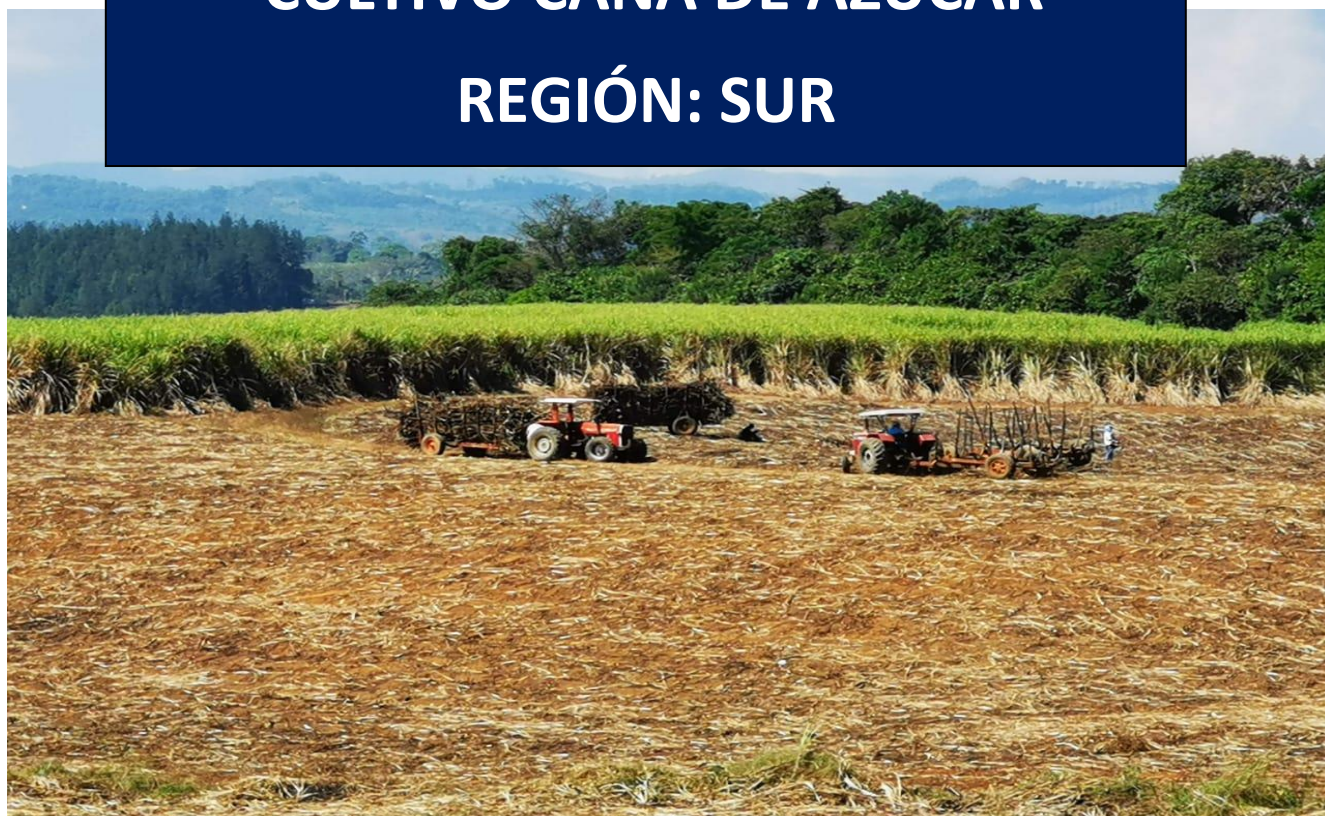




**LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR -LAICA-
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR -DIECA-**

GUÍA TÉCNICA CULTIVO CAÑA DE AZÚCAR REGIÓN: SUR



**Julio César Barrantes Mora
Marco A. Chaves Solera**

**San José, Costa Rica
Diciembre 2020**

INDICE

Título	Pag.
1. Presentación	6
2. Importancia	6
3. Generalidades de la agroindustria en la región	7
3.1 Reseña histórica.....	7
3.2 Antecedentes agroindustriales	8
3.3 Ubicación geográfica	11
3.4 Producción de materia prima	11
4. Ciclo vegetativo	12
5. Zonas de cultivo y producción	12
6. Clima de la región	13
7. Suelos predominantes	16
7.1 Taxonomía del suelo	16
7.2 Relieve	17
8. Variedades de uso comercial	18
8.1 Caracterización de variedades comerciales	18
8.2 Variedades comerciales	20
8.3 Variedades semicomerciales	24
8.4 Semilla y Semilleros	26
9. Preparación del terreno	26
9.1 Selección del terreno y ubicación	26
9. 2 Diseño del campo	27
9.3 Labores de campo	27
9.3.1 Primera rastrea	27
9.3.2 Pase de arado	28
9.3.3 Segunda rastrea	28
9.3.4 Surcado	29

10. Siembra de la plantación	29
10.1 Siembra convencional	29
10.2 Surco gemelo o doble	30
10.3 Surco de base ancha	30
10.4 Riega, pica y tapa	31
11. Manejo de plantación	31
11.1 Subsulado	31
11.2 Resiembra	31
12. Nutrición y Fertilización	32
12.1 Análisis químicos de suelos	32
12.2 Corrección y encalado de suelos	33
12.3 Acondicionamiento del suelo: abono orgánico	34
12.4 Requerimientos	36
12.5 Programa de fertilización	39
12.6 Fertilización foliar	38
12.7 Aporte nutricional	38
13. Malezas (arvenses) presentes en el cultivo de la caña	39
13.1 Control químico	40
13.2 Control manual y mecánico	41
13.3 Coadyuvantes	41
13.4 Calibración y equipo de protección	42
14. Prácticas de conservación de suelos	43
14.1 Manejo de drenajes	43
14.2 Cultivos asociados	43
14.3 Aporca	44
15. Plagas	44
15.1 Barrenador común (<i>Diatraea guatemalaella</i> Shaus).....	45
15.2 Jobotos y abejones (<i>Phyllophaga</i> spp.)	45

15.3 Picudo (<i>Metamasius hemipterus</i>).....	46
15.4 Cigarrita Antillana (<i>Saccharosydne saccharivora</i>)	46
15.5 Comején (<i>Heterotermes spp., Nasutitermes spp.</i>).....	47
15.6 Áfidos (<i>Sipha flava - Melanaphis sacchari</i>).....	48
15.7 15.7 Ácaro del Herrumbre de la caña (<i>Abacarus sp</i>)	48
16. Enfermedades	49
16.1 Fungosas	49
16.2 Bacteriales	52
16.3 Virales	53
17. Cosecha de la caña	53
17.1 La floración	53
17.2 Cosecha oportuna	54
17.3 Materia extraña	55
17.4 Quema agrícola controlada	56
17.5 Maduración	56
17.6 Control de madurez	58
17.7 Tipos de cosecha	59
17.7.1 Cosecha manual	59
17.7.2 Cosecha semimecanizada	59
17.7.3 Cosecha mecanizada	60
17.8 Transporte	61
17.8.1 Transporte por medio de tractor de llantas	61
17.8.2 Transporte por camión o tándem	62
17.8.3 Transporte por cabezal o furgón	62
18. Molienda de la caña de azúcar	63
18.1 Entrega y recibo de la caña	63
18.2 Materia prima de alta calidad	64
19. Expectativa de producción potencial de la región	65

20. Costos de producción	66
21. Cronograma de actividades	68
22. Literatura	69

1. Presentación.

La **Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)** por medio de su **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, se complace en presentar y poner a disposición del sector agroindustrial y público en general interesado, el presente documento técnico. La publicación perfilada como **Guía de Cultivo** está destinada y encaminada básicamente a orientar y apoyar las actividades de información y capacitación de técnicos y productores, interesados en promover y favorecer el crecimiento y mejoramiento continuo y sostenible del cultivo y la actividad productiva comercial vinculada con la caña de azúcar.

La Guía plantea y aplica un abordaje un tanto genérico, sencillo y comprensible, pues involucra tecnologías intermedias y se proyecta hacia la incorporación de prácticas tecnológicas más recientes y complejas, de manera que las indicaciones y orientaciones aquí contenidas pueden ser aprovechadas por agricultores de la caña de diferentes tipologías y características que conforman la organización canero-azucarera en esta región tan singular. No es fácil pretender contextualizar y desarrollar con la amplitud y el detalle deseado, el componente tecnológico en una región agrícola tan variada y disímil en condiciones y entornos agro productivos como acontece con la Zona Sur, donde la pequeña unidad agro productiva característica del agricultor independiente es lo predominante.

Para que el agricultor nacional pueda subsistir en esta época tan difícil, debe suplírsele necesariamente de conocimientos tecnológicos con el objeto de que obtenga producciones rentables, sostenibles y competitivas. Es por esta razón que se procura mostrar y exponer en la Guía los asuntos y prácticas agrícolas más arraigadas y destacables, que permitan conocer de manera genérica los aspectos básicos y elementales de la agroindustria, aplicados exclusivamente a esta región.

No pretende el presente documento por esta razón, constituirse en un Manual de Recomendaciones Técnicas y mucho menos en un libro especializado del cultivo, sino apenas en una Guía Técnica básica que permita informarse de manera específica, rápida, comprensible y sobre todo muy pragmática, en torno a los asuntos más relevantes que constituyen y operan la actividad productiva de la caña de azúcar en los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires, Zona Sur.

2. Importancia.

Como es conocido, la agroindustria azucarera constituye una actividad productiva muy importante en Costa Rica, en consideración de que aporta grandes beneficios en varios ordenes como son el económico, laboral, social, alimentario, energético, tecnológico y hasta cultural. Representa una fuente generadora de riqueza y trabajo permanente y también ocasional, que involucra y participa varias fases de la amplia y diversa cadena agrícola, industrial y de comercialización de sus productos y derivados (Chaves y Bermúdez 2020).

La Zona Cañera Sur destaca por contar con una única empresa azucarera cooperativa (Figura 1) con buena capacidad de procesamiento de materia prima y fabricación de azúcar (CoopeAgri El General R.L.); a lo cual se agrega poseer la mayor cantidad de Productores Independientes del sector

azucarero costarricense, tipificados en una estructura de tenencia de la tierra propia del pequeño agricultor, lo que visualiza su relevancia social en el lugar.

La importancia de la zona queda plasmada al comprobar que durante las últimas cinco zafas realizadas en el periodo 2015-2020, como muestra el Cuadro 1, el único ingenio existente en la zona procesó el 7,06% correspondiente a 295.167 toneladas métricas de caña con la cual fabricó el 8,25% de toda el azúcar costarricense, equivalente a 36.519,6 toneladas métricas; además, aprovisionó el 10,49% (18.004,7 toneladas) de la melaza recuperada en la unidad fabril. En dicho aporte contribuyeron 2.628 productores independientes reportados como entregadores de materia prima en el mismo periodo, para una significativa representatividad nacional del 41,69%. Toda la gestión productiva está sustentada en la siembra y disponibilidad de 4.416 hectáreas de caña de las cuales el 96,31% es cosechado anualmente, correspondiente a 4.253 ha. La Zona Sur posee en promedio el 7,01% de toda el área nacional (62.994 ha) cultivada comercialmente con caña de azúcar destinada a la fabricación de azúcar en el tiempo evaluado.



Figura 1. Ingenio El General, Peñas Blancas de Pérez Zeledón.

3. Generalidades de la agroindustria en la región.

3.1 Reseña histórica:

La actividad agroindustrial de la caña de azúcar en la Región Sur surge y organiza de manera formal a inicios de la década de los años 70, como una nueva alternativa de diversificación productiva para los agricultores del cantón de Pérez Zeledón. Pese a esto, por muchos años la región había tenido una gran trayectoria y actividad productiva y comercial vinculada con la producción de dulce, la cual opero bajo un manejo tecnológico tradicional y muy artesanal. El Ingenio El General, como se indicó, es la única planta industrial que existe y ha existido en la región, lo que ubica esta zona geográfica como la más nueva y reciente de las seis existentes oficialmente en el país, conforme con lo que establece la **Ley N° 7818** del 22 de setiembre de 1998, conocida como **Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar** y su Reglamento (Decreto Ejecutivo N° 28665-MAG del 27 de abril del año 2000 (LAICA 1998, 2000). El ingenio realizó su primera zafa en el período 1974-1975 con una molienda de 37.721 toneladas y la fabricación de 48.030 bultos de azúcar de 50 kg (2.401,5

toneladas), la cual se ha mantenido activa de forma continua por 47 años (Chaves 1997; Chaves y Bermúdez 2020).

En la Zafra 2019-2020 se procesaron en la zona un total de 280.159 toneladas de caña que significaron el 6,85% del total nacional, cuyo Rendimiento Industrial promedio fue de 118,70 kg de azúcar 96° Pol/tonelada métrica y con la cual se fabricaron 642.296 bultos (32.114,8 toneladas) de azúcar para una representatividad país del 7,55%. Como parte importante de la organización regional, destaca la creación de la **Cámara de Productores de Caña de la Zona Sur**, un primero de noviembre del año 1975. El ingenio azucarero de la región, propiedad de CoopeAgri El General R.L., posee en la actualidad una capacidad nominal de procesamiento industrial promedio de 4.000 toneladas de materia prima por día.

No cabe la menor duda en reconocer que esta zona productora ha mantenido con el paso del tiempo un ejemplar desempeño en todos los ámbitos de la actividad cañero-azucarera, sea productivo, económico, social, participativo y tecnológico, que la ubica en una destacada posición de crecimiento y mejoramiento continuo.

3.2 Antecedentes agroindustriales.

En términos agronómicos e industriales la región se caracteriza por lo elevado de la concentración de sacarosa que presenta su materia prima, lo cual la distingue y distancia significativamente de lo obtenido en el resto de localidades productoras de caña del país; con el atributo y reconocimiento particular, de que la misma es enteramente natural, pues no utiliza madurantes artificiales químicos u orgánicos que induzcan la maduración y el acumulo de azúcar en los tallos industrializados.

El período de molienda en la región se extiende por cuatro meses de enero a abril lo que coincide con la época más seca del lugar; ubicando puntualmente la cosecha de las últimas 10 Zafras según Chaves (2020b), entre el 03 de enero y el 26 de abril. La duración del ciclo vegetativo desde siembra o rebrote y hasta cosecha va de 11 a 12 meses en caña planta y de 12 meses en caña soca o de retoño (Chaves 2019a). El Cuadro 1 expone los indicadores agroindustriales más importantes de las últimas cinco zafras, periodo 2015-2020, correspondientes a la Zona Sur; observándose que para ese período la región tuvo una molienda promedio anual de 295.167 toneladas métricas, con un excelente Rendimiento Industrial promedio de 123,71 kg de azúcar 96°/t de caña molida; a partir de la cual se elaboraron 36.519,6 t de azúcar 96°. Son notorias las diferencias que se observan entre zafras en cuanto a indicadores agroindustriales; sin embargo, puede asegurarse que esa variación es baja cuando comparada en relación al resto de lugares donde se produce caña y fabrica azúcar en el país, lo que denota una conveniente y relativa estabilidad en esta variable. La concentración de sacarosa varió en cinco años con valores entre 118,70 y 128,18 kg/t para un rango de 9,48 kg/t (8%), lo que es aceptable considerando que la maduración es enteramente natural y no inducida, lo que introduce cambios en el entorno agro productivo.

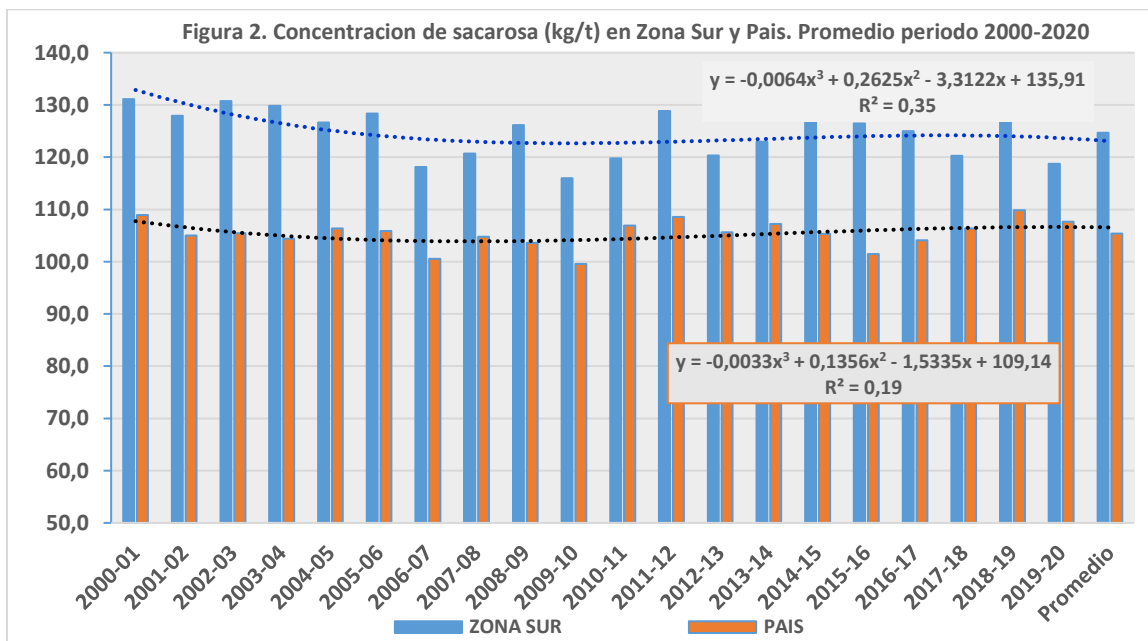
Cuadro 1. Índices de producción y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en la ZONA SUR.										
Zafras	Área		Caña Procesada (t)	Azúcar Fabricada (t)	Rendimientos (96° Pol)				Relación Caña/Azúcar	Entregadores N° *
	Sembrada	Cosechada			Industrial (kg/t)	Agrícola (t/ha)	Agroindustrial (t/ha)	Melaza (kg/t)		
2015/2016	4 541	4 393	307 118	38 838,7	126,46	69,91	8,84	41,04	7,9	2 878
2016/2017	4 512	4 240	288 365	36 034,3	124,96	68,01	8,50	38,60	8,0	2 715
2017/2018	4 455	4 320	310 428	37 325,8	120,24	71,86	8,64	43,70	8,3	2 649
2018/2019	4 366	4 231	289 766	37 143,6	128,18	68,49	8,78	43,14	7,8	2 587
2019/2020	4 205	4 080	280 159	33 255,9	118,70	68,67	8,15	40,92	8,4	2 312
Promedio	4 416	4 253	295 167	36 519,6	123,71	69,41	8,59	41,48	8,1	2 628

Fuente: DIECA-Departamento Técnico LAICA (diciembre 2020)

La Relación Caña/Azúcar mide la cantidad de caña necesaria moler para fabricar una tonelada de azúcar.

* Corresponde a entregadores de caña independientes.

