




**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: GUANACASTE**

**Álvaro Angulo Marchena
Manuel Rodríguez Rodríguez
Marco A. Chaves Solera**

**San José, Costa Rica
Diciembre 2020**

INDICE

Título	Pag.
1. Presentación.....	7
2. Importancia.....	7
3. Generalidades de la agroindustrial en la región.....	8
3.1 Reseña histórica.....	8
3.2 Antecedentes agroindustriales.....	10
3.3 Ubicación geográfica.....	11
3.4 Producción de materia prima.....	12
4. Ciclo vegetativo.....	13
5. Zonas de cultivo y producción.....	13
6. Clima de la región.....	14
7. Suelos predominantes.....	16
7.1 Relieve.....	16
8. Variedades de uso comercial	17
8.1 Caracterización de variedades comerciales.....	18
8.2 Variedades promisorias.....	19
8.3 Semilla y Semilleros.....	21
9. Preparación del terreno.....	21
9.1 Selección del terreno y ubicación.....	22
9.2 Limpieza y descepado	22
9.3 Levantamiento topográfico.....	23
9.4 Definición de lotes y accesos.....	23

9.5 Nivelación.....	24
9.6 Labor en el subsuelo	24
9.7 Rastra afinadora.....	25
9.8 Surcado	26
10. Siembra de la plantación.....	27
10.1 Siembra manual.....	27
10.2 Siembra mecánica.....	27
10.3 Distancia de siembra.....	28
10.4 Densidad plantación.....	28
10.5 La Resiembra.....	29
11. Manejo de plantación	29
11.1 Escarificado/semi subsolado	29
11.2 Desaporca.....	30
11.3 Aporca.....	30
11.4 Rotación de cultivos.....	31
11.5 Muestreo y caracterización de suelos.....	31
12. Nutrición y Fertilización.....	32
12.1 Programa de fertilización de caña de azúcar	34
13. Malezas (arvenses) presentes en el cultivo de la caña	35
13.1 Requerimientos de control de las malezas (arvenses).....	35
13.2 Control manual.....	36
13.3 Control mecánico.....	36
13.4 Control químico.....	37

13.5 El uso de coadyuvantes	38
13.6 Recomendaciones.....	39
14. Riego y drenaje.....	39
14.1 Requerimientos de riego	40
14.2 Métodos de riego	41
14.3 Drenaje.....	42
15. Plagas.....	43
15.1 Rata Cañera (<i>Sigmodon hirsutus</i>).....	43
15.2 Jobotos abejones de mayo (<i>Phyllophaga elenans</i>).....	44
15.3 Barrenador común del tallo (<i>Diatraea spp</i>).....	45
15.4 Barrenador coralillo o barrenador de verano (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>)	46
15.5 Salivazo (<i>Aeneolamia albofasciata, Prosapia simulans, Zulia vilior</i>).....	47
15.6 Chinche de encaje (<i>Leptodictya tabida</i>).....	48
15.7 Cigarrita antillana (<i>Saccharosydne saccharivora</i>).....	48
15.8 Escama café o escama del tallo (<i>Aclerda sacchari</i>).....	49
15.9 El picudo de la caña (<i>Metamasius hemipterus</i>).....	49
15.10 Comején (<i>Heterotermes spp., Nasutitermes spp.</i>).....	50
15.11 Áfidos (<i>Sipha flava – Melanaphis sacchari</i>)	51
15.12 Langosta centroamericana (<i>Schistocerca piceifrons</i>) y langosta pálida (<i>Schistocerca pallens</i>).....	52
16. Enfermedades.....	53
16.1 Fungosas.....	53
16.2 Bacteriales.....	55
16.3 Virales.....	56

17. Cosecha de la caña	57
17.1 La floración.....	57
17.2 Maduración de la caña.....	57
17.2.1 La maduración natural.....	57
17.2.2 La maduración química.....	58
17.3 Control de madurez.....	59
17.4 Quema agrícola controlada	60
17.5 Cosecha oportuna	61
17.5.1 Materia extraña	62
17.6 Tipos de cosecha	63
17.6.1 Corte de la caña	63
17.6.2 La corta manual	63
17.6.3 La elaboración de la ruma o hilada de la caña	64
17.6.4 La corta mecánica de la caña	64
17.7 Destronque	66
17.8 Remanga	66
17.9 Transporte.....	67
17.9.1 Transporte por medio de tractores o “chapulines”	67
17.9.2 Transporte por camión	67
17.9.3 Transporte por cabezal o furgón	68
17.10 Molienda de la caña de azúcar	69
17.10.1 Entrega y recibo de caña	69
17.11 Limitantes	71

17.12 Materia prima de alta calidad	72
17.13 Expectativa de producción potencial de la región	73
17.14 Costos de producción	73
17.15 Literatura citada.....	74

1. Presentación.

El **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, órgano tecnológico de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), se complace en presentar y poner a disposición de los agricultores interesados y público en general el presente documento técnico.

La publicación está destinada y orientada fundamentalmente a apoyar las actividades de información y capacitación de técnicos y productores, interesados en inducir y favorecer el crecimiento y mejoramiento continuo y sostenible del cultivo y la actividad productiva vinculada con la caña de azúcar.

El documento parte de lo tradicional y sencillo por lo que el abordaje es comprensible, involucra tecnologías intermedias y se proyecta hacia prácticas tecnológicas más recientes y complejas, de manera que las indicaciones y orientaciones aquí contenidas pueden ser aprovechadas por diferentes tipologías de agricultores de la caña que conforman la organización en la región involucrada. No resulta la verdad fácil pretender ubicar y desarrollar el componente tecnológico en una zona tan polarizada en la materia, donde converge lo tradicional con lo excepcional, lo extensivo de la gran explotación agrícola con lo particular de la pequeña unidad agro productiva propia del agricultor independiente. Se procura por esto, mostrar y exponer los asuntos y prácticas más destacables que permitan conocer de manera genérica los aspectos básicos y elementales de la agroindustria, aplicados exclusivamente a la región de Guanacaste.

No pretende el presente documento por ello, constituirse en un manual de recomendaciones técnicas y mucho menos en un libro especializado del cultivo, sino apenas en una **Guía Técnica** que permita informarse de manera específica, rápida, comprensible y sobre todo muy pragmática, en torno a los elementos más relevantes que componen y operan la actividad productiva de la caña de azúcar en la región de Guanacaste.

2. Importancia.

La caña de azúcar es un cultivo 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. Es fuente generadora de riqueza y trabajo permanente y temporal que involucra y participa varias fases de la amplia y diversa cadena agrícola, industrial y de comercialización de sus productos y derivados.

La región de Guanacaste destaca virtud de contar con las tres empresas azucareras de mayor capacidad de procesamiento de materia prima y fabricación de azúcar del país (Azucarera El Viejo, CATSA y Taboga), a lo cual se agrega poseer las dos plantas destiladoras de alcohol del sector azucarero costarricense; participa además activamente de la cogeneración biomásica de energía eléctrica a partir de bagazo residual la cual es incorporada a la red nacional.

Dicha importancia queda claramente demostrada al comprobar que durante las últimas cinco Zafras realizadas en el periodo 2015-2020, como muestra el Cuadro 1, los tres ingenios de la zona guanacasteca procesaron en promedio el 57,63% correspondiente a 2.410.247 toneladas métricas de caña con la cual fabricaron el 57,90% de toda el azúcar costarricense, equivalente a 256.144,7 toneladas; además de proveer el 58,86% (100.989,3 toneladas) de la melaza extraída y recuperada. En dicho aporte

contribuyeron además 1.048 productores independientes reportados como entregadores de materia prima en el mismo periodo para una representatividad nacional promedio del 16,63%. Toda la gestión productiva está sustentada en la siembra y disponibilidad promedio de 35.761 hectáreas de caña de las cuales el 88,47% es cosechado anualmente, correspondiente a 31.637 ha. Guanacaste posee el 56,77% de toda el área nacional (62.994 ha) cultivada con caña de azúcar destinada a la fabricación de azúcar.

Cuadro 1. Índices de producción y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en la región de Guanacaste.										
Zafras	Area		Caña Procesada	Azúcar Fabricada	Rendimientos (96° Pol)				Relación Caña/Azúcar	Entregadores N° *
	Sembrada	Cosechada			Industrial (kg/t)	Agrícola (t/ha)	Agroindustrial (t/ha)	Melaza (kg/t)		
2015/2016	39 251	33 996	2 554 218	255 251,7	99,93	75,13	7,51	48,08	10,01	1 361
2016/2017	35 197	31 030	2 566 444	268 618,0	104,67	82,71	8,66	43,00	9,55	1 134
2017/2018	34 682	30 801	2 212 477	238 212,0	107,67	71,83	7,73	36,80	9,29	1 064
2018/2019	34 682	30 801	2 362 685	258 706,6	109,50	76,71	8,40	40,92	9,13	947
2019/2020	34 992	31 555	2 355 412	259 935,2	110,36	74,64	8,24	40,92	9,06	733
Promedio	35 761	31 637	2 410 247	256 144,7	106,42	76,19	8,11	41,94	9,41	1 048

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.

3. Generalidades de la agroindustria en la región.

3.1 Reseña histórica.

La caña de azúcar es un cultivo cuyo origen se ubica en Asia, propiamente en la Polinesia, como lo señalara con detalle Chaves (1997, 2018ab) y Chaves y Bermúdez (2020b), el cual fue introducido a América por los europeos durante la conquista. La historia del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica está muy asociado con lo que territorialmente hoy día es Guanacaste, por cuanto las primeras incursiones y corrientes de colonización española que ingresaron procedentes del norte, tuvieron arraigo en la zona, lo cual motivo que los asentamientos que se establecieron, algunos muy importantes como fue la península de Nicoya, desarrollaran actividades para su alimentación y manutención que involucraba la de su principal medio de transporte: la fuerza animal equina. De acuerdo con Chaves (1997, 2018ab), se presume que la planta de caña de azúcar ingresó al territorial nacional procedente del territorio norte, hoy Nicaragua, cerca del año 1530.

Por muchos años la caña mantuvo un manejo artesanal y marginal orientado a la alimentación humana de subsistencia como jugo y endulzante, uso pecuario en forma directa para la nutrición de las especies animales introducidas y para la elaboración de aguardiente. Durante la colonia era común que los predios tuvieran una pequeña parcela sembrada con caña. Posteriormente y con fundamento en el conocimiento y experiencias conocidas adoptadas de Oceanía, África y Europa, la planta adquirió un interés mayor que culminó luego con su empleo con fines y destinos comerciales; lo cual se vio fuertemente influenciado por los emprendimientos desarrollados en las islas del Caribe (Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Haití,

Jamaica) y la región continental, principalmente México, Guatemala y Colombia. Como se comprenderá, el desarrollo tecnológico y la gestión comercial eran aún inmaduras, incipientes y se encontraban en fase de activo desarrollo.

