas, conectadas por un cardan al tractor, Mattalia Díaz Bonomi, Jorge Audi, Ferreira, hacían cortadoras... (Entrevista a Walter Zalazar).

[Vendimos] fácil 300 máquinas, sino más, muy seguro. Al ingenio Concepción 40 o 45 máquinas, después vendimos a particulares y había algunos que empezaron a instalarla en otros tractores, como el Fiat 700 alto, era el que mejor andaba porque necesitábamos despeje del suelo para que la caña quedara acordonada sobre el surco. (Entrevista a Jorge Birgi).

...compré un campo de 22 hectáreas y en Mattalia compré una cortadora, cortaba la caña y el obrero la pelaba y la acondicionaba. La monté sobre el tractor que tenía mi padre, un Fiat 700, el de 40 HP no alcanzaba. Cortaba los dos campos. Con la cortadora la gente se ahorra la cortada, en época de mi padre 800 kilos por surco eran un buen rinde... (Entrevista a José Torres)

La simplicidad de sus mecanismos y su bajo precio relativo también favorecieron su difusión. No sucedió lo mismo con las cortadoras despuntadoras porque, además de su mayor complejidad mecánica, necesitaban tractores más potentes y su trabajo

era desprolijo, en parte por el diseño inadecuado de los campos. Por lo tanto, el despunte continuó siendo, generalmente, una labor manual.

Con las adaptaciones efectuadas en los distintos períodos, el sistema de cosecha semimecánico dejó de emplear máquinas cortadoras muchos años y, el esquema actual, de modo casi exclusivo, se compone de: Corte manual, ubicación de las cañas en la trocha (de modo transversal al surco), quemado de la maloja, despunte y cargado a granel mediante el empleo de una cargadora.

Entonces cortan a mano, acomodan, queman, descolan y esperan la cargadora; ese es el sistema que hace la mayoría de las cooperativas, se prepara la cuota asignada, por ejemplo, para una, dos o tres rastras [conjunto de carros]. Corte manual, quema, y cargada con máquina al volquete con la caña entera [...] Aquí toda la vida ha sido así, se quema la cantidad asignada acostada, en el piso, no se quema caña en pie porque es una pérdida para el cañero. (Entrevista a Edgardo Sánchez Tello).

Toda la caña semimecanizada es quemada y casi el 100 % es topada [empujada por la cargadora]. Por una cuestión de costo el cosechador no apila, acordona, y luego viene la topadora de la cargadora y empuja, entonces esa caña lleva cenizas y tierra. (Entrevista a Rubén Barrientos).

Aunque las tareas para la cosecha semimecánica son las mismas, pueden ser realizadas de distinta manera. La mayoría de los contratistas de este servicio solo disponen de máquinas cargadoras y, unos pocos, se encargan con personal contratado de la tarea de corte manual y realizan el traslado de la materia prima al ingenio. En el caso de los pequeños productores, sobre todo los agrupados en organizaciones de tipo cooperativo¹⁵⁵, se acuerda un cronograma de cosecha para esperar a la cargadora con la caña cortada, quemada, despuntada y acomodada en la trocha. Tareas casi siempre manuales que corren por cuenta de los mismos agricultores, salvo en

¹⁵⁵ Tenemos servicios de cosecha y flete. Es lo que más requieren los asociados... Al ser productores medianos a chicos, casi nadie tiene estructura para hacer la cosecha, traer la caña... La cooperativa les hace el servicio de cortarles la caña, con la máquina o con gente. La mano de obra está muy escasa. Antes se lo hacía con la familia, pero ya estamos grandes. En algunos casos se contratan cosecheros. Ahora tenemos cosecha mecanizada para los socios, pero en los lugares donde se puede entrar. (Entrevista a Beatriz Robles, presidenta de la cooperativa Los Barriento –Aguilares-).

los casos de productores que no poseen ninguna herramienta y equipo, porque se han descapitalizado durante las sucesivas crisis de la actividad.



Figura 71. Máquina cargadora depositando caña en un carro tipo Java (AER Monteros, 2012).

Sin ninguna duda, la innovación técnica que sobresalió en el sistema analizado fue la máquina cargadora de pinza (ver figura 71), esencial para el esquema semimecánico y que, además de incrementar notablemente la productividad de la cosecha, mejoró las condiciones laborales de los cosecheros. La carga de las brazadas de caña de azúcar a los carros cañeros, además de riesgosa, es la tarea más intensa luego del corte manual.

Por eso compré una cargadora Java, una chica, para 300 kilos, y la coloqué en un tractor usado que compré con un crédito del Banco Nación, la sucursal era nuevita, un John Deere bajo [...]. Más adelante, como cooperadora, sugerí comprar una cargadora y un tractor usado para todos los socios, pero para que rinda hay que organizar un sistema con buenos operadores. (Entrevista a José Torres).

Las cargadoras, conocidas desde los inicios de la década de 1960, se adoptaron rápidamente debido a las ventajas de su uso. Ya en 1964 sumaron 40 unidades, que se incrementaron a 54 en 1970, parte de ellas de construcción local (Cámara gremial de productores de azúcar de Tucumán, 1971; Morín, 1975). En la primera parte de

la década de 1970, en Tucumán se fabricaron tres marcas diferentes de cargadoras mecánicas y dos de cargadoras hidráulicas (Olea et al., 1988). Básicamente, se componían de un brazo grúa, montado en un tractor, con dos pinzas o mandíbulas para tomar un «bocado» de cañas. A su vez, en la parte delantera, tenían un rastrillo para empujar y acomodar los tallos, con el fin de cargarlos a granel en un carro cañero. Su empleo estuvo asociado con el sistema semimecánico de cosecha. Sin embargo, su número fue disminuyendo de manera abrupta a partir de los años 2000, como se observa en la figura 72.

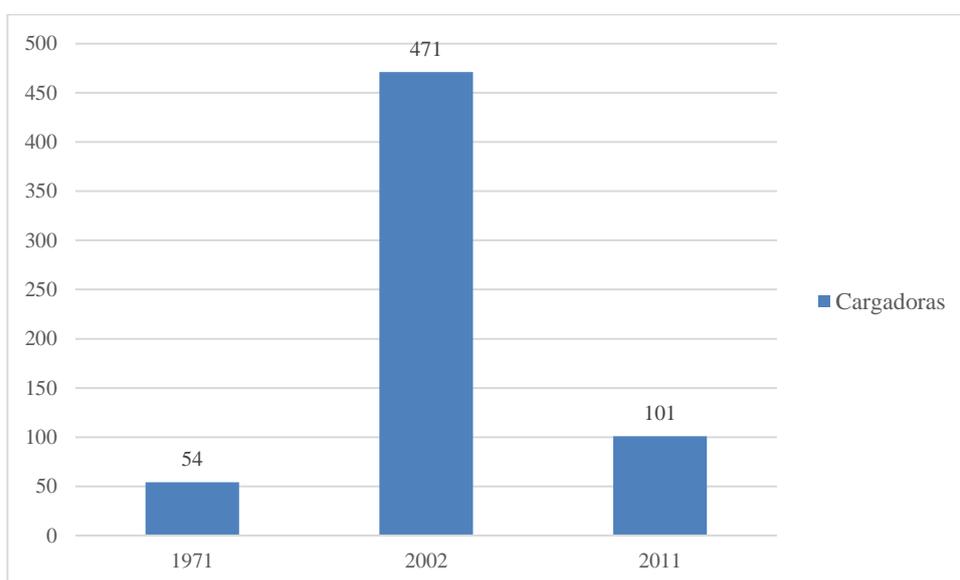


Figura 72. Cantidad de cargadoras en 1971, 2002 y 2011. Elaboración propia con datos de la Cámara gremial de productores (1971); CNA (2002)* y Censo cañero provincial (2011). (*) En este caso solo se consideraron las cargadoras en fincas que realizaban cosecha manual y semimecánica.

Las mejoras técnicas introducidas por la industria metalmecánica cañera tucumana, permitieron la construcción local de modelos autopropulsados de cargadoras (como los producidos por Java y Mancini en la década de 1980, reconocidos en el sector productivo por sus prestaciones) que, en algunos casos incorporaron mejoras como la transmisión hidráulica en lugar de los tradicionales sistemas de embrague mecánico. También se usaron numerosas máquinas de construcción casi artesanal, fabricadas en pocas unidades, como se muestra en la figura 73, algunas todavía hoy en funcionamiento.



Figura 73. Varios modelos de cargadoras de caña. Arriba, máquinas empleadas por la Cooperativa Ibatín en los años de 1990. Al centro, otra cargadora todavía empleada en el INTA Famaillá. Abajo, una tercera versión usada en la localidad de Simoca durante 2018.

De todas formas, a pesar de que la cargadora de pinza continúa siendo imprescindible para los pequeños productores que emplean el actual sistema semimecánico, la disminución de su número se explica por la consolidación del sistema integral de cosecha y la consecuente restricción de la demanda de caña entera por gran parte de los ingenios. Hoy en día, es razonable suponer que la mayoría de estas máquinas pertenezcan a empresas de servicios, ya sean de tipo cooperativo o comerciales.

El transporte de la materia prima

Con el uso de las cargadoras de caña, los carros para el traslado de la materia prima con una capacidad de 3000 kilos (peso del típico paquete de caña), dejaron de ser funcionales para los volúmenes y pesos que podía manejar la cosecha semimecánica. Por lo tanto, hubo un impulso para la fabricación de carros y cajas para camiones con mayor capacidad de carga y otro sistema de descarga. Sin duda, la mayor innovación fue el carro de vuelco lateral, conocido como Java¹⁵⁶, similar a los que se observan en las figuras 74 y 75.

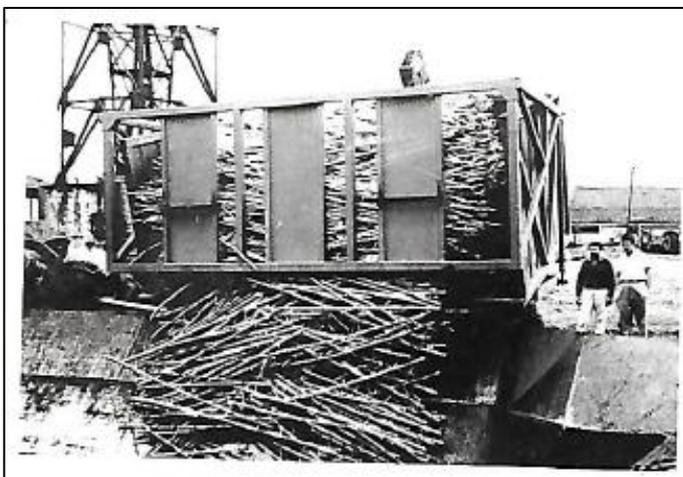


Figura 74. Carro Java descargando caña en la cinta transportadora al trapiche.

¹⁵⁶ Cuando empieza la semi, se pasa del paquete de tres metros de largo al primer Java de 4,5 metros, que fue avanzando de a un metro. 5,5; 6,5; 7,5; de allí a 8,60 y 9,20. Hay algunos todavía un poco más largos, te imaginás el tamaño, ya no podés cuartear con el mismo tractor. (Entrevista a Néstor Gómez).



Figura 75. Canchón de un ingenio en los años 1980. (Portada de Avance Agroindustrial 1985, nro. 20). Nota: la imagen muestra la convivencia de dos sistemas de cosecha, el semimecánico y el manual. A la izquierda un carro Java descarga caña, a la derecha varios paquetes de caña para ser pesados.

Como ya se presentó en la sección correspondiente, el carro Java, construido por la empresa homónima y mejorado luego de varias cosechas en el ingenio Ledesma, tuvo como antecedente los carros Inco (que formaron parte de las primeras experiencias de adopción del sistema semimecánico), adoptado por algunos ingenios tucumanos en 1963 y abandonado al poco tiempo debido, entre otros motivos, a la complejidad de las cosechadoras y el rechazo al pelado por fuego (Osa, 1992).

El carro de vuelco lateral para el transporte de caña a granel, comparado con el sistema de paquetes, permitió disminuir en un 25 % el tiempo promedio entre la cosecha y la molienda. Además, simplificó la logística al evitar el paso por el cargadero, ubicado cerca de los frentes de cosecha. Para 1988, casi el 85 % de la caña entera y el 60 % de la cosechada por máquinas integrales se trasladó en carros volquetes, mientras que el resto fue cargada en camiones (Scandaliaris, Romero, Olea, et al., 1988). La adopción del carro volquete solo determinó algunos cambios menores en los canchones de los ingenios, que incluyó la modificación del mecanismo

de enganche de sus grúas elevadoras de paquetes. De este modo, pudieron enganchar la caja de los nuevos carros y hacerla pivotar, para que la materia prima se descargara por gravedad.

El trabajo en el sistema semimecánico de cosecha

Como se estableció, dentro del sistema semimecánico más utilizado en Tucumán, el corte o hachado de la caña representó una tarea manual. La falta de mano de obra y su costo han sido, a lo largo del siglo XX, los motivos más frecuentemente citados para justificar la mecanización de la cosecha. Empero, este argumento también se empleó para explicar la disminución de la demanda de cosecheros, es decir, el proceso de mecanización fue visto, al mismo tiempo, como causa y efecto. En el transcurso de distintos períodos, pueden encontrarse ejemplos en uno y otro sentido.

Me acuerdo que la probamos [a la cortadora] en lotes de la finca Lolita, saliendo de Tucumán, y había unos 150 cosecheros todos “enculados” y gritando cosas mientras nosotros regulábamos las máquinas, eso fue en 1968. Se instaló y probó la máquina, los tipos no la querían, pero andaba un avión; el dueño del ingenio dio la orden para usarla y, a la semana, la gente estaba chocha y no quería voltear más caña, solo pelarla. Claro, ganaba más pelando que cortando, un sacrificio de animal realmente, pero que se hacía así. (Entrevista a Jorge Birgi).

...la cosecha era semimecanizada, la cooperadora tenía 40 y pico de empleados permanentes y toda la actividad era semimecánica. Se acomodaba y se quemaba en cordones. En algún momento se usó una cortadora de caña, pero como a la gente no le rendía se dejó de usar, porque el número que se descontaba era muy importante. A la gente no le convenía alzar y acomodarse, nada más. (Entrevista a Walter Zalazar).

Cuando en la cosecha se inició el paso desde el sistema manual al semimecánico, y todavía no se quemaba la caña, para el obrero resultó más conveniente evitar el corte (la tarea de mayor desgaste físico) y dedicar su tiempo a pelar y cargar. Con la adopción de la cargadora y el pelado por quema, el balance se hizo desfavorable para la retribución económica del trabajador, quien tuvo que volver a realizar la operación de corte manual de la caña para mejorar su jornal.

Otro elemento a considerar fueron los cambios en las condiciones de vida de los cosecheros que se trasladaban a Tucumán, porque en la medida que declinó el poder de los sindicatos, la preocupación por el bienestar de la mano de obra fue un tema de escasa prioridad.

De los santiagueños tengo el mejor recuerdo, muy respetuosos. En esos tiempos no había casas para la familia y, bueno, cortaban sunchos para hacer un rancho transitorio, por lo general venía la familia completa [...] Venían familias porque el hombre tenía su “barra”, su mujer y sus hijos. La “barra” pelaba una carrada por día y si había alguna urgencia podían acelerar el trabajo. (Entrevista a José Torres).

...hubo que traer gente de otro lado porque aquí no había esa cantidad. Esa gente vivía, no en condiciones infrahumanas, pero dormían en el suelo, hacían un quinchado con el despunte para instalar el fogón, la cocina, y protegerse del clima. (Entrevista a Néstor Gómez).

Los hachadores, para las fincas grandes había un capataz, se fichaba gente para toda la cosecha, a los menores se les permitía ayudar a contra turno del horario escolar, cuando en la zona había mano de obra se acordaba con esa gente para las tareas. (Entrevista a Enrique Fernández de Ullivarri).

Aunque los relatos precedentes puedan parecer impropios en un contexto de respeto a los derechos laborales, en comparación con las primeras décadas del siglo XX no representan situaciones extremas de malestar. En todo caso se las consideraba normales para la época. En lo referido a la insuficiente cantidad de mano de obra, los entrevistados la relacionaron con las condiciones de la tarea y su escasa retribución, en comparación con otras fuentes de trabajo, sobre todo en la actividad citrícola.

...porque te dicen que nadie quiere cosechar, pero hay variedades con janas y tupulo es mandarlos a la hoguera, y el valor del trabajó bajó. Es obvio, buscan otras formas de ganarse la vida. (Entrevista a Domingo Sandoval).

UATRE, que es el gremio de los cosecheros de limón, en los últimos 10 años consiguió acuerdos muy buenos para la cosecha, un básico por un número mínimo de maletas¹⁵⁷, equivalente a un jornal, y de ahí en adelante un extra por productividad; con eso no se podía competir. (Entrevista a Rubén Barrientos).

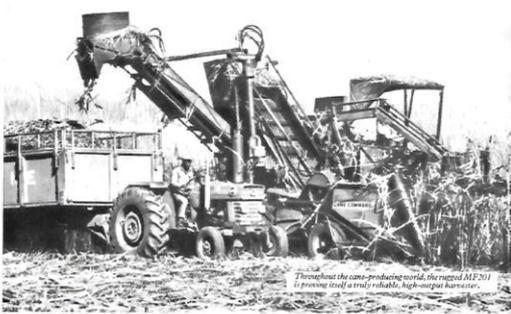
...hay muy poca gente que quiera trabajar en caña, los que quedan son gente grande, a los jóvenes no les gusta. Tienen la cosecha de limón también, con más beneficios que la de la caña, y después viene la de arándano.

¹⁵⁷ Especie de bolso en donde el cosechero deposita la fruta que va colectando de los árboles.

Eso se siente, a pesar de que la cosecha de limón también es pesada es distinta a cosechar caña que, en muchos casos, tiene menor rentabilidad para el obrero. (Entrevista a E. Sánchez Tello).

Como se estableció, el sistema de cosecha semimecánico comenzó a ser utilizado en los primeros años de la década de 1960, reapareció luego de la crisis del período 1966 – 1967, se consolidó durante los años 1970 y 1980, cuando se importaron 50 cosechadoras tipo Luisiana (Osa, 1992) y, pese a la competencia de las primeras integrales, llegó a ser la forma de cosecha más difundida en Tucumán. Sin embargo, su implementación se dio en su versión más simplificada, que incluyó solamente la carga mecánica. El período de auge fue paralelo al creciente proceso de mecanización cañera, iniciado entre 1972 y 1973, que continuó hasta los primeros años de 1980. Su empleo declinó con la incorporación de la segunda generación de máquinas integrales, importadas a partir de la desregulación de la actividad, a partir de 1992. Sin embargo, dada la capacidad de adaptación a los distintos predios cañeros y su independencia relativa de los medios de transporte para la materia prima, continuó en uso sobre todo en el sector de los pequeños productores, aunque también tuvo buen desempeño en fincas de grandes dimensiones.

El sistema de cosecha integral de caña de azúcar



Throughout the cane-producing world, the rugged MF201 is proving itself a truly reliable, high-output harvester.

MF201: the ton-a-minute, dollar-a-ton cane harvester

The facts and figures behind the MF 201 Cane Commander are as impressive as the machine itself. Introduced in 1969, the MF 201 has established a harvesting record unequalled by any other machine.

Over three hundred of the Australian-built MF 201 have been marketed by Massey-Ferguson throughout the world. Performance has been outstanding - 2 1/2 million tons of sugar cane has been harvested by MF 201's by the end of 1970, with outputs of up to 450 tons/day being recorded regularly in some areas. The MF 201 handles any kind of crop, from 9 to 90 tons an acre, with costs as low as U.S. \$4.00 per ton.

The MF sugar cane system. The MF 201 is the heart of a comprehensive sugar cane harvesting system, which takes you from tillage to transport. This is made possible by Massey-Ferguson's position as the world's biggest manufacturer of tractors, conditioners, diggers and loaders, and diesel engines, besides being the world's largest producer and exporter of cane harvesters.

MF coverage in the cane countries.
 Australia, Argentina, Australia*, Bahamas, Barbados, Bolivia, Brazil*, British Honduras, Burma, Cambodia, Cameroon, Canada, Colombia, Republic of Congo, Costa Rica, Cuba, Dominican Republic, Ecuador, Egypt, El Salvador, Ethiopia, Fiji, French Guiana, Ghana, Grenada, Guadeloupe, Guatemala, Guyana, Haiti, India, Ivory Coast, Jamaica, Japan, Kenya, Lebanon, Malawi, Maldives, Malaya, Mauritius, Mexico*, Mozambique, Myanmar, Nepal, Pakistan, Panama, Paraguay, Peru, Philippines, Portugal, Réunion, Rhodesia, Rwanda, Senegal, Sierra Leone, Somalia, Spain, St. Lucia, St. Vincent, St. Kitts & Nevis, Sudan, Suriname, Taiwan, Tanzania, Thailand, Trinidad & Tobago, Uganda, United States of Africa*, Uruguay, U.S.A.*, Venezuela, Vietnam, Virgin Is., Zambia

* MF Operation Units or Associate Companies.



MF205 turns green cane into clean cane

In Australia and other sugar-producing countries, the MF205 cane harvester has proved its ability to harvest green cane as commercially acceptable ground speeds and produces the clean, high-quality billets required by today's mills. The MF205 will harvest poorly burnt cane and wet top as well as green cane - all at economical cost. It is still, the only over-the-row green cane machine that can harvest up and down a face while taking the crop in its stride.

MF205, with particular emphasis on the gathering, feeding, cleaning and separating systems to ensure difficult crops are readily handled. Ideas like Centri-Flo extraction system that practically eliminates billet trash while giving most effective trash disposal.

HEAVY-DUTY HALF-TRACKS
 The introduction of MF heavy-duty half-tracks extends the versatility of the machine for operation in wet, slushy conditions.

LIKE TO KNOW MORE?
 If you're considering green or burnt cane harvesting, consider the Massey-Ferguson 205. It's well proven for versatile performance, high output and reliable operation. Get full details from -

Massey-Ferguson (Australia) Limited, Cane Equipment Division, Bundaberg, Queensland, 4670, Australia. Tel: 4971.

or
 Massey-Ferguson Americas Export Operations, 1 Financial Park, Suite 2050, Fort Lauderdale, Florida, 33304, U.S.A. Tel: 914472.