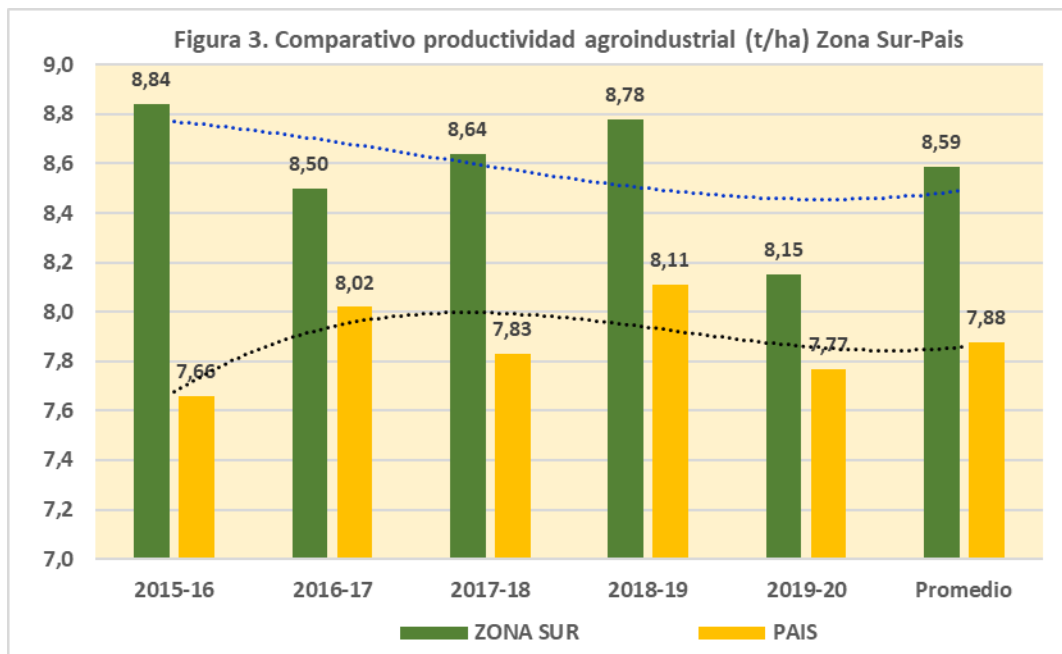
En la Figura 2 se muestra un comparativo para la variable de Rendimiento Industrial expresado por el promedio de concentración de sacarosa de las últimas 20 zafras del periodo 2000-2020, valorado entre la Zona Sur con relación a la media nacional país. Se comprueba en dicho comparativo que el promedio de la región fue de 124,69 kg/t y el nacional de 105,37 kg/t para una significativa diferencia de 19,32 kg/t, correspondiente a un 18,3% en favor de la Zona Sur; destacando que en ninguna zafra la concentración local fuera inferior. La concentración en la zona fluctuó entre 115,94 y 131,12 kg/t para una significativa diferencia de 15,18 kg (13,1%). La Relación Caña/Azúcar media de 8,1 con extremos de 7,8 y 8,4, revela que es necesario moler solo 8,1 t de caña para fabricar una tonelada de azúcar en el ingenio, lo que es muy conveniente por motivo de los costos relacionados; se busca en este caso un índice bajo. Esa realidad coloca esa condición como una verdadera fortaleza regional que favorece una mayor rentabilidad para el productor, en consideración que es inherente al ambiente y la variedad cultivada y no implica necesariamente un gasto asociado extraordinario, lo cual complementa y satisface a plenitud el sistema de pago de la caña por su calidad.

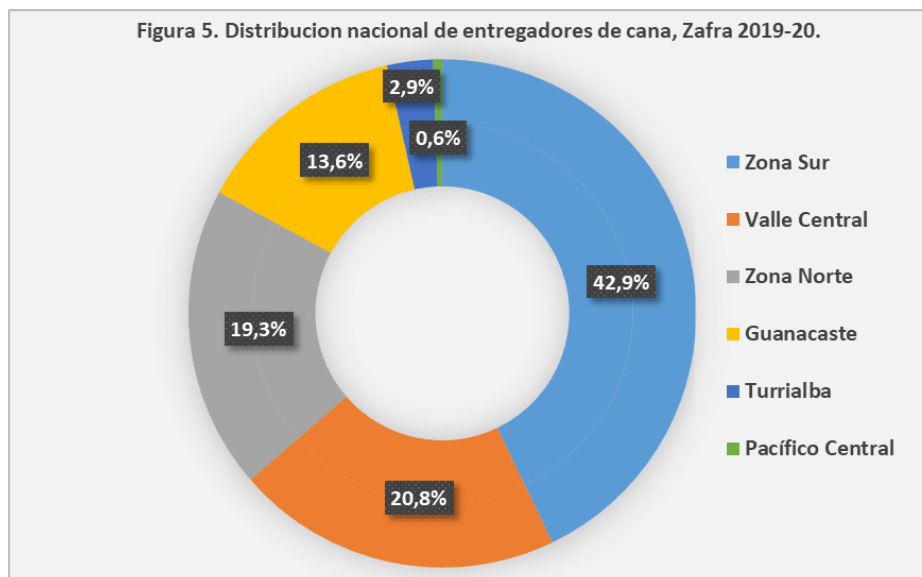


La productividad de campo juzgada por las toneladas de caña producidas y cosechadas por hectárea (t/ha), revela igualmente una estabilidad importante, pero esta vez a la baja, pues el promedio

regional del periodo de 69,41 t/ha es calificado como bajo e insuficiente cuando contextualizado respecto al potencial intrínseco del lugar (Cuadro 1). La productividad agrícola varió entre 68,01 y 71,86 t/ha para un diferencial de apenas 3,8 t (5,7%), lo que es realmente poco significativo. Esta limitación en productividad de campo se atribuye a la deficiente condición edáfica del lugar y el limitado manejo agronómico prestado a las plantaciones, como se comentará más adelante. La región al igual que Guanacaste es muy productora de melaza o miel final, con una media de 41,5 kg/t de caña molida; lo cual se asocia con azúcares no cristalizados que estuvieron presentes y contenidos en la planta de caña y pudieron eventualmente aprovecharse.

La integración de los rendimientos agrícola e industrial en un índice agroindustrial combinado permite determinar la cantidad de azúcar producida por hectárea (t/ha), considerándose este un valor determinante para calificar y juzgar con buen criterio la aptitud de una región o unidad agro productiva para producir caña de manera satisfactoria y rentable. El Cuadro 1 y la Figura 3 muestran que este índice es incuestionablemente en promedio el mejor del país, inducido y favorecido por la alta concentración de sacarosa de su materia prima, pero limitado, sin embargo, por la baja productividad agrícola. El periodo medido indica una media de 8,59 t de azúcar/ha con una variación extrema entre 8,15 y 8,84 t/ha. Cabe la pregunta obvia ¿Cuál sería la productividad agroindustrial si el rendimiento de campo se mejorara de manera significativa? La respuesta es simple: muy alto, rentable y competitivo. Esa inquietud lleva a otro cuestionamiento también válido y razonable ¿Es viable y factible incrementar la productividad agrícola en la Zona Sur? De igual manera, la respuesta es sí, lo cual se abordará, comentará y proyectará en el contenido de la presente guía.





4. Ciclo Vegetativo.

La duración del ciclo vegetativo de las plantaciones en la Zona Sur varía entre 10 y 11 meses para la caña planta y de 11 a 12 meses para la caña soca o de retoño; coincidiendo con siembras realizadas en los meses de mayo-junio del año anterior para caña planta y entre enero y abril para el desarrollo de la caña soca (Chaves 2019a). Las épocas de siembra en el caso de las plantaciones destinadas a semilleros (6-7 meses) debe coincidir con el de las siembras comerciales.

5. Zonas de cultivo y producción.

En la Región Sur se consideran tres sub-zonas muy marcadas y bien tipificadas con características propias muy particulares que las diferencian, como son: a) Zona Baja (350-450 msnm): incluye las comunidades de Sonador, Volcán y Buenos Aires; b) Zona Media (450-600 msnm): involucra las comunidades de San Pedro, Cajón, General Viejo y c) Zona Alta (600-750 msnm): se ubican las comunidades de Daniel Flores y San Isidro. En el Cuadro 2 se muestra el área sembrada con caña de azúcar en el año 2019 en la región desagregada de acuerdo con los cantones de influencia, ratificando el crecimiento sostenido e incremental que ha venido teniendo y mantiene en la actualidad el cantón de Buenos Aires de Puntarenas.

Cuadro 2.
REGIÓN SUR: Área de Cultivo (ha) y distribución por cantón. Año 2019.

Cantón	Área de Cultivo (ha)	%
Pérez Zeledón	2.910	69,2
Buenos Aires	1.295	30,8
Total	4.205	100,0

Fuente: LAICA 2020. Mapa Medición de Áreas LAICA-CoopeAgri R.L.

De manera complementaria, el Cuadro 3 presenta un amplio detalle de 30 importantes indicadores técnicos de diferente calidad, asociados a factores edáficos, climáticos y propios del cultivo, que son determinantes en definir la aptitud y condición de una determinada región para producir caña de azúcar de manera rentable y satisfactoria. La región se ubica de acuerdo con Holdridge citado por Chaves (2019b) en una Zona de Vida declarada como Bosque Muy Húmedo Premontano. Se infiere de esa información, que las características generales de la Región Sur no son integralmente todo lo aptas e idóneas que se desea y requiere para aspirar a optimizar las metas productivas y económicas más elevadas, principalmente en lo concerniente con el factor edáfico como se comentara oportunamente. Importante anotar que, pese a esa condición con presencia de significativas limitantes, la zona presenta como ya se comentó, por mucho, la mejor concentración de sacarosa del país.

Cuadro 3.			
Principales características y limitantes prevaecientes en la Zona Cañera Sur.			
Indicador *	ZONA SUR	Indicador *	ZONA SUR
Número de cantones	2	Número de distritos	10
Altitud (msnm)	350 - 750	Requerimiento de riego	Medio
Grado de pendiente	5 - 20%	Humedad en el campo	Media
Suelos ácidos	X	Drenaje	Moderadamente excesivo
Física limitante de suelos	X	Viento fuerte	No
Bajo contenido de M.Org	X	Luminosidad limitada	No
Nitrógeno limitante	X	Alta floración	X
Alta Fijación de Fósforo	X	Ciclo vegetativo prolongado	No
Potasio bajo	X	Maduración	Excelente
Desbalances nutricionales	X	Problemas con plagas	X
Altas temperaturas	X	Problemas con enfermedades	X
Riesgo de sequía	Medio-bajo	Problemas con malezas	X
Riesgo de inundación	Nulo	Limitaciones de cosecha	X
Alto potencial de erosión	X	Pérdida de calidad de la materia prima	X
Evapotranspiración alta	X	Suelos poco profundos	X
Fuente: Chaves (2018bc, 2019b). Elaborado por el autor.			
X= Indica solo presencia, no magnitud o intensidad.			
* Los valores y su interpretación no son absolutos, pues prevalecen excepciones y grados intermedios. La interpretación debe ser prudente.			

6. Clima de la región.

El clima es un factor determinante de considerar y analizar con sumo detalle en virtud de la influencia directa que tiene sobre el comportamiento de los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Dicho factor muestra diferencias importantes en algunos de sus componentes básicos y de mayor percepción, como son lluvia (mm) y temperaturas (°C), evidenciando la presencia de cambios importantes en el clima que definen los patrones de comportamiento y manejo de las plantaciones comerciales de caña sembradas del lugar.

En el Cuadro 4 se presenta la información promedio mensual y total anual de lluvia (mm) y medias de temperaturas (°C) en sus componentes de máxima, media y mínima; como también su diferencial térmico (máxima-mínima). Los valores expuestos correspondieron al periodo 2016-2019 (4 años) y procedieron de las Estaciones Meteorológicas ubicadas geográfica y estratégicamente en El Ceibo (distrito Buenos Aires 364 msnm), Porvenir (distrito San Pedro 567 msnm) y La Presa (distrito General 585 msnm), lo que proporciona una buena representatividad y cobertura territorial del lugar.

Se evidencia que la lluvia de las tres Estaciones Meteorológicas es bastante alta pues llovió en promedio en el periodo evaluado un total de 2.796,7 mm con un ámbito extremo de 2.644,2 y 2.913,9 mm. La Figura 6 visualiza por su parte la distribución mensual de las lluvias denotando la ausencia de un periodo seco prolongado, intenso y consistente, que favorezca y permita realizar una cosecha en condiciones apropiadas; manteniendo el periodo enero-marzo la mejor condición, pues en el mes de abril la situación con el agua se torna más difícil. Queda evidenciada en esa distribución la inconveniencia de avanzar la cosecha de plantaciones al mes de mayo y posteriores; pues los niveles de precipitación son altos y perjudiciales para desarrollar la práctica con la solvencia y eficacia requeridas, sin provocar afectación en la calidad de la materia prima cortada y daño severo en el desarrollo futuro de las plantaciones. Los meses de mayo (> 350 mm) y setiembre-octubre (> 440 mm) presentan puntos de muy alta precipitación, los cuales se reducen en el periodo julio-agosto (< 290 mm); para luego observar una caída sistemática, consistente y muy significativa a partir del mes de noviembre (< 280 mm) hasta el mes de febrero (9,1 mm), que es cuando las lluvias se tornan más bajas durante todo el periodo.

En lo que respecta a las temperaturas pareciera que las diferencias entre Estaciones de medición son menos relevantes, pues como se aprecia en el Cuadro 4, las variaciones y diferencias observadas no son en promedio anual tan importantes; pese a lo cual se notan cambios entre meses, perfilando El Ceibo de Buenos Aires como sensiblemente una localidad más caliente. Las temperaturas más altas se dan en los meses de marzo (34,1 °C), febrero (33,1 °C) y enero (32 °C); mientras que las más bajas acontecen en sentido inverso en los meses de enero (17,9 °C), febrero (18,1 °C) y marzo (18,6 °C), lo que como se nota, coincide precisamente con el periodo de cosecha de las plantaciones comerciales. Aportando a la maduración, se tiene que en esos mismos meses el Diferencial Térmico representado por la diferencia entre las temperaturas máxima respecto a la mínima, es mayor con valores de 14,1, 15,0 y 15,5 °C que resultan bastante satisfactorios y explican parcialmente los posibles motivos y razones de las excelentes concentraciones de sacarosa obtenidas en la región, como lo han ampliamente documentado por Chaves *et al* (2018), Chaves (2019abcde, 2020abde), al expresar que el “golpe térmico” provoca una condición estresante que induce y promueve el acúmulo de sacarosa en los tallos industrializables de la planta.

Cuadro 4. Lluvia (mm) y Temperatura (°C) mensual presente en ZONA SUR. Periodo 2016-2019.														
Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Media
LLUVIA (mm)														
PORVENIR	37,9	9,9	76,8	197,2	392,3	311,9	252,5	326,7	362,6	439,0	322,7	102,5	2 832,0	236,0
EL CEIBO	13,3	13,7	60,4	136,5	373,7	349,1	214,8	204,2	498,0	470,8	264,6	45,4	2 644,2	220,3
LA PRESA	99,3	3,8	27,4	251,2	290,9	321,9	164,4	331,3	467,5	591,3	256,9	108,1	2 913,9	242,8
Promedio	50,2	9,1	54,9	195,0	352,3	327,6	210,6	287,4	442,7	500,3	281,4	85,3	2 796,7	233,1
TEMP. MAXIMA (°C)														
PORVENIR	31,7	32,6	33,8	32,2	30,9	30,1	30,0	30,0	31,0	30,3	29,6	30,2		31,0
EL CEIBO	33,8	34,6	35,3	34,5	33,0	32,3	31,8	32,2	31,9	31,4	31,5	32,3		32,9
LA PRESA *	30,4	32,1	33,1	31,3	30,7	30,3	28,6	29,6	29,7	28,8	29,3	30,2		30,3
Promedio	32,0	33,1	34,1	32,6	31,5	30,9	30,1	30,6	30,9	30,1	30,1	30,9		31,4
TEMP. MÍNIMA (°C)														
PORVENIR	17,0	17,9	18,3	19,1	19,7	19,0	19,5	19,6	20,1	19,7	19,5	18,6		19,0
EL CEIBO	18,7	19,2	19,8	20,9	21,4	20,8	21,3	20,9	20,9	21,0	21,3	20,3		20,6
LA PRESA *	17,8	17,3	17,6	19,6	20,1	20,0	19,8	19,6	19,5	19,3	19,6	18,6		19,1
Promedio	17,9	18,1	18,6	19,9	20,4	19,9	20,2	20,0	20,2	20,0	20,1	19,2		19,5
TEMP. MEDIA (°C)														
PORVENIR	24,4	25,3	26,1	25,7	25,3	24,6	24,8	24,8	25,5	25,0	24,5	24,4		25,0
EL CEIBO	26,3	26,9	27,6	27,7	27,2	26,5	26,6	26,5	26,4	26,2	26,4	26,3		26,7
LA PRESA *	24,1	24,7	25,3	25,4	25,4	25,1	24,2	24,6	24,6	24,0	24,4	24,4		24,7
Promedio	24,9	25,6	26,3	26,2	26,0	25,4	25,2	25,3	25,5	25,1	25,1	25,0		25,5
DIFERENCIAL TÉRMICO														
PORVENIR	14,7	14,8	15,5	13,1	11,2	11,2	10,5	10,4	11,0	10,6	10,1	11,6		12,0
EL CEIBO	15,0	15,4	15,5	13,6	11,7	11,5	10,5	11,3	11,0	10,3	10,2	12,0		12,3
LA PRESA	12,6	14,8	15,5	11,7	10,6	10,3	8,9	10,0	10,2	9,5	9,7	11,6		11,3
Promedio	14,1	15,0	15,5	12,8	11,1	11,0	9,9	10,6	10,7	10,1	10,0	11,7		11,9

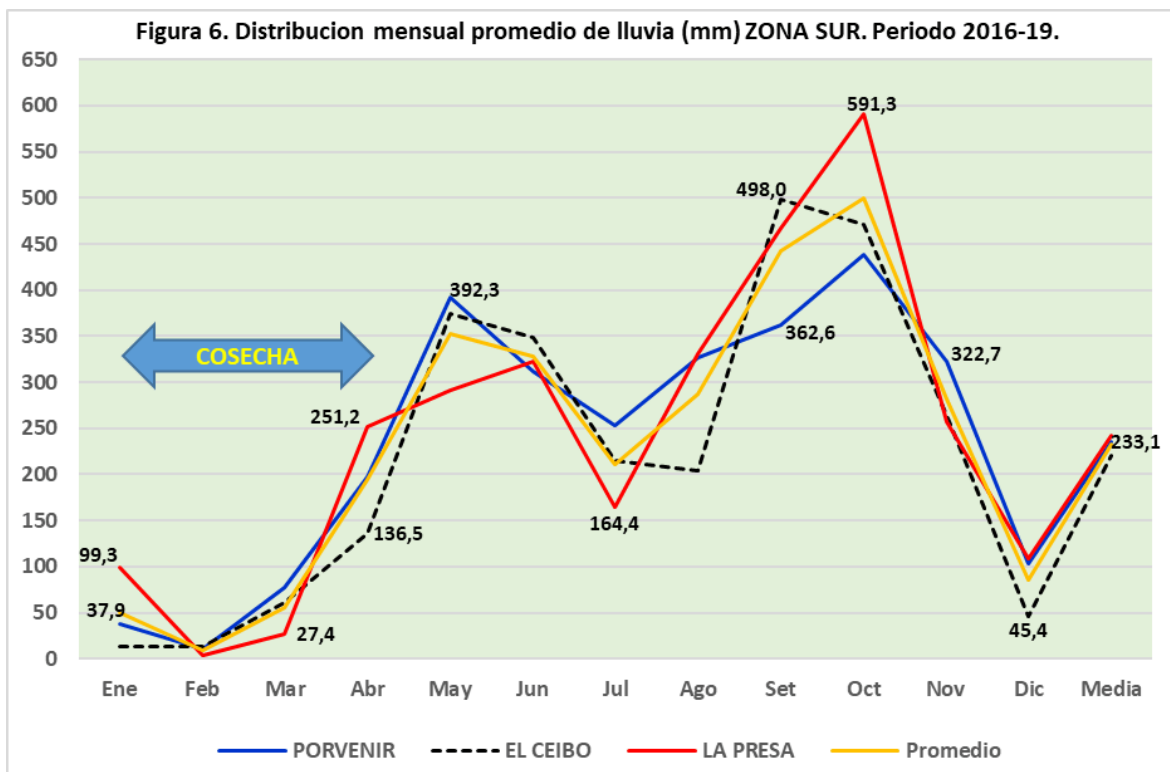
Fuente: Elaborado por los autores (2020) con información de Red Climática de Estaciones Coopeagri y DIECA.