La región de la actual Guanacaste reporta importantes y antiguos vínculos con la caña de azúcar, los cual trascienden a la época colonial, como los relacionados con el establecimiento en 1890 del primer ingenio en “La Mansión de Nicoya”, por el líder Antonio Maceo Grajales, acompañado de un grupo de inmigrantes cubanos, salidos de su tierra por conflictos de luchas independentistas. Ese grupo dotado de gran experiencia en el cultivo y la industria, construyeron el ingenio el cual operaron hasta 1899 cuando retornaron a su patria, transfiriendo las instalaciones al Estado, el cual fue vendido posteriormente al señor Federico Apestegui. Hubo en esa época otros importantes intentos como el desarrollado como la concesión regulada otorgada por 10 años para la producción de ron y aguardiente a la Hacienda de “El Tempisque” en 1891, cuyo resultado no prosperó. En el año 1903 el español Federico Sobrado instaló otro ingenio en la misma hacienda, el cual operó hasta 1941. En el año 1949/50 se reporta la primera zafra del Ingenio Lombardía, establecido como hecho destacable en las difíciles condiciones del cantón de Tilarán y cuya acción perduró por 16 prolongados periodos azucareros. Durante esos años hubo un gran desarrollo de la industria trapichera en la región (Chaves 1997; Chaves y Bermúdez 2020ab).

Durante los 80 años transcurridos entre los años 1940-2020, la provincia de Guanacaste ha contado con seis Ingenios azucareros de los 48 existentes en el país, lo que representa un 12,5% (Cuadro 2). Fue sin embargo en la década de los años 50 cuando el desarrollo de la agroindustria cobró realce y mucha importancia en la región con el establecimiento y operación de varios Ingenios como “El Viejo”, ubicado en el cantón de Carrillo, cuya primera zafra aconteció en el año 1957/58 y luego “Taboga”, situado en el cantón de Cañas entre 1959/60, los cuales se mantienen aún activos hoy día luego de cumplir 63 y 61 zafras, respectivamente, y próximos a iniciar una más (Chaves y Bermúdez 2020a).

Cuadro 2. Detalle de las Zafras en que operaron los Ingenios Azucareros (6) ubicados en Guanacaste. Periodo 1940-2020 (80 Años).

N°	Nombre Ingenio	Cantón	Zafra		
			Inicial	Final	N°
1	Azucarera Guanacaste	Bagaces	1981/82	1983/84	3
2	CATSA	Liberia	1977/78	2019/20	43
3	El Tempisque	Carrillo	1940/41	1941/42	2
4	El Viejo	Carrillo	1957/58	2019/20	63
5	Lombardía	Tilarán	1949/50	1966/67 *	16
6	Taboga	Cañas	1959/60	2019/20	61

Fuente: Chaves y Bermúdez (2020a).

* Las Zafras se realizaron en periodos discontinuos, no teniendo consistencia en algunos casos y datos.

La actividad azucarera en la región de Guanacaste prosiguió su crecimiento en capacidad instalada con la creación de dos nuevas alternativas fabriles, la Central Azucarera del Tempisque (CATSA) con respaldo estatal, la cual inició molienda en el periodo 1977/78 con grandes expectativas orientadas principalmente a la producción de alcohol. Complementariamente, en el año 1981 la empresa Azucarera Guanacaste arranca su fase de procesamiento la cual fue sin embargo efímera pues solo realizó tres zafras finalizando su actividad en el periodo 1983/84 (Chaves y Bermúdez 2020a).



Figura 1. Ingenio Taboga inicia operaciones en 1958.

3.2 Antecedentes agroindustriales.

La región productora de caña de Guanacaste se caracteriza por el alto potencial fabril de azúcar que produce a nivel de ingenios y Productores “Independientes”, lo cual le ha permitido consolidar uno de los grados de desarrollo tecnológico más avanzados del país, adaptado a los diferentes grupos y tipos de agricultores representados dentro de la organización regional.

El periodo de cosecha en la zona se realiza a los 12 meses de edad de la plantación. Usualmente la molienda acontece a inicios del mes de diciembre finalizando en abril del año siguiente, con un periodo aproximado de 120 días efectivos de molienda (Chaves 2020a). En el Cuadro 1 se muestra el comportamiento agroindustrial azucarero de la región durante las últimas cinco zafras, periodo 2015-2020, donde se comprueba un promedio de molienda anual de 2.410.247 toneladas de caña, con un Rendimiento Industrial de 106,42 kg azúcar 96°/t caña molida; lo cual permitió elaborar 256.144,7 toneladas promedio de azúcar (96°). Una valoración del cuadro muestra variaciones importantes entre zafras en cuanto a la concentración de sacarosa recuperada en la fábrica a partir de los tallos molidos, con ámbitos entre 99,93 kg y 110,36 kg en apenas cinco años, para un índice de fluctuación de 10,43 kg/t (10,4%) que es bastante significativo considerando el empleo de madurantes. Igual comportamiento se observa con la productividad agrícola con variaciones entre 71,83 y 82,71 toneladas/hectárea, para un diferencial de 10,88 t equivalente al 15,1%. La región es altamente productora de melaza o miel final con

un promedio de 41,9 kg/t caña procesada. Se atribuyen razones de índole ambiental y de inversión tecnológica como las posibles causas inductoras de esa afectación.

Como efecto combinado agroindustrial se infiere una productividad agroindustrial promedio del periodo evaluado de 8,11 toneladas de azúcar por hectárea, para un ámbito de 7,51 y 8,66 t y una variación de 1,15 t/ha (15,3%). Se estima asimismo que para fabricar una tonelada de azúcar en esta región es necesario moler en promedio 9,4 toneladas de caña. Los índices de productividad reportados se consideran bajos para el potencial de la región, la capacidad fabril instalada y el nivel de inversión incorporado, lo cual ofrece un horizonte de mejora y crecimiento agroindustrial muy amplio que debe ser explotado.

Actualmente los tres ingenios azucareros vigentes en la región, disponen de un potencial agroindustrial azucarero extraordinario, con una capacidad nominal aproximada de molienda de 19.500 toneladas diarias (\approx 6.500 toneladas diarias), lo que permitió moler en la zafra 2019-2020 un total de 2.355.412 toneladas métricas de caña, con un rendimiento industrial promedio de 110,36 kilogramos de azúcar (96°Pol) por tonelada, y fabricar un total de 259.935 toneladas de azúcar (Cuadro 1).

3.3 Ubicación geográfica.

La región se compone y desagrega territorialmente por facilidad en dos zonas productoras perfectamente diferenciables por sus características bióticas y abióticas particulares, la **Zona Este** que comprende los cantones de Cañas, Bagaces, Abangares y materia prima procedente del distrito de Manzanillo de Puntarenas. La **Zona Oeste** está representada por los cantones de Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya. La primera localidad es de menor extensión reportando en el año 2020 un área sembrada de aproximadamente 14.159 hectáreas; en tanto que la Oeste indica disponer 20.833 ha sembradas para un total regional de 34.992 ha que significaron un 40,5% y 59,5%, respectivamente. Como se anotó, Guanacaste es la provincia y región agrícola de Costa Rica donde se siembra la mayor área y procesa la mayor cantidad de caña de azúcar del país. En la Zona Este opera el ingenio Taboga y en la Oeste los ingenios CATSA y Azucarera El Viejo. La Figura 2 expone la distribución territorial y geográfica del cultivo en la región (Chaves 2019a).

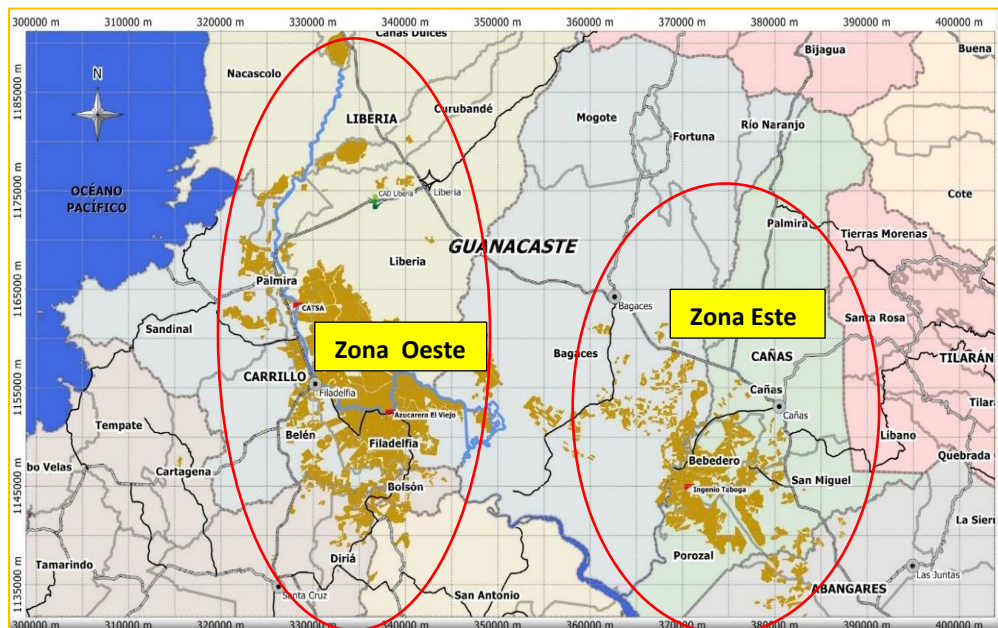


Figura 2.
Distribución espacial de las zonas cañeras de la región de Guanacaste (Zonas Este y Oeste).

3.4 Producción de materia prima.

El sector productor de caña de la región y el país se caracteriza por agruparse en tres categorías de acuerdo con su nivel de entregas, como lo considera y está contemplado en la Ley N° 7818 Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar del 22 de setiembre de 1998, lo cual se categoriza en el caso de los Productores Independientes en pequeños (<1.500 t), medianos (1.500-5.000 t) y grandes productores-entregadores (>5.000 t). Dichos agricultores y entregas se encuentran distribuidos en los tres ingenios azucareros de la región. La cantidad de entregadores de caña es muy dinámica y varía año a año con clara tendencia hacia la reducción en esta región, siendo para la zafra 2019-2020 un total de 733 la cantidad de agricultores que participaron de la molienda, lo que representó un 13,6 por ciento del total nacional (LAICA 2020). La Figura 3 muestra la distribución y participación relativa de las entregas de caña realizadas por parte de los Productores Independientes durante la Zafra 2019/2020 según región agrícola; como se infiere, Guanacaste es luego de la Zona Sur, Valle Central y Zona Norte, la que más entregadores de caña reporta.