MECHANICAL MECHANISM DRIVE WITH HYDRAULIC SENSOR PROTECTS AGAINST OVERLOADS
 MCM Clutch with automatic sensing device protects the feed roller and chopper mechanism against damage from overloads. It's simple, effective and re-engaging the slip-

Figura 76. Cosechadoras MF 201 y MF 205 (The Sugar Journal, 1973; Sugar y Azúcar Yearbook, 1978). Nota: La primera, que solo cosechaba caña quemada, fue un éxito mundial de ventas por su desempeño. La 205 podía colectar caña en verde. Ambos modelos se usaron en Tucumán

Unas de las primeras cosechadoras integrales en Tucumán fueron dos Massey Ferguson 201 (ver figura 76), importadas de Australia, usadas por el ingenio Concepción durante la zafra de 1973 (Chaila, 2018)¹⁵⁸. A ellas se agregó una Claas, un modelo previo a la serie 1400 sin dispositivo despuntador, adquirida por Rufino Cossio para su finca cañera (Terán, 2019)¹⁵⁹. Por entonces, los ingenios del norte del país ya empleaban varias integrales. Ledesma, en Jujuy, por lo menos 10 de la misma marca y modelo que la fábrica tucumana. La Esperanza, también de Jujuy, y San Martín del Tabacal, en Salta, dos y una máquina respectivamente, modelo

¹⁵⁸ Entrevista a S. Chaila (2018), en ese momento empleado del Ingenio Concepción y estudiante avanzado de ingeniería agrónoma. Actualmente profesor universitario, especialista en caña de azúcar.

¹⁵⁹ Comunicación personal con el ingeniero agrónomo César Terán, contratista de cosecha cañera y diseñador de maquinaria agrícola.

Toft CH 364, construidas igualmente Australia, que habían incorporado mejoras en sus circuitos hidráulicos. (Humbert, 1974).

Sólo un año después, en 1974, las máquinas integrales en Tucumán rondaban las 60 unidades, entre nacionales e importadas (Morín, 1975), un número similar al registrado por una investigación posterior, que estudió el efecto de la mecanización sobre el empleo de mano de obra (Mora y Araujo & Orlansky, 1978). El notable aumento en el número de este tipo de cosechadoras, en tan poco tiempo, permite suponer un creciente interés en la mecanización por parte del sector agroindustrial. Ante este proceso, de indudable gravitación económica y social, un directivo del INTA anunció que la Estación Experimental de Famaillá tenía un plan de trabajo, que permitiría obtener la información necesaria para asesorar a los productores cañeros sobre el sistema de cosecha más conveniente (La Industria Azucarera, 1976b). Además de la iniciativa mencionada, también se trabajó en la recolección de nuevos datos sobre los efectos de la quema del cañaveral en la calidad industrial de la caña de azúcar, afirmando que el mejor método era quemar la caña luego de cortada. Entre otros motivos, porque la humedad ambiental hacía poco eficaz la quema de la caña en pie. Una práctica imprescindible en el caso de las primeras máquinas integrales, que solo cosechaban caña quemada. Como ya se expuso, la quema de los cañaverales fue resistida por los ingenios durante mucho tiempo, hasta que se impuso en forma masiva en los años 1980, debido a una cuestión de costos. Por otro lado, se destacaron también las investigaciones para la mejora genética, mediante el cultivo de tejidos, y los aspectos económicos de la mecanización de labores en la zafra (La Industria Azucarera, 1976c).

La mecanización fue una de las variables consideradas en los procesos de mejora genética y la obtención de nuevas variedades de caña. Por ejemplo, la presentación de la variedad Tuc 69-2 destacó su porte erecto y su adecuación a los sistemas mecanizados de cosecha (EEAOC, 1980). Algo similar ocurrió con la variedad Tuc (CP) 77-42, cuando se informó que, además de su alto contenido de sacarosa, era

apta para la cosecha mecánica debido, entre otros motivos, a su porte y altura uniforme, lo que la hacía ideal para el despunte mecánico (J. Mariotti et al., 1987), una operación con resultados regulares cuando se hacía a máquina.

Sin embargo, los desarrolladores de nuevas variedades tuvieron una mirada crítica de la etapa de cosecha, sobre todo de la mecanizada, porque planteaba un límite al potencial de la mejora genética. Es decir, una cosecha incorrecta anulaba el incremento de sacarosa, logrado por el proceso de selección varietal, por la disminución de la calidad fabril de los jugos. Un problema que se hacía más grave si los tallos habían sido quemados o estaban trozados mecánicamente. Otro inconveniente propio de las cosechadoras fueron las pérdidas por la cantidad de caña no recogida por las máquinas, una proporción cercana al 5 % pero que, en casos extremos, podía elevarse hasta un 25 %. Además, cualquiera de los sistemas mecanizados de cosecha implicaba un 10 % de trash, porcentaje que podía subir a 20 % o más (Fagalde & Mariotti, 1980), una cantidad superior al 1,5 o 2 % incorporado por la cosecha manual. Se destacó, en cambio, el conocimiento logrado sobre los sistemas mecánicos de cosecha, incluidos los factores económicos, pero sin prestar igual atención a las consecuencias agronómicas de su aplicación, como la duración de las cepas, la compactación del suelo, la sistematización de las fincas y la necesaria complementación con los sistemas de transporte (J. Mariotti, 1983); este reclamo fue atendido pocas veces.

La escasez de técnicos especializados en la mecanización y la falta de trabajos científicos tecnológicos al respecto, fue una característica que se mantuvo a lo largo del tiempo, sobre todo comparado con la cantidad de información producida sobre el manejo agronómico del cultivo y la genética de caña de azúcar. Esta insuficiencia de conocimiento académico no se correspondió con el dinamismo de los empresarios metalúrgicos tucumanos.

En efecto, un conjunto de personas y empresas que impulsaron el cambio tecnológico, muchas veces a riesgo de su patrimonio económico, conformaron un segmento notable en el diseño y la fabricación local de equipos para la cosecha. Entre ellos se

destacaron Givogri, Mattalia Díaz Bonomi, Birgi y Bleckwedel, a los que se unieron los primeros usuarios de las máquinas cortadoras apiladoras J&L y Thomson y de las cargadoras montadas sobre tractores (Aguiar Frangella, 1988). Durante la década de 1970 y parte de la de 1980, se fabricaron en Tucumán tres marcas diferentes de cargadoras simples y dos de cargadoras hidráulicas, varios modelos de cortadoras (de uno y dos discos), carros cañeros, paqueteros y volquetes, trasbordadores de caña, equipos de cultivo, plantadoras, cargadoras, además de las máquinas integrales de Indal y Java. Cabe suponer que una mayor participación del sistema científico tecnológico provincial, en la etapa inicial de la mecanización, hubiera aportado una mejora significativa al desempeño de las primeras maquinarias.

Cuadro 30: Evolución de los sistemas de cosecha en proporción de caña molida (1972 – 1980).

Sist. de cosecha	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Manual	88,6	76,7	70,4	65,3	63,1	64,9	62,0	57,3	50,7
Semimecánica	11,4	20,5	23,9	26,6	25,5	23,2	20,0	23,4	26,7
Integral	0	2,8	5,7	8,1	11,4	11,9	18,0	19,3	22,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Elaboración propia con datos de Ponce & Haro (1978), Haro (1979) y Ponce (1981) para 16 ingenios

De todas formas, como se observa en el cuadro 30, el avance en la mecanización de la cosecha fue paulatino. En lo referido al sistema integral, las 60 máquinas integrales disponibles en Tucumán en la segunda parte de la década de 1970, solo hubieran cosechado alrededor del 19 % de los cañaverales provinciales. Colectar toda la superficie cultivada hubiera requerido de unas 335 cosechadoras, trabajando en jornadas de 10 horas diarias en una zafra de 150 días (Morín, 1975). Pero incluso esta cantidad, cuando se compara con el desempeño efectivo alcanzado por las integrales, parece subestimada, por lo tanto, las más de 300 máquinas tampoco hubieran sido suficientes. En tal sentido, durante el período considerado, el rendimiento promedio de una máquina integral fue de entre 10 y 12 toneladas de caña por hora (Sandoval, 2018), cantidades que indican una productividad de entre 80 y 100 toneladas diarias por cosechadora. Valores que actualmente parecen reducidos, pero similares a los de Cuba y Brasil para la misma época (Feuer, 1987; Ripoli

et al., 1975) lo que implica, por otro lado, un proceso gradual de ajuste en la adopción del nuevo sistema.

Otra estimación de los volúmenes cosechados por cada sistema, no difiere demasiado con las cifras del cuadro 31, representadas en la figura 77. A inicios de los años 1980, la cosecha manual representó el 60 %, 20 % la semimecánica y la integral el 20 % restante (Cerrizuela, 1988). Proporciones similares a las consignadas por Ponce (1981) y que sugieren un desplazamiento de mano de obra muy gradual o, en todo caso, que en este proceso tuvo mayor influencia el sistema semimecánico.

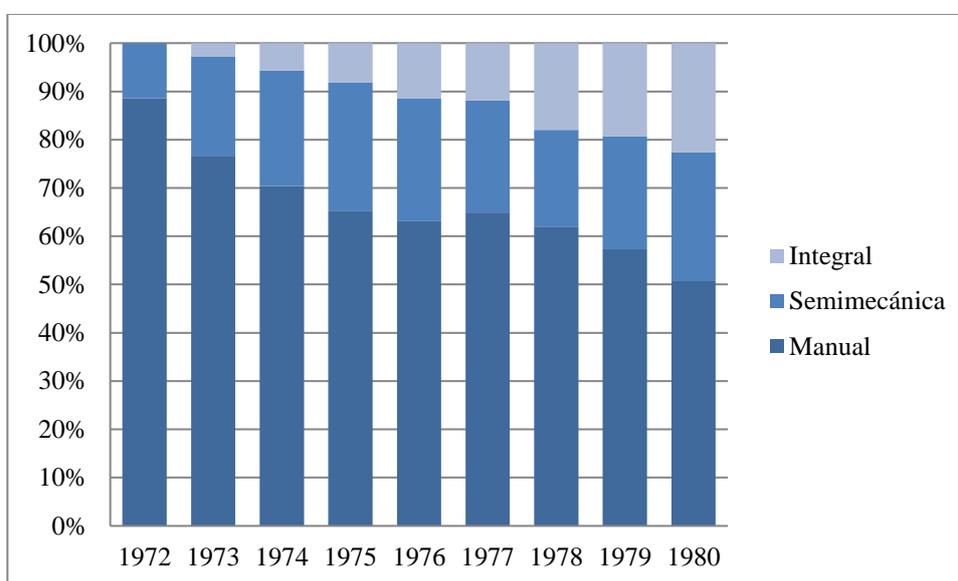


Figura 77: Evolución de los sistemas de cosecha en proporción de caña molida (1972-1980). Elaboración propia con datos de Ponce & Haro (1978), Haro (1979) y Ponce (1981) para 16 ingenios.

Una tercera fuente sostuvo igualmente que a principios de la década de 1980 había unas 160 máquinas integrales en Tucumán, pero aclaró que la cantidad cosechada con este sistema no superó el 25 % del total (Fogliata, 1995), lo que implicó un uso poco eficaz de las cosechadoras. En 1988, se emplearon unas 100 máquinas, por lo menos durante 30 días por año, aunque la dotación existente en la Argentina superaba las 300 unidades (Aguiar Frangella, 1988), otro indicador de su poco uso y baja eficacia.

Cuadro 31: Cosechadoras integrales de caña de azúcar en la Argentina entre 1972 y 1987 (Frangella, 1988).

Cosechadora	Tucumán	Salta y Jujuy	Litoral	Total
Claas	121	17	3	141
Toft	15	3	1	19
M. Ferguson	20	15	0	35
Java	10	1	0	11
Indal	90	10	0	100
Total	256	46	4	306

El cuadro 31 muestra la cantidad de cosechadoras integrales existentes en Tucumán entre los años 1972 y 1988. Como se aprecia, es notable la cantidad de máquinas Claas e Indal, pero también aparecen las marcas Massey Ferguson (seguramente modelos 201 y 205) y Toft. De acuerdo con Olea, Romero, et al. (1993), también se importaron algunas cosechadoras Santal¹⁶⁰ (brasileñas) y Massey Ferguson 305 (ver figura 78), aptas para cosecha en verde.



Figura 78. Cosechadora MF 305 (2018). Nota: este modelo, importado de Australia, está expuesto con fines ornamentales en una dependencia gubernamental tucumana. Apto para cosecha en verde tuvo poca difusión en esta provincia, donde Claas fue la marca más vendida hasta los años de 1990.

¹⁶⁰ La publicidad de la «Santal Rotor» destacó que carecía de cadenas y correas y se adaptaba a la cosecha de caña en verde. (Avance Agroindustrial, 1980. Año 1, nro. 2).

El ingenio Concepción fue el primero en emplear las cosechadoras Claas -modelo Claas CC Libertadora o Libertadora 1400¹⁶¹- en sus fincas, como se observa en la figura 79. El reemplazo de las integrales Massey Ferguson se debió, en parte, a que las máquinas alemanas podían cosechar en verde con mayor eficiencia y contaban con mejor servicio técnico que las australianas (Chaila, 2018).



Figura 79. Cosechadora Claas 1400 en campos del ingenio Concepción (Desarrollo Rural, 1981).

El desempeño de las primeras máquinas cosechadoras utilizadas en Tucumán no fue el esperado. En efecto, una evaluación de cinco modelos de cosechadoras integrales (un total de 12 máquinas, probadas durante 1978 en 10 zonas de la provincia), arribó a las siguientes conclusiones: a) La eficiencia promedio de las cosechadoras integrales alcanzó valores entre 51 % y 62 %, para una eficiencia teórica máxima de 100 %. b) La capacidad de trabajo varió entre 12 y 26 toneladas de caña colec-

¹⁶¹ Para la presentación de las cosechadoras Claas se realizó una ceremonia en el ingenio a la concurrieron, entre otros, las autoridades civiles y militares de la dictadura. Para la ocasión, el nombre de Libertadora, que las máquinas alemanas llevaban pintado en sus carrocerías, fue cubierto con pintura (Chaila, 2018). Por su parte, Edquist (1982) sostuvo que Claas, durante 1978, exportó más de que 80 de estas máquinas a la Argentina. En Tucumán se vendieron, por lo menos, desde 1974.

tadas por hora. c) El diseño de los cultivos fue inapropiado para que las cosechadoras operaran normalmente. d) La baja eficiencia se debió, en gran medida, a la poca organización para el mantenimiento de las cosechadoras, sumada a las pérdidas de tiempo por circular en callejones inadecuados para las maniobras, y el trazado de surcos con curvas de nivel (Sandoval, 1978). En consecuencia, la capacidad de trabajo y la eficiencia de las primeras cosechadoras integrales utilizadas en Tucumán se acercaron a la mitad de sus valores teóricos. Cabe destacar también que las diferencias de rendimiento variaban si la cosecha era de caña quemada o verde, condición que influía en el contenido de trash. La evaluación no incluyó las pérdidas por caña no recogida en el campo, cantidad que, con las primeras máquinas, era significativa. En este sentido, siempre existió un balance entre la cantidad cosechada en verde y la proporción de trash incorporado que, por otro lado, determinaba el ingenio.

Con todo, la comparación entre los rendimientos potenciales y los efectivamente alcanzados por las primeras cosechadoras, basada solamente en la cantidad de caña cosechada por hora en ensayos controlados, es una información parcial e incompleta. Si bien las máquinas disponibles en el mercado podían cosechar hasta 60 toneladas por hora, un cálculo realista de la capacidad de trabajo debe incluir necesariamente el tiempo insumido para el mantenimiento diario, los tiempos muertos debidos a las maniobras y a la espera del transporte, y el de reaprovisionamiento. Por lo tanto, una máquina, en condiciones reales de producción trabaja al 50 % de su eficiencia teórica, lo que resulta en una productividad de poco más de 200 toneladas para una jornada de 12 horas, unas 17 toneladas de caña por hora (Manners, 1979). Lo mismo destacó uno de los cañeros y contratista entrevistado, estas cosechadoras «...hacían 150 o 200 toneladas en un buen día» (Rodolfo Porcel, 2017). Una cifra promedio de entre 10 y 12 toneladas por hora fue, para la época, una cantidad razonable, aunque difícilmente haya cubierto los costos de la inversión.

El rendimiento de las primeras integrales mejoró cuando trabajaron en superficies extensas y sistematizadas para la cosecha mecánica, como eran las de los ingenios del norte del país. Sobre todo cuando se aplicaron herbicidas para desecar las hojas

y mejorar la quema del cañaveral, casos en los que el rinde alcanzó hasta 40 toneladas de caña por hora (ver el cuadro 32).

Cuadro 32. Rango de toneladas cosechadas por hora y cantidad promedio de trash en ingenios del norte. Elaboración propia con datos de (Humbert, 1974).

Ingenio	Cosechadora	T/hora	Trash %
La Esperanza	Toft CH 364	20-40	6-12
Ledesma	MF 201	10-25	7-12
Tabacal	Toft CH 364	12-25	8,7

Igualmente, entre 1981 y 1983, el ingenio Río Grande de Jujuy, utilizando cosechadoras Claas, recolectó 25,4 toneladas de caña por hora de trabajo efectiva, un promedio diario de poco más de 300 toneladas diarias por máquina, es decir valores similares a los del cuadro 33. La ventaja principal del sistema integral fue su costo, un 72 % menor al del sistema semimecánico (Sant, 1992).

En cambio, las cosechadoras integrales usadas en Tucumán mantuvieron sus bajos rendimientos hasta los primeros años de 1990. La Compañía Azucarera Santa Lucía SA, con tres integrales Toft (de la serie 300) cosechaba unas 650 hectáreas por zafra, en promedio poco más de 200 hectáreas por máquina (Avance Agroindustrial, 1985). Cantidad que supone 10 o 12 toneladas de caña por hora para cada cosechadora, una cantidad muy lejana al desempeño potencial de esta máquina que podía alcanzar un rendimiento tres veces mayor. La situación fue similar en el ingenio Santa Bárbara, propietario de cuatro máquinas Claas 1400 y una Indal que cosecharon, entre 1978 y 1987, entre 10 y poco más de 12 toneladas por hora cada una (Aguiar Frangella, 1988). En igual sentido, Giarraca & Aparicio (1991) sostuvieron, en su ya clásica investigación sobre el campesinado cañero, que en 1988 una integral cosechaba una hectárea cada cinco horas, un valor aproximado a 11 toneladas de caña por hora.

La información disponible no permitió reconstruir una serie temporal con la cantidad exacta de cosechadoras empleadas en Tucumán. Empero, los indicios al respecto establecen que hubo un uso ineficiente de su dotación, una característica compartida con la dotación de tractores y los equipos de cultivo. Esta situación generó

mayores costos operativos (Pérez Zamora et al., 1991), debido a la significativa inversión que implicaba la adquisición de maquinaria y su bajo uso anual.

Sumado a los motivos económicos, hubo algunos otros que impidieron a las cosechadoras de primera generación un desempeño acorde con su potencial. Entre ellos sobresalieron: a) El costo de la mano de obra a veces fue muy bajo para el período 1973 – 1993 y compitió con el sistema integral. b) El sistema de comercialización y evaluación de la calidad de la materia prima favoreció la entrega de caña con poco trash, aunque estuviera estacionada, en contraposición a la caña fresca pero con mayor porcentaje de trash. En consecuencia, fue más rentable entregar caña limpia que fresca. c) La mala operación de las cosechadoras ocasionó pérdidas de hasta 200 kilos de caña por surco (equivalente al 20 % o más de su productividad). Incluso con buenos maquinistas las pérdidas rondaron los 100 kilos por surco, una cifra demasiado elevada en comparación con los otros sistemas de cosecha. d) Los operadores inexpertos, el mantenimiento defectuoso y la falta de adecuación de los predios para la cosecha integral, determinaba que numerosas máquinas trabajaran con un rendimiento muy bajo, en promedio 10 toneladas por hora. (Scandaliaris et al., 1993).

Con las políticas económicas de la década de 1990, la desregulación del sector agroindustrial azucarero, la paridad entre el peso y el dólar estadounidense y la eliminación de barreras para la importación, se produjo un recambio del parque de maquinarias que incluyó a las cosechadoras cañeras y determinó el resurgimiento del sistema integral, que no detuvo su expansión hasta 2006. Por entonces, en el mercado mundial, ofrecieron sus cosechadoras solo tres fabricantes, Austoft, Cameco¹⁶² y Claas (Olea, Scandaliaris, et al., 1993). En conjunto, los modelos de estas marcas fueron denominados cosechadoras integrales de segunda generación, debido a las mejoras en su desempeño que los diferenciaban de las máquinas de los años 1970 y 1980. Durante 1993, en los ingenios del norte operaron alrededor de

¹⁶² Siglas de *Cane Machinery and Engineering Company*. Empresa norteamericana fundada en 1965. Sus primeras cosechadoras de caña, tipo Luisiana, fueron una copia de las J&L comercializadas desde tiempo atrás. En 1998 fue adquirida por John Deere.

17 cosechadoras integrales de nueva generación y entre 15 y 20 en Tucumán, máquinas que justificaron su compra cuando el volumen previsto de cosecha por zafra fue de 30 o 40 mil toneladas por unidad. (Scandaliaris et al., 1993), cantidad equivalente a una superficie de por lo menos 500 hectáreas. Todas estas integrales ya incorporaron motores de entre 250 y 300 CV y tuvieron prestaciones muy superiores a las que integraron la primera generación¹⁶³.

Efectivamente, a partir de 1977, el desarrollo de las Toft 4000 y Toft 6000 implicó el reemplazo de los complejos accionamientos mecánicos por sistemas hidráulicos y, desde 1985, se fabricó la serie 7000 (ver figura 80), que permitió la cosecha de caña verde en cantidades comerciales. Además, aumentó el ahorro de combustible y ofreció un mayor confort para el operario (Austoft, s. f.).



Figura 80. Cosechadora integral Austoft de la serie 7000. Nota: máquina empleada en la Cooperativa Ibatín durante la década de 1990 (AER INTA Monteros, 1995).