* Solo años 2018 y 2019

Nota: Temperatura Promedio (°C) estimada por cálculo.

Diferencial Térmico (°C) = Temperatura Máxima - Mínima.

La Región Cañera Sur presenta y se tipifica en materia climática con una lluvia total anual promedio de 2.797 mm para una media de 233,1 mm mensuales. El promedio mensual de sus temperaturas es de 31,4 °C como máxima, 19,5 °C como mínima, con una media calórica de 25,5 °C y una Diferencia Térmica de 11,9 °C al año. Se reportan complementariamente (Chaves 2019b) valores promedio anual de Brillo Solar de 5,3 horas, con un ámbito entre 3,3 a 8,6 horas y décimos; una Humedad Relativa del Aire de 88,3% para un rango de 75 y 93%. La Velocidad del Viento se estimó por su parte en 4,0 km/hr y un rango de 2,8 y 6,6 km/hr anuales.



7. Suelos predominantes.

7.1 Taxonomía del suelo.

La región posee una alta consistencia y estabilidad en materia edáfica en consideración de que predomina un orden taxonómico muy particular, en este caso **Ultisol**, en una amplitud y representatividad muy elevada del 95,3%, como se indica en el Cuadro 5. Adicionalmente se ubican también en menor grado suelos de los órdenes Entisol (2,8%), Inceptisol (1,9%) y una pequeña área de Oxisol en el cantón de Buenos Aires, considerada casi como extraordinaria en el país, como lo anotara Chaves (2017bc). Los subórdenes taxonómicos son también muy específicos, destacando el **Humult** en el caso del primer orden y en la misma proporción.

La clase de suelos predominante, en particular los Ultisoles, favorece una condición fisicoquímica muy particular propia de esa taxonomía (Figura 7), que incorpora algunas ventajas, pero también más limitantes importantes principalmente en lo concerniente a su condición de fertilidad natural que puede resultar contraproducente para los intereses de producción agroindustrial del cultivo de la caña de azúcar. De acuerdo con Chaves y Chavarría (2017), los suelos del orden Ultisol tipifican por ser *“Suelos muy meteorizados de gran desarrollo, viejos, rojos, de baja fertilidad, horizonte Argílico. Predominan las arcillas 1:1 Caoliniticas y los Óxidos de Fe y Al. Poseen pocas bases, sufren pérdida de Si, Ca, Mg, K y micronutrientes por lavado. Tienen altas concentraciones de Fe y Al que son tóxicas para las raíces. Presentan altas pérdidas de N. Ácidos, con baja retención iónica y muy baja CICE, alta fijación de P, responden al encalado. Poseen excelentes condiciones físicas de*

estructura, agregación y drenaje natural. Se recomienda la aplicación de materia orgánica. Presentes en régimen Ústico/Údico.”

Cuadro 5. Orden taxonómico de suelos predominantes.

Ordenes suelo	Área (ha)	%	Sub Orden	Área (ha)
Ultisol	4 301,1	95,33	Humults	4 301,1
Entisol	126,2	2,80	Fluvents	126,2
Inceptisol	84,6	1,88	Ustepts	84,6
Oxisol	???	???	Ustoxs	???
Total	4 511,9	100		4 511,9

Fuente: Chaves (2017bc); Chaves y Chavarría (2017).

Esa condición provoca que el ambiente de fertilidad natural de esos suelos califique como una de las más deficientes y limitadas que presentan los suelos cañeros de Costa Rica; pues los contenidos de Acidez Intercambiable inducida por la presencia de Aluminio (Al) y Hierro (Fe) son elevados, en tanto que las concentraciones de Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Zinc (Zn) y Azufre (S) son bajas y deficientes en la mayoría de los casos. Esta condición obliga prestar especial atención a la nutrición del cultivo, como un factor determinante para estimular y potenciar el incremento en la productividad agroindustrial pretendida y esperada, lo cual se traduce en la incuestionable implementación de programas de corrección de acidez y fertilización de plantaciones muy específicos y particulares (Chaves 1988, 1993, 1999ab, 2002, 2017c; Chaves y Barrantes 2007).



Figura 7. Perfil de suelo orden Ultisol de La Fortuna de San Pedro, Pérez Zeledón, Región Sur.

7.2 Relieve.

La condición fisiográfica de la región resulta de igual manera muy particular, característica y distintiva del lugar, pues se identifica por la ubicación y el desarrollo de sus plantaciones en

condiciones de topografía limitantes, cuyos terrenos son por lo general irregulares, ondulados y con pendientes que varían entre un 5% y hasta un 20% (Figura 8). La mecanización de labores se ve dificultada en alto grado y la cosecha mecanizada casi impedida, por cuanto la variabilidad topográfica del relieve en espacios cortos es alta, limitando con ello poder contar con lotes planos y homogéneos de extensión considerable que favorezcan la mecanización rentable.



Figura 8. Tipos de relieve del área cañera comercial de la Región Sur, Costa Rica.

8. Variedades de uso comercial.

8.1 Caracterización de variedades comerciales.

En consideración de las evidentes limitaciones que posee la región en términos de clima y suelo, como se demostró anteriormente, el factor genético se convierte en una de las herramientas tecnológicas importantes e incuestionables que existen y se dispone, para procurar mitigar y contrarrestar los efectos e impactos que pudieran interferir sobre la producción del cultivo, y procurar en lo viable y factible, optimizar el potencial intrínseco disponible en la planta de caña (Chaves 2018a). Esta circunstancia provoca que el trabajo desarrollado en la zona en materia de evaluación genética buscando identificar y liberar variedades promisorias aptas con amplia capacidad de adaptación, de alta calidad agroindustrial y potencial productivo, represente una labor primaria y prioritaria.

Teniendo claro y demostrado que el uso y cultivo de materiales genéticos adaptables a las condiciones del lugar, asegura en buena medida el éxito empresarial, en consideración de que evita tener que incurrir en inversiones orientadas a buscar la adaptación del medio al clon, y no del mismo al entorno agro productivo; el trabajo en esta área representa una de las labores más intensas de la gestión que en el área tecnológica se desarrolla en la región. Es por esta razón, que las variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona se evalúan, seleccionan y reproducen por medio de un esquema protocolario de carácter continuo y sistemático que presenta una duración de entre 10 y 12 años hasta identificar al menos un material genético promisorio y de valor utilitario.

Consecuentes y en línea con lo actuado históricamente desde su creación en el año 1982, DIECA opera la búsqueda de mejores variedades para empleo comercial mediante dos estrategias complementarias de mejora genética, como son: a) **Vía Asexual**: mediante la introducción por

esqueje (vegetativa) de clones procedentes del exterior, los cuales mantienen el origen de su identificación original y, b) **Vía Sexual**: obtención de variedades a partir de semilla verdadera recuperada del cruzamiento de progenitores mediante criterio biparental o múltiple, las cuales son reconocidas por la sigla LAICA (Chaves 2018ab, 2020ef). En la Figura 9 se muestra de forma gráfica y detallada para mejor comprensión el proceso sistemático de evaluación por fases sucesivas y continuas, operado por DIECA; por medio del cual se obtienen variedades promisorias y comerciales, tanto de origen sexual (semilla) como asexual (esqueje).

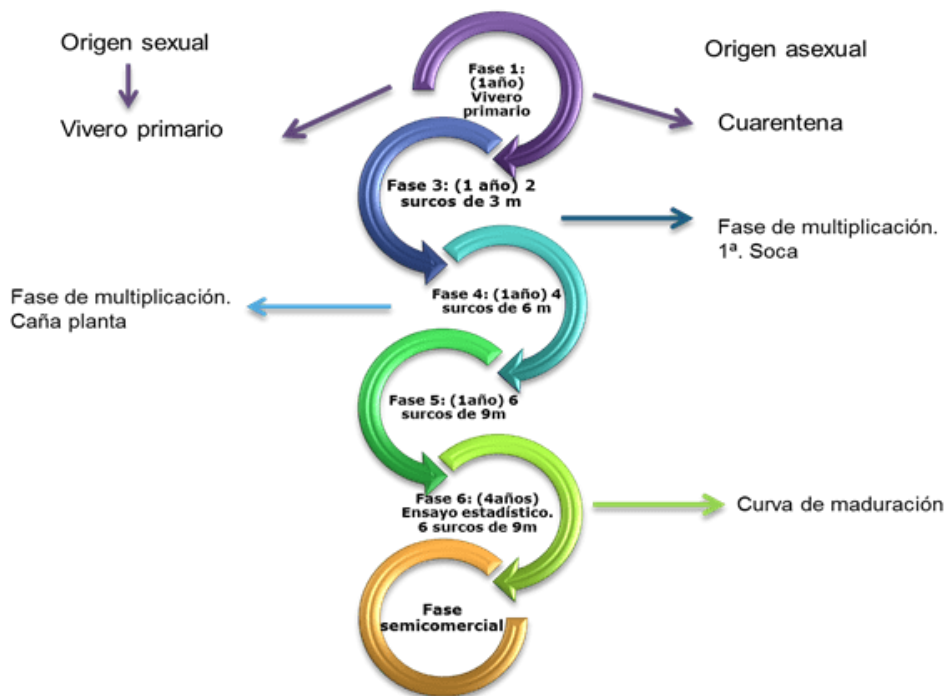
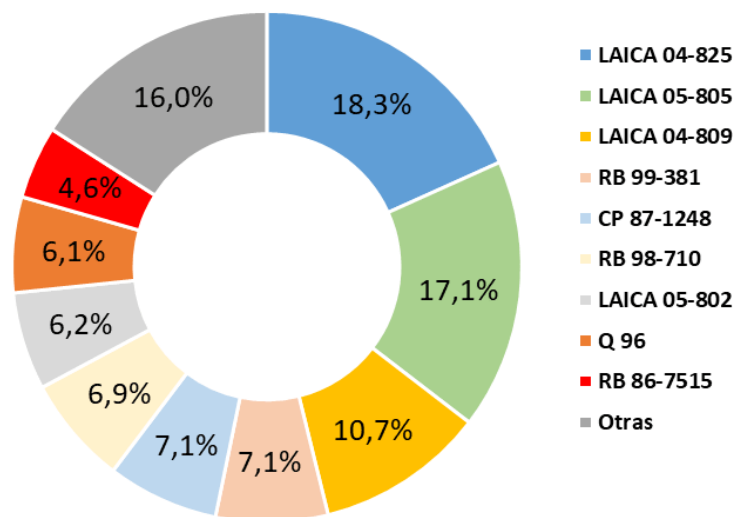


Figura 9.

Protocolo de Evaluación y selección de variedades (Sistema de Fases) DIECA-LAICA.

En la Figura 10 adjunta se anota y describe el grupo de variedades de uso comercial más difundido, sobre las cuales se sustenta actualmente la producción y el desarrollo de la agroindustria azucarera de la Región Sur; las cuales van referidas a su área (ha) de cultivo durante la Zafra 2019-2020. Se infiere y concluye de ese resultado, que son tres las variedades sigla LAICA de origen nacional las más nombradas y sembradas en el lugar: **LAICA 04-825 (18,3%)**, **LAICA 05-805 (17,1%)** y **LAICA 04-809 (10,7%)**, respectivamente; que integralmente significan el 46,1% de toda la región, como demostración de su aceptación fundamentada en su alta calidad agroindustrial y capacidad productiva. Aparecen también sembradas con una prioridad importante los clones: RB 99-381 (7,1%); CP 87-1248 (7,1%), RB 98-710 (6,9%); LAICA 05-802 (6,2%) y la tradicional Q 96 (6,1%), entre otras (Chaves *et al* 2019).



Fuente: Censo Cañero DIECA (Chaves *et al* 2020).

Figura 10.
Distribución porcentual de las variedades comerciales sembradas en la Región Sur, 2019.

Puede asegurarse que pese a ser una región productora de azúcar relativamente nueva (1974), la dinámica de investigación, uso y siembra de variedades ha sido muy amplia y hacendosa, virtud de lo cual se ha podido contar siempre con variedades de muy alta productividad, como lo señalan y demuestran Chaves y Aguilar (1991), DIECA (1990), COOPEAGRI (2010), Chaves (2018abc).

Seguidamente se detallan para mejor interpretación, los principales atributos y propiedades que caracterizan las variedades recomendadas y de mayor uso comercial en la Región Sur.

8.2 Variedades comerciales.

➤ LAICA 04-809



Figura 11. Variedad LAICA 04-809

Progenitores RD 75-11 x B 60-267.

Se caracteriza por ser un clon de porte semi-abierto a abierto y con despaje de regular a difícil. La yema es de tamaño pequeño y de forma redonda (Figura 11). Posee un regular brote de hijos, rápido

crecimiento y al momento de cosecha dispone alrededor de 11 tallos molederos por metro lineal de surco, lo que hace que su productividad agrícola sea muy alta. En evaluaciones previas de cuatro cosechas obtuvo rendimientos promedio de 130,9 kg azúcar/tonelada y 109,9 toneladas de caña/ha.

En caña soca florece de manera regular (20%). Su curva de concentración de sacarosa indica que es de maduración media a tardía, alcanzando rendimientos muy altos cuando se corta en su punto óptimo. Es rústica por lo que se adapta muy bien en los suelos más limitantes y difíciles de la Región Sur del país, lo que la hace muy atractiva para los agricultores.

➤ **LAICA 04 - 825**

Progenitores (Desconocidos)

Esta variedad es de porte erecto y despaje de regular a difícil. La yema es de tamaño medio y de forma ovalada con alas. La variedad muestra un buen rebrote de yemas y un crecimiento rápido, alcanzando al momento de la cosecha alrededor de 11 tallos/m lineal de surco (Figura 12). En evaluaciones previas de cuatro cosechas obtuvo rendimientos promedio de 129,2 kg azúcar/t y de 96,4 toneladas de caña/ha. En caña ciclo soca se ha observado una floración baja (20%). Califica como una variedad de maduración temprana a media con rendimientos agroindustriales muy altos.



Figura 12. Variedad LAICA 04-825

➤ **LAICA 05-805**

Progenitores: H77-4643 x ?



Figura 13. Variedad LAICA 05-805

Se caracteriza por su porte erecto y poseer un despaje muy bueno. Esta variedad se comenzó a evaluar en la Región Sur de Costa Rica en el año 2005. Se caracteriza por tener un buen rebrote de las yemas a la siembra, alcanzando al momento de cosecha alrededor de 13 tallos molederos por metro lineal de surco (Figura 13).

En cuanto a Rendimiento Industrial, la variedad ha mostrado contar con una maduración de media a tardía; con rendimientos promedio de 121,53 kg de azúcar/t y 117,63 toneladas de caña/ha. Manifiesta tener una baja floración (10%). Es rústica por lo que se adapta muy bien a condiciones de suelos de baja fertilidad.

Q 96

Progenitores Q 63 x Q 68

Se reconoce y caracteriza por ser de porte semiabierto a abierto, con tallos de color morado. La yema es de tamaño medio y forma ovalada angosta con alas. Esta variedad se viene sembrando en la Región Sur desde el año 1997, mostrando características agroindustriales sobresalientes (Figura 14). Su curva acumulada de concentración de sacarosa demuestra que es una variedad muy azucarera, alcanzando su mayor madurez de la mitad a finales de la cosecha con rendimientos promedio de azúcar de 142,0 kg/t y de 96,9 toneladas de caña/ha. La floración puede variar desde 0 hasta 30%, dependiendo de las condiciones ambientales. Esta variedad se debería sembrar preferiblemente en aquellos suelos de mayor fertilidad y humedad de la región, ya que es de una exigencia media a alta en cuanto a manejo y nutrición. En la Región ha tenido una excelente adaptación a la zona cañera de Buenos Aires de Puntarenas.



Figura 14. Variedad Q 96

➤ CP 87-1248

Progenitores: CP 78-1610 x CP 72-1210



Figura 15. Variedad CP 87-1248

Se caracteriza por su porte erecto y despaje muy bueno. La yema es de tamaño medio y de forma ovalada. La variedad CP 87-1248 se comenzó a evaluar en la región en el año 1995. Se caracteriza por tener un buen rebrote de las yemas a la hora de la siembra, alcanzando al momento de cosecha alrededor de 13 tallos molederos por metro lineal de surco (Figura 15). En cuanto a Rendimiento Industrial, la variedad ha mostrado una maduración media-tardía alcanzando concentraciones medias de 123,5 kg azúcar/t y 94,0 t de caña/ha. Florece intensamente en ciclo de soca o retoño; sin embargo, la formación de corcho en el tercio superior es de bajo a medio, lo que hace que no se vea tan afectada por esta circunstancia. Su

contenido de fibra es alto ($\approx 16\%$) en comparación con otras variedades de la zona. Su siembra se recomienda ubicarla en aquellas áreas de la finca que posean suelos de mayor fertilidad y humedad.

➤ **RB 98-710**

Progenitores: RB 93-509 x SP 81-3250

Esta variedad presenta un porte erecto y despaje de regular a bueno. La misma se comenzó a evaluar en la Región Sur en el año 2009. La evaluación de cuatro cosechas logró un promedio industrial de 127,10 kg de azúcar/tonelada y 125,2 toneladas de caña por hectárea. Se caracteriza por tener un buen rebrote de las yemas a la siembra, alcanzando al momento de cosecha cerca de 14 tallos molederos por metro lineal de surco (Figura 16). En las evaluaciones previas mostró tener una maduración media-tardía. Manifiesta una baja floración (15%) y se adapta muy bien a condiciones de suelos de baja fertilidad con una alta productividad agrícola.



Figura 16. Cepa de RB 98-710

➤ **RB 99-381**

Progenitores: CR 64-215 x RB 86-7515



Figura 17. Variedad RB 99-381

Hábito de crecimiento erecto, con capitel abierto, poca cantidad de hojas y palmito corto de 34 cm (Figura 17). La capacidad de despaje es excelente, con poca cera y no presenta pelusa. Califica como una variedad de maduración temprana a media con rendimientos industriales promedio muy altos (134,05 kg azúcar/t) y un rendimiento de campo de 121,0 toneladas de caña/ha. Se adapta a condiciones de suelos de baja fertilidad.