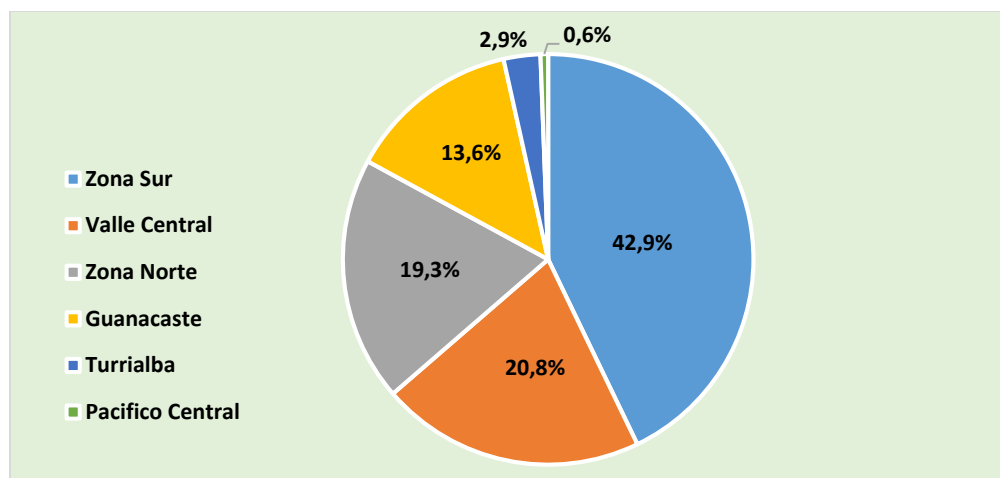


Figura 3.

Distribución porcentual de Productores Independientes a nivel nacional, Zafra 2019-2020.

4. Ciclo vegetativo.

La caña de azúcar es un cultivo de origen tropical y de comportamiento comercial semipermanente, al cual le favorecen las condiciones de ambiente soleado (alta radiación solar), temperaturas de media a altas no extremas, con una buena precipitación expresada en términos de cantidad y distribución durante la época de invierno (Chaves 2019acdef, 2020b). El ciclo vegetativo de la caña de azúcar en la región guanacasteca es de 12 meses, a excepción de las siembras tardías en caña planta que se realizan con ciclos de 10 a 11 meses; el ciclo de caña soca o retoño por lo general siempre es de 12 meses de duración.

5. Zonas de cultivo y producción.

De acuerdo con Holdridge citado por Chaves (2019a), la región de Guanacaste clasifica como Bosque Seco Tropical y Bosque Húmedo Premontano; se divide como indicó anteriormente en dos zonas productoras de caña de azúcar bien definidas, la **Zona Este** que comprende los cantones de Cañas, Bagaces, Abangares y Manzanillo de Puntarenas, con un piso altitudinal variable entre 8 y 150 msnm; la **Zona Oeste** representada por los cantones de Liberia, Filadelfia, Santa Cruz y Nicoya cuyo piso altitudinal varía entre 13 y 145 msnm (Chaves 2019a). Las diferencias entre zonas son notorias e importantes, lo que marca variaciones en cuanto a área sembrada y cosechada (ha), producción e índices de rendimiento agroindustrial, como se aprecia en el Cuadro 3, destacando el elevado grado de mecanización existente por la baja pendiente prevaleciente (0,3 a 5%), lo que habilita también el uso extensivo del riego de plantaciones. Resulta imperativo reiterar el enorme potencial agro productivo que posee la región. Las diferencias entre zonas se traslada también al tema de las variedades sembradas comercialmente, como lo demostrara Chaves (2018b, 2019gh).

Zona	Número		N° Productores	Área (ha)		Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Uso de Riego (%)	Productividad		
	Cantones	Distritos		Sembrada	Cosechada				Industrial (kg az 96°/t)	Campo ** (t caña/ha)	Agroindustrial (t/ha)
Este*	4	7	505	14.159	13.160	8 - 150	0,3 - 3	95,23	109,12	81,00	8,85
Oeste	4	14	446	20.833	18 394	13 - 145	1 - 5	74,02	111,00	73,30	8,16
Total	8	21	951	34.992	31 554	8 - 150	0,3 - 5				
Promedio								84,62	110,36	74,64	8,24

Fuente: Chaves (2019a); LAICA (2020).

* Considera el distrito de Manzanillo cantón de Puntarenas.

** El cálculo estima caña producida en la Zona Este que se traslada y muele en la Zona Oeste.

6. Clima de la región.

El tema climático resulta esencial de considerar en un cultivo cuyas características y atributos anatómicos, genéticos y fisiológicos son excepcionales como lo ha señalado Chaves (2020f), lo cual favorece la capacidad de adaptación y resiliencia de la caña a condiciones adversas donde otras plantas no prosperan o sufren impactos significativos. Esta capacidad natural le permite al cultivo tolerar y adaptarse a condiciones de clima caracterizadas por altas temperaturas, déficit hídrico, vientos limitantes, alta luminosidad y evapotranspiración, lo cual se traduce muchas veces en la generación de estados manifiestos de estrés que inciden de manera variable sobre la productividad agrícola e industrial, como lo ha señalado Chaves (2019def, 2020cdefg).

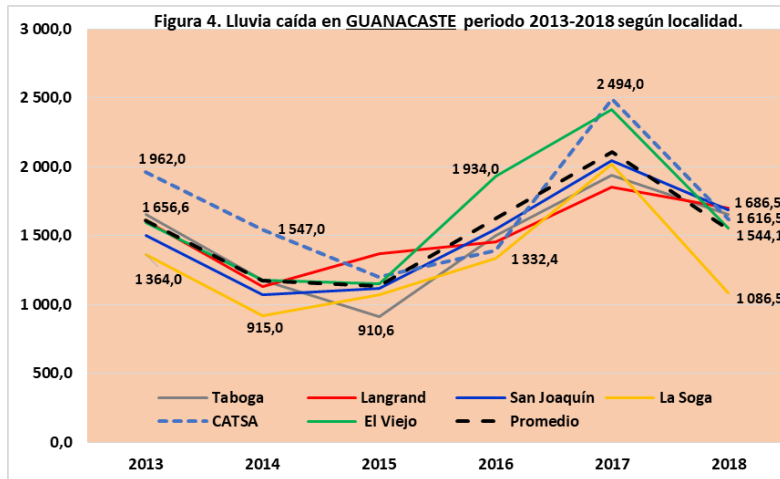
El clima de la zona cañera de Guanacaste presenta una definición muy clara y diferenciada de las dos estaciones tipificantes y predominantes de la región tropical: seca y lluviosa. El ambiente es cálido con temperaturas (°C) altas durante los primeros meses del año, con elevada luminosidad y radiación solar alta (W/m^2) durante la época seca, la intensidad de los vientos va de moderados a fuertes con ráfagas intensas en la época más caliente para una media de 6,9 km/hr. La época seca se prolonga de diciembre a abril e inclusive parte del mes de mayo, donde la precipitación es de baja a nula favoreciendo la cosecha de las plantaciones. El periodo de lluvias ocurre entre los meses de mayo a noviembre y se caracteriza por presentar condiciones irregulares en la cantidad (mm) y distribución de la precipitación durante los meses del año, para un total promedio anual de lluvia del periodo 2013-2018 de 1.532,5 (mm) como se aprecia en la Figura 4. El Cuadro 4 expone por su parte un detalle mensual del periodo 2016-2019 de los principales indicadores del clima que caracterizan la región, revelando una temperatura máxima promedio anual en el ámbito 32,4-34,4°C, una media de 27,8-28,8°C y una temperatura mínima de 23-23,2°C para una amplitud térmica de 9,3-11,2°C.

Cuadro 4. Indicadores climáticos según localidad Guanacaste. Periodo 2016-2019.

Estación	Variable	Mes												Media
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Taboga	Lluvia	16,4	0,6	0,1	22,4	332,2	190,1	109,5	182,1	235,8	343,9	64,4	27,6	127,1
	Temp Max	32,3	33,4	34,0	35,1	33,4	32,4	32,3	32,7	33,1	32,2	32,0	32,5	32,9
	Temp Med	27,4	28,3	29,0	29,8	28,7	28,0	27,8	27,9	27,8	27,2	26,9	27,0	28,0
	Temp Min	22,6	23,3	24,0	24,5	24,0	23,6	23,3	23,2	22,5	22,3	21,8	21,6	23,0
	Difer Temp	9,8	10,1	10,0	10,7	9,4	8,8	9,0	9,5	10,6	10,0	10,2	10,9	9,9
	Veloc Viento	4,7	5,2	6,1	4,4	2,0	2,4	3,1	2,1	1,5	1,0	3,8	3,6	3,3
	Rad Solar													218,1
El Viejo	Lluvia	5,5	0,2	0,1	46,9	358,2	213,6	108,2	177,8	305,8	484,9	89,8	47,7	153,2
	Temp Max	32,3	33,3	34,3	35,0	32,9	32,1	31,9	32,3	32,1	30,6	31,2	31,3	32,4
	Temp Med	27,4	28,2	29,1	29,3	28,3	27,9	27,6	27,7	27,5	26,7	26,8	26,8	27,8
	Temp Min	22,5	23,2	24,0	23,6	23,8	23,6	23,3	23,1	23,0	22,9	22,4	22,4	23,2
	Difer Temp	9,7	10,0	10,3	11,5	9,1	8,5	8,6	9,2	9,1	7,6	8,8	8,9	9,3
	Veloc Viento	14,4	15,6	14,7	13,4	6,2	6,7	8,8	6,6	4,7	3,9	6,6	9,9	9,3
	Rad Solar													206,1
CATSA	Lluvia	0,0	0,0	0,4	51,0	357,4	211,2	116,4	125,9	282,2	495,1	96,5	37,3	147,8
	Temp Max	34,4	35,9	36,8	37,0	35,3	33,5	33,8	34,2	33,8	32,1	33,0	33,2	34,4
	Temp Med	28,4	29,5	30,5	30,4	29,7	28,6	28,6	28,8	28,4	27,6	27,7	27,7	28,8
	Temp Min	22,4	23,2	24,2	23,9	24,0	23,7	23,5	23,3	23,1	23,0	22,5	22,3	23,2
	Difer Temp	12,0	12,7	12,6	13,1	11,4	9,9	10,3	10,9	10,7	9,1	10,5	10,9	11,2
	Veloc Viento	11,4	11,9	12,2	9,4	6,1	5,9	7,0	6,4	6,4	6,4	6,8	9,2	8,2
	Rad Solar													200,0

Fuente: Chaves (2020de), Ingenios Azucareros región.