¹⁶³ Las Austoft ya fueron más eficientes porque la descarga se movía, podías subir y bajar el despuntador, mayor velocidad de corte, mejor tratamiento de la caña cortada, mejor limpieza [...] Apareció la Austoft, que era australiana y le “pasó el trapo” porque era mucho más económica y más flexible, porque tenía todas estas innovaciones y la Claas se quedó atrás. (Entrevista a Ricardo Porcel).

En esos años, la marca más difundida de cosechadoras integrales en Tucumán fue Cameco (ver figura 81), debido a que varios ingenios que las habían adquirido, beneficiados por la desregulación de la actividad azucarera, establecieron un esquema de compra venta de máquinas usadas, que además solían intercambiar con ingenios de las provincias del norte. El precio de venta pactado podía abonarse en materia prima y servicios, tal como lo expresó un productor cañero y contratista de cosecha entrevistado.

...hubo un movimiento en los ingenios, que entregaba sus cosechadoras usadas a los productores para que las pagaran con caña o con azúcar. Así llegué yo a la Cameco del año 94 [...] ¿Cómo hacían los ingenios? Pagabas con caña o con servicios, los ingenios se aseguraban, los servicios de cosecha son muy costosos, se sacaban el problema de encima, era realmente muy engorroso, y tenían prestadores de servicios asegurados por un tiempo con este esquema de entregar la máquina contra pago de caña y servicios. (Entrevista a Ricardo Porcel).



Figura 81. Cosechadora Cameco usada en la zafra tucumana de 1992 (Avance Agroindustrial, 1993).

Con las integrales adquiridas a partir de 1992, en un contexto caracterizado por un relativo alto costo de la mano de obra, facilidades para la importación y los avances tecnológicos de los nuevos modelos, fue posible lograr un costo operativo incluso

más bajo que el del sistema semimecánico, situación que se mantuvo varios años y acrecentó la demanda de nuevas cosechadoras integrales. La productividad que se previó alcanzar con estos modelos, de acuerdo con los profesionales encargados de la cosecha, fue de 500 toneladas diarias para Tucumán y de 600, en el caso de Jujuy (Avance Agroindustrial, 1993). Estos valores fueron similares a los obtenidos, para la misma época, en una prueba de dos máquinas Claas en fincas tucumanas (Romero et al., 1993), aunque los porcentajes de pérdidas y trash fueron variables y dependientes del estado de los cañaverales.

Mediante la comparación y el ajuste entre varias fuentes fue posible estimar la evolución en el uso de los sistemas de cosecha para el período 1970 – 2006, que se presenta en el cuadro 33. Para la zafra de 1987, la proporción del cañaveral cosechado mediante el sistema integral no había variado demasiado respecto a los 10 años previos. Fue de 29,6 % para el sistema manual, 50 % para el semimecánico y 20,4 % para el integral (Olea et al., 1988). Estos valores, comparados con los de 1980 (Ponce, 1981), evidencian una disminución de casi un tercio en el uso del sistema manual, un crecimiento del sistema semimecánico hasta casi duplicar su cifra, y un leve incremento de la cosecha integral.

Cuadro 33. Evolución de los sistemas de cosecha tucumanos en porcentaje de volumen de caña (1970 – 2006).

Sist. de cosecha	1970	1975	1980	1987	1990	1996	2002	2006
Manual	91,0	65,3	50,7	29,6	48,2	10,0	18,5	5,0
Semimecánica	9,0	26,6	26,7	50,0	46,8	50,0	24,1	30,0
Integral	0,0	8,1	22,6	20,4	5,0	40,0	56,4	65,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Elaboración propia¹⁶⁴ con datos de Ponce, (1981); Olea et al., (1988); Scandalariis, Olea, et al., (1992); International Finance Corporation (1996); Giarraca, (1999b); INDEC, (2002); Vicini & Vicini, (2010).

¹⁶⁴ Los valores del cuadro 33 integran información de los volúmenes de caña molidos por los ingenios (discriminada en paquete, a granel y trozada), encuestas a productores, datos censales y estimaciones de expertos.

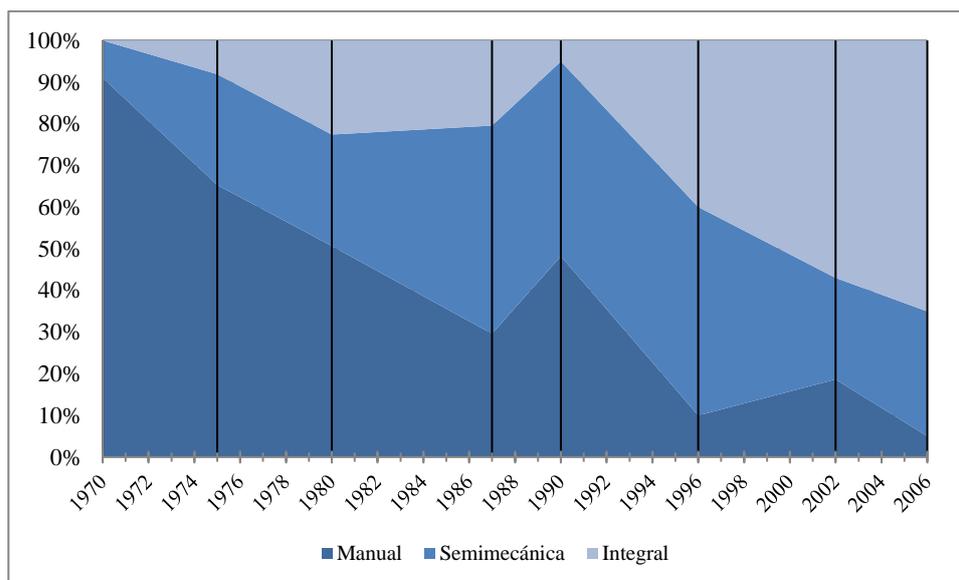


Figura 81. Sistemas de cosecha empleados en porcentaje de volumen de caña (1970-2006).

Como se observa en la figura 81, durante un periodo de 10 años, que abarcó gran parte de la década de 1980, el sistema integral de cosecha detuvo su crecimiento e incluso redujo abruptamente su empleo. Un motivo fue la crisis económica y productiva del país en general y del sector azucarero en particular, que se agudizó a partir de 1987 con la modificación la política cambiaria (peso-dólar estadounidense) y la alteración de los precios relativos. Además, se agregó el efecto de la sequía de 1988 y 1989 sobre la productividad de los cañaverales. En consecuencia, muchas máquinas se dejaron de usar debido a los altos costos de los repuestos, los gastos de operación y el mantenimiento; en favor de los relativamente más económicos sistemas semimecánico y manual. Sin embargo, como ya se mencionó, a partir de la desregulación del sector agroazucarero se inició un nuevo ciclo de mecanización que, con algunos altibajos, mantuvo una tendencia creciente hasta la primera década del siglo XXI. Una característica notable de este proceso fue que sumó, incluso, a una parte de los pequeños productores, hecho que ya había sido notado por Giarraca (1999b) y que también se verificó en la entrega de la materia prima. En la figura 83 se observa que el ingenio Ñuñorco, establecimiento fabril que procesó gran parte de la caña de los pequeños y medianos productores del área central de Tucumán, reflejó este crecimiento del sistema integral y la consecuente disminución del sistema manual y semimecánico de cosecha. En el período 1991 – 1997, el

sistema integral creció desde el 0 al 37 %, mientras el manual disminuyó desde el 43 al 19 % y el semimecánico desde el 57 al 44 % (Macció, 1996; Desarrollo Rural, 1998).

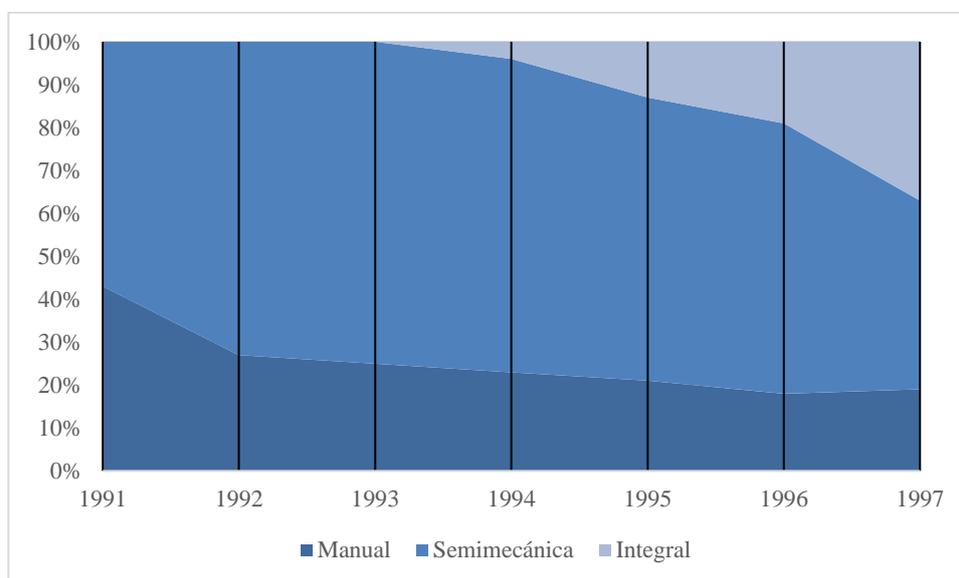


Figura 83. Sistema de cosecha de la caña procesada por el ingenio Ñuñorco en % (1991-1997). Elaboración propia con datos de Macció (1996) y Desarrollo Rural (1998).

Los datos disponibles de los Censos Nacionales Agropecuarios 1988 y 2002, ordenados por sistema manual, semimecánico y manual, e integral y combinaciones, confirmaron el crecimiento del sistema integral (aunque, en este caso, la proporción fue parcialmente sobreestimada, en desmedro del sistema semimecánico, por la existencia de productores que combinaron distintas modalidades de cosecha). De cualquier manera, las cifras mostraron ser consistentes cuando se compararon con los restantes sistemas de cosecha empleados, el tamaño de las plantaciones y también se correspondieron con el resto de las estimaciones previas.

El cuadro 34 permite comprobar que los sistemas de cosecha empleados poseen una relación directa con la superficie de las fincas cañeras. Fueron las de mayor escala en donde más se incrementó la adopción del sistema integral. Por lo contrario, las más pequeñas continuaron usando, mayormente, el sistema manual; aunque una tercera parte lo reemplazó por el sistema semimecánico o el integral

Cuadro 34. Proporción de sistemas de cosecha empleados por escala de superficie (1988 y 2002).

Superficie (ha)	Hasta 15		15,1-50		50,1-100		Más de 100	
	1988	2002	1988	2002	1988	2002	1988	2002
S. Cosecha								
Manual	91,2	68,1	75,9	38,1	52,9	26,5	11,5	3,2
Semimecánico	7,7	25,7	21,1	43,5	40,0	36,3	47,4	19,0
Integral	1,1	6,3	3,0	18,0	7,1	37,1	41,1	77,8

Elaboración propia con datos de los CNA 1988 y 2002 (INDEC, 1988; 2002).

La comparación intercensal entre el número de explotaciones agropecuarias y los sistemas de cosecha, ofrece cifras contundentes. La proporción de fincas que utilizaron el sistema manual de cosecha se redujo, entre 1988 y 2002, un 60 %; mientras aumentó casi tres veces las que emplearon el sistema integral. Resulta razonable que el incremento del sistema integral se relacionara con un mayor número de integrales. Entre 1992 y 2002, el parque de estas cosechadoras se incrementó en 109 unidades que, sumadas a las ya existentes, arrojó un total de 190 máquinas (ver cuadro 35). En cambio, la dotación de las cosechadoras de otros tipos no había sido renovada, 24 de las 28 máquinas existentes contaban con 15 y más años de antigüedad (INDEC, 2002).

Cuadro 35. Cosechadoras de caña por tamaño de fincas en Tucumán (2002).

Tamaño (ha)	C. Integral	Otros tipos
Hasta 5	-	-
5,1 - 50	37	5
50,1 - 100	15	6
100,1 - 200	20	10
200,1 - 500	33	3
500,1 - 1.000	13	2
1000,1 - 2500	36	2
2500,1 - 5000	10	-
Más de 5000	26	-
Totales	190	28

Elaboración propia con datos del (INDEC, 2002).

Por otro lado, como lo muestra la figura 84, aunque el 60 % de las integrales tenían menos de nueve años, el conjunto de las que estaban en manos de pequeños y medianos cañeros, representados por los tres primeros estratos del cuadro precedente,

estaba integrado por máquinas adquiridas en la década de 1980 y pertenecientes a la primera generación tecnológica.

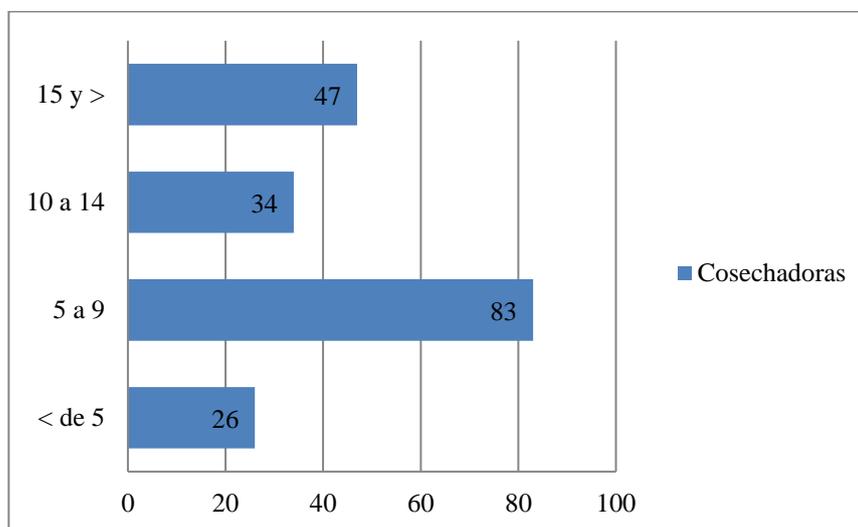


Figura 84. Cantidad de cosechadoras integrales por años de antigüedad para 2002. Elaboración propia con datos del (INDEC, 2002).



Figura 85. Cosechadora Cameco de la serie 2500, fabricada durante los años 1990 y todavía en uso durante la zafra 2018 en el INTA de Famaillá.

De todas formas, una característica de las integrales en Tucumán (ver figura 85) es que se continúan operando más allá de su vida útil programada, establecida en cinco años, hasta llegar a más del doble en algunos casos. Seguramente su alto precio de

venta, unos 570.000 dólares estadounidenses en septiembre de 2018, es uno de los motivos de mayor peso.

Cuadro 36. Cantidad de cosechadoras integrales y tipo Luisiana empleadas en Tucumán (1960 – 2002).

Período	Cos. Integrales	Cos. Luisiana
1960-1974	58	35
1974-1982	196	50
1982-1992	71	20
1992-2002	109	15

Elaboración propia con información de Cerrizuela & Hemsy (1967), Mora y Araujo & Or-lansky (1978); Aguiar Frangella (1988); EEAO, DNA, Geplacea, & Unicos (1991); (Olea, Romero, et al., 1993) y (INDEC, 2002).

La cantidad y tipo de cosechadoras empleadas en el sistema cañero de Tucumán durante el período 1960 – 2002 (ver la estimación en el cuadro 36), refleja el empleo de los distintos sistemas de cosecha. Sin embargo, no representa un indicador con-fiable sobre su uso hasta mediados de la década de 1990. En repetidas oportuni-dades previas a esos años, cuando se alteró la relación entre los precios relativos, las máquinas integrales fueron dejadas de lado para retornar, con distintas combinacio-nes, a los sistemas manual y semimecánico. La situación se modificó desde princi-pios del siglo XXI, a partir de la recuperación económica iniciada en 2003 se co-mercializaron, hasta 2018, unas 400 cosechadoras en todo el país. Alrededor de 300 de ellas ingresaron a la provincia, en donde solamente dos firmas industriales azu-careras, el ingenio Concepción y el grupo Los Balcanes (integrado por tres inge-nios), son propietarias de casi 100 integrales, adquiridas en los últimos años.

El transporte de la materia prima

Con el paso del tiempo y la mayor presencia del sistema de cosecha integral se desarrollaron los equipos autovolcadores para transportar la caña trozada dentro de los límites del establecimiento. El cambio implicó el reemplazo parcial de los carros cañeros, que avanzaban de manera paralela a la cosechadora y recibían la caña tro-zada, por un transporte concebido para contener hasta diez toneladas de tallos, mon-

tado sobre neumáticos anchos que reducían la compactación, y el mecanismo hidráulico necesario (conectado al tractor), para volcar la carga en los carros de transporte y reiniciar inmediatamente el ciclo.

Como cualquier otra innovación introducida en un esquema de tecnología eslabonada, el empleo de los autovuelcos supuso ventajas y desventajas. En efecto, se dispone de una mayor capacidad de carga que con los carros cañeros y disminuyen la compactación de los suelos; pero, a la vez, necesitan de un tractor en condiciones para accionar sus mecanismos, vehículo que en la jerga cañera se llama «cuartero».¹⁶⁵ En el balance de costo beneficio, muchos contratistas han optado por continuar con los carros cañeros tradicionales, práctica que, además, evita la operación de trasbordo de la materia prima del autovuelco a la caja del camión de transporte al ingenio. Como lo expresó un contratista mediano:

¿Por qué no tengo autovuelco? Porque cuando voy a una finca y el canchón¹⁶⁶ está lejos o mal ubicado, el autovuelco tiene que hacer dos o tres mil metros entre carga y descarga, mientras tanto la cosechadora tiene que esperar detenida, debería cubrir ese espacio con otro tractor, otro autovuelco, más personal. No puedo tener autovuelcos y tractores por las dudas, para trabajar solo en fincas mal diseñadas; el autovuelco no es flexible. (Entrevista a Ricardo Porcel).

De manera similar opinó un asesor técnico entrevistado: «... es un paso que considero cuesta plata, si bien es muy beneficioso para el campo por la compactación, pero a su vez es caro» (R. Bleckwedel). La cantidad de carros volquetes disponible, la necesidad de contar con más tractores y el costo de los autovuelcos, no hace prever su empleo masivo, salvo en el caso de las grandes empresas contratistas e ingenios. Tampoco se mencionaron cuestiones vinculadas con el mantenimiento de la calidad del suelo que pudieran justificar su adopción. Con la práctica de cosecha

¹⁶⁵ Así, [la cooperativa] Los Barrientos recibió la integral, pero ya no alcanzó para el tractor «cuartero». Hubo muchas reuniones con gente de Buenos Aires para explicarles porqué hacía falta el tractor, pero ellos lo veían como agarrar el teléfono y llamar un taxi. Habían visto un relevamiento de maquinaria y parecía que había tractores de más, pero el productor los necesita para su finca, no hay empresas de servicios. No podés entregar un autovuelco sin el tractor (Entrevista a Rubén Barrientos).

¹⁶⁶ Terreno de la finca en donde se estaciona la maquinaria y los equipos, también es el lugar en donde se hace el trasbordo de materia prima cuando se usan autovuelcos.

en verde sucedió algo similar. Su adopción estuvo más vinculada con las regulaciones legales y las necesidades de los ingenios, antes que por la búsqueda para disminuir el impacto sobre el medioambiente. En todo caso, la quema de los cañaverales o de la maloja residual, realizada por la casi totalidad del sector productivo, entre inicios de los años 1980 y hasta finales del siglo XX, fue perdiendo impulso en la medida de que las integrales demostraron su capacidad para cosechar en verde, con un contenido aceptable de trash. A esta condición, se agregó la dificultad para lograr un quemado eficaz, debido al exceso de humedad, y la renuencia de algunos ingenios para trabajar con materia prima que se deterioraba rápidamente.

Las decisiones sobre el empleo o no de los autovuelcos son una manifestación de la compleja logística necesaria para usar el sistema de cosecha integral. Una cosechadora integral, en promedio, tiene un depósito de 400 litros de combustible y 200 litros de aceite hidráulico, su operación en cosecha, con un consumo de entre 40 y 50 litros de diésel por hectárea, implica disponer de los recursos financieros y la reserva necesaria para la reposición de ambos fluidos. Por lo general, las condiciones del mercado impiden financiar la compra en consecuencia, el mecanismo más empleado para obtener el combustible es mediante la intermediación del ingenio. Situación que acentúa la dependencia del agricultor cañero y del contratista.

Además, para el traslado de la cosechadora entre finca y finca (cuando se trata de cañeros con varios predios o contratistas), debe disponerse de una plataforma y el camión adecuado. Las maniobras necesarias para la carga y descarga de la máquina insumen un tiempo considerable, sobre todo si los fundos son pequeños, de diseño muy irregular o están dispersos. Algo similar sucede con el trazado y el mantenimiento de los callejones y los espacios en los extremos de los surcos, necesarios para el desplazamiento y las maniobras de la cosechadora. Por último, el peso de una cosechadora moderna de caña alcanza entre 18 y 21 toneladas, dependiendo del modelo, en consecuencia, su tránsito repetido sobre el predio compacta el suelo y altera su estructura. Si hay lluvias durante la zafra, un hecho habitual en Tucumán, las máquinas evitan cosechar porque carecen de la superficie necesaria para funcionar correctamente.

Al mismo tiempo, cada máquina requiere la asistencia de tres o cuatro personas: operador, cuarteador, planillero y mecánico; además de un tractor y, como mínimo, un carro cañero y un camión para el transporte. Cuando el frente de cosecha trabaja las 24 horas, algo frecuente en algunos meses de zafra, la cantidad de personal por cosechadora se incrementa en dos o tres veces. Si la finca se ubica en una zona aislada será necesario, además, una casilla para el refugio y el descanso del personal y la provisión de alimentos y agua potable para estos. Por otro lado, el sistema integral es económicamente costoso e implica una inversión importante de capital. Realizada la inversión en maquinaria y equipos la posibilidad de retornar a modalidades previas de cosecha es reducida, salvo situaciones extremas.