8.3 Variedades Semicomerciales

➤ **SP 78-4764:**

Progenitores: H 66-6254 x ?

Introducida de Brasil en el año 2000, se adapta bastante bien a condiciones de suelos secos de fertilidad de media a baja (Figura 18). Es de maduración media a tardía, con rendimientos promedio de cuatro cosechas de 126,03 kg de azúcar/t y un rendimiento de campo de 116,2 t de caña/ha. Puede presentar susceptibilidad a algunos herbicidas selectivos aplicados en post emergencia. Por su porte abierto tiende a volcarse.



Figura 18. Variedad SP 78-4764

➤ **LAICA 04-44:**

Progenitores: SP 71-3149 x ?

Variedad seleccionada en el año 2004 en Valle Central Occidental. Se caracteriza por tener una excelente capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad. De maduración media a tardía; con una alta producción de materia prima en el campo y buen Rendimiento Industrial, ya que presenta productividades promedio de cuatro cosechas de 129,62 kg de azúcar/tonelada y un rendimiento de campo de 116,9 toneladas de caña/hectárea. Presenta una excelente condición de fitosanidad que la destaca (Figura 19).



Figura 19. Variedad LAICA 04-44

➤ **LAICA 07-801**

Progenitores: SP 81-2068 x ?



Figura 20. Variedad LAICA 07-801

La variedad LAICA 07-801 presenta un hábito de crecimiento erecto, capitel medio, con una cantidad regular de hojas y palmito corto de 48,5 cm (Figura 20). El despaje es natural y presenta poca cera y pelusa. En evaluaciones previas de cuatro cosechas presentó un rendimiento promedio de 132,22 kg de azúcar/tonelada y 111,5 toneladas de caña/ha. De acuerdo a los muestreos de madurez realizados a la variedad, se determinó que es de maduración media y se recomienda realizar su cosecha en el mes de febrero.

8.2 Semilla y Semilleros.

En la siembra de la caña de azúcar la semilla es el material propagativo que se utiliza para reproducir las plantas, el cual está constituido por secciones de tallo conocidas como esquejes, en las cuales las yemas laterales son las encargadas de generar las nuevas plantas de caña. La multiplicación es vegetativa y por tanto reproduce la planta en todas sus características y potencial, por lo cual se le denomina reproducción clonal. En promedio se utilizan entre 12-13 toneladas por hectárea cuando la siembra es a tres chorros y de 8 a 9 toneladas cuando se siembra a dos chorros.

La calidad de la semilla es un tema fundamental que hay que tener siempre presente y tomar en cuenta para el establecimiento de las plantaciones comerciales de caña; motivo por el cual, la pureza varietal (genética) y una condición fitosanitaria satisfactoria del semillero resulta



Figura 21. Sección idónea de semilla

obligada. Se debe asegurar y garantizar que el material reproductivo esté libre de daños por plagas y enfermedades, en un estado de buena hidratación y sin deterioro mecánico (Figura 21). Es imperativo, además, que los esquejes no estén enraizados, las yemas en buenas condiciones sin daño mecánico y sin brotación. La edad de cosecha de las plantaciones destinadas a semilla no debe superar los 8 meses, siendo lo ideal de 6 a 7 meses; un semillero no debe recibir más de dos cortas para ese fin, luego de lo cual pasa a uso comercial. La corta de la semilla debe efectuarse como máximo dos días antes de la siembra para evitar deshidratación y daño de los esquejes. Es conveniente y muy recomendable que los esquejes sean tratados previa su siembra con fungicida y termoterapia (51°C por 60 minutos o 52°C por 30 minutos). Semilla mejorada es un concepto evolucionado y muy diferente al de simple material de reproducción, como muchas veces erróneamente se conceptualiza.

9. Preparación del Terreno.

9.1 Selección del terreno y ubicación.

Constituye sin lugar a dudas una de las labores de campo de mayor importancia en el establecimiento y desarrollo futuro de una plantación comercial de caña de azúcar. En un suelo bien preparado el sistema radicular tiene las condiciones adecuadas para desarrollarse, favorecido con ello contar con una mayor capacidad para absorber agua y nutrimentos, logrando una mejor germinación y un crecimiento homogéneo que luego se reflejará en una producción y vida comercial más prolongada y satisfactoria. Se recomienda iniciar las labores de preparación del suelo en la época de menor precipitación, con al menos un mes de anticipación a la siembra y convenientemente distribuidas en el tiempo buscando lograr un adecuado control de malezas y plagas. Deben evitarse los excesos de laboreo por el perjuicio irreparable que se provoca a la estructura y agregación del substrato.

9.2 Diseño del campo.

Debe ser estratégicamente delineado y distribuido de manera que facilite y dinamice todas las operaciones agrícolas y de cosecha de las plantaciones sin causar daño, considerando apropiadamente el relieve del terreno. En lotes con pendientes pronunciadas los surcos se deben trazar en contorno; mientras que en zonas muy planas (llanuras) se hace necesaria la nivelación del terreno para facilitar el riego en la época seca, así como el drenaje (salida de las aguas) en la estación lluviosa. Medidas orientadas a asegurar la conservación de los recursos naturales y evitar la erosión hídrica y eólica del suelo deben preverse e incorporarse en este momento. Debe asegurar la distribución más conveniente de accesos, movilización y salidas de equipo y maquinaria hacia y desde la plantación.

9.3 Labores de campo.

En esta etapa es necesario e imperativo realizar las siguientes labores:

9.3.1 Primera rastrea.

Se utiliza principalmente para destruir las cepas viejas remanentes en el caso de la renovación de plantaciones agotadas; además de uniformar el terreno y controlar malezas nocivas presentes en el

momento de su realización (Figura 22). Cuando se utiliza el arado de discos o vertedera no se realiza esta labor, por lo que es opcional.



Figura 22. Primer pase de rastra en labor de preparación del suelo.

9.3.2. Pase de arado.

De acuerdo con las condiciones del lugar donde se establezca el cultivo, cabe la opción de elegir emplear el arado de cinceles, discos o vertedera (Figura 23). Este último es recomendado utilizar en los sectores donde históricamente han existido problemas con presencia de la plaga de Joboto (*Phyllophaga* spp). Favorece y provoca adicionalmente un subsolado y la descompactación del suelo, lo cual resulta de gran relevancia en áreas de alto tránsito de equipo mecánico que pudieran estar induciendo esa indeseable condición (Chaves 2017c). El arado debe profundizarse a 40 cm garantizando así condiciones de suelo adecuadas para el desarrollo del cultivo.



Figura 23. Pase de arado de cincel.

9.3.3 Segunda Rastrea.

Es utilizada para afinar el terreno destruyendo terrones grandes lo que facilita la labor de surcado y siembra, con lo que se favorece también la germinación de las yemas de la semilla de caña. Este pase de rastra también cumple una importante función en el control de malezas. Es relevante señalar y recomendar que lo ideal en materia de preparación del suelo es procurar realizar la menor mecanización y laboreo posible, en consideración de su alta sensibilidad. Debe evitarse ejecutar cualquier labor que provoque la extracción y movilización de capas internas del suelo a la superficie, sobre todo en la sección superior de lomeríos, por cuanto los suelos de orden Ultisol son muy poco profundos y muy ácidos. Esa acción, de darse, extrae y coloca suelo con altos contenidos de Hierro y Aluminio en la superficie lo que afecta severamente las raíces de las plantas. Este orden taxonómico de suelo obliga a realizar un manejo muy prudente y juicioso del suelo.

9.3.4 Surcado.

Esta labor se realiza procurando homogenizar el terreno, formando curvas a nivel (en contorno) para disminuir la erosión y el rompimiento de los surcos causado por las aguas de esorrentía (Figura 24). En las zonas más secas donde por antecedente la planta de caña presenta menor crecimiento, se puede utilizar una distancia de siembra de 1,30 a 1,40 metros entre surcos; y en los lugares donde hay mayor crecimiento o en suelos de origen aluvial (playones), la misma se recomienda entre 1,40 y 1,50 metros entre surcos. El surcado es conveniente realizarlo



Figura 24. Surcado de terreno para siembra de caña

pocos días antes de la siembra para reducir la erosión y su posible deterioro.

10. Siembra de la plantación.

10.1 Siembra convencional.

En la Región Sur tradicionalmente se utiliza un sistema generalizado y convencional de siembra en surcos, con una separación de 1,50 metros, que genera un total de 6.667 metros lineales y un gasto de semilla que fluctúa entre 12 y 13 toneladas por hectárea (Figura 25). Algunos productores realizan complementariamente siembras a distanciamientos menores que varían entre 1,3 y 1,4 metros, principalmente en suelos de baja fertilidad.



Figura 25. Siembra convencional de siembra de caña.

10.2 Surcos gemelo o doble.

Recientemente la empresa CoopeAgri en conjunto con DIECA ha investigado y establecido con mucho interés algunas siembras comerciales bajo el sistema de “surco gemelo o doble”; empleando un distanciamiento a 1,60 m y separación de 0,6 cm entre las plantas del surco gemelo (Figura 26). El sistema aumenta la cantidad de metros lineales de caña en un 36,4% respecto a la siembra tradicional (1,5 m). El sistema se encuentra aún en fase de evaluación y validación comercial en sus variables productivas y económicas, motivo por el cual solo se ha implementado a nivel de plantaciones propias de la Cooperativa. El potencial es muy interesante y la expectativa a



Figura 26. Siembra en surco gemelo o doble.

10.3 Surco de base ancha.

A nivel de investigación y muy posible pronta implementación en algunas áreas comerciales de la región; se está valorando actualmente con mucho interés la siembra de plantaciones en surco con “base ancha”. El sistema utiliza una distancia de 1,5 metros entre surcos, pero con ampliación significativa de la base del surco, pasando de una forma **V** a otra **U** que extiende el espacio físico disponible para el desarrollo de las raíces (Figura 27). El sistema implica realizar una modificación al pico del surcador.



Figura 27. Siembra con surco de base ancha.

10.4 Riega, pica y tapa.



Figura 28. Pica de caña a tres entrenudos.

Esta importante y determinante labor se realiza a “chorro” continuo, colocando tres esquejes de caña en el surco con un traslape de 15 cm, ubicando simultáneamente dos cabezas y un cogollo. En esta etapa de la siembra se debe garantizar una cantidad adecuada de yemas sanas (16 a 20 yemas/m lineal); esto con la finalidad de obtener una germinación uniforme. Se debe realizar la “pica” de la semilla en trozos de tres yemas, cortando totalmente las cañas (Figura 28). Una vez aplicado el fertilizante fosforado al fondo del surco; así como hechas todas las prácticas mencionadas anteriormente, se debe tapar la semilla para evitarle daños, con una capa de suelo suelto no mayor a 5 cm de espesor que promueva una buena germinación.

11. Manejo de la plantación.

11.1 Subsulado.

Esta labor de labranza se realiza con la finalidad de romper estratos o capas internas compactadas del suelo. En general, requiere de equipo de alta tracción, que permita romper esos estratos endurecidos que limitan la penetración profunda del agua y las raíces de la planta (Figura 29). Esta labor se ha generalizado entre las actividades ordinarias y habituales de manejo de las plantaciones de caña de la Región Sur, como una forma de descompactar y habilitar áreas con problemas físicos provocados por el tránsito de maquinaria y equipo pesado. Por lo general, es utilizada a partir del tercer corte con la finalidad de prolongar la vida útil comercial de los cañales; aunque la regularidad podría ser mayor.

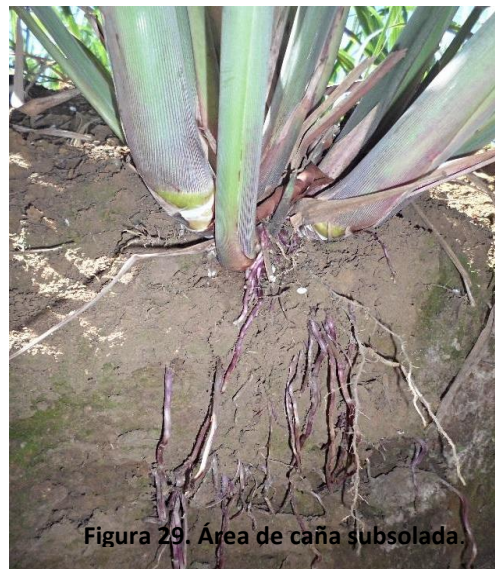


Figura 29. Área de caña subsolada.

11.2 Resiembra.

La resiembra parcial de áreas perdidas o severamente afectadas en el campo se recomienda cuando su cobertura es menor o igual al 20% del lote, nunca mayor, donde lo que cabe es la renovación total. Es una práctica que se está implementando en la región para mejorar el rendimiento de campo a un bajo costo, y aumentar adicionalmente la vida útil de las plantaciones. Se considera que debe formar parte de las prácticas ordinarias de cultivo luego del tercer corte. La práctica debe realizarse empleando material vegetativo de la misma edad fenológica de la plantación. Para ello es necesario disponer de previo de un almácigo de la variedad a resembrar; esto con 3 meses de antelación, por medio del uso de yemas pre germinadas y/o preferiblemente originadas por reproducción *in vitro*.

12. Nutrición y Fertilización.

12.1 Análisis químicos de suelos.

A continuación, se presenta en el Cuadro 6 un resumen básico referencial del resultado del análisis químico de suelos, correspondiente a un amplio estudio (≈ 1.500 muestras) realizado por CoopeAgri R.L. donde se evaluaron diversos sitios, unidades y entornos productivos diferentes y estratégicamente distribuidos, que ilustra muy bien y con excelente representatividad la composición y condición nutricional de los suelos cañeros de la Región Sur. Se infiere y queda demostrado con los válidos indicadores anotados en ese cuadro, la condición de alta Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^{+}$) presente en el lugar, donde el 92% de las muestras analizadas presenta valores $\geq 1,5$ cmol, valores de pH $< 5,5$ en el 99% de los casos analizados, con un bajo (90%) contenido de Bases Intercambiables



Figura 30. Cepa de caña de semilla pre germinada para resiembra

(Ca+Mg+K) que generan integralmente e inducen una elevada Saturación por Acidez (%), en la cual el 85% de las muestras presentan valores $\geq 20\%$, índice considerado alto y muy característico de los suelos del orden Ultisol (Chaves 1988, 1993, 1999ab, 2002, 2017c). A partir de esos indicadores reveladores puede inferirse y concluirse respecto a la situación prevaleciente con otros nutrimentos, la cual es mayoritariamente deficiente y por tanto limitante.

Indicador	pH	Acidez intercambiable (cmol(+)/L)	Suma Bases (cmol(+)/L)	Saturación Acidez (%)
Nivel Crítico *	< 5,5	< 0,50	< 5,00	< 10
Mínimo	4,0	0,16	0,34	2,82
Media	4,6	1,23	1,18	35,87
Máximo	5,6	6,35	12	76,32
% muestras con problemas	$\leq 5,5$ **	$\geq 1,5$	< 5	≥ 20
	99%	92%	90%	85%

Fuente: Base de datos CoopeAgri R.L, análisis de suelo áreas de caña. 2010
 * Méndez y Bertsch (2012); Chaves (2019b).
 ** Condición limitante que establece el % de suelos problemáticos.

En el Cuadro 7 se muestran complementariamente los contenidos, concentraciones y relaciones entre nutrimentos esenciales, ratificando y confirmando lo aseverado anteriormente (Cuadros 3 y 6) en torno a la deficiente condición nutricional y de fertilidad prevaleciente en los suelos de esta región, en prácticamente todas las variables. Es importante señalar que lo concerniente a física de suelos no es tan crítico en el lugar, pues los mismos poseen una aceptable capacidad de lixiviación favorecida por su condición textural, la cual tampoco es propensa a sufrir problemas serios por compactación y adensamiento, en consideración de sus bajos contenidos y tipo de arcillas predominantes (Caolinitas). Por el contrario, pueden darse condiciones de baja retención de humedad en los suelos con las consecuencias correspondientes, lo cual no es tan sentido, por los altos niveles de precipitación y buena distribución de las lluvias en el lugar (Chaves 1999b, 2017c).

Región	N° Muestras	pH	cmol (+) / l						µg / ml						Saturación (%) Acidez	Relación			Categoría Fertilidad
			Acidez	CICE	Ca	Mg	K	Σ Bases	P	S	Zn	Cu	Mn	Fe		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
Zona Sur	104	4,9	1,7	4,64	1,7	1	0,23	2,94	5	5	1	9	12	100	36,34	1,7	7,4	4,3	Baja
Nivel Crítico *		< 5,5	< 0,50	5,01-25	< 4	< 1	< 0,20	< 5	< 10		< 2	< 2	< 5	< 10	< 10	< 2	< 5	< 2,5	

Fuente: Chaves (1999b, 2017c, 2019b); * Méndez y Bertch (2012).

Con la caracterización expuesta queda demostrada la importancia, necesidad y obligación de conducir el manejo nutricional del cultivo de la caña en esta región, en forma sensata, razonada y apegada estrictamente a criterios técnicos vinculados con la corrección y fertilización de los suelos.

12.2 Corrección y encalado de suelos.

En los Cuadros 6 y 7 se pueden comprobar con contundencia y certeza los graves problemas de acidez que presentan la mayor parte de los suelos de la región, pues se evidencia que en el 99% de las muestras analizadas el pH fue inferior a 5,5; la Acidez Intercambiable mayor o igual a 1,5 cmol

en el 92% de los muestreos y en el 85% de los mismos el porcentaje de Saturación de Acidez superó el 20%. La acidez provoca un daño muy severo al sistema radicular de la planta, impidiendo por toxicidad que las raíces crezcan y movilicen por todo el perfil del suelo, con lo cual se limita la absorción de agua, nutrimentos esenciales y el anclaje de la planta, dejando el cultivo en una condición de desnutrición y expuesto a padecer volcamiento de la cepa, estrés hídrico, afectación de la germinación, ahijamiento, retoñamiento y desarrollo general de la planta, como lo ha señalado Chaves (2020cgh) con detalle, lo cual se manifiesta en grados de productividad muy bajos y antieconómicos. Con esas características, el dictamen y recomendación técnica torna imprescindible y obligado proceder con la corrección oportuna y efectiva de la acidez del suelo, para acondicionar la plantación para la siembra y desarrollo del cultivo. Sin esa corrección la fertilización pierde sentido y efectividad, resultando muy difícil que puedan lograrse productividades agroindustriales satisfactorias y plantaciones con una vida útil comercial que justifique la inversión; esto aun empleando variedades rústicas de reconocida adaptación.

En renovaciones de plantación o establecimiento de siembras nuevas se recomienda encalar toda la superficie del terreno (al voleo) durante las labores de preparación del suelo; esto entre el primer y segundo pase de rastra, con el objeto de facilitar la mezcla e incorporación del correctivo al suelo, favoreciendo una acción integral y no apenas local, como sucedería si se aplicara en bandas o exclusivamente al fondo del surco durante la siembra (Figura 31). En ciclo de retoño resulta fundamental procurar cubrir con correctivo la mayor superficie de terreno posible y no apenas la entrecalle o la línea de plantas de caña; esto por cuanto la limitante química se encuentra presente en todo el terreno y no apenas en una sección del mismo. De igual manera, para tener un efecto correctivo y neutralizante satisfactorio de la acidez presente, es necesario incorporar al producto al suelo y no simplemente colocarlo en la superficie del terreno, lo que implica actuar mecánicamente en profundidad. Es imperativo y obligado ajustar la aplicación y fuente correctiva por utilizar (carbonato de calcio, cal dolomítica u otro) estrictamente al resultado del análisis de suelo, condición de acidez prevaleciente y objetivo pretendido; lo cual define la fuente por emplear y la dosis requerida (kg/ha), el tiempo previsto de reacción (cal viva), costo implicado e impacto nutricional esperado. La aplicación de correctivo puede efectuarse con no menos de 22 días previo a sembrar o fertilizar; nunca debe encalarse y fertilizarse simultáneamente.