Unidades: Lluvia (mm), Temperaturas (°C), Diferencial Temperatura (°C), Velocidad Viento (km/hr) y Radiación Solar (W/m2) año 2019.



7. Suelos predominantes.

La región de Guanacaste se caracteriza virtud de su amplia extensión territorial el disponer de una diversidad importante de tipos diferentes de suelos en sus zonas cañeras, condición que genera distracciones y limitantes en el manejo de las plantaciones comerciales del cultivo. De acuerdo con lo señalado por Chaves (2017b) y expuesto en el Cuadro 5, se estima que el 89,6% del área sembrada con caña de azúcar en esta región se concentra en tres órdenes taxonómicos de suelos Inceptisoles (35,0%), Vertisoles (31,2%) y Mollisoles (23,4%), cuyas condiciones físico-químicas tipificantes son muy diferentes; el resto del área de cultivo se ubica en suelos de menor fertilidad natural.

Cuadro 5. Orden taxonómico de suelos predominantes.

Ordenes suelo	Área (ha)	%	Sub Orden	Área (ha)
Inceptisol	12 886,4	35,01	Ustepts	12 731,3
			Aquepts	155,1
Vertisol	11 474,4	31,18	Usterts	11 474,4
Mollisol	8 616,2	23,41	Ustolls	8 616,2
Entisol	3 253,0	8,84	Orthents	2 925,9
			Aquents	327,1
Utisol	463,1	1,26	Ustults	463,1
Alfisol	112,9	0,31	Ustalfs	112,9
Total	36 806,0	100		36 806,0

Fuente: Chaves (2017b).

7.1 Relieve.

El relieve predominante en las áreas comerciales cultivadas con caña en Guanacaste se caracterizan por ser de condición plana a casi plana como se observa en la Figura 5, lo cual facilita la mecanización de labores, el riego, la cosecha mecanizada y la expansión del cultivo por la región (Chaves (2019a). Actualmente son muy pocas las fincas que presentan pendientes mayores al 5 por ciento, lo que en términos de área cultivada representa menos del 1% del área total del cultivo de caña de la región.



Figura 5.

Ilustración del relieve plano de fincas productoras de caña de azúcar en Guanacaste.

8. Variedades de uso comercial.

La selección y el desarrollo de variedades promisorias de caña de azúcar en esta región comprenden la ejecución de numerosas evaluaciones continuas y sucesivas de carácter experimental, que culminan con pruebas de validación semicomercial en los diversos ambientes agroecológicos y condiciones de cultivo prevalentes en el lugar. En lo fundamental, las evaluaciones se realizan en fincas pertenecientes a productores independientes, ingenios, empresas cañeras y también en la Estación Experimental que DIECA posee en terrenos de la Universidad Técnica Nacional (UTN), ubicada en el cantón de Cañas, la cual dispone de condiciones de riego y secano en suelos de los órdenes Inceptisol y Vertisol.

El componente varietal constituye un insumo de suma importancia en la planificación y desarrollo satisfactorio de cualquier proyecto empresarial cañero. No hay duda en reconocer que el uso de una buena variedad asegura en gran medida el éxito de la actividad agrícola regional. Ambas zonas geográficas han mantenido bastante semejanza en torno a los materiales genéticos que por predilección han empleado para sustentar su producción agroindustrial, pese a lo cual también muestran diferencias de fondo, como lo demuestra Chaves (2018b, 2019gh) específicamente para el periodo 1994-2016 (22 años). El Cuadro 6 hace referencia a las principales variedades de uso comercial que se siembran y emplean actualmente por parte de los productores e ingenios de la región, según las condiciones agroecológicas y entornos agroproductivos prevalentes, disponibilidad de riego, ambientes de secano, tipo de suelo y potencial de mecanización, entre otros.

Cuadro 6.
Características agro-productivas de las variedades de caña de azúcar de uso comercial en la región de Guanacaste.

Variedad	Adaptación a suelo	Adaptación régimen hídrico	Potencial		Madurez
			Industrial (kg. Azucar/t)	Agrícola (t/ha)	
NA 85-1602	Franco	riego	100 - 115	80 - 100	Intermedia
NA 56-42	Arcilloso - Franco	riego	90 - 105	80 - 100	Intermedia
RB 86-7515	Franco - Arcilloso	secano - riego	90 - 105	80 - 120	Intermedia
CP 72-2086	Franco - Arcilloso	riego	100 - 110	80 - 100	Precoz
SP 81-3250	Franco - Arcilloso	Secano - riego	80 - 105	80 - 100	Intermedia
B 82-333	Franco - Arcilloso	Secano - riego	80 - 100	80 - 120	Tardía
LAICA 00-301	Arcilloso - Franco	Secano - riego	80 - 100	100 - 120	Tardía
CC 01-1940	Arcilloso - Franco	Riego	90 - 105	100 - 140	Tardía
Fuente: Elaborado por los autores.					

8.1 Caracterización de variedades comerciales.

NA 85-1602: Es una variedad de porte erecto de tallos delgados (2,4-2,6 cm), con una baja floración (< al 25%) según “año climático”; es una variedad de un crecimiento y cierre rápido. Se adapta bien a suelos de textura intermedia - gruesa con riego, es sensible al déficit hídrico (estrés prolongado), tolerante a los herbicidas comerciales usados en el cultivo. Se ha observado sensibilidad al ataque de Chinche de Encaje (*Leptodictya tabida*) y ocasionalmente presenta sensibilidad a la Raya Roja (*Acidovorax avenae*). Posee un excelente rendimiento industrial en el jugo, con un rendimiento agrícola (t/ha) de categoría media. Se adapta bien a la cosecha mecánica, con posibilidad de ser cosechada durante toda la zafra.

NA 56-42: Variedad tradicional de porte erecto-semi erecto, de grosor medio (2,5-3,0 cm) y de floración baja (< al 25%) según “año climático”, germinación y crecimiento rápido al macollamiento, buena tolerancia a los herbicidas de uso comercial tradicional en la región, con tolerancia moderada a las enfermedades del lugar. En ciertas ocasiones se le han observado problemas con Marchitez (*Cephalosporium sacchari*); es muy exigente al riego y se adapta bien a suelos de textura fina, no tolera el déficit hídrico estresante prolongado. Su concentración de sacarosa es de baja a media, con un rendimiento agrícola de toneladas/hectárea alto, se adapta bien a la cosecha mecánica.

RB 86-7515: Variedad de porte erecto a semi erecto, de grosor medio a grueso (2,8-3,0 cm), de floración baja (< al 25%) según “año climático”, de crecimiento y cierre rápido al macollamiento. Posee tolerancia a los herbicidas usados en el cultivo. Se le observan problemas de Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*), con buena respuesta a la aplicación de Boro. Se adapta bien en suelos de textura media a gruesa, con alguna tolerancia al déficit hídrico (secano). Su concentración de sacarosa en el jugo es media, con un rendimiento agrícola excelente y se adapta bien a la cosecha mecánica.

CP 72-2086: Es una variedad de muy amplio uso y gran tradición de porte semi erecto de un grosor medio (2,5-2,8 cm), de floración moderada y variable según “año climático” (30-50%). En condiciones de estrés hídrico presenta corcho en los tallos. De baja tolerancia a los herbicidas de uso comercial. En general manifiesta tolerancia media a las enfermedades, se adapta bien a suelos de textura media a gruesa con riego. Es una variedad de alta concentración de sacarosa en los jugos, con buen rendimiento agrícola (t caña/ha), que responde bien a la cosecha mecánica. Es la variedad más cultivada en Guanacaste y el país.

SP 81-3250: Variedad de porte semi abierto de grosor delgado en los tallos (2,5-2,8 cm), floración moderada y variable según “año climático” (20-50%). En condiciones de estrés hídrico presenta corcho en los tallos. Es tolerante a los herbicidas de uso comercial en caña, muestra tolerancia a las enfermedades propias de la región. Se adapta bien a suelos de textura gruesa y media con riego. De concentración media de sacarosa en los jugos, con buen rendimiento agrícola (tonelaje/ha), tiende a inclinar mucho después de la primera soca; se adapta bien a la cosecha mecánica.

B 82-333: Variedad de porte erecto y tallos gruesos (2,6-3,0 cm), sin floración, crecimiento y cierre al macollamiento lento, de alta tolerancia a los herbicidas de uso comercial en caña en el lugar; muestra tolerancia a las enfermedades propias y comunes de la región. Se adapta bien a suelos de textura franca y los del orden Vertisol con riego. Manifiesta tolerancia al estrés hídrico cuando sembrada en condiciones de secano. Su concentración de sacarosa en los jugos es media, con rendimientos agrícolas de alto tonelaje de caña (t/ha), se adapta bien a la cosecha mecánica.

LAICA 00-301: Variedad nacional de porte erecto y de tallos gruesos (2,7-3,1 cm), sin floración, crecimiento y cierre al macollamiento lento, de tolerancia media a los herbicidas de uso comercial en caña. Manifiesta baja sensibilidad a Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*), se adapta bien y prospera en suelos arcillosos y franco arcillosos con riego; manifiesta alguna tolerancia al déficit hídrico. Su concentración de sacarosa en el jugo es media, con rendimientos agrícola de alto tonelaje (t/ha), se adapta bien a la cosecha mecánica.

CC 01-1940: Variedad de porte semiabierto con un grosor en los tallos entre (2,8-3,2 cm), sin floración, manifiesta alguna sensibilidad a la afección por Pokka Boeng (*Fusarium moniliforme*), y al taladrador menor de la caña (*Diatraea* spp.). Se adapta bien a los suelos arcillosos con riego. Su concentración de sacarosa en el jugo es media, con un rendimiento agrícola alto (tonelaje/ha); es un material que se adapta bien a la cosecha mecánica. Es muy exigente al riego, no soporta el déficit hídrico prolongado y sus madurez es tardía.