Sin embargo, el sistema integral permitió reducir al mínimo la cantidad de mano de obra para la cosecha y, al mismo tiempo, el número de conflictos generados por los contingentes de cosecheros y sus grupos familiares a los que, incluso, durante muchos años fue necesario trasladar para la zafra (desde y hacia su lugar de residencia) y proveerlos de las condiciones materiales imprescindibles para su bienestar.

CAPÍTULO X: CONCLUSIONES

Desde el punto de vista teórico, la investigación abordó el proceso de mecanización cañera mediante un diálogo entre los enfoques constructivistas y críticos de la tecnología, para ofrecer una explicación más integradora y compleja de la innovación tecnológica. En este sentido, la intención fue superar a la mayoría de los estudios clásicos, basados en identificar las causas de la adopción de tecnología, sin incorporar las características de los artefactos técnicos, las condiciones del contexto y las necesidades los usuarios. Para ello, se reconstruyó la historia de los cambios ocurridos en los sistemas de cosecha de caña de azúcar y, al mismo tiempo, se los vinculó con las circunstancias sociales y económicas que contribuyeron a determinarlos. De esta manera fue posible analizar integralmente las innovaciones tecnológicas ocurridas, desde los motivos que originaron su desarrollo hasta las consecuencias de su adopción; una tarea casi imposible de realizar con los marcos conceptuales de los enfoques lineales y mecanicistas.

En consonancia con lo sustentado por los enfoques constructivistas de la tecnología, se comprobó que las innovaciones tecnológicas del sector agrícola del complejo azucarero también estuvieron influidas por factores no técnicos y disputas en torno a su significado por parte de actores sociales que las utilizaron. De este modo, la adopción de los distintos sistemas de cosecha no se produjo, solamente, por sus cualidades técnicas sino como el resultado de un complejo interjuego de elementos sociales, políticos y económicos, como sucedió también en los países azucareros analizados. Los cambios ocurridos en la cosecha de caña, durante el período estudiado, distaron de constituir una serie de etapas graduales y evolutivas, a veces definidas como avances y retrocesos, lo que supondría un proceso lineal de innovación tecnológica con inicio en el sistema manual y fin en el mecanizado, cuya máxima expresión se tradujo en la incorporación de la máquina integral.

La adopción de un sistema de cosecha tampoco significó la desaparición de su predecesor y pudieron coexistir, más o menos armónicamente, en la medida que se mantuviesen las modalidades de transporte adecuadas y las condiciones estipuladas para la comercialización de la materia prima; etapas o fases que conforman un sistema de jerarquía mayor. Una confirmación de la presencia de una tecnología de

uso continuo, en donde cualquier modificación afecta al resto de los componentes sistémicos. Tampoco existe, técnicamente, un sistema de cosecha más eficiente que otro. En todo caso, cada modalidad de cosecha, junto con el transporte y la entrega del vegetal para su procesamiento, tiene su propia lógica de organización y los motivos de su reemplazo involucraron aspectos que excedieron las dimensiones técnicas, para abarcar factores sociales y económicos que se vincularon con los aspectos agrícolas, propios del cultivo.

El proceso de mecanización en caña de azúcar comenzó con la tarea de labranza en las primeras décadas del siglo XX. Las rastras con paquetes de discos y el uso de maquinaria pesada, y más compleja, registra antecedentes para la misma época, cuando algunos ingenios instalaron arados tirados mediante cables movidos por motores de vapor y emplearon los primeros tractores, impulsados por alcohol. Mejoras que, pese a todo, no prosperaron debido a la poca eficiencia de la maquinaria y la gran disponibilidad de mano de obra.

La incorporación de tractores más modernos, a partir de mediados de la década de 1960, incrementó la mecanización de la actividad cañera tucumana y tuvo una influencia directa en la cosecha. Su empleo permitió, además de agilizar las prácticas culturales, mejorar el transporte de materia prima durante el período de la cosecha manual y, posteriormente, integrarlo al sistema semimecánico de cosecha, como soporte y fuerza motriz de las máquinas cortadoras y cargadoras.

El notable proceso de «tractorización» de todo el sector agricultor cañero se desaceleró en los inicios de la década de 1980. A partir de esos años la adquisición o el reemplazo de la maquinaria fue dificultosa, sobre todo para los pequeños productores, situación que no se alteró sustancialmente con el transcurso del tiempo. La obsolescencia de los tractores condicionó el uso de implementos agrícolas que necesitan fuerza hidráulica, como las cargadoras, que hubieran permitido el reemplazo del sistema manual de cosecha por el semimecánico

La mejora en el transporte de caña (una etapa inseparable de la cosecha), que además de los tractores y camiones incluyó a los contenedores de materia prima, atravesó por dos ciclos. El primero significó el reemplazo del carro de madera, montado sobre dos grandes ruedas y tirado por bueyes o mulas, por carros metálicos «paqueteros» con cuatro ruedas neumáticas, que podían ser tirados por mulas o tractores. El segundo ciclo de la mejora en el transporte se produjo con la innovación que representó el carro de vuelco lateral, conocido como Java, y los modelos similares, para el traslado de caña a granel. Por otro lado, los tractores que solían tirar los carros «paqueteros» o de vuelco lateral fueron paulatinamente reemplazados por camiones con acoplado y, a partir de fines de los años 1980, por semirremolques y carros acoplados, construidos para trasladar caña a granel. Una razón del cambio fue la mayor capacidad de carga, eficiencia y aptitud de estos vehículos para circular por rutas y caminos, lo que disminuyó el tiempo de entrega de caña a los ingenios e indirectamente mejoró la seguridad vial.

Los carros autovuelco fueron otro componente del sistema de transporte. Aunque su empleo permite atenuar los efectos dañinos sobre el suelo y posibilitan una carga más eficiente en las fincas, al mismo tiempo exige disponer de más cantidad de tractores, con sistemas hidráulicos apropiados para la tarea, y el consiguiente personal extra. Por lo tanto, su escaso nivel de adopción refleja un proceso de clausura tecnológica, en donde los productores, como grupo social relevante, acordaron la inexistencia o insignificancia del problema.

Los primeros carros de metal para el transporte de caña empaquetada, fueron construidos en su mayoría fuera de la provincia. Empero, en pocos años, varios establecimientos metalúrgicos locales comenzaron a fabricarlos. Sucedió lo mismo con los carros de vuelco lateral, lo que implicó un proceso reiterado de imitación y mejora, basado en el «aprender haciendo» que permitió, en varios casos, obtener productos de excelente calidad y duración.

La indagación sobre los carros cañeros puso de manifiesto la importancia de algunas innovaciones tecnológicas, consideradas de menor complejidad y obviadas en

numerosos estudios, que son esenciales para el funcionamiento del sistema de cosecha – transporte – entrega de materia prima. En este sentido, el contenedor de vuelco lateral, el carro tipo Java, demostró ser tan eficiente y adaptable en su empleo que formó parte de los sistemas de cosecha semimecánico e integral y todavía son usados de manera frecuente.

Sin embargo, la mejora tecnológica en los medios de transporte no resolvió el uso que le dieron los ingenios como eventuales depósitos de caña en tránsito. Los conflictos por las demoras en la recepción de la materia prima y los tiempos muertos ocasionados resultaron frecuentes en cada zafra, situación que se agravó cuando la caña estaba quemada o trozada. Una muestra del peso de las variables extra técnicas que incidieron sobre el sistema de cosecha empleado.

Durante el período analizado coexistieron en Tucumán los tres sistemas de cosecha: el manual, el semimecánico y el integral. Las herramientas o artefactos tecnológicos que mejor caracteriza a cada uno de ellos son, respectivamente, el machete, la cargadora de caña y la cosechadora integral. El sistema de cosecha manual, con más de 150 años de existencia, supuso una adecuación entre técnica y tarea basada en el conocimiento tácito, fruto de experiencia adquirida mediante la práctica. Esta modalidad tuvo algunas variaciones en los últimos 40 años, entre ellas la operación de pelado cuando, desde mediados de los años 1980, se impuso la práctica del quemado previo a la cosecha. Otra fue el despunte en conjunto de las cañas sobre la trocha. Los cambios y ajustes en las tareas lograron que la productividad del cosechero aumentara de una tonelada de caña por jornal, en los años 1950, a tres toneladas en los años 1970 (en caso de caña sin quemar) y a más de cuatro o cinco toneladas, en la década de 1980, cuando se trató de caña pelada por fuego. Una demostración de que también las tareas manuales formaron parte de un sistema tecnológico de uso continuo. De todos modos, el promedio de cinco toneladas de caña cosechada por jornada estableció un límite insuperable al rendimiento de los obreros del surco. Además, la disminución del número de cosecheros obstaculizó el aprendizaje por imitación de potenciales nuevos zafreiros.

El sistema de cosecha semimecánico, que incluyó varias combinaciones fue, junto con el manual, el más utilizado por el sector azucarero, desde su aparición a fines de la década de los años 1960, hasta su etapa de mínima expresión treinta años después, aunque resurgió de manera cíclica durante los períodos de crisis económicas (lo que indica sus menores costos operativos y su mayor capacidad de adaptación a los distintos sistemas productivos). Con todo, paulatinamente se transformó solamente en un sistema de carga mecanizada, en donde el resto de las tareas continuaron siendo manuales, tal como todavía sucede en la actualidad. Por otro lado, disponer de una cortadora y una cargadora supone, además, disponer de dos tractores al mismo tiempo, un requisito inalcanzable para los pequeños cañeros. De la misma manera, la innovación tecnológica que significó la cosechadora tipo soldado fue insuficiente porque resolvió la operación del corte de los tallos, pero no la del pelado y la carga del vegetal. En este sentido, los argumentos del grupo de interés conformado por una parte del sector científico, que promocionaron el sistema semimecánico como el más adecuado para Tucumán, fueron insuficientes para un proceso sostenido de mecanización. Sin embargo, la versión tucumana del sistema semimecánico de cosecha, que combinó labores manuales con carga mecánica, se convirtió en un método de trabajo adaptado a las condiciones locales, lo que constituyó un caso de flexibilidad interpretativa.

En 1980, el volumen de caña de azúcar cosechada por las máquinas integrales solo fue de alrededor del 20 % y se redujo apreciablemente en los años siguientes. La adopción del sistema de cosecha integral fue evidente a partir de la desregulación de la actividad azucarera en 1992. Esta variable económica, unida a la posibilidad de acordar con los ingenios la venta individual de materia prima, la facilidad para adquirir maquinaria importada y la adecuación de las instalaciones fabriles para recibir caña trozada, primó sobre las características tecnológicas de la innovación. Técnicamente, las cosechadoras integrales fueron concebidas para un cultivo voluminoso, grandes extensiones de cultivo, campos sistematizados y una logística articulada con los medios de transporte y la entrega a la fábrica. El sector azucarero de Tucumán, sin embargo, no cumplió con varias de esas condiciones: la existencia de un número importante de productores independientes de caña, la diversidad de

tamaño de las fincas, la distribución espacial y el diseño de los predios, fueron los motivos principales de la relativa baja eficiencia en el uso de las máquinas integrales, comparada con su desempeño en otras regiones de la Argentina y del mundo.

Otro factor de índole económica, como las diferencias entre los costos operativos de los sistemas de cosecha explican, en parte, el reemplazo de unos por otros, aunque no fue el único considerado por los productores cañeros y otros usuarios. En las primeras etapas de la mecanización iniciada en los años 1970, cuando existió algún período de mejora relativa de las variables económicas, numerosos productores cañeros adquirieron maquinarias, pero la amortización y el mantenimiento no fueron acordes con sus capacidades económicas. Para los pequeños cañeros esta situación no volvió a repetirse, ni siquiera durante la época de desregulación económica de los años 1990, que favoreció al sector agrícola de tipo empresarial y los ingenios. Época en donde también reapareció la posibilidad de vender la caña en pie con la cosecha a cargo del comprador (la mayoría de las veces asociado a un ingenio), mecanismo que posibilitó a estas empresas conformar una suerte de economía de escala para un mejor aprovechamiento de sus cosechadoras. Esta modalidad de venta estimuló la aplicación del sistema de cosecha integral, incluso en predios de tamaño reducido donde su empleo fue ineficiente.

Las corrientes críticas que analizan las consecuencias sociales de la tecnología, sobre todo las que contribuyen a conformar relaciones de poder y subordinación, fueron valiosas para analizar los vínculos entre el sector industrial y el agrícola. El escenario característico de la agroindustria azucarera tucumana, caracterizado por la oferta atomizada de materia prima y una demanda concentrada en pocas fábricas, permitió a los ingenios avanzar en una serie de estrategias que incrementaron su control sobre el sector agrícola azucarero. Entre ellos, la cantidad de caña propia, el sistema de comercialización de la materia prima y la relación con sus contratistas de cosecha.

Los cañaverales en propiedad de los ingenios forman parte de una estrategia productiva iniciada a fines del siglo XIX y reforzada a partir de los esquemas proteccionistas impuestos por los distintos gobiernos. La información disponible indica que 50 años atrás los ingenios solo controlaban, en promedio, entre el 25 y 30 % de la superficie plantada. Hoy en día, con la actividad desregulada, la situación cambió y, pese a que no existe información confiable sobre este tópico, se estima que la proporción aumentó a más del 50 %. La caña propia permite garantizar un nivel mínimo de provisión e iniciar la fabricación de azúcar para luego, en la medida de sus necesidades, decidir la compra de materia prima a terceros, incluidos los minifundistas. La producción de los pequeños cañeros (a veces solo tenedores de materia prima, como en el caso de los vendedores de caña en pie), es de volumen escaso, pero útil cuando las condiciones climáticas impiden el uso de las máquinas integrales y complican el desarrollo de la zafra. En este sentido, al sector industrial siempre le conviene un exceso de oferta de caña de azúcar, lo que también disminuye el precio de compra. El panorama se completa con la fijación, por parte de los ingenios, de los requisitos de cantidad y calidad para la entrega de materia prima que incluyen: peso, tamaño (entera o trozada), proporción de trash y contenido de sacarosa.

La relación que establecen las industrias con sus contratistas de cosecha, en términos de poder y subordinación, es evidente y sirvió para incrementar el uso del sistema integral. El ingenio, cuando renueva su flota de maquinaria agrícola, es un proveedor frecuente de máquinas integrales para los prestadores de servicios de cosecha a quienes, además, suele financiar los gastos del combustible para la zafra. De este modo, el grado de independencia del contratista respecto a la empresa fabril que lo contrata es mínimo.

En la solución tecnológica al quemado de la caña se observó la influencia de los factores sociales y económicos. Hasta la década de 1970 el empleo del fuego, como etapa previa a la cosecha, fue rechazado mayoritariamente por los sectores científico tecnológico e industrial. Oposición basada en los efectos dañinos de la temperatura excesiva sobre los jugos de la caña y los mayores costos de procesamiento

de la materia prima, debidos a las tareas de lavado y filtrado. Durante la década de 1980, ante el crecimiento de la mecanización, con máquinas que cosechaban más eficientemente en cañaverales quemados, el interés científico se desplazó al uso adecuado del fuego para el deshojado del vegetal y los ingenios fueron adecuando sus instalaciones para recibir caña quemada. Posteriormente, a mediados de los años 1990, cuando los nuevos modelos de integrales se mostraron aptos para la cosecha en verde y el sector industrial readecuó sus equipos, el problema de la quema fue superado, lo que además supuso una ventaja económica para las fábricas, porque la materia prima comenzó a entregarse sin residuos que disminuyeran la calidad del azúcar elaborado. Ante este escenario, los grupos de interés se abocaron al estudio de las ventajas de la cosecha en verde, las nuevas prácticas culturales asociadas y los usos posibles para los residuos vegetales generados. La prohibición legal de la quema de caña en 2005, fundada en los efectos nocivos sobre la salud pública y el medioambiente, culminó con la clausura tecnológica de este proceso de innovación.

Sin embargo, de manera colateral, los pequeños productores que continuaron empleando el sistema semimecánico de cosecha no pudieron abandonar la práctica del quemado de los cañaverales y todavía la usan parcialmente. Aunque la caña entera que entregan complica la logística del ingenio, resuelve parcialmente la provisión eventual de materia prima. De todas maneras, si bien la mayoría de los ingenios establecen cuotas para la recepción de caña larga a granel, es difícil que esta modalidad desaparezca totalmente en el mediano plazo. Existe todavía una cantidad de pequeños cañeros que, debido al tamaño y la dispersión de sus fundos, no cuentan con otra opción de cosecha. Además, en zonas muy alejadas y marginales, la caña de azúcar continúa siendo una producción rentable comparada con otros cultivos alternativos.

Aunque una consecuencia de los procesos de mecanización es la expulsión de mano de obra, en el caso estudiado fue imposible medir con certeza su influencia en la reducción de los puestos de trabajo de los cosecheros. Las cifras mencionadas de jornales o zafros reemplazados por una cosechadora integral fueron variables y oscilaron, según las distintas fuentes, entre unos 100 hasta casi 400 obreros, sin que

existiera un criterio para una comparación inequívoca. Tampoco se encontraron evidencias suficientes para suponer una planificación premeditada para expulsar mano de obra, atribuible al cambio de los sistemas de cosecha. En todo caso, la crisis socioeconómica estructural, originada por el cierre de 11 de los 27 ingenios tucumanos en 1966 y 1967, tuvo un efecto mayor sobre la disminución de la demanda de mano de obra que cualquier cambio tecnológico en el cultivo de caña, por lo menos hasta la desregulación del sector iniciada en 1992. Incluso cabe preguntarse si la incorporación de las primeras cosechadoras integrales fue estimulada por la escasez de cosecheros, situación que también favoreció la adopción del sistema semimecánico de cosecha.

En el mismo sentido, la oposición de los trabajadores al empleo de las cosechadoras fue coyuntural y estuvo motivada por la defensa de sus fuentes laborales, antes que por una actitud contraria a la mecanización. Aunque se inutilizaron o destruyeron algunas máquinas, la mayor parte de los atentados se atribuyeron a integrantes de organizaciones políticas. Tampoco pudo descartarse que el incendio de algunas cosechadoras haya sido causado por la inexperiencia de los primeros operadores, un mantenimiento incorrecto o defectos propios de las primeras máquinas integrales.

Otra causa que estimuló la mecanización, en relación con la mano de obra, fue la necesidad, por parte de los agricultores, de simplificar la logística que significaba atender los numerosos contingentes de zafros, que incluían a sus familias, y disminuir los conflictos laborales y gremiales, generados cotidianamente durante el período de zafra.

La disponibilidad de maquinaria local también influyó en el aumento de las primeras etapas de la mecanización y los cambios en los sistemas de cosecha cañeros. En Tucumán, la industria metalmecánica (con las limitaciones tecnológicas propias del contexto provincial y nacional) fabricó cosechadoras y otros equipos de reconocida calidad. Una iniciativa que incluyó formar una red de proveedores de autopartes, la búsqueda y el adiestramiento del personal dedicado a la tarea. Varios de los artefactos construidos, basados mayormente en la imitación y mejora de otros modelos

preexistentes, luego de extensos períodos de prueba en condiciones reales de trabajo, obtuvieron la conformidad del sector productivo y en algunos casos se exportaron. La ausencia de políticas proteccionistas o incentivos específicas para este pujante sector industrial, a diferencia de lo sucedido en otros países azucareros como Australia y Brasil, unida a las reiteradas crisis económicas de la Argentina, impidieron su continuidad y desarrollo. Sin embargo, en Tucumán todavía existe un conglomerado social heterogéneo, integrado por diseñadores no profesionales de maquinaria agrícola, proveedores de repuestos, fabricantes de piezas de recambio a pedido y mecánicos expertos que, mediante una tarea casi artesanal, han logrado extender a más del doble los cinco años de vida útil de las cosechadoras integrales o fabricar prototipos funcionales de plantadoras de caña. Una situación que permite apreciar el potencial remanente de la metalmecánica provincial.

De manera complementaria, es probable que la temprana desaparición de maquinaria tucumana, diseñada para las características de su complejo azucarero, haya contribuido al crecimiento del sistema integral de cosecha basado en la adquisición de máquinas importadas. Cosechadoras que han incrementado su rendimiento operativo mediante la incorporación de mecanismos hidráulicos y componentes electrónicos, pero han variado poco su diseño desde que fueron concebidas a principios de los años 1960 y no modificaron su ancho de labor, ni disminuyeron su peso o el consumo de combustible. Por otro lado, se convirtieron en máquinas costosas de adquirir y complejas para operar y mantener, que requieren de personal especializado para obtener buenos rendimientos. Desde este punto de vista, la tecnología de las cosechadoras integrales tomó un «camino dependiente» bloqueando otros tipos de innovación que, incluso, pueden ser más eficientes; pero sin posibilidad de realización en el marco del paradigma dominante. En este caso, orientado al predominio de las grandes máquinas que tienden a una «industrialización» del cultivo de caña. Una característica que estimula el incremento en la escala de los predios y la concentración de los recursos productivos, debido a que el sistema integral implica una inversión económica importante en maquinaria y la adecuación de los campos cultivados. Condiciones que obstaculizan retornar a tecnologías previas o el uso de modalidades más flexibles de cosecha.

Por último, en lo referido a la cosechadora cañera de arrastre para pequeños productores, desarrollada por el INTA y construida en pocas unidades, su futuro como innovación tecnológica se plantea incierto. Aunque constituyó una novedad para el complejo azucarero argentino y su concepción fue disruptiva en cuanto a su diseño y mecanismos de funcionamiento, no superó las limitaciones del sistema semimecánico: la carga de los tallos cortados y la entrega de la materia prima, en un período donde, además, los ingenios tucumanos comenzaron a reducir su demanda de caña entera. Una prueba de que la calidad técnica de los artefactos es una condición necesaria, pero insuficiente para asegurar su adopción. También deben integrarse adecuadamente a los otros componentes técnicos, económicos y sociales que conforman el complejo productivo elegido, requisitos a veces obviados por los diseñadores y fabricantes de maquinaria agrícola.

El motivo principal que impulsó esta investigación fue problematizar el análisis del proceso de mecanización en la cosecha de caña de azúcar en el complejo agroindustrial tucumano, durante un período caracterizado por crisis socioeconómicas recurrentes. Al respecto se buscó, eludiendo las visiones forzosamente dicotómicas entre tecnología y sociedad, dar cuenta de las diferentes variables que intervinieron en la configuración de los distintos escenarios productivos, y las alternativas tecnológicas encontradas para superarlos. En síntesis, se pudo demostrar que los cambios tecnológicos ocurridos estuvieron influidos por factores de diversa índole y disputas en torno a su significado por parte de actores sociales que los adoptaron.