En lo concerniente a la cantidad de correctivo necesaria aplicar, la experiencia de muchos años ha demostrado que en promedio se requieren incorporar en la región, con base en su estado de acidez, entre 1.500 y 2.000 kg por hectárea de carbonato de calcio; lo cual no es conveniente incrementar, aunque el cálculo y la estimación así lo sugiera, pues resulta técnica y económicamente más viable, efectivo y recomendable realizar opcionalmente aplicaciones periódicas, fraccionadas y distribuidas en el tiempo. El tema técnico vinculado con la corrección y adecuación de suelos ácidos sembrados con cana de azúcar es materia ampliamente abordada, como lo demuestran los estudios de Chaves (1988, 1999ab, 2002, 2017c), DIECA (1990), Chaves y Barrantes (2007) y CoopeAgri (2010). De cualquier forma, corresponderá a cada condición específica del terreno establecer y operar la mejor estrategia de manejo de la acidez presente; no hay fórmulas únicas en esta materia. La corrección y adecuación de los suelos ácidos mediante su encalamiento, es una práctica efectiva, sencilla de operar y económicamente muy rentable.



Figura 31. Encalado de suelo ácido para la siembra.

12.3 Acondicionamiento del suelo: abono orgánico.

En la Región Sur es común el uso de abono orgánico de alta calidad formulado a partir de productos residuales (cachaza y ceniza) obtenidos del proceso industrial de la materia prima caña, en mezcla homogenizada con la broza del café debidamente tratada. Se utilizan por lo general entre 100 y 200 sacos (45 kg) por hectárea de abono, el cual se aplica al fondo del surco durante la siembra y al tercer corte luego se realiza la labor de subsolado (Figura 32). Algunos productores utilizan como alternativa la gallinaza al momento de sembrar; pero deben asegurarse que ha sido previa y debidamente tratada de acuerdo con la normativa establecida por el Ministerio de Salud.

No hay duda que la incorporación de material orgánico al suelo representa una excelente y necesaria práctica que va en beneficio directo de todo el sistema agroproductivo de caña de azúcar; especialmente en suelos ácidos donde la actividad biológica y el proceso de mineralización están severamente limitadas, como lo indica Chaves (1999b, 2020cghi).



Figura 32. Preparación de abono orgánico para siembra de caña.

12.4 Requerimientos.

La fertilización es una de las prácticas agrícolas más difundidas, arraigadas y utilizadas para proporcionarle y proveerle al cultivo las demandas nutricionales en niveles óptimos; garantizando de alguna manera obtener la productividad potencial esperada del cultivo. La caña de azúcar demanda por sus características y alta producción de biomasa, una gran cantidad y diversidad de nutrientes que deben ser incorporados, reintegrados y suplidos al sistema suelo por medio de fertilizantes orgánicos y/o químicos. En las condiciones de fertilidad de los suelos de la región, la práctica resulta incuestionablemente obligada.



Figura 31. Fertilización de la caña.

En el Cuadro 8 se ilustra con detalle por ciclo vegetativo y elemento, en torno a las cantidades (superficies de respuesta) de nutrimentos esenciales requeridos y extraídos por la caña de azúcar, los cuales fueron obtenidos a partir de los antecedentes de investigación desarrollados en la zona durante muchos años. En dichos niveles se ubican las dosis recomendadas y empleadas por los programas de nutrición y fertilización de plantaciones comerciales de caña en la Región Sur, de acuerdo a cada condición particular.

Cuadro 8. Respuesta experimental de la caña de azúcar a la adición de nutrimentos esenciales aplicados al suelo en la ZONA SUR.						
Ciclo Vegetativo	Superficie de Respuesta (kg/ha)					t/ha
	N	P2O5	K2O	MgO	SO4	CaCO3
P	120 -150	150 - 200	130 - 180	40	40	1 - 2
S	120 -150	180 - 200	150 - 180	40	40	1 - 2

Fuente: Chaves (1999ab; 2017b; 2019b); Chaves y Barrantes (2007).

P = Ciclo Caña Planta S = Ciclo Caña Soca o Retoño

12.5 Programa de fertilización.

Es muy importante realizar la práctica de la fertilización y aprovisionamiento de nutrimentos al suelo, en el momento oportuno cuando la planta realmente requiere los elementos y estos pueden satisfacer y cumplir a plenitud su función metabólica, logrando así obtener su máxima efectividad e impacto. En el caso de la Región Sur se recomienda y propone el plan de manejo indicado en el Cuadro 9 en lo concerniente a la fertilización del ciclo de caña planta. Como se infiere, el programa se ajusta a los requerimientos anotados en el Cuadro 8, con lo cual resulta esperable una respuesta agroindustrial muy satisfactoria. Debe considerarse que la propuesta es básica y ajustada a las condiciones del entorno comercial, motivo por el cual puede ser perfectamente incrementada en sus dosis, particularmente de Nitrógeno, Fósforo y Zinc. De igual manera, la recomendación supone y considera la obligada corrección previa del suelo y el empleo de abono orgánico; como también,

la aplicación del fertilizante en la zona más próxima al sistema radical del cultivo, facilitando su rápida absorción.

Cuadro 9. Propuesta de fertilización para plantaciones de caña de azúcar en la Zona Sur. CICLO PLANTA.										
Caña Planta		Dosis de Nutrientos (kg/ha)								
Momento	Fórmula	Cantidad (sacos)	Peso Saco (kg)	kg PC/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S-SO ₄	Zn
Siembra	10-50-0	5,5	50	275	27,5	137,5				
Forma	Fondo del Surco									
35 DDS	17-2-25-4,5 (Mg)-3,7 (S)-0,2 (Zn)	6	45	270	45,9	5,4	67,5	20,2	30	0,5
Forma	Cerca plantas antes de aporca									
70 DDS	17-2-25-4,5 (Mg)-3,7 (S)-0,2 (Zn)	6,5	45	292,5	49,7	5,9	73,1	21,8	32,5	0,6
Forma	Cerca de plantas antes del cierre									
Total		18		837,5	123,1	148,8	140,6	42,0	62,5	1,1
Fuente: Propuesta de los autores basada en experiencias de campo.										
DDS = Días Después de la Siembra.										
La propuesta debe ajustarse a las condiciones particulares de fertilidad de cada unidad productiva.										
Las formas químicas S y Mg fueron convertidas a intercambiables como SO ₄ y MgO, respectivamente.										

En el caso del ciclo de soca o retoño debe tenerse igual cuidado en adicionar lo requerido con base en el análisis de suelo y también en la expectativa agroproductiva que empresarialmente se mantenga, por cuanto no pueden pretenderse altas productividades y vida útil comercial prolongada de las plantaciones si las dosis aplicadas son bajas e insuficientes. El Cuadro 10 detalla la propuesta de fertilización para ese ciclo vegetativo particular; siempre sugiriendo la posibilidad de elevar las dosis de Nitrógeno y Zinc, principalmente, y el Fosforo como opción.

Cuadro 10. Propuesta de fertilización para plantaciones de caña de azúcar en la Zona Sur. CICLO SOCA.										
Caña Soca o Retoño		Dosis de Nutrientos (kg/ha)								
Momento	Fórmula	Cantidad (sacos)	Peso Saco (kg)	kg PC/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S-SO ₄	Zn
35 DDC	17-2-25-4,5 (Mg)-3,7 (S)-0,2 (Zn)	6,5	45	292,5	49,7	5,9	73,1	21,8	32,5	0,6
Forma	Cerca de plantas antes de aporca									
70 DDC	17-2-25-4,5 (Mg)-3,7 (S)-0,2 (Zn)	7,5	45	337,5	57,4	6,7	84,4	25,2	37,5	0,7
Forma	Cerca de plantas antes del cierre									
Total		14		630	107,1	12,6	157,5	47,0	70,0	1,3
Fuente: Propuesta de los autores basada en experiencias de campo.										
DDC = Días Después de Cosecha.										
La propuesta debe ajustarse a las condiciones particulares de fertilidad de cada unidad productiva.										
Las formas químicas S y Mg fueron convertidas a intercambiables como SO ₄ y MgO, respectivamente.										

12.6 Fertilización foliar.

Sobre este tópico tan relevante y actual, cabe señalar que en la región se han realizado investigaciones con resultados valiosos y sugestivos (Chaves y Barrantes 2007), pero aun poco consistentes, que no permiten aun establecer con la objetividad necesaria recomendaciones que redunden en incrementos productivos agroindustriales significativos y con rentabilidad económica.

Lo manifestado por Chaves (2017c) en torno al tema, recoge lo que la investigación institucional ha concluido, al señalar que *“En la actualidad mucho se investiga, pero más se ofrece en cuanto a opciones comerciales para la nutrición empleando otras vías no convencionales, como es el caso de la fertilización foliar, lo cual, sin embargo, no ha logrado aún satisfacción y estabilidad en sus resultados, dejando dudas válidas sobre su efectividad real. En algunos casos esa certeza es mayor como acontece con micronutrientes, particularmente como sucede con el Zinc (Zn), el Silicio (Si) y el Boro (B), cuyas respuestas en muchos casos responden más a condiciones y situaciones muy particulares y hasta coyunturales. Sobre este tema se está investigando en el país sin obtener aún resultados satisfactorios dotados de consistencias que fundamenten una recomendación responsable, técnicamente sólida y bien cimentada, que le redunde al agricultor en incrementos tangibles y mejoras significativas en la calidad de su materia prima.”*

12.7 Aporte nutricional.

Considerando el contenido químico particular de las fórmulas empleadas en el plan de fertilización sugerido y recomendado utilizar en la Región Sur; se anota en el Cuadro 11 como referencia, el aporte de las mismas según nutriente y ciclo vegetativo del cultivo; el cual cabe señalar, ha sido validado en múltiples estudios de investigación y experiencias comerciales en la Región. Debe tenerse presente y tomar en cuenta lo manifestado por Chaves (2017c) basado en información internacional, respecto a que *“...en promedio la planta de caña extrae y absorbe más potasio (K) que cualquier otro nutriente; al cual le siguen el nitrógeno (N) y el silicio (Si) casi en una proporción de 2:1 en favor del K”*; a lo cual agrega, *“...por cada tonelada de caña producida se requiere al menos un kilogramo de Nitrógeno”*.

Cuadro 11.						
Nutrientes aportados (kg/ha) por el programa de fertilización recomendado en ciclo de caña Planta y Soca, para la Región Sur.						
Ciclo Vegetativo	Nutriente (kg/ha)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S-SO ₄	Zn
Planta	123,1	148,8	140,6	42	62,5	1,1
Soca	107,1	12,6	157,5	47	70	1,3
Promedio	115,1	80,7	149,1	44,5	66,2	1,2

Asegura de igual manera Chaves (2017c) en torno a las variedades, que *“El factor genético es definitivamente muy importante en la respuesta que la caña de azúcar reporta a la adición de*

nutrimentos mediante la fertilización, tal vez inclusive más determinante que el mismo suelo, como lo ha demostrado la investigación en ese campo.” Puede asegurarse que buena parte del éxito logrado por el cultivo de la caña de azúcar en la Región Sur, está sustentado en la calidad y capacidad de las variedades sembradas, las cuales han permitido virtud de su rusticidad, capacidad de adaptación y potencial agroindustrial, superar con creces las limitantes de naturaleza edáfica y climática que dominan el entorno agroproductivo del lugar.

13. Malezas (arvenses) presentes en el cultivo de la caña.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en áreas comerciales de la zona cañera de la Región Sur (Pérez Zeledón y Buenos Aires), las malezas que predominan en las unidades productivas son mayoritariamente, entre otras, la *Rottboellia* sp (arrocillo, zacate fuego, caminadora, zacate indio, cholo) y *Digitaria* sp. (Digitaria), como se expone en la Figura 32.



***Digitaria* sp**



***Rottboellia* sp**

Figura 32. Principales malezas presentes en plantaciones de caña de la Región Sur.

13.1 Control Químico.

Se procura con el control oportuno y efectivo de las malezas que en forma natural e inevitablemente crecen en toda plantación comercial, evitar la competencia por agua, luz nutrientes y espacio para con el cultivo de caña que merme e impacte la producción de materia prima.

El control químico es el más empleado en la zona por ofrecer ventajas importantes como cobertura, rapidez, residualidad y efectividad de control; aunque también algunas preocupaciones con su uso que no pueden obviarse y por tanto controlarse y evitarse. Como recomendación general, se debe asegurar que los equipos de aplicación estén debidamente acondicionados y calibrados. Los aplicadores deben cumplir además sin atenuantes de ninguna especie, con el uso correcto de equipos de protección adecuados y respetar las normas y protocolos de seguridad y salud ocupacional requeridos y establecidos para la labor (Barrantes, Ocampo y Alfaro 2018). Se debe disponer de los envases y empaques residuales de manera segura (Figura 33).



Figura 33. Aplicadores de herbicidas en caña de azúcar.

Una vez finalizadas las labores de siembra de la caña o posterior a la cosecha de las plantaciones, aún en época seca, se recomienda efectuar una aplicación de herbicidas en estado de pre-emergencia total, cuando aún no hay presencia de malezas, con la finalidad de mantener el cultivo libre durante el mayor tiempo posible (45 - 60 días).

En el Cuadro 12 siguiente se proponen varias opciones, entre otras existentes, con el detalle de los productos para realizar el control químico de las malas hierbas, las cuales corresponden a mezclas investigadas y recomendadas con base en la experiencia y los resultados comerciales, tanto en caña planta como en ciclo de soca en la Región Sur (Barrantes, Ocampo y Alfaro 2018). Se anota adicionalmente el momento idóneo de aplicación de los productos para lograr su mayor eficiencia de control.

Cuadro 12. Opcion de mezclas para control químico de malezas en la Región Sur. Ciclos de Caña Planta y Soca.			
Ciclo	Opción	Mezcla	Momento
Planta	1	Pendimentalina 50 EC 3 L + Terbutilazina 50 SC 2 L	Preemergencia a la maleza
	2	Diurón 80 WG 2 kg + 2,4-D 2 L	Post Emergencia Temprana
	3	Diurón 80 WG 2 kg +Triclopyr 48 EC 0,5 L	Post Emergencia Temprana
Soca	1	Pendimentalina 50 EC 3 L + Terbutilazina 50 SC 2 L	Preemergencia a la maleza
	2	Hexazinona 75 WG 0,5 kg + Diurón 80 WG 2 kg + 2,4-D 2 L	Post Emergencia Temprana
	3	Hexazinona 75 WG 0,5 kg + MSMA 1 L	Post Emergencia Intermedia (Parchoneo)
	4	Diurón 80 WG 2 kg + MSMA 72 SL 1 L + 2,4-D 2 L ó Triclopyr 48 EC 0,5 L	Post Emergencia Temprana
	5	Diurón 80 WG 2 kg + Hexazinona 75 WG 0,5 kg + 2,4-D 2 L	Post Emergencia Temprana

Fuente: DIECA, Región Sur, 2020.

13.2 Control manual y mecánico.

Importante considerar que el control de malezas se realiza también en la zona por medios manuales y mecánicos de acuerdo con las condiciones y características del área de producción. El primero es ocasional y muy circunstancial para algunas áreas donde es permisible; siendo su costo muy elevado y la residualidad muy baja, lo que lo torna inconveniente y poco rentable. El control mecánico requiere de condiciones de topografía apropiadas que lo faciliten, lo cual no siempre se da, por lo que es también muy circunstancias en condiciones. Es necesario que el control en este caso sea homogéneo, evitando tener que incurrir en la combinación de métodos químico-mecánico, que tornan la labor administrativamente más compleja. El método mecánico se realiza mediante diferentes implementos que se incorporan al tractor para realizar la labor, como pueden ser arados o escardillos. Es imperativo que el paso del equipo se dé antes que la plantación tenga tallos formados o que por su estado de crecimiento pueda dañar la biomasa en desarrollo.

13.3 Coadyuvantes.

El complemento necesario y perfecto de un buen herbicida o mezcla del mismo, es el uso del coadyuvante adecuado, pues el mismo genera y provee condiciones adecuadas para optimizar y maximizar la eficiencia de acción y control de la aplicación y los agroquímicos empleados. En el

mercado existe una gran cantidad de opciones comerciales interesantes, motivo por el cual resulta conveniente y prudente consultar respecto al uso técnico apropiado y recomendado para las diferentes mezclas. Productos como WK, Drexel, Cosmo In y Kaytar, entre otros, figuran como los de mayor uso actualmente en la región. Es muy importante prestar la atención y prioridad debida al coadyuvante requerido para incorporar en la mezcla y la condición proyectada atender en el campo, pues como se ha demostrado con la investigación realizada por DIECA, los resultados son contundentemente diferentes cuando se emplean coadyuvantes diferentes (Chaves 1995; Alfaro 2019).

13.4 Calibración y equipo de protección.

Este tópico constituye un asunto de mucha importancia en el control efectivo de malezas. Para realizar una adecuada calibración y aplicación de herbicidas, se deben considerar aspectos como los siguientes:

- a. Conocer las condiciones particulares y el área de terreno donde se va a realizar la aplicación, con el fin de estimar correctamente la cantidad de ingrediente activo del herbicida que se debe distribuir en ese espacio.
- b. Debe leerse con actitud comprensiva y asimilarse, las recomendaciones y sugerencias técnicas anotadas en la etiqueta de los productos que serán empleados.
- c. Es imperativo conocer con certeza la dosis del/o los producto(s) por aplicar.
- d. Se debe considerar y disponer el volumen de agua requerida en el área de terreno por cubrir. El mismo depende de las condiciones particulares y específicas de la unidad productiva, las características del equipo de aplicación y velocidad de aplicación. Es por estas razones, necesario ajustar la dosis del herbicida según el volumen de agua que se consume en cada caso.
- e. Además, es indispensable y obligatorio contar y asegurar el adecuado manejo de los implementos de seguridad y protección del aplicador de agroquímicos, con el objeto de asegurar su protección personal, y cumplir con las regulaciones y protocolos de seguridad ocupacional establecidas (Figura 34).



Figura 34. Equipo de protección para la aplicación de herbicidas.

14. Prácticas de Conservación de Suelos.

14.1 Manejo de drenajes.

La siembra a contorno de la caña de azúcar es considerada una práctica importante en esta región de relieve tan problemático, la cual va orientada fundamentalmente a procurar la conservación de los suelos, pues los surcos de la plantación se establecen en función de la pendiente existente; siguiendo curvas a nivel. Los surcos de plantas sembrados en esa disposición, crean resistencia al agua de escorrentía, evitando que adquiera la velocidad y fuerza necesaria para generar erosión y por ende arrastre suelo y nutrientes, incluyendo algunas veces hasta la semilla recién sembrada. En la Región Sur en comunidades cañeras con Quebrada Honda, La Angostura, Peje y Pavones es muy común la siembra de plantaciones siguiendo un diseño de conservación del suelo, como el que se ilustra en la Figura 35.