8.2 Variedades promisorias.

Esta categorización corresponde a aquellas variedades que se encuentran aún en fase final de pruebas de investigación, adaptación y evaluación semi comercial previa su selección y liberación para uso comercial, en fincas de productores independientes e ingenios azucareros de la región (Figura 6). En el Cuadro 7 se

mencionan las variedades de mayor adaptación, respuesta agroindustrial y de mejor comportamiento fitosanitario, predominando como se infiere los clones promisorios de la sigla nacional LAICA. Próximamente se definirá con base en los resultados de las evaluaciones su posible paso a uso comercial.

Cuadro 7.
Características agro-productivas de las variedades Promisorias de caña de azúcar en fase avanzada de selección en la región de Guanacaste.

Variedad	Progenitores	Adaptación suelo	Potencial		Madurez
			Industrial (kg. Azu/t)	Agrícola (t/ha)	
CP 00-2150	L 91-113 x TCP 84-3263	Franco	100 - 110	80 - 100	Precoz
LAICA 07-309	H 77-4643 x B 76-259	Franco	100 - 110	80 - 110	Precoz - Intermedia
LAICA 08-361	RD 75-11 x RB 83-102	Franco - Arcilloso	100 - 110	100 - 120	Intermedia
LAICA 08-390	Mex 79 431 x B 76-259	Franco - Arcilloso	100 - 110	80 - 100	Intermedia
LAICA 09-370	SABORIANA x TCP 87-3388	Franco - Arcilloso	100 - 110	100 - 120	Intermedia
LAICA 09-374	SABORIANA x TCP 87-3388	Franco - Arcilloso	100 - 110	80 - 120	Intermedia
LAICA 12-340	Co 421 x TCP 87-3388	Franco	110 - 120	80 - 100	Intermedia

Fuente: Elaborado por los autores. Chaves (2020h).



Figura 6.
Plantación de caña de azúcar con variedad promisoría, región Guanacaste.

8.3 Semilla y semilleros.

La siembra, establecimiento y cosecha de las plantaciones de semillero deben tener virtud de su importancia e implicaciones productivas, planificarse y coordinarse con la antelación debida referida en relación a las futuras siembras comerciales del cultivo previstas efectuar; es por ello necesario ubicarlos en terrenos de fácil acceso, próximos al lugar de siembra, con buena disponibilidad de riego y la correcta fertilización con base en sus necesidades. Es importante garantizar la pureza varietal (genética) y un estado fitosanitario satisfactorio del cultivo, libre de daños de plagas y enfermedades, en estado de buena hidratación y sin daños mecánicos. La semilla debe cosecharse en estado vigoroso entre 6 y 8 meses de edad, Figura 7. La corta de la semilla debe realizarse como máximo dos días antes de la siembra para evitar la deshidratación y daño de los esquejes. Una plantación destinada a semilla no debe recibir más de dos cortas para ese fin, luego de lo cual pasa a comercial. Actualmente en Guanacaste es común cortar la semilla en rollos de 30 esquejes, donde cada esqueje se compone de 3 a 4 yemas. Es conveniente y muy recomendable que la semilla sea tratada previa su siembra con fungicida y termoterapia (51°C por 60 min o 52°C por 30 min). La siembra de plantas pre germinadas va en avanzada con buenos resultados técnicos, fitosanitarios y económicos, por lo que debe valorarse la opción. Debe tenerse claro que semilla mejorada es un concepto avanzado y muy diferente al de simple material de reproducción.



Figura 7.

Semilla mejorada de alta calidad de variedades comerciales con edad entre 6 y 8 meses.

9. Preparación del terreno.

La preparación del suelo representa una labor básica y muy importante consistente en ofrecer una condición óptima de “cama” para el sustrato donde se colocará posteriormente la semilla mejorada, con el fin de lograr una germinación eficiente y uniforme en toda la plantación de caña cultivada. Su objetivo principal radica en realizar una preparación conveniente y apropiada del suelo sin provocar excesos y destrucción de su estructura y agregación, manifestada en una inconveniente pulverización del mismo.

Se mencionan seguidamente de manera genérica las principales labores recomendadas para ejecutar la preparación de los suelos que realizan los ingenios y los productores de caña de azúcar en la región de Guanacaste (Taboga 2011, 2012, 2014).

9.1 Selección del terreno y ubicación.

La selección correcta del terreno donde se establecerá la plantación comercial futura constituye la antesala al inicio de las operaciones agrícolas por ejecutar, motivo y razón justa por la cual es muy importante evaluar con criterio técnico el potencial agroproductivo del terreno, su disponibilidad y facilidad de riego, drenaje y mecanización, la definición de posibles accesos y salidas para el transporte de equipos mecánicos y de cosecha que intervendrán en todo el proceso de producción.

9.2 Limpieza y descepado.

Esta labor se realiza con una rastra rompedora que permite remover y destruir las cepas viejas y el material vegetativo presente, incorporándolo al suelo para su descomposición y contribución como material orgánico. Por lo general esta labor se realiza con buena anticipación a la siembra, es recomendable utilizar una rastra “pesada” con discos de 28-32 pulgadas de diámetro, que penetre entre 25 a 40 centímetros de profundidad en el suelo (Figura 8).



Figura 8.

Paso de rastra rompedora utilizada en la roturación de suelos en Guanacaste.

9.3 Levantamiento topográfico.

Si la finca lo requiere es necesario realizar trabajo topográfico en el terreno dispuesto para ubicar la plantación, con el fin de cometer un levantamiento de niveles del relieve en el suelo (puntos altos y bajos). El levantamiento topográfico se puede realizar con el empleo de equipos especializados tipo GPS y RTK (Figura 9). La información que se obtiene es en definitiva muy valiosa para la toma de decisiones respecto al manejo de las labores mecánicas de la finca, como son entre otras: nivelación, cosecha mecánica, diseño de la red riego y drenaje.



Figura 9.

**Equipos de medición topográfica utilizados en la nivelación de terrenos:
a) equipo para GPS, b) equipo con dispositivo laser.**

9.4 Definición de lotes y accesos.

El diseño de lotes debe ser acorde a las necesidades agronómicas y mecánicas particulares de la finca, tanto en longitud como en lo que se refiere a su ancho. Caso el objeto sea realizar la cosecha en forma mecánica, debe entonces establecerse la plantación con un sentido de colinealidad en la disposición de los surcos entre lotes, de tal forma que se aligere y mejore la eficiencia de las labores mecanizadas (Figura 10). Es importante considerar en dicha organización espacial las áreas de acceso a la maquinaria, islas de carga y descarga de caña, además de las áreas correspondientes a canales de riego y drenaje.



Fuente: Ingenio Taboga.

Figura 10. Disposición territorial con diseño de lotes colineales y accesos a la finca.

9.5 Nivelación.

El objetivo principal de esta labor de campo es adecuar el terreno y mejorar las condiciones del relieve de manera que permita un manejo eficiente del riego y el drenaje que contengan la pérdida de suelo por causa de la erosión hídrica, principalmente; además, esta labor facilita ostensiblemente la práctica de la cosecha mecánica. La nivelación del terreno debe realizarse con equipos motorizados como rufas y traíllas, que son interconectados a una terminal de sistema laser o de GPS que orienta y controla la labor. Por lo general, el movimiento de tierra es muy variable fluctuando entre 200 m³ a 600 m³ por hectárea de acuerdo con la condición particular, lo que tiene una fuerte repercusión económica en materia de costos de producción implícitos (Figura 11).



Figura 11.
Preparación y nivelación (rufa y tractores) del terreno en época de verano en Guanacaste.

9.6 Labor en el subsuelo.

El subsolado es una práctica casi generalizada que se realiza con arado de cinceles que se introducen en el suelo a una profundidad variable entre 50 y 60 cm, con el objeto de romper y fraccionar las capas más profundas compactas e impermeables, con lo cual se mejora la oxigenación y con ello el desarrollo del sistema radical, se favorece el anclaje de las plantas; además de mejorar la lixiviación, percolación, distribución del agua de riego y drenaje de sus excesos, promueve la incorporación de materia orgánica y la disponibilidad de nutrimentos esenciales en el sistema suelo (Chaves 2017a). Para realizar esta labor es recomendable utilizar tractores con potencia mayor a 180 HP que contrarresten y superen la resistencia que ofrece el suelo (Figura 12).



Figura 12.

Labor de subsuelo utilizado en la preparación de los suelos.

9.7 Rastra afinadora.

Esta labor consiste en romper y reducir en tamaño los terrones grandes del suelo que dificultan la calidad del surcado y el tapado de la semilla una vez sembrada. Con esta labor se evita la inconveniente formación de espacios de aire en el suelo, los cuales provocan desecación de la semilla de caña luego de sembrada (Figura 13).



Figura 13.

Pase de rastra afinadora en un suelo franco, región de Guanacaste.

9.8 Surcado.

Consiste en el trazado y alineamiento de los surcos donde será colocada la semilla de caña. La distancia entre los surcos varía de acuerdo con las condiciones de manejo agronómico y tipo de cosecha particulares de la finca. Por lo general se utilizan distanciamientos de 1,5 m y 1,7 m entre surcos, cuya profundidad más conveniente se ubica entre 25 y 30 cm de acuerdo con la textura y otros condicionantes de la misma (Figura 14). El largo (m) de los surcos es un tema relevante en sistemas de riego y drenaje lo cual se asocia a condiciones vinculadas con pendiente, textura y lámina de riego; al igual que la orientación de los surcos respecto a la luz y los puntos de recolección y aguas para su evacuación del sistema es muy importante tenerlo presente.



Figura 14.

Diseño de los surcos en dos distanciamientos de siembra: a) surcos a 1,7 m y b) surcos a 1,5 m.

En aquellas fincas donde predominan suelos pesados del orden Vertisol (>60% arcilla), la preparación del suelo resulta muy compleja y especial pues implica imprimir un alto costo energético, donde la potencia de los tractores utilizados para realizar el esfuerzo de corte debe ser mayor en relación a la resistencia natural impuesta por el suelo, lo que dificulta la preparación y adecuación del mismo. El contenido de humedad es otra variable que debe controlarse, pues un suelo seco o muy húmedo ofrece condiciones inadecuadas para el objetivo pretendido. (Figura 15).



Figura 15.

Suelo Vertisol roturado para la siembra de caña de azúcar, región Guanacaste.