Como en toda investigación, los resultados obtenidos podrán enriquecerse o refutarse cuando se cuente con un número mayor de indagaciones sobre casos similares, ya sean tucumanos o de otras provincias azucareras argentinas. Debido al notable crecimiento del área científica vinculada con estudios sociotécnicos, se prevé que ello será posible a corto plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. (1981). Sepa plantar. *Desarrollo rural para Tucumán*, 1(2), 11-19.
- Acevedo, A. (1982). Superando crisis. *Desarrollo rural para Tucumán*, 17, 40-43.
- Agricultura de las Américas. (1977). Publicidad de la Claas Libertadora 1400. *Agricultura de las Américas*, 26(7).
- AgSri. (2012). *SiCAS - Sistema de Caña de Azúcar Sostenible* [Manual para plantación]. AgSri.
- Aguiar Frangella, E. (1988). Cosecha mecanizada integral de caña de azúcar. En *Eficiencia de cosecha y transporte de la caña de azúcar* (pp. 39-48). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Aguilar Rivera, N., Herrera Solano, A., Castillo Morán, A., & Rodríguez Lagunes, D. (2013). La industrialización de los derivados de la caña de azúcar en México. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 15(3), 237-270.
- Albaladejo, C. (2014). ¿Formar a los ingenieros agrónomos dentro de nuevos paradigmas o en la diversidad de los paradigmas en agricultura? En *La agroecología en Argentina y en Francia. Miradas cruzadas* (pp. 101-116). INTA.
- Aldonate, J. (1978a, mayo 16). UCIT: Importar cosechadoras. *La Gaceta*, 6.
- Aldonate, J. (1978b, junio 15). Panorama tucumano. *La Gaceta*, 7.
- Allison, W. (1974). A mechanical harvesting system without burning. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 1088-1095). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1974/1974%20Allison%20A%20Mechanical%20Harvesting%20System%20Without%20Burning.pdf>
- Álvarez Abril, C. (2011). Breve reseña histórica de la ingeniería agronómica universal y la aplicación de de las actitudes científicas en el ingeniero agronomo. *Revista Agricultura Tropical*, 34(3,4), 4-17.
- Alves, F. (1991). *Modernização da agricultura e sindicalismo: As lutas dos trabalhadores assalariados rurais na região canavieira de Ribeirão Preto* [Tesis doctoral]. Universidade Estadual de Campinas.
- Alves, F. (2006). Por que morrem os cortadores de cana? *Saúde e Sociedade*, 15(3), 90-98.
- Amaya Guerrero, R. (2016). *Incorporación de tecnología en la producción de soja: Paquete tecnológico, autonomía tecnológica y comercio internacional (1996-2010)* [Universidad Nacional de Quilmes]. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/210>
- American Hoist and Derrick Co. (1897). *Contractor's and Quarrymen's Sketchbook*. <https://ia800802.us.archive.org/19/items/americanhoistder00amer/americanhoistder00amer.pdf>
- Arroxelas, J. de. (1973). Melhoria da produtividade no corte de cana. *Brasil Açucareiro*, LXXXII(4), 37-45.

- Atalla, J. (1975). Receitas para o desenvolvimento da agroindústria açucareira. *Annais do III seminário Copersucar da agroindústria açucareira*, 27-36.
- AUPEC. (1997). Un machete a su medida. *Ciencia al día*. aupec.univalle.edu.co/informes/abril97/machete.html
- Austoft. (s. f.). *Austoft Industries Archive*. Recuperado 5 de septiembre de 2018, de http://bishop.slq.qld.gov.au/webclient/StreamGate?folder_id=300&dvs=1536238295388~820
- Avance Agroindustrial. (1985). Entrevista al Ing. Manuel Azar, jefe de campo en la Compañía Azucarera Santa Lucía SA. *Avance Agroindustrial*, 6(21), 7-9.
- Avance Agroindustrial. (1993). Cosecha integral: Hablan los protagonistas. *Avance Agroindustrial*, 13(52), 19-23.
- Barbetta, P., & Mariotti, D. (2001). Viejo gremialismo rural, nuevos problemas: La FOTIA y UCIT en el Tucumán Cañero. En *La protesta social en la Argentina. Transformaciones económicas y crisis social en el interior del país* (pp. 203-230). Alianza Editorial. <http://www.iade.org.ar/noticias/viejo-gremialismo-rural-nuevos-problemas-la-fotia-y-ucit-en-el-tucuman-canero>
- Barker, F. (2007). *An economic evaluation of sugarcane combine harvester costs and optimal harvest schedules for Louisiana* [Tesis de maestría, Louisiana State University]. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/221
- Bas, C., & Carlini, N. (1989). *La actividad azucarera, evolución en la última década y sus perspectivas futuras*. Provincia de Tucumán (Productos básicos regionales). Consejo Federal de Inversiones.
- Basalla, G. (2011). *La evolución de la tecnología*. Crítica.
- Basualdo, V. (2016). Ingenio Concepción. En *Responsabilidad empresarial en delitos de lesa humanidad: Represión a trabajadores durante el terrorismo de Estado: Vol. I* (Centro de Estudios Legales y Sociales; Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, pp. 35-66). Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones.
- Baucum, L., & Rice, R. (2006). *An Overview of Florida Sugarcane* (SS-AGR-232; Institute of Food and Agricultural Science). University of Florida. <http://ufdc.ufl.edu/IR00003414/00001>
- Baucum, L., Rice, R., & Schueneman, T. (2002). *An Overview of Florida Sugarcane* (SS-AGR-232; Institute of Food and Agricultural Sciences). University of Florida. http://mathscinet.com/wp-content/uploads/2016/12/overview_of_florida_sugarcane.pdf
- Baxter, S. (1968). Notes on the introduction of mechanical harvesting. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 1531-1541). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1968/1968%20Baxter%20Notes%20on%20the%20Introduction%20of%20Mechanical%20Harvesti.pdf>

- Beckwith, C. (1995). *Whole stalk sugar cane harvester that tops, cuts, cleans and loads*. United States Patent 5463856. <https://patentimages.storage.googleapis.com/72/f3/1a/6102265fc8086f/US5463856.pdf>
- Bello Expósito, E. (2015, julio 31). KTP: Fábrica, escuela y futuro. *Ahora*. <http://www.ahora.cu/secciones/holguin/18792-ktp-fabrica-escuela-y-futuro>
- Benavides Okuda, M., & Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: Triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, XXXIV(1), 118-124.
- Benencia, R., & Forni, F. (1986). *Los procesos de transformación de las migraciones temporarias en el contexto de una provincia productora de mano de obra*. Santiago del Estero. Argentina (N.º 16; Documento de trabajo). Centro de Estudios e Investigaciones Laborales - Conicet.
- Bertello, F. (2018, marzo 13). Con un fuerte perfil tecnológico, abre hoy sus puertas Expoagro 2018. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/2116441-con-un-fuerte-perfil-tecnologico-abre-hoy-sus-puertas-expoagro-2018>
- Biaggi, C. (2018). *Análisis de la toma de decisiones en agriculturas familiares: La mecanización integral de la cosecha de la caña de azúcar en Tucumán* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Bijker, W. (2005). ¿Cómo y por qué es importante la tecnología? *Redes*, 11(21), 119-153.
- Bijker, W. (2013). La construcción social de la baquelita: Hacia una teoría de la invención. En *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología* (Compiladores Hernán Thomas y Alfonso Buch, pp. 63-100). Universidad Nacional de Quilmes.
- Bil, D. (2009). *La industria argentina de maquinaria agrícola (1870-1975): Evolución y problemas de su desarrollo*. Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Argentina/iigg-uba/20110418043512/ji16.pdf>
- Bil, D. (2014). Desarrollo y límites de la producción argentina de tractores (1955-1978). Su situación en el marco de la competencia internacional. *Mundo Agrario*, 15(28).
- Bilbao, S. (1972). *El minifundio cañero de Tucumán*. Seminario sobre las causas y análisis del problema del minifundio en la Argentina, Famaillá - Tucumán.
- Bilbao, S. (1973). *Formas productivas de la provincia de Tucumán* [Documento interno]. INTA.
- Bisang, R. (2003). Apertura económica, innovación y estructura productiva: La aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina. *Desarrollo Económico*, 43(171), 413-442.
- Bitál Buceta, J. (1954). La mecanización en el cultivo de la caña de azúcar. *Hechos e Ideas*, XV(128), 627-643.
- Blanco, J., Parente, D., Rodríguez, P., & Vaccari, A. (2015). Presentación. En *Amar a las máquinas. Cultura y técnica en Gilbert Simondon* (pp. 9-12). Prometeo.

- Bliss, L. (1975). Los sistemas de cosecha y su influencia en la cristalización de los azúcares. En *Cosecha mecánica. Su incidencia en la calidad de la caña de azúcar* (pp. 53-60). Estación Experimental Agrícola Tucumán.
- Bliss, L. (1978). La caña quemada y su influencia en la fabricación del azúcar. *La Industria Azucarera*, LXXXV(978), 227-230.
- Boileau, J., & Thompson, S. (2011). 1950 Tweed Cane Cutter Knife [Portal del gobierno de NSW, Australia]. *The Migration Heritage Centre*. <http://www.migrationheritage.nsw.gov.au/exhibition/objectsthroughtime/caneknife/index.html>
- Bonatti, R., Calvo, S., Faya, F., Giancola, S., & Jaldo, A. (2015). *Factores limitantes en la adopción de tecnologías ganaderas en la provincia de San Luis*. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_giancola_uba_nov2015_limitantes_adop_tec_ganad_san_luis.pdf
- Bongiovanni, R., & Giletta, M. (2012). Competitividad y calidad de los cultivos industriales: Algodón, caña de azúcar, mandioca, maní, tabaco, té y yerba mate. En *Calidad y competitividad de los cultivos industriales: Caña de azúcar, mandioca, maní, tabaco, té y yerba mate* (Editores: Rodolfo Bongiovanni, Jorge Morandi y Liliana Troilo, pp. 1-10). Ediciones INTA.
- Bragachini, M. (2010). *Desarrollo industrial de la maquinaria agrícola y agropartes en Argentina. Impacto económico y social* (Informes técnicos). INTA. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/DesarrolloIndustrialMaquinariaAgricolaYAgropartes.asp>
- Bragachini, M. (2018). Actualidad del sector agropecuario argentino. En *Manual técnico de forrajes conservados* (Editores: Mauro Bianco Gaido y Facundo Mendez, pp. 26-32). Ediciones INTA.
- Bravo, A. (1966). *La industria azucarera en Tucumán. Sus problemas sociales y sanitarios*. Edición del autor.
- Bravo, M. C. (2017a). Crisis azucarera, las «leyes machete» y la formación de la Estación Experimental (1895—1920). En *La agricultura: Actores, expresiones corporativas y políticas* (pp. 67-100). Imago Mundi.
- Bravo, M. C. (2017b). Crisis y colapso de la industria azucarera tucumana (1955-1966). En *La agricultura: Actores, expresiones corporativas y políticas* (pp. 165-206). Imago Mundi.
- Bravo, M. C., & Rivas, A. (2017). La producción agrícola de Tucumán (1976-2001): Un espacio diversificado. En *La agricultura: Actores, expresiones corporativas y políticas* (pp. 245-276). Imago Mundi.
- Brieger, F., & Leite Banks, W. (1977, septiembre). Colheita mecanizada da cana de açúcar (Adequação da lavoura). *Brasil Açucareiro*, CX(3), 22-28.
- Brieva, S., & Juárez, P. (2018). Tecnología y Desarrollo/Teoría y Política. Aprendiendo perspectiva socio-técnica en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. En *Tecnología y*

- Sociedad. Análisis de procesos de innovación y cambio tecnológico en diversos territorios rurales de Argentina* (Comp.: Carrapizo, V.; Escolá, F.; Giordano, G.; Sánchez, G.; Paredes, M.; Bodrero, M.; Brieva, S. y Juárez, P., pp. 20-33). Ediciones INTA.
- Bruun, H., & Hukkinenn, J. (2013). Cruzando fronteras: Un diálogo entre formas de comprender el cambio tecnológico. En *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología* (Compiladores Hernán Thomas y Alfonso Buch, pp. 185-217). Universidad Nacional de Quilmes.
- Bueno, H., Rocha, L., & Lopez Hernandez, J. (1967). Análisis técnico de los ingenios. En *Plan preliminar para el desarrollo de la provincia de Tucumán. Elementos para su estructuración: Vol. II. Anexos* (pp. 117-124). Italconsult Argentina.
- Buhl, L. (2017, abril 20). *Maui despide la caña de azúcar y da la bienvenida a la agricultura sostenible* [Cadena alemana para el extranjero]. Deutsche Welle - Global Ideas.
<http://www.dw.com/es/maui-despide-la-ca%C3%B1a-de-az%C3%BAcar-y-da-la-bienvenida-a-la-agricultura-sostenible/a-38467479>
- Buzanell, P. (1993). The Louisiana sugar industry: Its evolution, current situation, and prospects. *Sugar and Sweetener*, 18-44.
- Cáceres Fernández S., E., Gil Cámara, M., Pedro Buesa, I., Santirso Ruiz, C., & Somolinos Juliá, A. (2000). La techné y la técnica moderna: Una aproximación teórica. *Cuaderno de Relaciones Laborales*, 16, 99-132.
- CAFMA. (1965). *Catálogo de maquinaria agrícola y repuestos de industria argentina*. Gráficas Aranel.
- Cámara Gremial de Productores de Azúcar de Tucumán. (1971). *Censo de productores de caña de azúcar 1971. Provincia de Tucumán*. Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Canitrot, A., & Sommer, J. (1972a). *Diagnóstico de la situación económica de la provincia de Tucumán* [Documento de trabajo]. Instituto Torcuato Di Tella.
- Canitrot, A., & Sommer, J. (1972b). Productividad y ocupación en la producción de azúcar en Tucumán. *Económica*, 18(3), 251-278.
- Cano, A., & Vergínio, C. (2010). Impactos da mecanização da colheita da cana no período de 2001 a 2006: Estudo de caso de uma unidade produtora em Fernandópolis—SP. *Scientia FAER*, 2, 1-15.
- Cap, E., Giancola, S., & Malach, V. (2010). *Las limitaciones de las estadísticas ganaderas en los estudios de productividad en argentina: Las encuestas a informantes calificados como fuente complementaria de datos. El caso de la provincia de San Luis*.
<https://inta.gob.ar/documentos/las-limitaciones-de-las-estadisticas-ganaderas-en-los-estudios-de-productividad-en-argentina-las-encuestas-a-informantes-calificados-como-fuente-complementaria-de-datos.-el-caso-de-la-provincia-de-san-luis-1>
- Cap, E., & González, P. (2004). *La adopción de tecnología y la optimización de su gestión como fuente de crecimiento de la economía argentina*. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-potencialperfil.pdf>

- Carbonell, J., Brulh Terán, J., Cerrizuela, E., Scandaliaris, J., & Ponce, J. L. (1985). Problemas en campo y fábrica originados por la cosecha mecánica y sus posibles soluciones. *II Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar*, 59-69.
- Cárdenas, G., & Diez, O. (1993). Influencia de la cosecha de caña de azúcar en el proceso industrial. *Avance Agroindustrial*, 13(53), 11-14.
- Cárdenas, G., Ruiz, R., & Aso, G. (1992). La molienda de caña de azúcar en Argentina: Situación tecnológica actual. *Avance Agroindustrial*, 13(49), 11-14.
- Carozza, A. (2007). Mecanización de la recolección de los cereales. *Vida Rural*, 243 E, 14-19.
- Castillo, P. (1994). El complejo agroindustrial azucarero. Transformaciones recientes y perspectivas ante la desregulación del sector. En *Estudios agroindustriales* (pp. 156-179). Centro Editor de América Latina.
- Castro, E. (2003). El punto de inserción. En *La extensión rural en debate: Concepciones, retrospectivas, cambios y estrategias para el Mercosur* (Ricardo Thorton y Gustavo Cimadevilla, pp. 41-65). Ediciones INTA.
- Centro Azucarero Regional de Tucumán. (1945). *Consideraciones acerca de la solución integral del problema azucarero*.
- Centro Azucarero Regional de Tucumán. (1949). Memoria y balance del ejercicio 1948-49. *La Industria Azucarera*, LV(667), 635-650.
- Centro Azucarero Regional del Norte Argentino. (1964). *El problema del azúcar en la Argentina. Soluciones económicas para beneficio de todo el país*. La Técnica Impresora.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. (2002). *Informe anual 2001*. Cenicaña.
- Cerrizuela, E. (1977). *Cosecha de la caña de azúcar*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia.
- Cerrizuela, E. (1989). Caña de azúcar. Cosecha mecánica en verde ¿Pasado o futuro tecnológico? *Cosecha. Revista Profesional Agropecuaria*, 5, 2-6.
- Cerrizuela, E. (1988). Influencia del desarrollo agrotecnológico sobre la productividad de la caña de azúcar en la Argentina. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, LXII, 13-35. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29588/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Cerrizuela, E., & Hemsy, V. (1967). *La mecanización en el cultivo y la cosecha de la caña de azúcar* (N.º 24; Publicación Especial). Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Cerro, E. (1973). *La migración en Tucumán en el período 1960-1970* (N.º 73-3; Notas). Facultad de Ciencias Económicas. UNT.
- Chalita, M., & Silva, C. (2010). *Cachaça: Desempenho comercial e qualidade de uma bebida genuinamente brasileira* (N.º 21; Textos para discussão). Instituto de Economía Agrícola. <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/td/td-21-2010.pdf>

- Chang, H.- Joon. (2004). El fomento a la industria naciente desde una perspectiva histórica: ¿Una cuerda con la cuál ahorcarse o una escalera por la cuál escalar? En *El desarrollo económico en los albores del siglo XXI* (Cepal y Alfaomega Colombiana, pp. 57-88). Gente Nueva.
- Churchward, E. (1965). Mechanical harvesting in the Bundaberg district, Queensland. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 347-353). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1965/1965%20Churchward%20Mechanical%20Harvesting%20in%20the%20Bundaberg%20Distr.pdf>
- Cittadini, R., & Pérez, R. (1996). La importancia de comenzar entendiendo por que el productor hace lo que hace: El caso del maíz para forraje. *Visión Rural*, 18, 36-39.
- Coelho, F. (2013). A revolução das máquinas. *CanaOnline*, 2. <http://www.canaonline.com.br/imagens/pdf/534afa3820bbd5e36175d064fd5cdf6f.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo. (2000). *La economía cubana. Reformas estructurales y desempeño en los noventa*. Fondo de Cultura Económica.
- Consejo Federal de Inversiones. (1973). *Análisis y evaluación del plan de transformación agro-industrial de la provincia de Tucumán* (Informe Final N.º 17; Serie Técnica). Consejo Federal de Inversiones.
- Correch, J. (1962). Mecanización de la cosecha azucarera. *La Industria Azucarera*, LXVIII(823), 131-137.
- Cortés, F. (1969). *El minifundio cañero en la provincia de Tucumán*. INTA, Secretaría de Agricultura de la Provincia de Tucumán y UNT.
- Cortes, L. B. (Ed.). (2016). *Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro*. Blucher.
- Coscia, A. (1983). *Segunda revolución agrícola de la Región Pampeana*. CADIA.
- Courel, G. (2018, marzo 23). *Análisis de la campaña 2016-17*. CREA - Primeras Jornadas de Actualización Técnica en Caña de Azúcar, Sociedad Rural de Tucumán. https://drive.google.com/drive/folders/1vNp22EwnI_VbgDJIsot__TDxdrNGqddh
- Cross, W. (1929, junio). El cultivo de la caña de azúcar en la República Argentina. *La Industria Azucarera*, XXXV(428), 419-428.
- Cross, W. (1942). *Notas sobre el progreso de la agricultura y las industrias agropecuarias de Tucumán. Durante los últimos sesenta años* (Boletín N.º 36; p. 75). Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Cross, W. (1959). Discrepancia entre el descubrimiento científico y la práctica (continuación). *La Industria Azucarera*, LXIV(786), 145-151.
- Cross, W. (1960). Informe sobre la industria azucarera de la Argentina en los últimos 10 años (conclusión). *La Industria Azucarera*, LXVI(803), 434-436.

- Cross, W. (1961). La modernización de la industria azucarera. *La Industria Azucarera*, LXVII(813), 219-233.
- Cross, W. (1962). Recapitulación de mis recomendaciones sobre la cosecha de la caña de azúcar en Tucumán. *La Industria Azucarera*, LXVIII(829), 345-349.
- Cross, W. (1966). Factores que afectan el contenido de sacarosa y la pureza de los jugos de la caña de azúcar. *La Industria Azucarera*, LXXII(870), 149-153.
- Dagnino, R., & Thomas, H. (2000). Elementos para una renovación explicativa-normativa de las políticas de innovación latinoamericanas. *Revista Espacios*, 21(2). <http://www.revistaespacios.com/a00v21n02/10002102.html>
- Davis, R., & Norris, C. (2002). Improving the feeding ability of sugarcane harvesters. En *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists* (Australian Society of Sugar Cane Technology, Vol. 24, pp. 190-198).
- Davis, R., Norris, C., & Whiteing, C. (2009). *A review of opportunities to improve the performance of sugarcane harvester* (Informe Final N.º 6899/1; p. 160). Sugar Research and Development Corporation, Brisbane. <http://hdl.handle.net/11079/12632>
- de la Cuesta Benjumea, C. (2003). El investigador como instrumento flexible de la indagación. *International Journal of Qualitative Methods*, 2(4), Artículo 3.
- Deere & Company. (2017). *Características de la cosechadora de caña CH 570*. <https://www.deere.com.ar/es/cosechadoras/cosechadoras-de-ca%C3%B1a/ch570/>
- Delgobbo, A., & Castillo, P. (1986). *Programa determinación de espacios diferenciados. Actividades productivas: Caña de azúcar*. Consejo Federal de Inversiones. <http://biblioteca.cfi.org.ar/documento/actividades-productivas-cana-de-azucar/>
- Delich, F. (1970). *Tierra y conciencia campesina en Tucumán*. Ediciones Signos.
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (1994). Ingresando al campo de la investigación cualitativa. En *Handbook of Qualitative Research* (Eds. Norman Denzin y Yvonna Lincoln). Sage. <http://www.ceil-conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2015/10/Denzin-Intro-Handbok.rtf>
- Desarrollo Rural. (1998). Caña de azúcar. Apuntando hacia la «competitividad». *Desarrollo Rural*, 3(18), 5-10.
- Dick, R. (1986). Australian cane harvester research. Past, present and future. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 159-167). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1986/1986%20Dick%20Australian%20Cane%20Harvester%20Reseach%20-%20Past,%20Present%20and%20Future.pdf>
- Dirección Nacional de Mecanización - EcuRed. (s. f.). *Dirección Nacional de Mecanización*. Dirección Nacional de Mecanización - EcuRed. Recuperado 4 de abril de 2017, de https://www.ecured.cu/Direcci%C3%B3n_Nacional_de_Mecanizaci%C3%B3n
- Domínguez, J., & Hervas, A. (1970). *Cooperativas agropecuarias de trabajo. Una alternativa de solución para el problema tucumano*. Estación Experimental Regional Agropecuaria - INTA Famaillá.