Figura 35. Siembra en contorno y con terrazas en caña de azúcar.

14.2 Cultivos asociados.

En la Región Sur, particularmente en las comunidades de La Angostura, Quebrada Honda, Pavones y la Ceniza, es común entre los productores, la práctica de asociar otros cultivos alternativos. Acontece que luego de establecer las siembras nuevas o realizar renovaciones de plantaciones agotadas de caña de azúcar, se siembra de manera asociada frijol o maní; con lo cual se aprovecha la capacidad fijadora de Nitrógeno de esas leguminosas y favorece la oferta nutricional de ese nutrimento a la caña (Figura 36). Dicha asociación no afecta los rendimientos por competencia, como si puede suceder en el caso del asocio caña-maíz; permitiéndole adicionalmente al agricultor, aprovechar eficientemente su terreno con una mayor productividad y mejor expectativa de incrementar sus ingresos



Figura 36. Cultivo asociado caña-frijol.

14.3 Aporca.



Figura 37. Aporca de caña de azúcar.

Está amplia y suficientemente demostrado el efecto beneficioso favorecido por la aporca, en relación a los problemas de exceso de humedad provocados por el encharcamiento al pie de la planta, particularmente en zonas de alta precipitación y/o con limitaciones en el drenaje superficial. La oportunidad de efectuar la práctica de la aporca depende del grado de desarrollo y encepamiento alcanzado por el cultivo. Se espera una altura máxima de 50 a 60 cm; lo que se consigue en plantaciones entre 45 y 60 días después de realizada la cosecha o la siembra, dependiendo de la variedad cultivada (Figura 37). Esta práctica es poco realizada en la región y se está en un proceso de inducción a nivel de productores, para que sea efectuada por las múltiples ventajas que aporta.

15. Plagas.

Como acontece con todos los cultivos comerciales, las plagas constituyen un problema serio que debe atenderse y resolverse con capacidad para evitar sufrir impactos que traen serias consecuencias ambientales, productivas, económicas y a la salud graves. Son numerosos los agentes que provocan daño en la caña de azúcar, como lo exponen Chaves y Aguilar (1991), CoopeAgri

(2010), Salazar *et al* (2017) y Salazar (2017) en sus ponencias. Seguidamente se comenta respecto a las plagas más incidentes e importantes en la región.

15.1 Barrenador común (*Diatraea guatemalaella* Shaus).

Esta es la principal plaga en caña de azúcar con afectación significativa. La plaga tiene un ciclo de vida entre 50-60 días. Se encuentra presente además de la Región Sur, el Valle Central Occidental, la Región Norte y el Pacífico Seco. El daño consiste en



Figura 39. Controlador biológico *Cotesia flavipes*.

que la larva perfora el tallo y se alimenta del tejido parenquimatoso interno provocando galerías o túneles. Esa afectación favorece el ingreso de hongos y bacterias, provocando con ello, una disminución severa en la calidad de los jugos (Figura 38). Para su control se deben desarrollar monitoreos permanentes para la detección temprana de la plaga y poder llevar a cabo un adecuado control con niveles bajos de población utilizando el controlador biológico *Cotesia flavipes* (Figura 39).



Figura 38. Barrenador común (*Diatraea guatemalaella*)

15.2 Jobotos y abejones (*Phyllophaga* spp.).

Esta plaga se caracteriza por el grave el daño causado por las larvas a nivel de raíces. Su ciclo de vida es anual y la plaga presenta también un impacto severo en otros cultivos. Se debe promover la captura de “abejones de mayo” (etapa adulta) al inicio del periodo de lluvias; promoviendo el uso de trampas de luz o feromonas específicas para *Phyllophaga elenans* (Figura 40). Por la importancia que tiene la plaga, es necesario comprobar la presencia de larvas (jobotos) en las plantaciones en estadios iniciales y consultar al técnico regional la posibilidad de realizar control químico o biológico. Es una plaga de cuidado con nefastos antecedentes en esta región, lo que merece máxima atención.



Figura 40. Estado larval y adulto de la plaga de jobotos (*Phyllophaga* spp.)

15.3 Picudo (*Metamasius hemipterus*).



El Picudo de la caña es una plaga que es atraída por los cortes o heridas de los tallos en proceso de fermentación, y por lo tanto, su infestación se puede dar en los trozos residuales de semilla o en los “tocones” que quedan luego del corte de tallos en la cosecha. También, cuando los tallos se quiebran al volcarse o en orificios de salida de otros insectos como el barrenador del tallo. Por ello, es fundamental en el manejo de esta plaga no dejar residuos vegetales de cosecha, material en descomposición o semilla expuesta (Figura 41). Para su control se recomienda el uso de trampas con atrayentes y feromonas y complementariamente desarrollar un adecuado control de otras plagas primarias como el barrenador común. Últimamente ha aparecido en plantaciones de caña el picudo de la piña (*Metamasius dimidiatipennis*); por lo que se están monitoreando las poblaciones de ésta.

Figura 41. Picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*)

15.4 Cigarrita Antillana (*Saccharosydne saccharivora*).

La Cigarrita Antillana (*Saccharosydne saccharivora*), es un insecto homóptero. En su etapa de adulto presenta una coloración verde pálido (Figura 42). Es considerada una plaga importante en el cultivo de la caña de azúcar con presencia regular en la Región Sur de Costa Rica. Es imperativo determinar su presencia en las plantaciones y definir con buen criterio las necesidades y acciones de control por adoptar; para ello, se utiliza con mucha eficiencia la aplicación del hongo *Metarhizium* sp.



Figura 42. Cigarrita Antillana (*Saccharosvdne saccharivora*).



Las ninfas y adultos de la plaga presentan un aparato bucal picador-chupador que extrae la savia de las hojas desde su envés. Conforme el insecto se alimenta, excreta sobre el haz de las hojas aledañas una sustancia melosa que se va depositando sobre las hojas inmediatamente inferiores. Esa miel funciona como sustrato nutritivo para el desarrollo del hongo *Meliola* sp. (fumagina) observado en hojas bajas con su característica coloración oscura que afecta la capacidad fotosintética del sistema (Figura 43).

Figura 43. Hongo *Meliola* sp. (fumagina)

15.5 Comején (*Heterotermes* spp., *Nasutitermes* spp.).

Los comejenes son insectos que viven en colonias bien organizadas donde diferentes grupos especializados en su actividad, se dedica a desarrollar diversas labores para el beneficio común. Esta plaga se ha venido peligrosamente incrementando en la Región Sur. En principio era frecuente encontrarla en los cercados de las plantaciones; ahora es común ubicarlas en el interior de los cañales. Como medida efectiva de control se deben realizar labores de remoción y destrucción de los nidos de comején, establecidos en infestaciones pequeñas o también focalizadas, lo cual debe extenderse a los linderos eliminando la reina. Es importante evitar que esta plaga se distribuya y establezca masivamente en la región (Figura 44).



Figura 44. Comején (*Heterotermes* spp., *Nasutitermes* spp.)

15.6 Áfidos (*Sipha flava* - *Melanaphis sacchari*).

Es una plaga chupadora de savia que vive en colonias en el envés de las hojas. El mayor daño de la misma se da durante la época seca. Es característico en este insecto que tanto las ninfas como los adultos succionen la savia e inyecten saliva conteniendo sustancias tóxicas en las hojas; lo que provoca al inicio puntos de color marrón en los sitios de alimentación, luego las hojas se tornan amarillas o rojo oscuro y finalmente se secan desde las puntas (Figura 45). Es muy importante realizar una detección temprana y realizar un control cuando los niveles de población son bajos; para lo cual resultan efectivos los hongos entomopatógenos como *Beauveria* o *Lecanicillium*.



Figura 45. Áfidos (*Sipha flava* - *Melanaphis sacchari*)

15.7 Ácaro del Herrumbre de la caña (*Abacarus* sp).

Esta plaga denominada *Ácaro del Herrumbre de la Caña* se alimenta del tejido de la epidermis de la hoja, pudiendo aparecer tanto en el haz como en el envés de la misma. Entre la sintomatología se presentan manchas cloróticas en ambos lados de la lámina foliar (Figura 46). Cuando las poblaciones son altas se queman las puntas y observa un color de amarillento a anaranjado de forma general en el cañal. En la Región Sur la variedad CP 87-1248 es muy susceptible a la afectación por dicha plaga.



Figura 46. Acaro del Herrumbre de la Caña (*Abacarus* sp)

16. Enfermedades

No cabe la menor duda que el área fitosanitaria constituye una prioridad en cualquier cultivo, no siendo la caña ninguna excepción; motivo por el cual, y basados en los graves antecedentes que mantiene la Región Sur en esta materia, el tema debe abordarse con la prioridad requerida y exigida. Son numerosos los patógenos que tienen incidencia y provocan daño importante en el cultivo, como lo reseña Chavarría (2017) en su abordaje. Es conocido que el manejo de enfermedades en el cultivo de la caña de azúcar tradicionalmente se ha basado en el cultivo de variedades tolerantes o resistentes a los diferentes patógenos que las causan, como lo señala Chaves (2018a); sin embargo, con la presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en la zona, se ha hecho necesario el uso del control químico como una medida paliativa, en el tanto se desarrolla en la zona el cambio a nuevas variedades. A continuación, se describen algunas enfermedades que son de importancia económica para el cultivo.

16.1 Fungosas.

➤ Roya café (*Puccinia melanocephala*)

La roya común o café (*Puccinia melanocephala*) se presenta en niveles muy bajos en toda la región y aparece en algunas fases de desarrollo del cultivo. Sobre la hoja se observan estructuras con manchas notorias de color café oscuro rodeadas por un halo amarillo, cuando hay esporulación por debajo de la hoja se presentan lesiones de un color café intenso (Figura 47). Expresa Chavarría (2017) en torno a esta enfermedad, que “Lesiones similares a las de la roya naranja pero tienen tonalidades más oscuras, en algunos casos el borde clorótico puede ser más definido (amarillo), las lesiones son más definidas que las de la roya naranja que tienden a ser más difusas y es poco común que se fusionen. En la parte de debajo de la hoja (envés) las lesiones pueden tener una textura aterciopelada con un color café oscuro que corresponden a las esporas (uredósporas) del hongo y que al liberarse se asemeja a un polvo color café. Ambas royas se pueden confundir ocasionalmente cuando las lesiones no están esporuladas.”



Figura 47. Roya café (*Puccinia melanocephala*)

➤ **Roya naranja (*Puccinia kuehnii*).**

Esta enfermedad atacó sorpresivamente con mucha fuerza en el año 2007 y posteriores algunas variedades comerciales susceptibles que ya no se cultivan en la región, como fue el caso de la SP 71-5574, la cual dominaba virtud de su gran capacidad de adaptación y sus excelentes condiciones productivas agroindustriales la región, como lo valoró y justificó en esa oportunidad Chaves (2008d). La afectación productiva, social y económica fue inmensa generando una verdadera crisis local que requirió desarrollar toda una estrategia de manejo operada en diversos campos, como lo indica y comenta con detalle Chaves (2008abc).

En la actualidad, algunas variedades comerciales presentan un grado de tolerancia media a la enfermedad como acontece con RB 98-710 y LAICA 05-805. Los síntomas se caracterizan por la formación inicial de pequeñas manchas necróticas, que en el caso de lesiones avanzadas son de color naranja y en ocasiones pueden llegar al amarillo pardo. Conforme se desarrolla la enfermedad, la hoja adquiere una tonalidad rojiza, dando a la plantación una apariencia de marchites extrema. En casos severos la enfermedad produce y conduce a la muerte de la hoja, lo que ocasiona reducción del área foliar, disminuyendo con ello significativamente la capacidad fotosintética de la plantación, y por lo tanto, afectando el grosor, longitud y número de tallos producidos, lo que se traduce en una significativa reducción del tonelaje de materia prima industrializable y sacarosa concentrada (Figura 48). La vida útil de las plantaciones afectadas se acorta rápidamente volviéndolas poco rentables y por tanto sujetas a renovación inmediata.



Figura 48. Roya naranja (*Puccinia kuehnii*)

➤ **Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*).**

La enfermedad del Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*) se presenta en niveles bajos en la mayoría de variedades comerciales cultivadas actualmente en la Región Sur; especialmente las variedades RB 86-7515 y RB 99-381. Se caracteriza por una clorosis en la base de las hojas, deformación (corrugación) y muerte del cogollo así como deformaciones en el tallo (Figura 49).



Figura 49. Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*)

Mancha Parda (*Cercospora longipes*):



Es una enfermedad foliar que provoca manchas planas, de color pardo, ovales, rodeadas de un halo amarillo. Luego, el centro se seca tornándose de color rojizo. Las manchas pueden fusionarse y formar parches visibles en ambos lados de la hoja (Figura 50). Las condiciones que le favorecen son la humedad relativa elevada y los días nublados y oscuros. Se presenta muy poco, aunque particularmente se le encuentra en las zonas altas de la región como Quizarrá y Santa Elena en el distrito de General en la Región Sur. Se considera que no es de importancia económica en la zona.

Figura 50. Mancha Parda (*Cercospora longipes*)

➤ **Carbón de la Caña (*Scitaminea sporisorium*)**

Esta enfermedad que afecta al cultivo de la caña de azúcar y que en la década de los años 80 provocara gran impacto en el país, es causada el hongo *Scitaminea sporisorium*, que al invadir la región meristemática de la yema produce la formación de una estructura semejante a un látigo carbonoso en la parte terminal de los tallos infectados (Figura 51). Las esporas del hongo se transmiten por medio del viento, los insectos, semilla de caña enferma y por medios físicos. Como medida de control se recomienda el empleo de caña semilla sana y el cultivo de variedades resistentes.



Figura 51. Carbón de la Caña (*Scitaminea sporisorium*)

16.2 Bacteriales.

➤ **Raya Roja (*Acidovorax avenae* subsp. *avenae*)**

Es una enfermedad sistémica en la que aparecen en las láminas de las hojas y algunas veces en las vainas, unas estrías largas y estrechas de color rojizo, paralelas a la nervadura central que pueden necrosarse (Figura 52). Señala Chavarría (2017) al respecto, que “*Lesiones foliares iniciales de forma alargada y de coloración rojiza. También se observan pudriciones húmedas de las hojas y muerte del cogollo, acompañado de exudados bacteriales de olor fétido en los tejidos afectados.*” Afecta también los tallos, en cuyo interior tal se observa una coloración rojiza. Condiciones de bajas temperaturas, períodos de sequía y suelos con mal drenaje y baja fertilidad favorecen la enfermedad; la cual se puede transmitir principalmente a través de caña semilla enferma, machetes o implementos de corte mecánico contaminados.



Figura 52. Raya Roja (*Acidovorax avenae* subsp. *avenae*)

16.3 Virales.

➤ Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV)

Es poco frecuente en la región y su presencia compromete el desarrollo normal y general del cultivo, afectando su vida útil y sobre todo la producción de semilleros sanos de caña. Debe tenerse preventivamente cuidado especial y mucho control del material vegetativo que ingresa de otras regiones, particularmente del Valle central, pues podría eventualmente introducir el virus comprometer la situación fitosanitaria de la región.



Figura 53. Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV)

➤ Raquitismo de las socas o RSD (*Leifsonia xyli subsp. xyli*).

Esta enfermedad no se evidencia visualmente con un síntoma fácil de reconocer por lo que requiere necesariamente de un análisis de laboratorio para su detección. Para controlar esta bacteria se realizan tratamientos de hidrotermoterapia en algunas etapas del proceso de reproducción en semilleros de caña. La planta no muestra síntomas externos visibles, por lo general se observa una reducción importante en el grosor y la longitud de los tallos y entrenudos, pocos brotes en las cepas, desarrollo irregular, lento y de apariencia raquítica de la planta, lo cual afecta el rendimiento agroindustrial de la plantación de caña, particularmente en su tonelaje. Por lo general, los retoños son más afectados que las siembras nuevas. Se considera que plantaciones con valores de incidencia superiores al 20% de tallos infectados requieren de atención (Chavarría 2017).

17. Cosecha de la caña.

17.1 Floración.

Esta manifestación natural de la planta de caña de azúcar resulta contraproducente y hasta poco deseada para los intereses comerciales del agricultor, en consideración de que afecta el crecimiento y con ello el tonelaje potencial de la plantación. La Región Sur tiene condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad, fotoperiodo) que favorecen y estimulan la emisión de flor, lo cual debe ser considerado como criterio al seleccionar variedades para uso comercial. El trabajo de mejora genética desarrollado durante la fase de selección de clones toma en consideración esta variable, procurando que su manifestación no sea excesiva y que el contenido de fibra y la formación de médula (corcho) formada en los tallos no supere los niveles aceptables. La emisión de la flor en la región aparece a partir del mes de octubre, pese a que la diferenciación floral se estima que

acontece entre el 8 y el 20 de setiembre, como lo han señalado Carvajal *et al* (2019) y Chaves (2017d).

17.2 Cosecha oportuna.

Durante la cosecha el corte del tallo debe ser a ras del suelo, nunca dejando secciones de tallo por un corte alto, lo cual resulta de consecuencias graves para la población de tallos que emerge. Además, el despunte debe hacerse a una altura donde se separe el cogollo del tallo moledero, lo cual, de ser incorrecto, introduce cogollo con la entrega o deja tallo con azúcar en el campo. Un método sencillo para definir el punto correcto de corte es donde se da el quiebre natural al doblar el cogollo en el tercio superior del tallo. Otro aspecto a considerar es minimizar la cantidad de materia extraña contenida en las entregas de caña al ingenio (Figura 54). Es indispensable que la caña ingrese a molienda lo más pronto posible después de cosecha y que no supere bajo condiciones normales las 36 horas; sobre todo si es quemada.

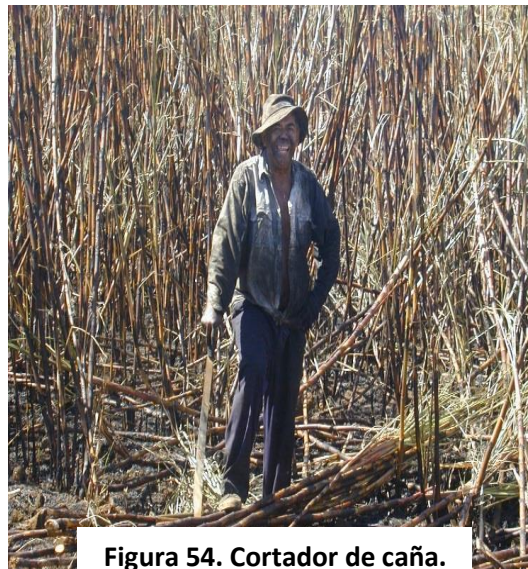


Figura 54. Cortador de caña.