10. Siembra de la plantación.

La siembra debe siempre organizarse y planificarse considerando la presencia de factores determinantes para poder aspirar al éxito productivo y empresarial, entre los cuales la disponibilidad de agua de riego durante el periodo seco o en su caso la presencia de lluvias en la época de invierno son inexcusables; caso contrario los niveles de productividad agroindustrial y la rentabilidad final serán poco retributivas. La siembra de las plantaciones de caña de azúcar en la región de Guanacaste se realiza de dos formas:

10.1 Siembra manual.

Es el método convencional y tradicional más utilizado entre los productores independientes, el cual consiste en transportar la semilla de caña al terreno, colocar los esquejes preferiblemente de 3 yemas en el surco y taponarlos de forma manual o mecánica. Para lograr una óptima uniformidad y densidad de yemas/m (14 a 16), es recomendable colocar al menos dos filas de tallos traslapados en el surco, como se aprecia en la Figura 16. El tapado de la semilla debe realizarse con un capa de suelo de 5 a 10 cm de grosor; si el tapado se realiza de forma mecánica es recomendable revisar y retapar antes o después de aplicado el primer riego.



Figura 16.

Siembra manual de caña de azúcar con tallos traslapados en el surco.

10.2 Siembra mecánica.

Es una modalidad que actualmente es poca utilizada en Guanacaste, la misma consiste en cortar la semilla de forma mecánica, transportarla y sembrarla con un equipo combinado integral que realiza simultánea y sistemáticamente las funciones de almacenaje de la semilla, surcado, fertilización, siembra del esqueje y tapa del surco sembrado (Figura 17). La adquisición de equipos mecánicos integrales de siembra adquiere importancia y próximamente se dispondrá de equipos de esta naturaleza en la región lo que agilizará la labor cubriendo más área (8-10 ha/día) con uso de menores cantidades de semilla (<10 t/ha).



Figura 17.

Logística de labores en la siembra mecánica: a) equipo de llenado de semilla, b) equipo con tanque para aplicación de fungicida y siembra.

10.3 Distancia de siembra.

El distanciamiento depende y viene determinado fundamentalmente por la modalidad de cosecha empleado; por ejemplo, para sistemas de cosecha manual o semi mecánica, lo usual en la zona es usar un distanciamiento de 1,5 m entre surcos. Para el caso de las plantaciones de cosecha mecánica lo recomendable es ampliar y sembrar a una distancia entre surcos de 1,7 m.

10.4 Densidad plantación.

Para lograr una óptima uniformidad y densidad de yemas germinadas/metro definida entre 14 a 16, es recomendable colocar al menos dos filas de tallos traslapados en el surco como se indica en la Figura 18. El tapado de la semilla debe realizarse con un capa de suelo entre 5 a 10 cm de grosor, si el tapado se realiza de forma mecánica es recomendable revisar y retapar antes o después de aplicado el primer riego.



Figura 18.

Densidad y tapado mecánico de la semilla en lotes comerciales, región de Guanacaste.

10.5 La resiembra.

Es una práctica agrícola desfavorable pero técnicamente necesaria para resolver problemas que genera sin embargo costos adicionales e imprevistos a la plantación, la cual es provocada por irregularidades surgidas durante la siembra sea por la baja calidad de la semilla, deficiencias las labores de preparación del suelo o circunstancias ambientales. Ante esta situación es recomendable tener un buen control de los factores implicados al momento de realizar la siembra, para evitar y/o contrarrestar una mala germinación de la plantación. Lo conveniente es realizar resiembras que no superen el 20% del área cultivada, o sea, 1.333 metros lineales de siembra en un sistema con distanciamiento de 1,5 m entre surcos y 1.176 metros lineales en el caso del sistema de siembra a 1,7 m entre surcos. El material vegetal empleado en la resiembra debe tener la misma edad fenológica, tamaño y condición vegetativa, lo que debe evitar sembrar esquejes en plantaciones ya desarrolladas; lo conveniente en este caso es entresacar el material vegetal de la misma plantación comercial o en su caso disponer preventivamente un área específica para ese fin al momento de sembrar. La práctica de la resiembra resulta casi obligada en cualquier plantación, permitiendo prolongar la vida comercial de la misma y también mantener un nivel de productividad sostenido a través de los cortes.

11. Manejo de la plantación.

El manejo agronómico de la plantación después de ocurrida la siembra o la cosecha incluye una serie de labores y prácticas de carácter mecánico y manual que merecen atención, revisión, control y adecuación. Con ese objetivo por lo general se establecen una serie de labores que pueden variar según sea la época de siembra, el tipo y condición de los suelos involucrados y la disponibilidad de riego (Taboga 2012). A continuación se presenta un detalle secuencial de las actividades y labores implicadas.

11.1 Escarificado /semi subsolado.

Esta labor consiste en romper el suelo a una profundidad de entre 30 y 40 cm, con el objeto de mejorar algunas de las propiedades físicas del mismo como son las asociadas con la compactación, la necesidad de romper raíces viejas y mejorar la aireación del suelo (Chaves 2017a). Por lo general, en Guanacaste esta labor se realiza en los ciclos de soca o retoño del cultivo, con una regularidad de cada dos ciclos de desarrollo vegetativo (Figura 19).



Figura 19.
Labor de semi subsolado o “escarificado” del suelo en ciclo soca.

11.2 Desaporca.

Esta labor se recomienda efectuarla cuando la caña no supera aún los 60 dds /ddc, o cuando el follaje de la caña no supera un crecimiento de 0,8 m a 1,0 m de altura para evitar daño físico a la biomasa presente. Dicha labor consiste en pasar por el entresurco un implemento de picos llamado “escardillo”, cuya función es favorecer la aireación y romper la compactación superficial del suelo; además sirve como control mecánico de malezas (Figura 20).



Figura 20.

Equipo de “escardillo” operando en labores del cultivo en la región de Guanacaste.

11.3 Aporca.

Es una labor que se realiza posterior al paso del escardillo o escarificador por los entresurcos de la plantación, siendo su función principal la de favorecer la proximidad de suelo en la sección lateral a la cepa del cultivo mejorando su cobertura; permite adicionalmente incorporar residuos vegetales, cubrir fertilizante y efectuar un control físico de las malezas presentes. Facilita y orienta además la conducción del agua de riego y los excesos de lluvia prevalecientes en la finca. Esta labor se realiza empleando diversos implementos mecánicos, como lo muestra la Figura 21.



Figura 21.

Aporca con equipo de discos y de pico con aletón conocido como aporcador de “corazones”.

11.4 Rotación de cultivos.

En Guanacaste esta práctica de manejo está enfocada exclusivamente al manejo conveniente y uso rentable de los suelos arcillosos del orden Vertisol, con el objeto de favorecer una mejora en la productividad agrícola de la caña. En la actualidad la mejor rotación de cultivos para esos suelos es la de caña - arroz y arroz - caña, en una relación de cuatro ciclos sucesivos de siembra de arroz, por cuatro ciclos vegetativos sucesivos de caña de azúcar. Diversos estudios pero sobre todo la experiencia comercial de campo, han demostrado los efectos beneficiosos que se logran de la rotación arroz - caña en suelos arcillosos, ya que mejora las condiciones químicas (nutrimentos), físicas y la actividad biológica presente en estos suelos (Figura 22). Los resultados económicos revelan producciones de 5,0 a 5,5 toneladas métricas de arroz/cosecha/ha, lo cual en dos ciclos anuales de siembra genera 11 toneladas métricas anuales/ha. En el caso de la caña de azúcar la productividad luego de sembrar arroz se eleva en el primer ciclo (planta) a productividades de caña entre 120 -150 t/ha; en el segundo ciclo (primera soca) entre 100-120 t/ha; en el tercer ciclo (segunda soca) a 80 - 100 t/ha y en el cuarto ciclo (tercera soca) a niveles muy competitivos ubicados entre 80 o menos toneladas de caña/ha. No hay duda que la rotación se ha convertido en una práctica habitual y muy conveniente para esas condiciones.



Figura 22.
Plantación en un ambiente de rotación arroz- caña de azúcar, La Soga, Bagaces, Guanacaste.

11.5 Muestreo y caracterización de suelos.

La medición y el diagnóstico de la condición de fertilidad del suelo es una labor necesaria y obligada por realizar, que permite conocer y valorar las condiciones químicas y físicas del suelo donde se va establecer la plantación de caña de azúcar. En el caso particular de Guanacaste, se

observado como región que la fertilidad natural de sus suelos es catalogada de media a alta, como se anota en el Cuadro 8 para una muestra promedio de 159 análisis, como lo expusiera Chaves (2017d, 2019a). Al desagregar por orden taxonómico se encuentran suelos con valores de pH que varían entre 6,3 y 6,6, con bajos contenidos de aluminio y acidez intercambiable que eliminan posibles problemas con la acidez; todo lo cual favorece en principio un manejo y adecuación de la nutrición vía fertilización de las plantaciones (Cuadro 9). De igual manera se han determinado contenidos de materia orgánica bajos que en promedio varían entre 2,2 y 2,6 % inducidos por baja deposición y alta mineralización de la misma. Son muy notorias las limitaciones que se tiene en algunas localidades en cuanto a contenidos insuficientes de Fósforo, como también las altas concentraciones en bases existentes, principalmente Calcio y Magnesio, los cuales por proporcionalidad generan desbalances con respecto al Potasio lo que obliga pese a sus relativos altos contenidos a incorporarlo. Lo anterior induce valores altos en la Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva (CICE) en buena parte de los suelos cañeros de la región. La respuesta a la adición de Azufre (S), Boro (B) y Zinc (Zn) es muy sugestiva y positiva. Estas y otras particularidades deben ser necesariamente consideradas en cualquier programa de fertilización comercial visionaria y realista que se proponga desarrollar.

Cuadro 8. Caracterización química aproximada de los suelos cultivados comercialmente con caña de azúcar en Guanacaste.

Región	N° Muestras	pH	cmol (+) / l						µg / ml						% MO	Saturación (%) Acidez	Relación		
			Acidez	CICE	Ca	Mg	K	Σ Bases	P	S	Zn	Cu	Mn	Fe			Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Guanacaste	159	6,4	0,16	26,81	19,6	6,1	0,52	26,65	17	15	2	9	17	64	4,6	0,61	3,2	37,7	11,7
Nivel Crítico 1/		< 5,5	< 0,50	5,01-25	< 4	< 1	< 0,20	< 5	< 10		< 2	< 2	< 5	< 10		< 10	< 2	< 5	< 2,5

Fuente: Chaves (2019a); 1/ Méndez y Bertch (2012).

Cuadro 9. Caracterización de tres ordenes taxonómicos de suelos cañeros de Guanacaste.