- Domínguez, N., Orsini, G., & Beltrán, A. (2010). La influencia del cambio tecnológico en el desarrollo de la región central argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Ecnómicas de la UNER*, 20.
- Donis García, R. (2014). *Eficiencia del corte manual de caña de azúcar a granel quemado y en verde limpio; ingenio el Baúl, Santa Lucía Cotzumalguapa Escuintla (2002- 2003)* [Tesis de licenciatura]. Universidad Rafael Landívar.
- Duncan, R. (1959). The mechanical harvesting of long crop in sugar cane. En *Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 613-620). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1959/1959%20Duncan%20The%20Mechanical%20Harvesting%20of%20Long%20Crop%20Sugar%20Can.pdf>
- Dye, A. (1993). Producción en masa del azúcar cubano, 1899-1929: Economías de escala y elección de técnicas. *Revista de Historia Económica*, XI(3), 563--594.
- Edgerton, D. (2004). De la innovación al uso: Diez tesis eclécticas sobre la historiografía de las técnicas. *Quaderns d'història de l'enginyeria*, VI, 1-23.
- Edquist, C. (1982). *Technical change in sugar cane harvesting. A Comparison of Cuba and Jamaica (1958—1980)* (World Employment Programme Research, p. 93) [Working Paper]. International Labour Organisation. http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1982/82B09_488_engl.pdf
- EEAOC. (1980). Tuc 69-2. Una nueva variedad de caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 1(1), 8-9.
- EEAOC, DNA, Geplacea, & Unicos. (1991). *Reconversión de la agroindustria azucarera en la Argentina. Situación actual y posibilidades futuras de la agricultura cañera* [Informe de circulación interna]. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Egan, B. (1989). Chopper harvesting in Australia. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 37-39). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1989/1989%20Egan%20Chopper%20Harvesting%20in%20Australia.pdf>
- El Mundo Azucarero. (1954). Escuela para operadores de tractor. *El Mundo Azucarero*, 42(2).
- Enciclopedia de Ciencias y Tecnologías en Argentina. (2010). Trocha Decauville. *La enciclopedia de ciencias y tecnologías en Argentina*. <https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Trocha>
- Escolá, F., Bodrero, M., & Merigo, I. (2018). De la problemática individual a la gestión colectiva de soluciones. Análisis socio-técnico del caso del ascenso de napas en Marcos Juárez, Córdoba (2012-2016). En *Tecnología y Sociedad. Análisis de procesos de innovación y cambio tecnológico en diversos territorios rurales de Argentina* (Comp.: Carrapizo, V.; Escolá, F.; Giordano, G.; Sánchez, G.; Paredes, M.; Bodrero, M.; Brieva, S. y Juarez, P.). Ediciones INTA.
- Evita Montonera. (1975). Fotia: 17 días de huelga. *Evita Montonera. Revista oficial de Montoneros*, Año 1(2), 9-12.

- Facultad de Filosofía y Letras de la UNT. (1963). *Educación y caña de azúcar. Seminario sobre los efectos de la zafra azucarera en la educación.*
- Fagalde, F., & Mariotti, J. (1980). Maduración y control de la calidad de la materia prima. *Avance Agroindustrial*, 1(1), 8-9.
- Fanjul, R. (1971). Two row sugarcane harvesting combine. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 79-85). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1971/1971%20Fanjul%20Two-Row%20Sugarcane%20Harvesting%20Combine.pdf>
- FAOSTAT. (2017). *Sugar raw centrifugal* (Crops processed). FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD>
- FAOSTAT. (2019). *Sugarcane area harvested, yield and production quantity* (Crops). FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Favoretto, T. (2014). *Máquinas de empobrecimento: Impactos da mecanização do corte da cana sobre trabalhadores canavieiros em Barrinha—SP* [Tesis de maestría]. Universidade Estadual de Campinas.
- Feenberg, A. (1991). Introducción: El Parlamento de las cosas. En *Critical Theory of Technology* (Traducción de Miguel Banet). Oxford University Press.
- Feenberg, A. (2005). Teoría crítica de la tecnología. *Revista CTS*, 2(5), 109-123.
- Feenberg, A. (2010). Ten paradoxes of Technology. *Techné*, 14(1), 3-15.
- Feenberg, A. (2013). Del esencialismo al constructivismo: La filosofía de la tecnología en la encrucijada. *Hipertextos*, 1(1), 15-57.
- Felipe, N. (2013). *Diagnóstico de los procesos comunicacionales desarrollados en la Mesa de Gestión Ambiental de Cruz Alta* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Rosario.
- Fernández de Ullivarri, R. (1959). Panorama de la industria azucarera argentina. *Revista Argentina de Agronomía*, 25(4), 179-194.
- Fernández de Ullivarri, R. (1962a). Influencia de la distancia entre surcos en el rendimiento cultural y fabril de la caña de azúcar. *IDIA Suplemento*, 8, 23-25.
- Fernández de Ullivarri, R. (1962b). Porvenir de la industria azucarera tucumana. *IDIA Suplemento*, 8, 8-15.
- Fernández de Ullivarri, R., & Kenning Voss, G. (1966). Caña de azúcar. Documento básico. *IDIA*, 218, 17-43.
- Feuer, C. (1987). The performance of the Cuban sugar industry, 1981-85. *World Development*, 15(1), 67-81.
- Fogliata, F. (1995). *Agronomía de la caña de azúcar. Tecnología, costos, producción: Vol. Tomo I. El Graduado.*
- Fogliata, F., & Morín, D. (1989). Valoración de distintas herramientas empleadas en la cosecha manual de la caña de azúcar. *La Industria Azucarera*, XCVI(1054), 4-5.
- Fossati, E. (1961). *Ley del azúcar.*
- FOTIA. (1963). *Fotia, sus sindicatos y afiliados.* Folleto.

- FOTIA. (1974, septiembre 10). Fotia está en lucha por la reconstrucción nacional. *La Gaceta*, 9.
- Franchelli, R. (1971). Tractorización 1957—1970. Mecanización agrícola. *IDIA*, 286, 1-19.
- Fredo, P., & Caser, D. (2017). *Mecanização da colheita da cana-de-açúcar atinge 90% na Safra 2016/17* (N.º 12; Análises e Indicadores do Agronegócio). Instituto de Economia Agrícola. <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-35-2017.pdf>
- Fredo, P., Vicente, M., Baptistella, C., & Veiga, J. (2008). *Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas, junho de 2007* (N.º 3; Análises e Indicadores do Agronegócio). Instituto de Economia Agrícola. <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=9240>
- Garaño, S. (2016). Las formas de represión política en el “teatro de operaciones” del Operativo Independencia (Tucumán, 1975-1977). En *Represión estatal y violencia paraestatal en la historia reciente argentina. Nuevos abordajes a 40 años del golpe de Estado* (Comp. Gabriela Águila, Santiago Garaño, Pablo Scatizza, pp. 124-154). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Universidad Nacional de La Plata.
- García Arregui, A. (2012). *La selva tecnológica. Sistemas Sociotécnicos y Antropología Simétrica en Comunidades Ribereñas del Bajo Amazonas* [Tesis doctoral]. Universidad de Barcelona.
- García Encina, C. (2018). *La Estrategia de Seguridad Nacional de la Administración Trump*. Real Instituto Elcano. <http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/1501f628-9e3e-4b15-ade7-e61caf475af9/DT6-2018-GarciaEncina-Estrategia-de-Seguridad-Nacional-Administracion-Trump.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1501f628-9e3e-4b15-ade7-e61caf475af9>
- Gargiulo, C., & González Terán, C. (1980). Costos comparativos de diferentes sistemas de cosecha de caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 1(3), 12-13.
- Gargiulo, C., Scandaliaris, J., González Terán, C., Rodríguez Faraldo, M., & Muro, E. (1986). *Evaluación del manejo post-cosecha de la caña de azúcar en Tucumán* (Publicación Miscelánea 81). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Gaunt, J. (1965). Considerations in the mechanical harvesting of sugar cane. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 354-363). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1965/1965%20Gaunt%20Considerations%20in%20the%20Mechanical%20Harvesting%20of%20Su.pdf>
- Gaunt, J., & Zagorski, J. (1968). Notes on the mechanization of the sugarcane harvest. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 1522-1530). Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1968/1968%20Gaunt%20Notes%20on%20the%20Mechanization%20of%20the%20Sugarcane%20Harve.pdf>
- Gentil, L. (1977). Brasil. O maior produtor de açúcar. *Sugar y Azúcar*, Septiembre, 228-236.

- Giancola, S., Calvo, S., Roggero, P., Andreu, M., Carranza, A., Kuszta, J., Salvador, M., Di Giano, S., & Da Riva, M. (2014). *Causas que afectan la adopción de tecnología en la cría bovina en el Departamento Patiño, Formosa: Enfoque cualitativo*. Ediciones INTA.
- Giancola, S., Morandi, J., Gatti, N., Di Giano, S., Dowlbey, V., & Biaggi, C. (2012). *Causas que afectan la adopción de tecnología en pequeños y medianos productores de caña de azúcar de la Provincia de Tucumán. Enfoque cualitativo*. Ediciones INTA.
- Giannetti, R. (1994). Las representaciones de la innovación tecnológica en perspectiva histórica. *Revista de Historia Industrial*, 6, 31-45.
- Giardina, J., Digonzelli, P., Romero, E., Alonso, L., Medina, M., Fajre, S., Duarte, D., & Pérez Alabarce, F. (2015). Plantación de la caña de azúcar. En *Guía técnica del cañero* (Patricia Digonzelli; Eduardo Roemro; Jorge Scandaliaris, pp. 167-176). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Giarraca, N. (1999a). Trabajos y trabajadores en la actividad cañera de Tucumán. *Estudios del Trabajo*, 17, 25-48.
- Giarraca, N. (1999b). Transformaciones en la estructura social agraria cañera de Tucumán y las estrategias de los actores sociales. *Población & Sociedad*, 6 y 7, 285-316.
- Giarraca, N., & Aparicio, S. (1991). *Los campesinos cañeros: Multiocupación y organización*. Facultad de Ciencias Sociales - UBA.
- Giarraca, N., Bidaseca, K., & Mariotti, D. (2001). Trabajo, migraciones e identidades en tránsito: Los zafreros en la actividad cañera tucumana. En *¿Una nueva ruralidad en América Latina?* (pp. 307-335). CLACSO.
- Giberti, H. (1965). Evolución del precio del tractor en los últimos 30 años. *Suplemento IDIA*, 14, 29-34.
- Glavich, E. (2000). Los Estudios CTS: una crítica marxista a los constructivistas y a los críticos. *Educação & Tecnologia*, 5(2), 31-37.
- Gobierno de la Provincia de Tucumán. (1981). *Tucumán en cifras: Vol. II. El Gráfico*.
- Golsberg, C., & Pilatti, O. (2013). «La pequeña gran máquina»: Cosechadora en verde de caña de azúcar junto a los cañeros tucumanos. En *Desarrollo tecnológico y agricultura familiar: Una mirada desde la investigación acción participativa* (Comp. Gabriela Giordano y Celeste Golsberg, pp. 19-31). Ediciones INTA.
- González Corso, M. (2015). La agroindustria cañera cubana: Desempeño y tendencias recientes. En *La agroindustria cañera cubana: Transformaciones recientes* (pp. 61-118). Bildner Center for Western Hemisphere Studies.
- González Lelong, A. (1997). *Tucumán. Proyecto de estudio de la reconversión productiva del sector agropecuario (Etapa I)*. Consejo Federal de Inversiones.
- González, M. (1972). *El minifundio cañero en el área de Simoca (Tucumán)*. Estación Experimental Regional Agropecuaria Famaillá.
- González Terán, C., & Gargiulo, C. (1980). *Costo de producción de caña de azúcar. Mayo de 1980* (N.º 67; Miscelánea). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.

- González Terán, C., & Gargiulo, C. (1981). Caña de azúcar. Criterios para la elección de sistemas de cosecha. *Avance Agroindustrial*, 2(7), 17-19.
- González Terán, C., & Scandalariis, J. (1988). Evaluación económica de sistemas de cosecha de caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 9(33), 10-13.
- González V., W., & Hernández M., L. (2000). Tecnología y técnica: Tres perspectivas. *Energía y computación*, IX(1), 6-19.
- Goulet, F., & Giordano, G. (2018). Siembra directa y agricultura familiar. Controversias en el desarrollo de una innovación. En *Tecnología y Sociedad. Análisis de procesos de innovación y cambio tecnológico en diversos territorios rurales de Argentina* (Comp.: Carrapizo, V.; Escolá, F.; Giordano, G.; Sánchez, G.; Paredes, M.; Bodrero, M.; Brieva, S. y Juárez, P., pp. 75-89). Ediciones INTA.
- Gras, C. (1994). Impactos sociales del cambio estructural en el agro tucumano. *Revista de Idelcoop*, 21(83). https://www.idelcoop.org.ar/sites/www.idelcoop.org.ar/files/revista/articulos/pdf/1994_148554613.pdf
- Gras, C., Bidaseca, K., & Mariotti, D. (2000). *Tucumanos y tucumanas. Zafra, trabajo, migraciones e identidad*. La Colmena.
- Gravois, K. (2001). Louisiana's Sugarcane Industry. *Louisiana Agriculture*, 44(4), 4-5.
- Griggs, P. (2010). *Global industry, local innovation: The history of cane sugar production in Australia, 1820-1995*. Peter Lang AG.
- Gutti, P. (2015). *La difusión de las innovaciones en las cadenas de valor basadas en procesos biológicos. Caracterización, patrones e interacciones a partir del caso de la caña de azúcar en Tucumán* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/671807/gutti_patricia_noemi.pdf?sequence=1
- Gutti, P., & Kakabe, Y. (2017). *El papel de los laboratorios públicos de I+D para la difusión de las innovaciones. El caso de la caña de azúcar de alta calidad en Tucumán, Argentina*. X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. https://www.dro-pbox.com/sh/96hy7u206vdkz1g/AAA5t46p9Ln3T8BAUpyjGkXPa/EJE%206%20La%20tecnolog%C3%ADa%20agropecuaria/SIMPOSIO%2016?dl=0&preview=14_6_Gutti.docx
- Haro, M. (1979). Los medios de transporte de la caña en Tucumán. *La Industria Azucarera*, LXXXVI(990), 226-231.
- Hernández Morales, B. (2014). *Arqueología Industrial de un objeto común: Una aproximación al estudio de los machetes de Guatemala* [Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Humbert, R. (1974). Improving burns with desiccants as an to mechanical harvesting. En *Proceedings XV congress of International Society of Sugar Cane Technologists* (Dick, J. and Collingwood, D., pp. 1065-1073). Hayne & Gibson Limited.

- Hungerford, L. (1991). *Sugar Cane Farming in the Bundaberg District 1945 to 1985. Major Issues, problems and highlights from the growers' perspective* [Master of Arts]. University of Queensland.
- Hybel, D. (2006). *Cambios en el complejo productivo de maquinarias agrícolas 1992-2004. Desafíos de un sector estratégico para la recuperación de las capacidades metalmeccánicas*. INTI. http://www.inti.gov.ar/pdf/maquinaria_agricola.pdf
- Iguarán, J., Martínez, L., Ortiz, A., Rodríguez, M., & Potes, A. (2017). Diseño y Experimentación de un Machete ergonómico para el corte de la caña de azúcar en el ingenio Central Castilla SA. *El hombre y la máquina*, 48. <http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/06%201991-1/Articulo%204%20H&M%206.pdf>
- Imacasa. (2017). *Catalogo Internacional 2017*. <http://www.imacasa.com/img/documentos/IMACASA2017.pdf>
- INDEC. (1988). *Censo Nacional Agropecuario 1988. Resultados generales. Provincia de Tucumán*. INDEC.
- INDEC. (2002). *Censo Nacional Agropecuario 2002. Provincia de Tucumán* [Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina]. https://www.indec.gob.ar/cna_index.asp
- Industry Commission. (1992). *The Australian sugar industry* (N.º 19). Commonwealth of Australia.
- Instituto de Investigaciones Económicas. (1956). *Problema Azucarero Argentino*. IAPI.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual. (s. f.). *Catálogo de inventores mexicanos. 1980-2000*. Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2019). *Censo Nacional Agropecuario 2002. Tucumán. Cuadros de resultados definitivos* [Oficial]. https://sitioanterior.indec.gob.ar/cna_index.asp?_ga=2.190517483.1139456551.1620850695-1058466022.1618787991
- INTA. (2014). Proyecto Específico: Procesos socio técnicos de innovación en los territorios. *Programa Nacional Territorios, Economía y Sociología, y Prospectiva y Políticas Públicas*. <https://inta.gob.ar/proyectos/PNSEPT-1129043>
- INTA, & EEAOC. (1995). *Proyecto Caña 2000*. Estación Experimental Agropecuaria INTA Famaiyllá.
- INTAinforma. (2014). *La cosechadora Cañera INTA, se prueba en Costa Rica* [Portal del INTA]. <https://intainforma.inta.gob.ar/canera-inta-se-prueba-en-costa-rica/>
- International Finance Corporation. (1996). *Revisión de la industria del azúcar. Provincia de Tucumán, Argentina* [Informe Final].
- Irvine, J., & Benda, G. (1980). Espaciamiento en caña de azúcar. Efectos del espaciamiento en la planta. *Boletín del Geplacea*, 15.
- Irvine, J., Richard, C., Garrison, D., Jakson, W., Matherne, R., Camp, C., & Carter, C. (1980). Espaciamiento en caña de azúcar. Desarrollo de técnicas para surcos angostos. *Boletín del Geplacea*, 15.
- Italconsult Argentina. (1967). *Plan preliminar para el desarrollo de la provincia de Tucumán. Elementos para su estructuración* (p. 152). Fiat Concord.

- Jakeway, L. (1995). *A review of alternative to cane burning* (p. 8). Hawaiian Sugar Planters' Association. <http://stopcaneburning.org/pdf/1990s/AlternativesToCaneBurning1995-05-23.pdf>
- Jaldo Álvaro, M., Ortiz, J., & Biaggi, C. (2016). *La trayectoria socio-técnica de la mecanización de cosecha de caña de azúcar en Tucumán*. IX Jornadas de Sociología de la UNLP, Ensenada, La Plata. <http://jornadassociologia.fahce.unlp.edu.ar>
- Jesus, K., & Torquato, S. (2014). *Evolução da mecanização da colheita de cana-de-açúcar em São Paulo: Uma reflexão a partir de dados do Protocolo Agroambiental*. 5. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1011561>
- Junqueira, C., Sterchile, S., & Shikida, P. (2008). *Mudanças no padrão tecnológico do corte de cana-de-açúcar: Uma análise do caso paranaense*. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, Acre, Brasil. <http://www.sober.org.br/palestra/9/21.pdf>
- Kerr, B., & Blyth, K. (1993). *They're All Half Crazy. 100 years of mechanical cane harvesting*. Canegrowers.
- King, N. (1969). Historical Review of Sugarcane Mechanisation in Australia. En *Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association* (pp. 93-98). South African Sugar Association. https://digitalcollections.qut.edu.au/1520/44/SASTA_Proceedings_of_the_43nd_Annual_Congress_1969.pdf#page=84
- KPMG. (2007). *The Indian Sugar Industry. Sector Roadmap 2017* [Informe de asesoramiento]. KPMG.
- Krapovickas, A. (2010). La domesticación y el origen de la agricultura. *Bonplandia*, 19(2), 193-199.
- Kussler, L. (2015). Técnica, tecnologia e tecnociência: Da filosofia antiga à filosofia contemporânea. *Kínesis*, II(15), 187-202.
- La Gaceta. (1974a, agosto 29). Atentado terrorista contra un taller en donde se arman cosechadoras integrales de caña. *La Gaceta*, 6.
- La Gaceta. (1974b, septiembre 7). Fotia declaró paros progresivos. *La Gaceta*, 9.
- La Gaceta. (1993, octubre 18). Emilio Sidán ¿Cómo ser eficientes y justos? *La Gaceta*, 8.
- La Gaceta. (2004, enero 2). El modelo australiano. *La Gaceta*. <http://www.lagaceta.com.ar/nota/208030/rural/modelo-australiano.html>
- La Industria Azucarera. (1930). Censo de variedades de caña de azúcar plantadas en la república en 1928. *La Industria Azucarera*, XXXVI(442), 554-560.
- La Industria Azucarera. (1949). Los incendios de cañaverales en Tucumán. *La Industria Azucarera*, LV(671), 101-106.
- La Industria Azucarera. (1959). Zafra mecanizada en Luisiana. *La Industria Azucarera*, LXV(794), 479-481.
- La Industria Azucarera. (1964a). Jornadas sobre caña de azúcar en Tucumán. *La Industria Azucarera*, LXX(848), 237.