Existen elementos y circunstancias relevantes a tener en cuenta para realizar una cosecha satisfactoria y exitosa de la plantación, lo cual debe implementarse mediante un buen planeamiento donde se considere entre otras cosas lo siguiente:

- a) **Producción:** proyectar y estimar con certeza el total de caña (t/ha) a producir y prevista cosechar, lo cuál definirá la programación diaria de corta y entregas al ingenio.
- b) **Necesidad de mano de obra:** es importante con base en la programación de corta diaria, estimar la demanda de mano de obra que se requiere disponer para satisfacer la cosecha prevista efectuar. Ojalá contratar con tiempo las cuadrillas y el personal de cosecha necesario, preferiblemente que cuente con la experiencia necesaria.
- c) **Área por quemar:** debe asegurarse que el área a quemar cuente con el permiso de quema respectivo (Chaves 2009, 2017a). Realizar la práctica exclusivamente para el área equivalente a la cuota de entrega de ese día, cumpliendo estrictamente con todos los condicionantes establecidos y exigidos.
- d) **Periodo quema-corta-molienda:** el tiempo transcurrido entre el momento que se quema y corta la plantación, vinculado al de transporte y molienda de la materia prima, es vital en el resultado final pues influye de manera determinante sobre la calidad de los jugos y la caña en general.
- e) **Transporte o acarreo:** disponer y asegurar el transporte diario de la materia prima cortada durante toda la zafra; además, el mismo debe ser oportuno y ágil en el periodo de acarreo entre finca-ingenio, para no retrasar el proceso y con ello la pérdida de cuotas de entrega.
- f) **Variedad:** la cosecha de la plantación debe ser consecuente y en función del grado de madurez de la caña; iniciando con variedades de madurez temprana, seguido por las intermedias y de último las tardías.

Es definitivo tener muy presente como anotara Chaves (2020d) con absoluta razón, que **“El azúcar en el cultivo de la caña se produce en el campo y extrae en la fábrica”**, dando por un hecho comprobado y demostrado, que **“La fábrica no puede extraer más azúcar de la que contenga la planta de caña”**.

17.3 Materia extraña.

Según Rozeff (1997), la basura se puede definir de distintas maneras. Para el que trabaja en la fábrica es cualquier cosa menos la caña moledera que se entrega, que puede ser cogollos, hojas verdes y secas, malezas y tierra que vienen conjuntamente con la caña (Figura 55). La ISSCT, mencionada por Artavia (1983), define la materia extraña, como **“Hojas, extremos o topes (mamones), cañas muertas, raíces, tierra, etc., entregadas como parte de la caña.”** Artavia (1983) menciona que la industria azucarera deberá abocarse a mejorar hasta donde sea posible, la recolección en campo y a disminuir los efectos tan nocivos que provoca la materia extraña; ya que como la afirma Rodríguez (1983), **“la peor plaga que existe en la industria azucarera se llama materia extraña.”**



Figura 55. Materia extraña (raíces) en cosecha de caña de azúcar.

En el Cuadro 13 se presenta un detalle de la composición promedio medida en entregas comerciales de caña realizadas al Ingenio El General, durante un periodo representativo de cuatro zafras (2016-2019). El contenido integral de materia extraña en dichas entregas fue de un 3,14 % como promedio general; distribuido al fraccionarlo en 0,82% en lo concerniente a cogollo; 1,82% en hoja seca; 0,03% en contenido de hoja verde; 0,07% en residuos de raíces; 0,38% en tierra y 0,01% en otros componentes (Barrantes *et al* 2019). Es notorio el esfuerzo realizado en la región por bajar este contenido, como se observa entre zafras pasando, de un 5,35% en el 2016 a solo 1,90% en el 2019, lo que es bastante significativo y muy trascendente para los intereses del sector en la región.

Cuadro 13.							
Composición promedio de la Materia Extraña (%) determinada en entregas comerciales de caña de azúcar al Ingenio El General. Pérez Zeledón, Costa Rica. Período 2016-2019.							
Año	Total	Cogollo	Hoja Seca	Hoja Verde	Raíces	Tierra	Otros
2016	5,35	2,25	2,20	0,07	0,14	0,70	0
2017	2,88	0,33	2,02	0,06	0,06	0,41	0,01
2018	2,41	0,11	1,95	0,01	0,05	0,28	0,01
2019	1,90	0,59	1,12	0,01	0,03	0,14	0,02
Promedio	3,14	0,82	1,82	0,03	0,07	0,38	0,01

Fuente: Programa de Control de Calidad. Ingenio El General (2020).

17.4 Quema agrícola controlada.

La importancia de realizar la quema controlada en plantaciones comerciales para su corta, radica en eliminar material no azucarado acompañante de la materia prima cosechada y prevista entregar al ingenio para su procesamiento fabril. Dicho material es primordialmente de naturaleza biomásica y por tanto orgánica, compuesto por follaje seco, restos vegetales y circunstancialmente otros componentes conceptualizados genéricamente como materia extraña (Chaves y Bermúdez 2006). El objeto fundamental de la práctica es facilitar la corta ya sea manual o mecánica de la materia prima y su recolección en el campo, aumentando la eficiencia integral de la labor. Esta práctica también ayuda a disminuir poblaciones de algunas plagas tales como insectos y roedores; además de arañas y serpientes (Figura 55). Señor agricultor, si por acaso usted realiza la práctica, recuerde que la misma está regulada y reglamentada por lo que debe respetar, acatar y cumplir sin objeción, toda la normativa vigente en el Decreto Ejecutivo # 35368-MAG-S-MINAET publicado en el Diario Oficial “La Gaceta” No. 147 del 30 julio 2009 (Chaves 2009, 2013, 2017a).

En general, se recomienda quemar preferiblemente entre las 7:00 p.m. y las 4:00 a.m.; definir el tamaño del lote de acuerdo a la capacidad de corta y programación de entrega asignada, como también procurando que el lapso de corta-molienda sea el menor posible para evitar el inconveniente deterioro de los jugos, procurando en general que no sea mayor a 36 horas. La ronda cortafuego debe realizarse sin restricción alguna. Una circunstancia a tomar en cuenta respecto al tamaño del lote a quemar es la capacidad de control que se tenga sobre el fuego, eliminando adicionalmente cualquier factor de riesgo que pudiera existir; por lo cual se deben adoptar todas las medidas preventivas válidas y pertinentes.



Figura 55. Quema agrícola controlada de una plantación de caña de azúcar.

17.5 Maduración.

La maduración de la caña de azúcar se define como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta. Este proceso natural puede acelerarse artificialmente mediante el uso de productos químicos que actúan metabólicamente como bioestimulantes, como acontece habitualmente en las regiones de Guanacaste y el Pacífico Central. En términos sencillos, la función de un madurador es hacer que la planta detenga su crecimiento

vegetativo, pero acelere su metabolismo y concentre sacarosa en menor tiempo. Se busca que la planta prolongue con el uso de estos productos, el almacenaje de energía en los tejidos vasculares del tallo para luego ser transformada en azúcar durante el proceso de molienda.

En la Región Cañera Sur el uso de madurantes no es una práctica empleada y menos arraigada en el manejo comercial de las plantaciones de caña; pues por antecedente, las excelentes concentraciones obtenidas históricamente han sido exclusivamente por maduración natural. A pesar de ello y el hecho de suponer no tener necesidad de forzar e inducir artificialmente el acumulo de sacarosa en los tallos, recientemente se han realizado estudios en esa orientación explorando posibles resultados.

En el Cuadro 14 se muestra el resultado del efecto generado por la adición de 13 productos de naturaleza herbicida y no herbicida, sobre la maduración y producción agroindustrial de la caña de azúcar en la “Finca Sonador” propiedad de CoopeAgri, ubicada en el cantón de Buenos Aires, Región Sur. Se encontró una respuesta diferencial de los productos y sus mezclas, mayoritariamente positiva sobre el Testigo sin aplicación de la variedad CP 87-1248 luego de cuatro cosechas. El incremento promedio de concentración de sacarosa del mejor producto (Glifosato) fue de 9,53 kg (+8,8%) sobre el Testigo en el Rendimiento Industrial (kg/t); el tonelaje de caña del Moddus superó al Testigo en 10,55 t/ha (12,7%). Como efecto integrado la mejor producción de azúcar/ha la obtuvo el Moddus con 10,40 t/ha, superando al Testigo en 1,49 t/ha para un significativo 16,7%. Los productos de mejor respuesta productiva proyectada a lo económico, fueron por su orden: **Moddus, Glifosato, Glifosato + Nutriphite y Orofos**, respectivamente (Alfaro *et al.* 2019).

Los resultados logrados son muy sugestivos y alentadores pues demuestran que aun con la condición favorable que presenta la Región Sur para concentrar sacarosa en los tallos de sus cañas, la respuesta a la adición de madurantes es positiva productiva y financieramente. Es viable utilizar estos productos en aquellas localidades donde pudieran existir problemas para la maduración natural de la planta.

Cuadro 14.				
Estudio de productos con potencial para ser empleados como Madurantes de caña de azúcar en Buenos Aires, Zona Sur.				
N	Tratamiento dosis/ha	Rendimiento Industrial (kg azúcar/t)	Producción de Caña (t/ha)	Producción de Azúcar (t/ha)
1	Moddus (0,9 l)	111,24	92,99	10,40
2	Glifosato (0,45 l) + Nutriphite (0,75 kg)	112,64	90,18	10,13
3	Orofos (3 l)	113,02	88,56	10,00
4	Glifosato (0,9 l)	117,30	85,93	9,97
5	Nutriphite (0,75 kg) + Fusilade (0,5 l)	112,41	89,04	9,96
6	Glifosato (0,45 l) + Moddus (0,45 l)	112,76	85,75	9,66
7	Potafos (2 l)	110,92	86,97	9,61
8	Glifosato (0,5 l) + DP 98 (1,5 l)	113,38	83,88	9,47
9	Cosmo Madurador (2 kg)	109,85	86,11	9,47
10	DP 98 (3 l)	111,21	84,85	9,41
11	Nutriphite (1,5 kg)	106,79	87,85	9,40
12	Tech Spray (1 l) + NAIAD (0,5 l)	108,78	85,53	9,33
13	Optilux (1,5 l)	108,65	85,25	9,24
14	Testigo	107,77	82,49	8,91
Testigo sin aplicación de Madurante. Resultados promedio cuatro cosechas				
Fuente: Alfaro, Ocampo y Barrantes (2019).				
Variedad CP 87-1248.				

17.6 Control de madurez.

Se recomienda realizar muestreos sistemáticos de madurez que permitan definir y ordenar secuencialmente los mejores lotes de la plantación a cosechar, con lo cual se optimiza la concentración de sacarosa contenida en los tallos de la planta. Dichos muestreos deben iniciarse con al menos 1-2 meses previos al inicio de la zafra. Hay métodos diferentes para llevar a cabo ese muestreo, como es el empleo del refractómetro digital de mano (Figura 56). Se recomienda consultar al técnico regional para el asesoramiento respectivo.



Figura 56. Refractómetro digital para medir madurez en campo.

17.7 Tipos de cosecha.

En la región la cosecha se realiza básicamente bajo dos modalidades: manual y semi-mecanizada. La cosecha mecanizada se realiza en una proporción mínima (< 5%), teniendo dificultades por razones topográficas y de estructura de tenencia de la tierra, donde domina la pequeña parcela.

17.7.1 Cosecha manual.

Acontece que por causa del relieve y la topografía quebrada prevaleciente, el tamaño y la distribución extendida de las fincas en la región (Figura 4), la cosecha manual es el sistema que predomina y más se utiliza en la región. Consiste en realizar la corta y la carga de la caña en forma manual en carretas diseñadas para este propósito (Figura 57). El acarreo de la materia prima hasta los diferentes centros de acopio se hace por medio de tractores de llantas. Este tipo de cosecha predomina entre los pequeños y medianos productores de la Región Sur.



Figura 57. Cosecha y carga manual de caña de azúcar.

17.7.2 Cosecha semi-mecanizada. La cosecha semi-mecanizada consiste en realizar la corta en forma manual y la carga de la caña de manera mecanizada; lo que permite movilizar mayores volúmenes de caña en menos tiempo (Figura 58). Para obtener mejores indicadores de eficiencia de cosecha en esta modalidad, se requiere contar con terrenos con pendientes menores al 15%, y con adecuadas vías de acceso para la movilización del transporte.



Figura 58. Cosecha semi-mecanizada de caña de azúcar.

17.7.3 Cosecha Mecanizada.

Este tipo de cosecha consiste en realizar las labores de corta, despunta, despaje y carga en forma mecanizada, mediante el uso de equipos especializados (Figura 59). La Región Sur presenta limitantes para optimizar el uso de esta tecnología; pues no existen suficientes áreas con extensión y topografía que permitan un alto desempeño de estas máquinas aprovechando las economías de escala. De igual manera las distancias entre plantaciones son alejadas, lo que obliga movilizar los equipos, disminuyendo eficiencia. Los mejores indicadores con esta modalidad se logran con terrenos planos de gran extensión y con pendientes menores al 5%. El porcentaje de cosecha de este tipo es mínimo en la región (<5%) por las circunstancias descritas.



Figura 59. Cosecha mecanizada de caña de azúcar.



Figura 60. Remanga en caña de azúcar.

17.8 Remanga. Esta importante práctica consiste en acordonar los residuos vegetales de la cosecha que quedan distribuidos en el campo y acondicionarlos en el entresurco, con el objetivo de facilitar la emergencia de los rebrotes de caña (Figura 60). La práctica es realizada por la mayoría de los productores y se puede ejecutar en forma manual o mecánica. La cosecha manual provoca que la cantidad y tamaño de los residuos sea mayor. Otro factor que afecta la labor se da cuando se remanga en la época de invierno, al humedecerse el rastrojo aumenta su peso y complica su acordonamiento, por lo que hay que procurar hacerla mejor en verano. No se recomienda bajo ningún argumento la quema de

estos residuos en el suelo.

17.8 Transporte.

El transporte en la actividad cañera representa un alto porcentaje en los costos de producción. Para ello se utilizan diferentes medios según sea la modalidad de cosecha, la topografía del terreno, la capacidad financiera, la distancia entre la plantación y el ingenio (Figura 61). En la región el transporte se realiza de tres maneras diferentes: tractor de llantas; camión ó tándem y tráiler o cabezal. A continuación, se describen brevemente.



Figura 61. Vista panorámica de equipo de transporte en frente de corte durante la zafra.

17.8.1 Transporte en tractor de llantas.

El tractor de llantas o “chapulín” como se le llama típicamente, se emplea desde el campo hasta la romana o el ingenio. Se recomienda acomodar bien la caña y amarrarla con cadenas, para evitar posibles desacomos, accidentes y pérdidas económicas por caña dejada en el campo. Normalmente con este sistema se acarrea entre 7 y 8 toneladas en dos carretas (Figura 62).



Figura 62. Transporte en tractor de llantas.

17.8.2 Transporte en camión o tándem.

El camión o “tandem” se emplea para transportar caña de las fincas directo al ingenio, permite disminuir costos y eficientizar el transporte (Figura 63). La labor de carga se realiza con cargadoras mecánicas en condiciones de pendientes menores al 15%.



Figura 63. Transporte de caña en camión o tándem.

17.8.3 Transporte por cabezal o furgón.

El “trailer” se emplea para tornar más eficiente el transporte, la velocidad y la capacidad, movilizand o cerca de 25 toneladas por viaje, lo que permite bajar costos y agilizar el movimiento de la caña desde los centros de acopio hasta la industria donde será procesada la caña (Figura 64).



Figura 64. Transporte de caña en tráiler o cabezal.

18. Molienda de la caña de azúcar.

18.1 Entrega y recibo de la caña.

La fase de molienda de la caña de azúcar en la Región Sur se hace en un único ingenio llamado El General, propiedad de la Cooperativa CoopeAgri R.L., que inició operaciones en el año 1974 manteniéndose en labor continua desde hace 47 años hasta la fecha. Al llegar a las instalaciones del ingenio, las entregas de caña son referenciadas, pesadas y muestreadas para su respectivo análisis industrial, ya que por lo establecido en la Ley No.7818, el pago directo de la caña se hace con base en la calidad industrial de la misma. En la imagen siguiente (Figura 65) se ilustra muy bien el proceso de pesada de las entregas y la toma de muestra en el patio del ingenio para entrar al proceso industrial.



Figura 65. Área de pesaje y muestreo en el Ingenio El General.

En el mismo patio se va almacenando y acumulando materia prima que servirá para abastecer la molienda y satisfacer el proceso fabril en momentos cuando hay entregas procedentes del campo; principalmente en horas de la noche (Figura 66). Es importante que la molienda se realice con caña fresca para evitar las pérdidas que puedan darse por inversión y contaminación durante su permanencia en el patio, como lo ha señalado Chaves (2019e, 2020a).



Figura 66. Área de almacenamiento de caña para molienda.

Una vez colocada en la mesa de recibo (Figura 67) la materia prima es movilizada, picada y conducida al sistema de molidos para extraerle el jugo, para lo cual los tallos pasan por un conjunto de masas de molinos donde se inicia todo el proceso industrial a nivel de fábrica. En primera instancia se extrae el jugo contenido en los tallos de la planta y luego la sacarosa se concentra y cristaliza por medio de procesos físico-químicos, logrando pasar de sólidos diluidos a cristales de azúcar.

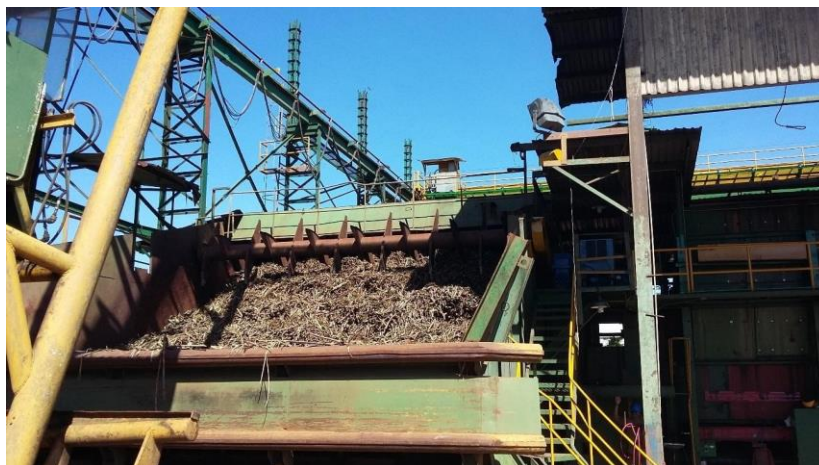


Figura 67. Mesa de recibo de caña en Ingenio El General.

18.2 Materia prima de alta calidad.

En Costa Rica, el pago de la materia prima caña está regulado por la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar, Ley N° 7818 de 1998 y su Reglamento (LAICA 1998, 2000), correspondiendo a LAICA fiscalizar, verificar y asegurar que los equipos, procedimientos y mecanismos aplicados en el cálculo del pago por el Ingenio sean consecuentes y concordantes con lo que establece la legislación vigente. En el sistema de pago por calidad se determinan a nivel de laboratorio varios indicadores muy importantes que van a permitir realizar el cálculo respectivo de la calidad de la entrega. Chaves *et al* (2018) los definen como sigue:

“La calidad de la materia prima que es procesada en el Ingenio está determinada en alto grado por el valor que reporten los indicadores básicos obtenidos a partir del jugo extraído de los tallos, como se detalla a continuación:

Brix: *representa la cantidad de sólidos presentes en una “solución de sacarosa pura”, expresados como porcentaje en peso; determinados por el hidrómetro de Brix o cualquier otra medida de la densidad convertida en la escala Brix. Por extensión, Brix representa los “sólidos aparentes” que contiene una solución de azúcar.*

Pol: *se define como el resultado que se obtiene de la polarización directa o sencilla en un sacarímetro, de una solución, o del “Peso normal” de un material sacarino en solución. Debido a que*



el valor real de la sacarosa se ve afectado por las sustancias no sacarosas presentes en la solución, se usa “Sacarosa Aparente” como equivalente a Pol.