Orden de suelo	pH	Acidez Intercambiable (meq/100ml)	Suma Bases (meq/100ml)	CICE	Saturación de Acidez (%)	% Materia Orgánica	Conductividad Eléctrica (mS/cm)
Inceptisol	6,3	0,11	22,82	22,93	0,5	2,40	0,3
Vertisol	6,6	0,10	38,84	38,94	0,3	2,17	0,4
Mollisol	6,5	0,11	29,92	30,03	0,4	2,64	0,3
Nivel Crítico *	< 5,5	< 0,5	< 5	5,01-25	< 10	-	1,5

* Mendez y Bertsch (2012).

12. Nutrición y fertilización.

La fertilización es una práctica agrícola que procura proveer y satisfacer las necesidades nutricionales que la planta de caña tiene y el suelo no le pueda proveer, razón por la cual debe hacerse muy bien. La nutrición representa sin lugar a dudas un factor determinante e incuestionable para favorecer e inducir el incremento y la estabilidad de la producción agroindustrial de una plantación comercial de caña de azúcar, como lo ha señalado Chaves (2012, 2017d). Sin embargo, en la ejecución pragmática de la misma prevalecen muchas veces factores que hacen que su efectividad y expectativa potencial sea disminuida significativamente, lo que se refleja en una baja productividad agroindustrial que puede alcanzar niveles anti económicos. Para las condiciones particulares de las fincas cañeras de Guanacaste se presenta en el Cuadro 10, el resultado de la superficie histórica experimental conteniendo los requerimientos de nutrimentos y la respuesta potencial a su adición según ciclo vegetativo del cultivo. Es en esos ámbitos donde es viable encontrar con alta probabilidad la posible respuesta agro productiva más satisfactoria a la adición de cada nutrimento esencial.

Cuadro 10. Programa de fertilización para el manejo de Caña Planta, región Guanacaste.

Ciclo Planta				Cantidad de nutrimentos (kg/ha)				
Época	Fórmula	Cantidad (sacos/ha)	Producto Comercial (Kg /ha)	N	P2O5	K2O	S-SO4	SiO2
Siembra	18-46- 0	5 *	225	40,5	103,5	0	0	0
Incorporado								
40 - 60 DDS	21-6-17,4-5,1 (S)-4,5 (SiO2)	8 **	400	84,0	24,0	69,6	61,2	18,0
Incorporado								
Total		13	625	124,5	127,5	69,6	61,2	18,0

* Sacos de 45 kg y ** 50 kg

DDS = Días Después de Siembra.

Cuadro 11. Programa de fertilización para el manejo de Caña Soca o Retoño, región Guanacaste.										
Ciclo Soca						Cantidad de nutrientes (kg/ha)				
Opción		Rango de Producción (t/ha)	Fórmula	Cantidad (Sacos/ha)	Producto Comercial (kg/ha)	N	P2O5	K2O	S-SO4	SiO2
1	40- 60 DDC	100 - 110	21-6-17,4-5,1 (S)-4,5 (SiO2)	15 **	750	157,5	45	130,5	114,7	33,7
	Incorporado									
2	40- 60 DDC	90 - 100	21-6-17,4-5,1 (S)-4,5 (SiO2)	13 **	650	136,5	39	113,1	99,4	29,2
	Incorporado									
3	40- 60 DDC	80 - 90	Urea + S (39% N, 6% S)	7 *	315	122,8	0	0	56,7	0
	Incorporado									
Promedio		-	-	11,7	571,7	138,9	42	121,8	90,3	31,4

* Sacos de 45 kg ** Sacos de 50 kg

Las Opciones son alternativas de fertilización.

DDC = Días Después de Cosecha.

12.1 Programa de fertilización de caña de azúcar.

La caña de azúcar es una planta excepcional que tiene la virtud y capacidad natural de poder extraer grandes cantidades de nutrientes del suelo, entre ellos el Nitrógeno (N); sin embargo, la extracción depende en alto grado de las variedades de caña, de las características del suelo, de las condiciones del clima y también del manejo del cultivo como lo han señalado Quintero (1997) y Chaves (2016, 2017d). La investigación sobre nutrición y fertilización de la caña de azúcar desarrollada en Costa Rica y en la región, puede considerarse suficiente para determinar y definir con bastante buena proximidad las tendencias y superficies de respuesta referentes a las necesidades básicas del cultivo y con ello establecer los planes y programas de adición de los principales nutrientes esenciales (Angulo y Chaves 2017, 2018).

La caña de azúcar es una planta muy exigente en cuanto a demanda de nutrientes requeridos durante su prolongado ciclo vegetativo, y como tal debe considerar los criterios de oportunidad, modalidad y dosis de aplicación de los elementos requeridos. En el caso de la región de Guanacaste el plan de fertilización de plantaciones comerciales recomendado por DIECA, se fundamenta básicamente según ciclo vegetativo de la caña (planta y soca) en lo anotado en los Cuadros 12 y 13 adjuntos, donde se exponen las fórmulas, dosis, épocas y aporte nutricional incorporado. En el caso de la caña soca o retoño se ofrecen tres opciones alternativas, las cuales van referidas a condiciones muy particulares de entorno productivo.

La aplicación de Nitrógeno y el resto de nutrientes se realizan en esta región en una sola aplicación sin fraccionamiento, excepto en aquellas condiciones que ameriten y justifiquen un refuerzo, se aplica una segunda fracción del mismo como también del Potasio. No hay duda que el Nitrógeno es uno de los nutrientes más determinantes como factor de la producción, como lo anotara Chaves (2016). La aplicación va incorporada al suelo y se realiza con un equipo especializado que deposita el fertilizante a una profundidad entre 10 - 15 cm, como se indica en la Figura 23.



Figura 23.

Equipo de fertilización incorporada al suelo utilizado por los productores de Guanacaste.

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

Las principales malezas presentes y dominantes en las áreas comerciales cultivadas con caña en la provincia de Guanacaste, son entre otras las siguientes: *Rottboellia* sp (Zacate indio, Caminadora, Cholo), *Hyparrhenia rufa* (Jaragua), *Panicum maximun* (Guinea), *Sorghum halepense* (Zacate Johnson), las *Ipomoeas* (Churristates), la *Digitaria* sp y el *Cyperus rotundus* (Coyolillo).



***Rottboellia* sp**

Zacate Johnson (*Sorghum halepense*)

Figura 24. Malezas presentes en las plantaciones de la caña de azúcar de Guanacaste.

13.1 Requerimientos de control de las malezas (arvenses).

Uno de los principales objetivos que se persigue al establecer un cañal es el no permitir que la maleza se establezca complementariamente e impidan el desarrollo normal de la plantación, que no ejerzan adicionalmente una competencia por agua, luz y nutrientes. Para ello, es importante

disponer de un apropiado método de control. Existen diferentes opciones para efectuar el control efectivo de las malezas en la región, dentro de las que se pueden mencionar el control manual, mecánico y químico (Figura 25).



Figura 25. Aplicación de herbicida pre emergente en caña de azúcar.

13.2 Control manual.

Usualmente se emplea el machete o algún instrumento o herramienta similar. Este método se recomienda en pequeñas áreas establecidas con caña, cuando el terreno mantiene un alto contenido de humedad, también en las cabeceras de los surcos o en ciertos “parches” que aparecen dentro del lote. Tiene la enorme desventaja de ser lento y muy oneroso, permaneciendo la plantación sin malezas por un tiempo muy corto pues no hay residualidad. En Guanacaste se utiliza mucho en cañales manejados en forma orgánica donde el uso de agroquímicos esta restringido.



Figura 26. Control manual de malezas en caña de azúcar en Guanacaste.

13.3 Control mecánico.

En este método se emplea maquinaria con adaptación de implementos como el cultivador o escardillo, o en algunos casos los implementos poseen discos que controlan malezas, además de

que fertilizan y aporcan la plantación (Figura 27). El control debe efectuarse antes de que la caña tenga el tallo definido, es utilizado especialmente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, aproximadamente entre el primero o segundo mes luego de emergida, y que existan condiciones apropiadas de humedad en el suelo.



Figura 27. Control mecánico de malezas utilizando escardillo en caña de azúcar.

13.4 Control químico.

Es el de mayor empleo en la región en consideración de su facilidad, costo y efectividad. Se pone en práctica incluso inmediatamente luego de sembrada y tapada la caña, aplicando un producto sellador en el suelo, que impide la nacencia y emergencia de malezas por un período de al menos 30 a 60 días, permitiendo que el cultivo se encuentre bien establecido en el surco y con buen desarrollo vegetativo. Presenta entre otras las siguientes ventajas: se puede controlar la maleza en grandes extensiones cultivadas con caña, permite utilizar equipos como el “spray boom” impulsados por tractores o cuadraciclos; también se pueden emplear las bombas de espalda de 18 o 22 litros, el cual es un equipo de acción manual muy empleado, como también otros equipos como las motobombas, con muy buen suceso (Figura 28).



Figura 28. Aplicación de herbicidas pre cierre en caña de azúcar utilizando bomba de espalda y cuadraciclo en la región de Guanacaste.

Los herbicidas pueden ser por su efecto pre emergentes y pos emergentes (pos emergencia temprana y pos emergencia tardía) del cultivo; también existen herbicidas para el control de malezas en las rondas que circundan las plantaciones. En el Cuadro 14 adjunto se presentan algunas opciones (mezclas) de herbicidas químicos empleados en la región de Guanacaste para realizar el control de malezas, los cuales se ubican de acuerdo al momento del desarrollo del cultivo; cabe destacar que también existen otras opciones de herbicidas cuyo resultado es también muy satisfactorio.

Cuadro 12.
Principales mezclas de herbicidas utilizadas en el control químico de las malezas
en la región de Guanacaste para Caña Planta y Soca.

Situación de emergencia del cultivo.	Opciones de aplicación	Nombre		Dosis por hectárea
		Genérico	Comercial	
En Pre emergencia del cultivo	Opción # 1	Pendimetalina	Prowl 50 EC	2 - 3 L
En Pos emergencia del cultivo	Opción # 1	2 - 4 D	2 - 4 D 60 SL	2 L
		Hexazinona	Velpar 75 WG	0,80 kg
		Diurón	Diurón 80 WP	2 kg
		WK	WK 85%	0,4 L
	Opción # 2	2 - 4 D	2 - 4 D 60 SL	2 L
		Hexazinona	Velpar 75 WG	0,80 kg
		Terbutrina	Igran 50 SC	4 L
		WK	WK 85%	0,4 L
Para el control en rondas	Opción # 1	Glifosato	Randup 35,6 SL	3 L

13.5 Uso de coadyuvantes.

Este tipo de productos son utilizados en el momento de preparar la mezcla de los herbicidas químicos. Se conoce y tiene por demostrado que pueden mejorar significativamente el rendimiento de los herbicidas o plaguicidas utilizados, mejorando la calidad de la gota (más homogénea), la calidad del rociado y pueden adicionalmente mejorar la capacidad de absorción y penetración del producto en la planta. Comúnmente en el mercado existen gran cantidad de ellos, siendo algunos de los más utilizados en el país los siguientes: WK, Cosmo in y Kaytar, entre otros.