- La Industria Azucarera. (1964b). Delegado técnico de la Thomson Machinery Co. *La Industria Azucarera*, LXX(850), 313.
- La Industria Azucarera. (1964c). Ensayos con una nueva cosechadora argentina. *La Industria Azucarera*, LXX(850), 320.
- La Industria Azucarera. (1966). Se realizó en Ginebra la V Reunión de la Comisión del Trabajo de las Plantaciones. *La Industria Azucarera*, LXXII(871), 183-187.
- La Industria Azucarera. (1967). Publicidad de la cosechadora MF 515. *La Industria Azucarera*, LXXIII(882).
- La Industria Azucarera. (1968). Amplio plan de estudio de la mecanización de cultivos y zafra para reducir costos. *La Industria Azucarera*, LXXIII(890), 25-26.
- La Industria Azucarera. (1974). La mecanización de la producción azucarera en Cuba. *La Industria Azucarera*, LXXXI(943), 196-198.
- La Industria Azucarera. (1976a). Perspectivas favorables en la industria del tractor y las maquinarias agrícolas. *La Industria Azucarera*, LXXII(955), 458-462.
- La Industria Azucarera. (1976b). El INTA y las zonas cañeras. *La Industria Azucarera*, LXXXII(956), 474-476.
- La Industria Azucarera. (1976c). Acción del INTA en la producción azucarera. *La Industria Azucarera*, LXXXIII(957), 516-517.
- La innovación tecnológica: Definiciones y elementos de base. (1996). *Redes*, 3(6), 131-175.
- Laat, E. F. de. (2010). *Trabalho e risco no corte manual de cana-de-açúcar: A maratona perigosa nos canaviais* [Tesis doctoral]. Universidade Metodista de Piracicaba.
- Laks, J. (1960). *La verdad sobre la cuestión azucarera*. Editorial Documentos.
- Larraín, F. (2004). Estructura, política e instituciones: Una visión del desarrollo latinoamericano. En *El desarrollo económico en los albores del siglo XXI* (Cepal y Alfaomega Colombiana, pp. 173-203). Gente Nueva.
- Lawler, D., & Vaccari, A. (2016). Epistemología de lo artificial y tipos de artefactos. En *Aproximaciones interdisciplinarias a la bioartefactualidad* (Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 55-78). Editorial de la UNAM.
- Leffingwell, R. (1982). Revolución en la mecanización de campo en la industria hawaiana. *Sugar y Azúcar*, 77(10), 75-78.
- Legendre, B. (2014). *Sugarcane Harvesting in Louisiana*. HC&S Community Open House, Louisiana. http://hcsugar.com/wp-content/uploads/2014/04/2014_HCS_Open_House_Sugarcane_Harvesting_in_Louisiana.pdf
- Lenis, M., & Moyano, D. (2007). Discurso científico e innovación agrícola: La industria azucarera tucumana y la consolidación de la investigación científica (1906-1920). *Travesía. Revista de historia económica y social*, 9, 153-174.
- León, C. (1999). *El desarrollo agrario de Tucumán en el período de transición de la agricultura diversificada al monocultivo cañero* (Fundación de Investigaciones Históricas, Económicas y Sociales). Facultad de Ciencias Económicas. Universidad nacional de Buenos Aires.

- León, E. de. (2014). Magnano. *Pesados Argentinos*. <http://pesadosargentinos.blogspot.com/search/label/Magnano>
- Leveroni, A., Paterson, R., Sánchez, F., & Guinle, A. (1971). Evaluación del costo energético de la cosecha manual de la caña de azúcar. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 48(2), 41-47.
- Li, S., & Bottaro, H. (2011). *Lana Linca: Innovación en extensión a partir de la revalorización de conocimientos tradicionales*. VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. <https://www.dropbox.com/sh/rzkvlue94le9nkm/AACXWx3VAmI9o7dUOSezPeKca?dl=0>
- Llenderozas, E. (2018). *La estrategia de seguridad nacional de Estados Unidos*. Centro de Estudios para el Cambio Estructural (CECE). <http://fcece.org.ar/wp-content/uploads/informes/seguridad-nacional-estados-unidos.pdf>
- Llosa, J. (1965). Algunas consideraciones sobre estimación de necesidades de maquinaria agrícola y la posible sustitución de la tracción a sangre por tracción mecánica. *Suplemento IDIA*, 14, 35-45.
- Lódola, A., Brigo, R., & Morra, F. (2010). Mapa de cadenas agroalimentarias de Argentina. En *Cambios estructurales en las actividades agropecuarias. De lo primario a las cadenas globales de valor* (pp. 53-75). Naciones Unidas - Cepal.
- Lonardi, F. (1982). A menos distancia mayor producción. *Desarrollo rural para Tucumán*, 2(10), 11-13.
- Long, B. (1952a). Progreso en la industria azucarera de Cuba, Florida, Louisiana, Hawaii y México. *Actas Agronómicas de la Universidad Nacional de Colombia*, II(1), 49-52.
- Long, B. (1952b). Cultivo de la caña en plantaciones irrigadas en Hawaii. *Actas Agronómicas de la Universidad Nacional de Colombia*, II(2), 120-125.
- Long, B. (1952c). La Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Hawaii. Su estación experimental y otras actividades. *Actas Agronómicas de la Universidad Nacional de Colombia*, II(3), 141-145.
- Ma, S., Karkee, M., & Scharf, P. (2014). Sugarcane harvester technology: A critical overview. *Applied Engineering in Agriculture*, 30(5), 727-739.
- Macció, J. (1996). Avances en la producción. *Desarrollo Rural*, 1(3), 6-7.
- Macció, J., Kersul, L., Cusumano, C., & Martínez, G. (1992). *Procaña '95. Los cañeros de Tucumán, una alternativa para su reconversión*. Estación Experimental Agropecuaria INTA Famaillá.
- Maier, E. (1949). Mecanización de las labores en los cañaverales de Luisiana. *La Industria Azucarera*, LIV(664), 560-570.
- Maier, E. (1952). *A story of sugar cane machinery*. American Printing. http://www.southernmatters.com/sugarcane/bulletins/sugar_cane_machinery.pdf

- Maldonado, G. (2019). Territorio y agriculturización en Argentina. Objetos, acciones y acontecimientos. *Estudios Rurales*, 9(17). <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/estudios-rurales/article/view/14122>
- Manners, H. (1979). Mecanización. *Boletín del Geplacea*, 12.
- Manuel - Navarrete, D., & Gallopín, G. (2007). *Integración de políticas, sostenibilidad y agriculturización en la pampa argentina y áreas extrapampeanas*. Cepal. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6896/1/S0700336_es.pdf
- Manuel - Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Díaz Zorita, M., Ferraro, D., & Herzer, H. (2005). *Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: Sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas*. Cepal. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5656/1/S051013_es.pdf
- Maquinac. (2014). *Se exportó la primera cosechadora Cañera INTA a Uruguay* [Portal de maquinaria agrícola]. <https://maquinac.com/2014/07/se-exporto-la-primera-cosechadora-canera-inta-a-uruguay/>
- Mariotti, D. (2011). *Estrategias sociales y acciones colectivas de la Unión de Cañeros Independientes de Tucumán. Una historia sobre la herejía, la infamia y lo profano* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Mariotti, J. (1983). Caña de azúcar. La Argentina es pionera en la investigación. *Cosecha. Revista Profesional Agropecuaria*, 1, 10-14.
- Mariotti, J. (2008). Investigación e innovación tecnológica como bases para mejorar la productividad y competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en Argentina. *IDIA XXI. Cultivos industriales*, VIII(10), 119-122.
- Mariotti, J., Levi, C., Chavanne, E., De Faveri, J., & Ahmed, M. (1987). Una nueva variedad de caña de azúcar de la EEAOC: Tuc (CP) 77-42. *Avance Agroindustrial*, 8(31), 15-18.
- Marradi, A. (2002). Método como arte. *Papers. Revista de Sociología*, 67, 107-127. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers/v67n0.1668>
- Martínez de Ibarreta, M., Posada, M., & Pucciarelli, P. (1994). De la integración a la articulación. Sistematización de los principales enfoques y aportes para la formulación de una propuesta analítica. En *Estudios agroindustriales* (pp. 7-43). Centro Editor de América Latina.
- Mason, J., Allen, J., Foster, D., & Cullen, R. (1980). Review of cane harvester performance. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 782-799). International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1980/1980%20Mason%20Review%20of%20Cane%20Harvester%20Performance.pdf>
- Matos Ramírez, N. (2012). *Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha, transporte, recepción de la caña de azúcar en la empresa azucarera «Argentina»* [Tesis doctoral].

- ral, Universidad Agraria de la Habana]. http://rediuc.reduc.edu.cu/jspui/bitstream/123456789/23/1/Tesis_doctoral_Neeldes_Matos_Ramirez_%20UC.pdf
- Medina, E. (1983). La polémica internalismo/externalismo en la historia y la sociología de la ciencia. *Reis*, 23, 53-75.
- Medina, M. (1995). Tecnología y filosofía: Más allá de los prejuicios epistemológicos y humanistas. *Isegoria*, 12, 180-196.
- Mejía Navarrete, J. (2011). Problemas centrales del análisis de datos cualitativos. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación*, 1(1), 47-59.
- Méndez Calzada, J. (1939). *El problema azucarero* [Proyecto de ley de regulación de la producción e industria azucarera]. Cámara de Diputados de la Nación.
- Mendizábal, N. (2006). Los componentes del diseño flexible en la investigación cualitativa. En *Estrategias de Investigación Cualitativa* (Coord. Irene Vasilachis de Gialdino, pp. 65-105). Gedisa.
- Mentz, R., & Elías, V. (1966). *Proyecto: El empleo en Tucumán* (N.º 1). Facultad de Ciencias Económicas. UNT.
- Merton, R. (1968). La sociología del conocimiento. En *Historia y elementos de la sociología del conocimiento: Vol. I* (Irving Horowitz, pp. 65-74). Eudeba.
- Ministerio de Desarrollo Productivo. (2017). *Estrategia provincial para el sector agroalimentario—EPSA*. <http://www.prosap.gov.ar/web-Docs/EPSA%20Tucum%C3%A1n%20Resoluci%C3%B3n%202017%20-%20Estrategia%20sector%20agroalimentario.pdf>
- Ministerio de Hacienda y Finanzas. (1971). *Tractores, producción y ventas* (N.º 46; Información económica de la Argentina, p. 11).
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. (2014). *Escala Salarial Año 2014. Actores Sociales CART FOTIA*. <http://data.triviasp.com.ar/files/parte4/conv1288acu19215.pdf>
- Mitcham, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Anthropos.
- Mokyr, J. (1987). La Revolución Industrial y la Nueva Historia Económica (I). *Revista de Historia Económica*, V(2), 203-244.
- Montecinos, C. (1996). *La modernización agrícola: Análisis de su evolución*. CET-CLADES. <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/sociologiaagraria/TP2apunte2.pdf>
- Montoya Suárez, O. (2008). De la Técnica griega a la técnica occidental y moderna. *Scientia et Technica*, XIV(39), 298-303.
- Montoya Suárez, O., & Jaramillo, R. (2007). El proceso de instrumentalización del conocimiento científico y sus implicaciones para la investigación y la praxis universitaria. *Scientia et Technica*, XIII(37), 327-332.
- Mora y Araujo, M., & Orlansky, D. (1978). *Cambio tecnológico y empleo en la producción agroindustrial de azúcar en Tucumán*. Organización Internacional del Trabajo, Ginebra.

- Morán Seminario, H. (2006). Filosofía de la tecnología, su devenir y tendencias fundamentales. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNMSM*, 11(29), 117-129.
- Morandi, J., & Bustos, J. (2011). *Indicadores de desarrollo territorial: El caso de la caña de azúcar*. V Jornadas Nacionales de Investigadores de las Economías Regionales y XII Encuentro Nacional de la Red de Economías Regionales, La Pampa. http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/transfereencia/acta_con_indice_2011.pdf
- Moreno, L. M. (2011). *Transição da colheita da cana-de-açúcar manual para a mecanizado no estado de São Paulo: Cenários e perspectivas* [Tesis de maestría]. Universidade de São Paulo.
- Morín, D. (1970a). *Costo de producción del cultivo y cosecha de la caña de azúcar* (N.º 35; Miscelánea). Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Morín, D. (1970b). *Estudios vinculados con la cosecha manual y mecánica de la caña de azúcar* (N.º 36; Miscelánea). Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Morín, D. (1975). Porcentaje de impurezas que acompañan a la caña cosechada mecánicamente. En *Cosecha mecánica. Su incidencia en la calidad de la caña de azúcar*. Estación Experimental Agrícola Tucumán.
- Moyano, D. (2011). La Escuela de Arboricultura y Sacarotecnia de Tucumán y su papel en el desarrollo agroindustrial de la provincia, 1880-1920. *Travesía. Revista de historia económica y social*, 13, 229-246.
- Moyano, D. (2014). El sistema de transporte cañero en la agroindustria cañera tucumana. Un análisis sobre los cambios y las innovaciones tecnológicas (1880-1914). En *Historia Regional. Enfoques y articulaciones para complejizar una historia nacional* (Coord. Rodolfo Richard Jorba y Marta Bonaudo, pp. 161-178). Universidad Nacional de la Plata.
- Moyano, D., Campi, D., & Lenis, M. (2011). La formación de un complejo científico-experimental en el norte argentino. La estación experimental agrícola de Tucumán (1909-1922). *Proto-historia*, 16, 1-18.
- Mumford, L. (1992). *Técnica y civilización*. Alianza Universidad.
- Mumford, L. (2010). *El mito de la máquina. Técnica y evolución humana: Vol. I*. Pepitas de calabaza.
- Narimoto, L. (2015). *A gênese das gênesis instrumentais: O projeto no uso de máquinas colheadoras de cana-de-açúcar e no Brasil e na Austrália* [Tesis doctoral, Universidade Federal de San Carlos]. <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3462/6827.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nassif, S. (2015a). *Las luchas obreras tucumanas durante la autodenominada Revolución Argentina (1966-1973)*. Universidad de Buenos Aires - Facultad de Filosofía y Letras.
- Nassif, S. (2015b). Ni trabajo ni diversificación agro-industrial. El impacto del cierre de los ingenios tucumanos durante la dictadura de la "Revolución Argentina" (1966-1973). *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 43, 93-124.
- Netz, R. (2013). *Alambre de púas. Una ecología de la modernidad*. Eudeba.

- Normand, J.-C. (1997). La ergonomía en el trabajo físico. *Medicina Legal de Costa Rica*, 13-14((2-1-2)), 85-89.
- Norris, C., Hockings, P., & Davis, R. (2000). Chopper systems in cane harvesters: A development of test facility. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 22, 244-249.
- Nosotros. (1974). Fiat Concord. 20 años de realizaciones. *Nosotros*, 47, 25-40.
- Noticias. (1974, agosto 23). Levanta medidas la Fotia. *Noticias*.
- Nyko, D., Soares Valente, M., Yabe Milanez, A., Tanaka Ramos, A., & Pereira Rodrigues, A. (2013). A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: Estagnação passageira ou crise estrutural? En *BNDES Setorial* (pp. 399-442). Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1503/1/A%20mar37_10_A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20tecnologias%20agr%C3%ADcolas%20do%20setor_P.pdf
- OCDE - Eurostat. (2007). *Manual de Oslo. Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación* (Comunidad de Madrid; Consejería de Educación; Dirección General de Universidades e Investigación). Elecé.
- OECD - Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th Edition). OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Olea, I., Romero, E., & Scandaliaris, J. (1993). Mecanización total de la cosecha de caña de azúcar en Tucumán. 30 años de historia. *Avance Agroindustrial*, 13(52), 7-11.
- Olea, I., Scandaliaris, J., & Romero, E. (1993). Las nuevas cosechadoras integrales. *Avance Agroindustrial*, 13(52), 16-18.
- Olea, I., Scandaliaris, J., & Roncedo, M. (1988). Cosecha semimecanizada de caña de azúcar en Tucumán. En *Eficiencia de cosecha y transporte de la caña de azúcar* (pp. 51-61). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Olmos, H. (1993). *La producción de la caña de azúcar* (5ta. Edición). Editado por el autor.
- Ondo Misi, S., Giancola, S., Pellerano, L., Calvo, S., Balbuena, O., D'Angelo, M., Buschiazzo, M., Di Giano, S., Gatti, N., & Ferber, O. (2015). *Problemáticas de la innovación en la ganadería bovina de la provincia de Chaco: Enfoque cualitativo*. Ediciones INTA.
- Ordoñez, L. (2007). El desarrollo tecnológico en la historia. *Areté. Revista de filosofía*, XIX(2), 187-209.
- Ortiz de D'Arterio, J. (2007). *Agroindustria azucarera y movilidad territorial de la población en el Noroeste argentino durante el siglo XX y principios del XXI*. XI Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Tucumán, San Miguel de Tucumán. <https://www.academica.org/000-108/1006>
- Ortiz, F. (1973). *Contrapunteo cubano del tabaco y del azúcar*. Ariel.

- Ortiz, J., & Jaldo Álvaro, M. (2017). *Análisis socio-técnico del desarrollo de la Cañera INTA, como tecnología de inclusión*. X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. https://www.dro-pbox.com/sh/96hy7u206vdkz1g/AAA5t46p9Ln3T8BAUpyjGkXPa/EJE%206%20La%20tecnolog%C3%ADa%20agropecuaria/SIMPOSIO%2016?dl=0&subfolder_nav_tracking=1
- Osa, J. (1992). Sistema de cosecha Luisiana. En *Bases para la reducción de costos en la cosecha y el transporte de la caña de azúcar* (pp. 65-70). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Osatinsky, A. (2012). Estructura productiva, actividad azucarera y mercado de trabajo en Tucumán (1930-1970). *Revista de Historia Americana y Argentina*, 47, 41-71.
- Paladini, M. D. (1969). *La terminología de la zafra tucumana*. Universidad Nacional de Tucumán.
- Palma, E., & García Posse, J. (1963). Difunde la Cámara Gremial de Productores de Azúcar un informe acerca de la cosecha mecánica en Tucumán. *La Industria Azucarera, LXIX*(838), 259-262.
- Peixoto Alves, A. (1978, febrero). Orientação geral para o cultivo de cana-de-açúcar (1ª parte). Nos estados: Rio de Janeiro, Minas Gerais; Espírito Santo. *Brasil Açucareiro, XCII*(2), 29-37.
- Pélico Filho, S. (1972). *Brasil/Açúcar*. Instituto do Açúcar e do Alcool.
- Pérez, C. (2004). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. En *El desarrollo económico en los albores del siglo XXI* (Cepal y Alfaomega Colombiana, pp. 205-240). Gente Nueva.
- Pérez, D., Fandos, C., Scandaliaris, J., Mazzone, L., Soria, F., & Scandaliaris, P. (2007). *Estado actual y evolución de la productividad del cultivo de caña de azúcar en Tucumán y el noroeste argentino en el período 1990-2007* (N.º 34; Publicación Especial). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Perez López, J. (1991). *The Economics of Cuban Sugar*. University of Pittsburgh Press. <https://books.google.com.ar/books?id=f-MxZ49JYVYC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=claa+1400+libertadora&source=bl&ots=R0HO6QSDHZ&sig=hEIy7WomIV2Iiptyr4ZVylr7s5Q&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiXtMGU64rTAh-VLhpAKHTFQAnMQ6AEIGDAA#v=onepage&q=claa%201400%20libertadora&f=false>
- Pérez Zamora, F., Romero, E., Martín, L., Olea, I., & Scandaliaris, J. (1991). Características del parque de maquinarias en el cultivo de caña de azúcar en Tucumán. *Avance Agroindustrial*, 12(46), 15-18.

- Periódico Mensaje. (2014). *Cañeros prueban novedoso equipo de cosechadora mecánica* [Portal periodístico regional]. <https://periodicomensaje.com/guanacaste/464-caneros-prueban-novedoso-equipo-de-cosechadora-mecanica>
- Peyrachia, H. (2016, mayo 3). Hacedores de Leones: El Taller de Santiago Rosso. *Nuevo Día*. <http://www.nuevodialeones.com/hacedores-de-leones-el-taller-de-santiago-rosso/>
- Pierenkemper, T. (2001). *La industrialización en el siglo XIX. Revoluciones a debate*. Siglo Veintiuno de España.
- Pinch, T., & Bijker, W. (2013). La construcción social de hechos y de artefactos: O acerca de como la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. En *Actos actores y artefactos. Sociología de la tecnología* (Compiladores Hernán Thomas y Alfonso Buch, pp. 19-63). Universidad Nacional de Quilmes.
- Piñeiro, M., & Obschatko, E. (1985). *Política tecnológica y seguridad alimentaria en América Latina*. Instituto de Estudios Peruanos. <http://lanic.utexas.edu/project/laoap/iep/ddt008.pdf>
- Pollitt, B. (1982). The transition to socialist agriculture in Cuba: Some salient features. *Bulletin Institute of Development Studies (Sussex)*, 13(4), 13-22.
- Pollitt, B. (2005). The technical transformation of Cuba's sugar agroindustry. En *Reinventing the Cuban Sugar Agroindustry* (Jorge Pérez López y José Alvarez, pp. 45-68). Lexington Books. <https://books.google.com.ar/books?id=reSXX-8OMVwC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=Massey+Ferguson+MF+201&source=bl&ots=sDkJZHEvGt&sig=m6vW8bgjec2ldsem9sawXSNU-bZI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj8rpiSn5jUAhXFcpAKHaa3BGI4ChDoAQhMMAY#v=onepage&q=Massey%20Ferguson%20MF%20201&f=false>
- Ponce, J. L. (1981). 10 años de evolución. La cosecha de caña de azúcar. *Desarrollo rural para Tucumán*, 1(2), 8-10.
- Ponce, J. L., & Haro, M. (1979). *Incidencias económicas de la mecanización en la cosecha de la caña de azúcar*. Estación Experimental Regional Agropecuaria - INTA Famaillá.
- Ponce, J. L., Mijalchyk, T., Díaz, S., Maccio, J., Dadda, F., Berman, H., & Romero, L. (1987). *Un marco de referencia para el desarrollo integral de un área cañera de la provincia de Tucumán*. Estación Experimental Agropecuaria Famaillá.
- Price, R., & Blyth, K. (1968). A consideration of chopper and wholestalk mechanical harvest in Australia. En *Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists* (pp. 1513-1521). Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists. <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1968/1968%20Price%20A%20Consideration%20of%20Chopper%20and%20Wholestalk%20Mechani.pdf>
- Procaña 95. (1992). *Zafra 1992. Economía de la cosecha* (Boletín de divulgación N.º 1; p. 4). INTA y EEAOC.
- Programa Social Agropecuario. (1997). Cosecha y transporte. *Pequeños Productores de Tucumán*, 1, 14-15.