Pureza: *expresado en términos de porcentaje se refiere a la proporción en que se encuentra la Sacarosa o Pol respecto a los sólidos totales, en cualquier material de ingenio azucarero.*

Fibra: *es la materia seca e insoluble en agua que contiene la caña. La definición incluye todos los materiales insolubles como la tierra y las piedras; es mejor conocida como Fibra Industrial. La verdadera Fibra o celulosa no se determina en el control de fábrica.*

Fibra % Caña: *es la cantidad de Fibra Industrial referida a cien partes de caña expresada como porcentaje.*

Pol % Caña: *Corresponde al porcentaje de sacarosa en caña. Es la cantidad total de azúcar (sacarosa) contenida en la caña procesada.*

Rendimiento de azúcar: *se refiere al peso de “azúcar comercial” que se obtiene a partir de una determinada cantidad de caña sin tomar en cuenta su composición. No se toma en consideración la composición o análisis del azúcar. Se puede expresar en forma porcentual o en kilogramos por tonelada métrica de caña.”*

19. Expectativa de producción potencial de la región.

Como fue señalado y demostrado en la presente guía, la región cañera de la Zona Sur se caracteriza por ser una localidad muy particular que presenta algunas condiciones edafoclimáticas que resultan limitantes y contraproducentes para la producción comercial rentable y competitiva de caña de azúcar; lo cual debe sin embargo, valorarse e interpretarse con mucha prudencia en consideración de que hay otros elementos que en sentido contrario, más bien representan ventajas importantes que deben ser potenciadas para maximizar los beneficios viables y factibles de alcanzar.

En torno a esta aseveración, es importante considerar que la región no posee problemas por disponibilidad de agua pues los niveles de precipitación y su distribución durante el año son adecuadas; teniendo en contrario que procurar concentrar la cosecha en el corto periodo de tiempo favorable que el clima lo permite, meses de enero a abril, pues la pérdida de calidad de la materia prima y el daño a los terrenos podría ser importante si esta se ampliara. Sería ideal contar con menos lluvia durante el periodo de cosecha y molienda, lo cual no es factible. La condición de luminosidad durante parte del año y sobre todo la condición térmica es muy favorable para promover el crecimiento y desarrollo del cultivo; pero sobre todo para inducir una maduración y concentración de sacarosa alta y estable, como los antecedentes de muchos años lo han demostrado. No es por casualidad que la región ostente casi históricamente los mejores Rendimientos Industriales del país; su potencial en esta materia es excepcional y debe aprovecharse pues no genera gastos extraordinarios importantes.

El mayor problema y limitante de la región, y por ello su mayor desafío por resolver y meta por alcanzar, es incuestionablemente lograr superar la condición de infertilidad casi generalizada de sus suelos, acondicionando los mismos para poder aspirar a grados superiores y competitivos de productividad agroindustrial. La naturaleza no favoreció en este sentido la zona. En esta misión participa de manera determinante el factor tecnológico, aplicado en el cultivo mediante la siembra de variedades recomendadas, uso de semilla mejorada de alta calidad y pureza genética, preparación prudente del suelo, corrección de la acidez, aporte de los nutrimentos esenciales necesarios mediante programas de fertilización convenientes, uso de abono orgánico que mejore la

carbonización del sustrato, control de la maduración y cosecha oportuna y correcta de las plantaciones; a lo cual se suma la obligada y necesaria renovación sistemática de las plantaciones agotadas e improductivas. En materia tecnológica se reconocen los esfuerzos que los agricultores realizan orientados a mejorar sus labores de campo de forma oportuna, utilizando la tecnología más conveniente a su situación particular y a los diversos sitios agroecológicos donde se cultiva caña en la zona. Es imperativo mantener programas de capacitación y adiestramiento continuo y permanente que doten al sector productivo de las capacidades y el conocimiento necesarios.

Otra ventaja importante de resaltar en la región que fortalece y coadyuva a la aspiración a crecer productivamente, es lo referente al potencial fabril actualmente existente operado por el Ingenio El General, el cual posee una capacidad agroindustrial elevada y satisfactoria, ya que mantiene activos procesos de mejora continua en su infraestructura de procesamiento y fabricación, con el objeto de ser cada vez más eficiente y competitivo en la molienda diaria, la extracción y la elaboración del azúcar fabricado. Como puede inferirse y concluirse, el reto inmediato por atender y resolver en la Región Cañera Sur se encuentra y concentra en el campo, donde es imperativo elevar la productividad de materia prima producida por unidad de área (toneladas de caña por hectárea); lo cual, complementado con sus excelentes concentraciones de sacarosa, permitiría obtener productividades agroindustriales de primer nivel.

20. Costos de producción.

Igual que se ha externado en otras regiones productoras de caña, la cuantificación, control y reducción de los costos de producción vinculados con la labor agrícola, forma parte de los grandes retos y aspiraciones que enfrentan actualmente los agricultores de la Zona Sur. Los costos agrícolas constituyen un componente muy importante para la ejecución planificada y efectiva de los proyectos cañeros, ya que interviene en la productividad y rentabilidad final de la actividad azucarera. Considerando que la utilidad y el beneficio final de cualquier emprendimiento empresarial se concentra en dos grandes determinantes: bajar costos y elevar ingresos; la reducción y optimización del gasto y el mejoramiento de los ingresos vía incremento de la productividad agroindustrial, constituye sin lugar a dudas la estrategia más practicable en la actualidad para procurar alcanzar altos réditos y utilidades.

La estructura de costos agrícolas implicada en la producción de caña de azúcar comprende costos fijos y también variables, que están directamente vinculados con los diversos rubros, actividades y labores que intervienen en la producción de caña en el campo. En el caso de la Región Sur, la estructura de costos agrícolas para producir y cosechar caña de azúcar se expone con algún detalle en el Cuadro 15. Se anotan en el mismo las labores específicas realizadas durante la preparación de los suelos, sobresaliendo el valor que significa e implica sembrar y establecer la plantación en el campo (54,7%), lo cual va muy en función de las características que presentan los suelos sobre todo por su condición de infertilidad natural. La corrección de la acidez (6,5%) y la incorporación de nutrimentos mediante la fertilización química y orgánica tienen una implicación financiera importante, pues significan el 33,7% de los gastos en caña planta y 21,4% en soca. El costo de aplicar abono orgánico durante el establecimiento significa cerca de un 8%; ratificando la necesidad de elevar el grado de fertilidad de los suelos. Es igualmente destacable verificar el impacto que tienen los costos asociados con la cosecha de las plantaciones, pues involucran en el ciclo planta un 23,8%

y en ciclo de retoño un 51,1% del total de gastos estimados para la zona; en cuya determinación interviene e incide el tonelaje de caña producido y cosechado.

Cuadro 15.	
Costos agrícolas implicados en la siembra y manejo de una hectárea de caña de azúcar en la Región Sur. Año 2020.	
Rubros / Labores	Zona Sur
A. Establecimiento (Ciclo Planta)	
1. Preparación del terreno	270 000
2. Semilla (corta, alza y acarreo)	333 452
3. Siembra	240 571
4. Enmiendas (Ca CO ₃)	178 131
5. Fertilización	465 226
Total Establecimiento	1 487 381
Porcentaje (parcial)	54,7
B. Primer Corte (Mantenimiento de planta)	
6. Control de malezas	162 579
7. Fertilización	274 614
8. Control de plagas	15 751
9. Mantenimiento de finca	134 255
10. Cosecha	646 313
Total Mantenimiento	1 233 511
Porcentaje (parcial)	45,3
Total Primer Corte (¢)	2 720 891
Total Primer Corte (us\$)	4 732
Porcentaje (total)	100
C. Segundo Corte (Ciclo Retoño)	
11. Remanga	35 439
12. Fertilización	270 676
13. Control de malezas	162 579
14. Control de plagas	15 751
15. Mantenimiento de finca	134 255
16. Cosecha	646 313
Total Segundo Corte (¢)	1 265 012
Total Segundo Corte (us\$)	2 200

Fuente: LAICA-DIECA (marzo 2020).

NOTA: No incluye gastos financieros, herramientas, impuestos, depreciación, valor de tierra, mantenimiento de caminos, etc. Valor 1 (us\$) = ¢575.

21. Cronograma de actividades.

Se presenta en la Figura 68 un detalle de las actividades desarrolladas expuesto y contextualizado en el tiempo.

Labor / Práctica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<i>Preparación de Suelo</i>												
1er- Pase de Rastra												
Pase de Arado												
2do. Pase de Rastra												
Aplicación de Enmienda												
Surcada												
<i>Siembra</i>												
Riega-Pica y Tapa Semilla												
Aplicación abono orgánico												
Adición abono Fosforado surco												
<i>Mantenimiento de Plantación</i>												
1°. Aplicación herbicidas (pre-emergente)												
I Fertilización complementaria												
II Fertilización complementaria												
2da. Aplicación herbicidas (parchoneo)												
Subsolada y aporca (3er Corte)												
Monitoreo de Plagas												
Control de Plagas												
<i>Cosecha y Transporte</i>												
Muestreos de madurez												
Corta, Carga y Transporte												
Remanga												

Figura 68. Cronograma de actividades, labores y prácticas por ejecutar según mes en la Región Sur.

Fuente: Los autores.

22. Literatura citada.

- 1) Alfaro Portugués, R. 2019. **Tensoactivos coadyuvantes en el control químico de malezas.** Grecia, Costa Rica. 54 p.
- 2) Alfaro Portugués, R.; Ocampo Chinchilla, R.; Barrantes Mora, J.C. 2019. **Respuesta productiva de diferentes madurantes en el cultivo de la caña de azúcar, Zona Sur, Costa Rica.** Grecia, Costa Rica, LAICA-DIECA, noviembre. 26 p.
- 3) Artavia, F. 1983. **Efecto económico de la materia extraña o "trash" en la industria azucarera.** Revista Azucarera ATACA (Costa Rica) Año 4, N° 2, San José, setiembre. p: 52-53.
- 4) Barrantes, J.C., Navarro, O., Alpizar E., Venegas, R. 2019. **Determinación de la materia extraña en entregas comerciales de caña de azúcar en el Ingenio El General, Período 2016-2019.** Pérez Zeledón, Costa Rica. 17 p.
- 5) Carvajal Quesada, J.P.; Vargas Miranda, E.; Durán Alfaro, J.R.; Chaves Solera, M. 2019. **Inducción floral y su importancia en la investigación genética y la producción comercial de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Costa Rica.** Revista Entre Cañeros N° 12. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, agosto. p: 17-32.
- 6) COOPEAGRI R.L. 2010. **Guía para el manejo integral del cultivo de la caña de azúcar.** Pérez Zeledón y Buenos Aires, Costa Rica. Corporación Cooperativa COOPEAGRI R.L., Agrícola. 24 p.
- 7) Chavarría Soto, E. 2017. **Principales enfermedades que atacan a la caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Costa Rica.** Revista Entre Cañeros N° 8. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 55-62.
- 8) Chaves Solera, M.A. 1988. **Efeito de Relações Ca:Mg, utilizando Carbonatos e Sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar.** Tesis Magister Scientiae. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 186 p.
- 9) Chaves Solera, M.A.; Aguilar Quirós, F. 1991. **Caña de azúcar (*Saccharum spp gramineae*).** San José, Costa Rica. CONITTA/MAG/UNED, Serie ITTA No. 4, San José. 33 p.
- 10) Chaves Solera, M.A. 1993. **Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, junio. 41 p.
- 11) Chaves Solera, M.A. 1995. **Los coadyuvantes: clave del éxito en la aplicación efectiva y eficiente de plaguicidas.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 161 p. *También en:* Seminario identificación, manejo y control de malezas en caña de azúcar, Coopevictoria, Grecia, Costa Rica, 2017. Memoria. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 161 p.
- 12) Chaves Solera, M. 1997. **Resumen del desarrollo histórico de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de ATACORI "*Roberto Mayorga C.*", 11, San Carlos, Costa Rica, 1997. Memoria. San José, ATACORI, octubre-noviembre. Tomo I p: 112-121.
- 13) Chaves, M. 1999a. **La práctica del encalado de los suelos cañeros en Costa Rica.** En: Congreso de ATACORI "*Randall E. Mora A.*", 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999.

- Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 216-223.
- 14) Chaves Solera, M. 1999b. **El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
 - 15) Chaves Solera, M. 2002. **Corrección de suelos ácidos para cultivar caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 8 p.
 - 16) Chaves Solera, M.; Bermúdez Loria, A.Z. 2006. **Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 248-253. *También en:* Revista PROCAÑA, Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador. 2016. Edición Especial Año 5, Volumen 13, páginas 34-36.
 - 17) Chaves Solera, M.; Barrantes Mora, J.C. 2007. **Nutrición de la caña de azúcar en la zona sur de Costa Rica: experiencias continuadas durante el periodo 1986-2006.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 30 p. *También en:* Presentación Electrónica en Power Point. INBIO, Heredia, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. 41 Láminas.
 - 18) Chaves Solera, M. 2008a. **Plan Estratégico y Plan de Acción previsto desarrollar para atender y contrarrestar la presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en las plantaciones de caña de azúcar de Costa Rica.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, 31 marzo. 8 p.
 - 19) Chaves Solera, M. 2008b. **Estrategia general para contrarrestar la presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en Costa Rica.** En: Seminario Incidencia de la Roya Naranja (*Puccinia kuehnii*) en las plantaciones de caña de azúcar de Costa Rica, Hotel Villa Tournón, San José, Costa Rica, 1998. Memoria. San José, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 01 abril. Presentación Electrónica en Power Point. 42 Láminas.
 - 20) Chaves Solera, M. 2008c. **Circular N° 06-2008. Plan Estratégico y Plan de Acción roya naranja.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, 20 de mayo. 1 p.
 - 21) Chaves Solera, M. 2008d. **¿Por qué se cultiva predominantemente una sola variedad de caña de azúcar en la zona sur de Costa Rica?** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 24 p.
 - 22) Chaves Solera, M. 2009. **Solicitud del permiso y presentación del plan de quema controlada de una plantación comercial de caña de azúcar: desarrollo de un ejemplo práctico.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 16 p.
 - 23) Chaves Solera, M. 2013. **Comentarios generales en torno a la práctica de quemar las plantaciones de caña de azúcar para su cosecha: el caso de Costa Rica.** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20, "MSc Marco A. Chaves Solera". Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 11-13 de setiembre. Tomo I. p: 165-178.
 - 24) Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2017. **Aproximación taxonómica y territorial de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. I. ORDENES DE SUELO.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 55 p.

- 25) Chaves Solera, M.A. 2017a. **Permiso para quemar cañaverales ¿Qué debo hacer? ¿Cómo debo actuar?** Revista Entre Cañeros N° 7. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, enero. p: 19-28.
- 26) Chaves Solera, M.A. 2017b. **Taxonomía de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica: Ordenes y Subordenes presentes.** En: Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 21 y Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Honduras (ATAHON), 20, San Pedro Sula, Honduras, 2017. Memorias. San Pedro Sula, Honduras, ATACA/ATAHON, agosto 22 al 25, Centro de Convenciones Copantl. 14 p.
- 27) Chaves Solera, M.A. 2017c. **Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- 28) Chaves Solera, M.A. 2017d. **Floración en la Caña de Azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.
- 29) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. **Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Período 2004-2016 (13 zafras).** En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 75 p. *También en:* Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- 30) Chaves Solera, M.A. 2018a. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de caña de azúcar.** En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- 31) Chaves Solera, M.A. 2018b. **Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica.** Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 89 p.
- 32) Chaves Solera, M.A. 2018c. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Zona Sur (Pérez Zeledón-Buenos Aires), Costa Rica, durante el periodo 1986-2016 (30 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 28 p.
- 33) Chaves Solera, M.A. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- 34) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica.** En: Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica.* Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital.

- San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- 35) Chaves Solera, MA. 2019c. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
 - 36) Chaves Solera, M.A. 2019d. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
 - 37) Chaves Solera, M.A. 2019e. **Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
 - 38) Chaves Solera, M.A. 2020a. **Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(1): 5-12, enero.
 - 39) Chaves Solera, MA. 2020b. **Arrancó la cosecha de caña y la fabricación de azúcar en Costa Rica ¡El tiempo, constituye un factor determinante a considerar y tener presente en esta operación agroindustrial!** Revista Entre Cañeros N° 14. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 4-19.
 - 40) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.
 - 41) Chaves Solera, M.A. 2020d. **El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica: una verdad incuestionable.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(19): 6-13, setiembre.
 - 42) Chaves Solera, M.A. 2020e. **Pasado, Presente y Futuro de DIECA. INFORME FINAL RENDICIÓN DE CUENTAS. Periodo 1990 - 2020 (30 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 133 p.
 - 43) Chaves Solera, M.A. 2020f. **Progenitores de caña de azúcar de las principales variedades sembradas comercialmente en Costa Rica: Revisión histórica periodo 1530-2020.** Revista Entre Cañeros N° 18. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 5-73.
 - 44) Chaves Solera, M.A. 2020g. **Sistema radicular de la caña de azúcar y ambiente propicio para su desarrollo en el suelo.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(13): 6-18, junio. *También en:* Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 51-71.
 - 45) Chaves Solera, M.A. 2020h. **Clima, acidez del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(18): 8-17, agosto.
 - 46) Chaves Solera, M.A. 2020i. **Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno para la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(21): 6-16, octubre.
 - 47) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020. **80 Años de Vida Institucional del Sector Cañero-Azucarero Costarricense: Breve Recorrido por su Historia.** Revista Entre Cañeros N° 16. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, agosto. 37 p.
 - 48) Chaves Solera, M.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, A.; Barquero Madrigal, E.; Calderón Araya, G. 2020. **Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2019.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 166 p.
 - 49) DIECA. 1990. **Recomendaciones técnicas para el cultivo de la caña de azúcar en la Región de Pérez Zeledón.** En: Recomendaciones Técnicas para el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica. San José. DIECA-LAICA, agosto. p: 7-11.

- 50) LAICA. 1998. **LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998.** San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- 51) LAICA. 2000. **DECRETO N° 28665 - MAG. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998.** Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.
- 52) Méndez, J.C.; Bertsch H., F. 2012. **Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica.** 1ed. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 108 p.
- 53) Rodríguez M., M. 1983. **Materia Extraña en la caña de azúcar, una plaga de la industria Azucarera.** Boletín ATAGUA (Guatemala). No. 4. p. 35-41.
- 54) Rozeff, N. 1997. **La Basura Duele.** Sugar Journal 60 (2): 7.
- 55) Salazar Blanco, JD. 2017. **Plagas de la caña de azúcar en Costa Rica.** Revista Entre Cañeros N° 8. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 63-70.
- 56) Salazar Blanco, JD.; González Acuña, JF.; Cadet Piedra, E.; Oviedo Alfaro, R.; Sáenz Acosta, CE. 2017. **Catálogo de identificación de plagas del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.** Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 60 p.