- Programa Social Agropecuario. (1998). *Cosecha y comercialización de caña de azúcar* [Cuaderno de capacitación].
- Proicsa. (2013). *Características productivas de los pequeños productores de caña de azúcar de la Provincia de Tucumán*. Proicsa.
- Pucci, R. (2007). *Historia de la destrucción de una provincia. Tucumán 1966*. Ediciones del Pago Chico.
- Pugh, J. (1954). *Cane harvesting and piling machine. United States Patent Office 2669829*.
<http://www.freepatentsonline.com/2669829.pdf>
- Quintanilla, M. (1998). Técnica y cultura. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, XVII(3), 49-69.
- Quintanilla Navarro, I. (2006). El cambio tecnológico: Cuatro apuntes desde la Filosofía. *Revista Empresa y Humanismo*, IX(1), 141-164.
- Raccanello, M. (2010). *Del Pampa a Paunty: El intenso medio siglo de la industria del tractor (1952-2002)*. XXII Jornadas de Historia Económica, Río Cuarto.
- Ramírez Sánchez, S. (2007). Metáforas tecnológicas y emergencia de identidades. *Revista CTS - UNAM*, 3(9), 33-52.
- Ramón, J. (2004). *La epistemología de Khun, Lakatos y Feyerabend: Un análisis comparado*. Universidad nacional de la Patagonia. <http://josemramon.com.ar/wp-content/uploads/Ram%C3%B3n-Jos%C3%A9-Mar%C3%ADa-La-epistemolog%C3%ADa-de-Khun-Lakatos-y-Feyerabend.pdf>
- Reid, H. (1955). Empleo de cadenas en la recolección de caña de azúcar. *El Mundo Azucarero*, 43(5), 17-19.
- Reiling, S. (1979). *Louisiana agriculture, 1940-1977: Economic trends and current status* (N.º 150; LSU Agricultural Experiment Station Reports). LSU. <http://digitalcommons.lsu.edu/agexp/150>
- Resultados de la ciencia en Cuba. (s. f.). *Historia de la ciencia en Cuba. El período revolucionario*. Red cubana de la ciencia. Recuperado 10 de julio de 2017, de http://resultados.reducencia.cu/historia/periodo_5_4.php
- Richard, C. (1980). Espaciamiento en caña de azúcar. Aspectos históricos y teóricos. *Boletín del Geplacea*, 15.
- Ridge, R., & Norris, C. (2000). Harvesting and transport. En *Manual of canegrowing* (pp. 352-367).
- Riera, S. (1999). Prólogo. En *Introducción a la historia de las técnicas* (pp. 7-26). Crítica/Marcombo.
- Ríos, A. (2014). *La agricultura en Cuba*. Infoiima. http://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/la_agricultura_en_cuba.pdf
- Ripoli, T., Righi, J., & Pexe, C. (1975). Estudio comparativo entre três métodos de corte de cana de açúcar. *Annais do III seminário Copersucar da agroindústria açucareira*, 335-334.

- Ripoli, T., & Romanelli, T. (2010). Mecanización del cultivo de la caña de azúcar. *Revista Agro-técnica*, 5, 82-85.
- Ripoli, T., & Segalla Lazzarini, A. (1981). O «push-rake» chega ao Brasil. *Brasil Açucareiro*, XCVII(1), 34-40.
- Rocha, F. L. (2007). *Análise dos fatores de risco do corte manual e mecanizado da cana-de-açúcar no Brasil segundo o referencial da Promoção da Saúde* [Tesis doctoral, Universidade de São Paulo]. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/83/83131/tde-07012008-103708/publico/FERNANDALUDMILLAROSSIROCHA.pdf>
- Rocha, R. F. (2014). *Enfoque sociotécnico, hidrosocial y sacionatural*. Red andina de postgrados en gestión integrada de los recursos hídricos (Paraguas).
- Rodríguez Duhalt, L. (2006). *El comercio internacional azucarero. Presente y futuro de la caña: El caso de América*. XIV International Economic History Congress, Helsinki. <http://www.helsinki.fi/iehc2006/papers3/Duhalt.pdf>
- Rodríguez, L., & Rodríguez, P. (2013). Complejidad de la innovación. Aspectos políticos y epistemológicos de la construcción de la novedad. *Información y Cooperación. Cuaderno Institucional*, 4(2), 15-38.
- Romero, E., Digonzelli, P., & Scandaliaris, J. (Eds.). (2009). *Manual del cañero*. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Romero, E., Leggio Neme, M., Digonzelli, P., Giardina, J., Sanchez Ducca, A., Fernández de Ullivarri, J., Casen, S., & Tonatto, J. (2015). La planta de caña de azúcar. En *Guía técnica del cañero* (Digonzelli, P.; Romero, E.; Scandaliaris, J., pp. 12-48). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Romero, E., Pérez Zamora, F., Olea, I., Martín, L., & Scandaliaris, J. (1988). *Las pérdidas de azúcar por la cosecha y el transporte de la caña* (N.º 16; Gacetilla Agroindustrial). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Romero, E., Pérez Zamora, F., Olea, I., Scandaliaris, J., & Martín, L. (1993). Evaluación de nuevas cosechadoras integrales. *Avance Agroindustrial*, 13(52), 24-28.
- Romero Wimer, F. (2010). «Los fierros vienen marchando» ¿de dónde vienen? Maquinaria agrícola y capital extranjero en el agro pampeano, 1976-2008. *Documentos del CIEA*, 5, 91-117.
- Rosenberg, N. (1994). Incertidumbre y cambio tecnológico. *Revista de Historia Industrial*, 6, 11-30.
- Rosenberg, N. (2006). Quão exógena é a ciência? *Revista Brasileira de Inovação*, 5(2), 215-271. <https://doi.org/10.20396/rbi.v5i2.8648930>.
- Rosenzvaig, E. (Ed.). (1997). *La cepa. Arqueología de una cultura azucarera: Vol. Tomo segundo* (Universidad Nacional de Tucumán). Letra Buena.
- Rosenzvaig, E. (Ed.). (1999). *La cepa. Arqueología de una cultura azucarera: Vol. Tomo tercero* (Universidad Nacional de Tucumán). Letra Buena.

- Rumin, C., Navarro, V., & Perioto, N. (2008). Trabajo e saúde no agrobusiness paulista: Estudo com colhedores manuais de cana-de-açúcar da região oeste do Estado de São Paulo. *Cadernos de Psicologia Social do Trabalho*, 11(2), 193-207.
- Sábato, J. (1975). Empresas y fábricas de tecnología. En *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia—Tecnología—Desarrollo—Dependencia* (pp. 208-229). Paidós.
- Sábato, J., & Botana, N. (1975). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. En *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia—Tecnología—Desarrollo—Dependencia* (pp. 143-154). Paidós.
- Sabatté, E., Fernandez Villegas, J., & Rocha, L. (1967). Evaluación de la gestión empresaria de los ingenios. En *Plan preliminar para el desarrollo de la provincia de Tucumán. Elementos para su estructuración: Vol. II. Anexos* (pp. 128-157). Italconsult Argentina.
- Sáenz, T., & Sáenz Coopat, T. (2010). El Che y el progreso científico-tecnológico en la agroindustria azucarera. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 43(1), 54-63.
- Salassi, M., & Champagne, L. (1996). *Estimated costs of soldier and combine sugarcane harvesting systems in Louisiana* (Research Report N.º 703). Department of Agricultural Economics and Agribusiness. Louisiana State University.
- Saldaña, J. (2013). La historiografía de la tecnología en América Latina: Contribución al estudio de su historia intelectual. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 15(1), 7-26.
- Sandoval, D. (1978). Informe final de mecanización para el plan: Incidencias económicas de la cosecha mecánica de la caña de azúcar. En *Incidencias económicas de la mecanización en la cosecha de la caña de azúcar* (pp. 49-63). Estación Experimental Regional Agropecuaria - INTA Famaillá.
- Sandoval, D. (2018, mayo 19). *Eficiencia en los sistemas de cosecha mecanizada de caña de azúcar*. Conferencia en el banco Credicoop, San Miguel de Tucumán, Tucumán.
- Sant, C. (1992). Hacia una mayor eficiencia de las máquinas integrales. En *Bases para la reducción de costos en la cosecha y el transporte de la caña de azúcar* (pp. 49-58). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Santamaría García, A. (2005). Tecnología y términos azucareros (siglo XIX). En J. Cantero, *Los ingenios. Colección de visitas de los principales ingenios de azúcar de la isla de Cuba* (Luis Miguel García Mora y Antonio Santamaría). Ediciones Doce Calles, Ministerio de Fomento, CEDEX, CEHOPU y Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Santo, L., Schenk, S., Chen, H., & Osgood, V. (2000). *Crop profile for sugarcane in Hawaii* (p. 13). Hawaii Agriculture Research Center. <https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/cropprofiles/HIsugarcane.pdf>
- Santos, G., Garrido, S., & Thomas, H. (2007). *Las viruelas y los procedimientos sanitarios para combatirla: Cuarentenas, inoculación y variolización*. I Jornadas Nacionales de Historia Social, la Falda, Córdoba. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.9657/ev.9657.pdf

- Santos, S. (2011). *O cultivo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: Uma análise comparativa dos efeitos da mecanização no estado de São Paulo* [Tesis de maestría]. Universidade de Brasília.
- Sautu, R. (2003). *Todo es teoría. Objetivos y métodos de investigación*. Lumiere. Versión digital. <https://eva.udelar.edu.uy/mod/resource/view.php?id=194514>
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P., & Elbert, L. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos de investigación y elección de la metodología*. CLACSO.
- Scandaliaris, J. (1982). Avances recientes en la mecanización de la caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 3(10), 15-19.
- Scandaliaris, J. (1985). Ventajas e inconvenientes originados por la mecanización de la cosecha de caña de azúcar. En *II Reunión técnica nacional de la caña de azúcar* (pp. 71-81). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Scandaliaris, J., Alonso, J., Lazarte, A., Sánchez Loria, R., & Muro, E. (1986). Capacidad de producción de caña de azúcar en diferentes diseños de plantación. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 63(1), 145-164.
- Scandaliaris, J., González Terán, C., Olea, I., & Romero, E. (1993, marzo). El retorno de las integrales. *Avance Agroindustrial*, 13(52), 3-6.
- Scandaliaris, J., & Muro, E. (1981, mayo). Aspectos de la eficiencia de cosecha de caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 1(4), 5-9.
- Scandaliaris, J., Olea, I., Romero, E., Pérez Zamora, F., & Martín, L. (1992). *Cosecha y transporte de caña de azúcar. Bases para la reducción de costos* (N.º 46; Gacetilla Agroindustrial). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Scandaliaris, J., Perez Zamora, F., & Martín, L. (1992). Costos de la cosecha de caña de azúcar y posibilidades de reducción. En *Bases para la reducción de costos en la cosecha y el transporte de la caña de azúcar* (pp. 1-12). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Scandaliaris, J., Romero, E., & Olea, I. (1988). Factores que determinan la eficiencia de la cosecha de caña de azúcar. *Avance Agroindustrial*, 9(33), 19-24.
- Scandaliaris, J., Romero, E., Olea, I., Pérez Zamora, F., & Martín, L. (1988). Eficiencia de cosecha y transporte de la caña de azúcar. En *Eficiencia de cosecha y transporte de la caña de azúcar* (pp. 1-32). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Scharinger, J. (2018). Colhedoras. *Lexicar Brasil*. <http://www.lexicarbrasil.com.br>
- Schleh, E. (1923). *La industria azucarera ante la crisis. Reflexiones del momento y cifras que no deben olvidarse*. Ferrari Hnos.
- Schleh, E. (1947). *Compilación legal sobre el azúcar. Legislación nacional: Vol. Tomo XI* (Centro Azucarero Argentino). Ferrari Hnos.
- Schleh, E. (1953). *El azúcar en la Argentina*. Cesarini Hnos.

- Schmitz, A., & Moss, C. (2015). Mechanized Agriculture: Machine Adoption, Farm Size, and Labor Displacement. *AgBioForum*, 18(3), 278-296.
- Schumpeter, J. (2002). *Ciclos económicos: Análisis teórico, histórico y estadístico del sistema capitalista*. Prensas Universitarias. <https://books.google.com.ar/books?id=VCe6D2nJgMsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Scremin, A. (1965). La industria nacional de maquinaria agrícola. *Suplemento IDIA*, 14, 7-14.
- Scribano, A. (2008). *El proceso de investigación social cualitativo*. Prometeo.
- Secretaría de Estado de Gestión Pública y Planeamiento. (2014). *Mapa del área cañera e ingenios de la provincia de Tucumán* [Vector]. <http://geosplan.tucuman.gob.ar/wp-content/mapas/LED2014/LED-AreaCaneraIngenios-211014.pdf>
- Sennett, R. (2009). *El artesano*. Anagrama.
- Serres, M. (1995). *Atlas*. Cátedra.
- Silva, E. (2013). Pioneira na cana. *Globo Rural*. evistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI339008-18283,00-PIONEIRA+NA+CANA.html
- Simon, F., & Martínez, H. (1988). Cosecha de caña de azúcar. Sistema tipo Luisiana. En *Eficiencia de cosecha y transporte de la caña de azúcar* (pp. 63-68). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Simondon, G. (2015). Cultura y técnica. En *Amar a las máquinas. Cultura y técnica en Gilbert Simondon* (pp. 19-34). Prometeo.
- Slutzky, D. (2016). Estructura soioeconómica rural de Tucumán a mediados de la década del '60. *Documentos del CIEA*, 11, 23-68.
- Solano Soto, C., Ponciano, N., Azevedo, H. de, & Souza, M. de. (2017). Factors limiting the implementation of mechanical harvesting of sugarcane in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. *Revista Ceres*, 64(1), 40-46.
- Special Committee on Mechanical Harvesting and Handling. (1971). Report of the Special Committee on Mechanical Harvesting and Handling. *Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists*, 1685-1710.
- Sugar y Azúcar. (1981). Publicidad de la cosechadora Claas 1400. *Sugar y Azúcar*, 76(3).
- Sugar y Azúcar Yearbook. (1978). Publicidad de la cosechadora MF 205. *Sugar y Azúcar Yearbook*, XLVI.
- Sugar y Azúcar Yearbook. (1979). Publicidad de la cosechadora Santal Rotor. *Sugar y Azúcar Yearbook*, XLVII.
- Taglioretti, J. (2019). *Historia de INCO y Java*. Comunicación personal, info@talleresinco.com
- Taire, J. (1969). *Azúcar para el monopolio*. Signo.
- The International Sugar Journal. (1945). Mechanical Harvesters Save Louisiana's Crop. *The International Sugar Journal*, XLVII(555).
- The Sugar Journal. (1973). Publicidad de la cosechadora MF 201. *The Sugar Journal*, 35(9).

- Thiyagarajan, R., Kathirvel, K., & Jayashree, G. (2013). Ergonomic intervention in sugarcane harvesting knives. *African Journal of Agricultural Research*, 8(6), 574-581.
<https://doi.org/DOI: 10.5897/AJAR12.1949>
- Thomas, H. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 37, 35-53.
- Thomas, H. (2013). Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: Trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. En *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (Compilado por Hernán Thomas y Alfonso Buch, pp. 217-262). Universidad Nacional de Quilmes.
- Thomas, H., Fressoli, M., & Lalouf, A. (2013). *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (Compilado por Hernán Thomas y Alfonso Buch). Universidad Nacional de Quilmes.
- Thomson, B. (1961). *Cane harvester. United States Patent Office 3002330*. <http://www.freepatentsonline.com/3002330.html>
- Toledo, P., Yoshii, R., & Otani, M. (1991). Avaliação do potencial de colhedoras de cana-de-açúcar no estado de San Pablo. *Informações Econômicas*, 21(6), 13-20.
- Torquato, S., Fronzaglia, T., & Martins, R. (2008). *Colheita mecanizada e adequação da tecnologia nas regiões produtoras de cana-de-açúcar*. Congresso da Associação Brasileira de Pesquisa Tecnológica, Brasília. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/855892>
- Torres, R., & Ruiz, O. (1977). Aspectos económicos de la cosecha mecanizada. *La Industria Azucarera*, LXXIV(964), 106-111 y 131-136.
- Tort, M., & Mendizábal, N. (1980). *La fuerza de tracción en la agricultura argentina: Maquinaria agrícola y estructura agraria, el caso de las zonas cerealeras pampeanas* (N.º 8; Documento de trabajo). Centro de Estudios e Investigaciones Laborales - Conicet.
- Townsend, I. (2004, julio 3). *Bundaberg stops manufacturing sugar cane harvesters*. <http://www.abc.net.au/am/content/2004/s1146132.htm>
- Unión Cañeros Independientes de Tucumán (Ed.). (1956). *Laudo Alvear*. Editorial Salesiana del Norte.
- United States Department of Agriculture - Economic Research Service. (2018). *World sugar production, supply, and distribution*. <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>
- United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service. (2008). *World Sugar Situation – May 2008* (Tropical Products). <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/z029p472x/f1881m299/td96k2959/sugar-05-15-2008.pdf>
- Valderrama, A. (2001). De la innovación al uso: Algunas reflexiones en torno de la historiografía de la tecnología y su aplicación en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 14, 19-24.
- Valderrama, A. (2004). Teoría y crítica de la construcción social de la tecnología. *Revista Colombiana de Sociología*, 23, 217-233.

- Vallejo, J. (2018). *Protocolos y resultados preliminares. Proyecto manejo de plantación mecanizada en caña de azúcar*. CREA - Primeras Jornadas de Actualización Técnica en Caña de Azúcar. https://drive.google.com/drive/folders/1vNp22EwnI_VbgDJl-sot__TDxdrNGqddh
- Valles, M. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional*. Síntesis.
- Vasconcelos, J. S. (2013). *Acumulacao socialista em Cuba: A herenca da plantation na reforma agrária—1959 a 1970* [Universidade Estadual de Campinas]. http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/286063/1/Vasconcelos_JoanaSalem_M.pdf
- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J., Manassero Mas, A., & Acevedo Romero, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de razón técnica*, 4, 135-176.
- Vegara Carrió, J. (1994). Cambio tecnológico, análisis económico e historia. La aportación de Nathan Rosenberg. *Revista de Historia Industrial*, 5, 11-38.
- Veiga Filho, A. de A. (1998a). Experiências históricas internacionais de mecanização do corte da cana-de-açúcar. *Informações Econômicas*, 28(7). <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/ie/1998/tec2-0798.pdf>
- Veiga Filho, A. de A. (1998b). *Mecanização da colheita da cana-de-açúcar no Estado de Sao Paulo: Uma fronteira de modernização da lavoura* [Tesis doctoral]. Universidade Estadual de Campinas.
- Veiga Filho, A. de A. (2002). Orígenes da introdução da colhedora mecânica de cana em São Paulo: Alguns indícios históricos [Portal del gobierno de San Pablo, Brasil]. *Secretaria de Agricultura e Abastecimento - Instituto de Economia Agrícola (IEA)*. <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=109>
- Vessuri, H. (1974). *La explotación agrícola familiar en el contexto de un sistema de plantación: Un caso de la provincia de Tucumán*. Seminario sobre la Explotación Agrícola Familiar en la Argentina, Horco Molle - Tucumán.
- Vicini, E., & Vicini, C. (2010). *Mecanización del cultivo de caña de azúcar. Una mirada desde 1949 al 2050*. INTA.
- Vitelli, G. (2003). Razones y raíces de la incorporación tecnológica en el agro pampeano. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 18, 127-145.
- Viveros, C., Luna, C., Amaya, A., Calderón, H., & García, L. (1999). Corte manual verde limpio de caña de azúcar. *Carta Trimestral*, 21(3), 7-9.
- Viviani, F. (2003). *Provincia de Tucumán. Estudio sobre las modificaciones de la estructura del ingreso como consecuencia de cambios en el sistema productivo* [Informe Final]. Consejo Federal de Inversiones.
- Weekes, D. (2004). Harvest Management. En *Sugarcane. Second Edition* (Glyn James, pp. 160-180). Blackwell Publishing.

- Wegener, M., Ou, Y., Yang, D., Liu, Q., & Zheng, D. (2013). Mechanising sugarcane harvesting in China: A review. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 28, 186-195.
<http://www.issct.org/pdf/proceedings/2013/Agricultural-Engineering.pdf>
- Wegener, M., & Yinggang, O. (2015). Organization and profit-sharing in mechanized sugarcane harvesting: Is Australia's experience relevant to China? *Agric Eng Int: CIGR Journal, Special Issue*, 110-129.
- West Baton Rouge Museum. (s. f.). *A South Luisiana Sugar Plantation Story*. Recuperado 17 de marzo de 2018, de <https://artsandculture.google.com/exhibit/YgKiwAPPIAx7Ig>
- Willcox, O. (1950). La recolección mecánica de la caña. *La Industria Azucarera*, LV(676), 257-260.
- Winner, L. (1985). *¿Tienen política los artefactos?* Documentos CTS-OEI. <https://www.oei.es/historico/salactsi/winner.htm>
- Winner, L. (2016). Decadencia y caída del tecnotriunfalismo. *Redes*, 22(43), 127-142.
- Wolcott, H. (2004). Mejorar la escritura de la investigación cualitativa. *Investigación y educación en enfermería*, XXII(2), 150-162.
- Wright Mills, C. (1961). Sobre artesanía intelectual. En *La imaginación sociológica* (pp. 206-236). Fondo de Cultura Económica.
- Zappi, C., Zuchini, O., Núñez Aguilar, F., & Álvarez de Toledo, J. (1967). Costo de producción de la caña de azúcar en Tucumán. En *Plan preliminar para el desarrollo de la provincia de Tucumán. Elementos para su estructuración: Vol. II. Anexos* (pp. 41-68). Italconsult Argentina.
- Zizumbo Villarreal, D., & Colunga García, P. (2008). El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista de Geografía Agrícola*, 41, 85-113.