13.6 Recomendaciones.

Algunas recomendaciones que deben ser necesariamente respetadas y adoptadas cuando se emplea el control químico de malezas empleando agroquímicos, son las siguientes:

1. Antes de iniciar con una aplicación se debe conocer a profundidad y con detalle, que productos son los que se van a utilizar, cuales son las ventajas y los riesgos implícitos, no solo para el cultivo sino también para el aplicador y el personal involucrado; también donde acudir a la mayor brevedad en caso de acontecer una emergencia.
2. El aplicador o las personas que estarán en contacto con los productos deben de estar debidamente protegidos con todo el traje de seguridad requerido: guantes, botas de hule, anteojos, camisa manga larga o un uniforme específico para esa labor, mascarilla y un sombrero.
3. Debe leerse repetida y comprensivamente la etiqueta del recipiente que contiene los detalles técnicos del producto contenido.
4. Se debe efectuar una correcta calibración del equipo antes de iniciar la aplicación, para lo cual se debe revisar el estado y condición de funcionamiento de las boquillas, empaques y otros accesorios y aditamentos que componen ese equipo, con el fin de tener certeza de que la cantidad que se aplica de herbicida es la correcta. Así mismo, es necesario conocer con certeza el área de terreno donde se va a realizar la aplicación y el volumen de agua a utilizar.
5. El agua a utilizar debe estar limpia, lo recomendable es conocer su pH y grado de dureza.
6. En la etiqueta del producto se debe conocer su concentración, fecha de vencimiento y comprobar que el recipiente está totalmente sellado.
7. Evitar aplicar cuando vaya a llover, este lloviendo o hay viento.
8. Nunca aplicar en suelos secos, con excepción de que el producto que así lo indique.
9. No comer, fumar o beber agua cuando se esté aplicando.
10. Evitar cualquier contacto físico con el producto.
11. Bañarse y quitarse la ropa que utilizó para la aplicación, utilizar nueva vestimenta.

14. Riego y drenaje.

El riego consiste en la aplicación artificial de agua al suelo con el objeto de proveer a los cultivos la humedad requerida para satisfacer el desarrollo y la producción óptima en este caso de caña de azúcar. El mismo permite asegurar la producción y continuidad del proceso productivo cuando las condiciones del ambiente son poco favorables, lo cual puede surgir por causa de déficit hídrico manifiesto, concentración elevada de sales, texturas arenosas con poca retención y condiciones de alta evapotranspiración, entre otras. De igual manera, el riego facilita la gestión de planificación de las labores agrícolas y ofrece un efecto “potenciador” de los insumos que intervienen en la fase de producción. La aplicación de riegos suplementarios depende del nivel de precipitación prevaleciente en el lugar, y se deben programar cuando se haya consumido entre el 50% y el 60% del agua aprovechable del suelo.

El uso del riego comprende e intuye ciertas interrogantes importantes que el productor debe conocer y considerar, sobre la aplicación correcta de este insumo en sus fincas, entre las cuales se mencionan las siguientes:

¿Por qué regar? Se refiere al costo de oportunidad que por el uso del riego surge como factor de incremento y sostenibilidad de la productividad agroindustrial.

¿Cuándo regar? Es un concepto que relaciona las necesidades de agua del cultivo en interacción con el ambiente y entorno donde se desarrolla la plantación, lo cual involucra factores como clima, suelo, vegetación, etc.

¿Cuánto regar? Corresponde a la cantidad de agua que es necesario aplicar con cada riego en la finca, según el estado fenológico en que se encuentre el cultivo (Kc).

¿Cómo regar? Representa el método de riego disponible de mayor eficiencia (técnico - económica) que debe utilizarse en la finca.

14.1 Requerimientos de riego.

El consumo de agua por la caña de azúcar varía significativamente de una región a otra, lo cual puede tener carácter significativo, siendo mayor en aquellas regiones secas de veranos prolongados propias de ambientes subtropicales, y menor en las zonas de ambiente tropical. La evapotranspiración o consumo diario de agua por la planta, equivale al agua que se pierde por evaporación directa del suelo a la atmósfera, más la que pierde la planta por transpiración del tejido foliar de las plantas (ETc). En términos generales se conoce que el consumo de agua por la caña de azúcar fluctúa entre 1.200 - 1.500 mm/año. Asegura Chaves (2019i), que *“La caña de azúcar es una planta que tiene en consideración de sus características biológicas y succulencia innata, una muy alta avidéz por el agua, definiendo FAO (2012) y CENICAÑA (2018) un requerimiento y demanda específica de 15.000 a 20.000 m³/hectárea por año, valor elevado cuando se compara con otros cultivos agrícolas de amplio uso comercial”*.

Los requerimientos de riego de la caña de azúcar dependen y están condicionados básicamente a las etapas de crecimiento vegetativo del cultivo, de manera que el consumo de agua es menor en la fase de germinación hasta los 3 meses de edad, mientras que la mayor demanda de agua coincide con el periodo de máximo crecimiento de la caña que se ubica entre los 4 y 7 meses de edad, razón por la cual la caña de azúcar debe regarse oportunamente y con suficiencia en este periodo para no afectar la productividad del cultivo en cada ciclo vegetativo (Torres *et al* 1996). En la etapa final de crecimiento y maduración (8 a 12 meses) los requerimientos de agua son menores, la evapotranspiración es mínima al haber un 100% de cobertura foliar sobre el suelo lo que reduce drásticamente la evaporación y el cultivo solo pierde agua por transpiración.

14.2 Métodos de riego.

Existen varios métodos de riego que se utilizan en caña de azúcar; por ejemplo el sistema de riego más utilizado en el territorio nacional es el riego por superficie (gravedad), el cual consiste en derivar el agua al suelo humedeciendo así de forma vertical y lateral el perímetro del surco; por su naturaleza hidrodinámica este método requiere cantidades elevadas de agua durante su aplicación. Es un método que tiene la particularidad de aplicarse de diversas formas en el campo, por ejemplo, puede ser por sifón derivador del canal regador al surco de riego; también por medio de tubería de conducción plástica “Polypipe” y tubería rígida, donde ambas formas tienen ventanas dosificadoras del caudal de agua (Figura 29). El gasto de agua por hectárea con este método fluctúa entre 1.200 m³ a 3.500 m³ en cada riego.



Figura 29.

Sistema de riego por gravedad empleando: a) riego por surcos con uso de sifón derivador, b) riego por “Polypipe” y tubería rígida en la región de Guanacaste.

Otro método utilizado es el de aspersión, que consiste en la aplicación pulverizada del agua a presión simulando una lluvia sobre el terreno. Este método utiliza cantidades considerables de agua en cada riego, siendo sus formas de aplicación diversas; por ejemplo, existe el sistema de tubería y cañones fijos, equipos móviles (cañones viajeros) y pivote central estacionario (Figura 30). Con este método se alcanzan eficiencias de aplicación del riego entre 70 y 80%, pero se requiere una alta inversión inicial de capital en los sistemas de distribución y aplicación, además del costo de mano de obra y el mantenimiento de los equipos. La técnica de aplicación del riego por aspersión tiende ser más eficiente en el uso del agua, su aplicación utiliza volúmenes de agua que fluctúan entre 800 m³ y 1.500 m³/ha/riego.



Figura 30.

Sistema de riego por aspersión en caña de azúcar: a) riego de germinación con equipo cañón viajero, b) riego de plantación con equipo aspersores móviles.

Por último, cabe reseñar que el método de mayor eficiencia en la aplicación del riego el cual consiste en llevar el agua directamente a la zona radicular de la planta (riego por goteo localizado), tiene la ventaja que permite aplicar bajos volúmenes de agua, y puede además, incorporar la fertilización y la aplicación de otros químicos en dilución con el agua de riego. Generalmente en caña de azúcar se utiliza la técnica del goteo subterráneo, que consiste en enterrar las líneas de mangueras (goteros/emisores) en los surcos del terreno (Figura 31). Cuando el recurso agua es escaso y limitado, el riego por goteo se torna como una opción de mucha importancia, siendo su limitante principal su alto costo económico de establecimiento, además de su riguroso manejo y mantenimiento del equipo e infraestructura involucrada en un proyecto de esta naturaleza.



Figura 31.

Sistema de riego por goteo en caña de azúcar: a) labor de enterrado de las mangueras de riego, b) sistema principal del cabezal de filtrado del proyecto de riego.

14.3 Drenaje.

En regiones donde el riego es intensivo y la acumulación del agua de lluvias es excesiva en el suelo durante el invierno, el drenaje resulta ser una labor muy importante y necesaria, ya que interviene

directamente en regular el espacio poroso del suelo y las relaciones hídricas que surgen entre este con la planta. En aquellas áreas de regadío el drenaje debe planificarse y realizarse de manera paralela a la ejecución del riego, con el objeto de evitar crear un ambiente anaeróbico prolongado de las raíces de la caña por falta de oxígeno. También el drenaje cumple una función vital en regular el espacio poroso del suelo, mejorando la oxigenación y funcionalidad de las raíces durante el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta de caña de azúcar. Existen diferentes tipos de drenaje superficial que se realizan, aquellos que protegen el perímetro de la finca (contorno/cintura) y tienen como objetivo evitar el ingreso de agua de fincas colindantes; también los drenajes internos sirven para recolectar el escurrimiento del agua de riego y de lluvias en aquellos lotes de pendientes bajas en las fincas (Figura 32).



Figura 32.

Tipos de drenaje superficial utilizados en plantaciones de caña de azúcar: a) drenaje principal periférico en fincas, b) sistema de drenaje interno en fincas cañeras.

15. Plagas.

Las principales plagas presentes en la región productora de caña de azúcar de Guanacaste (Salazar 2017; Salazar 2017), son las siguientes:

15.1 Rata cañera (*Sigmodon hirsutus*).

Son especies muy prolíferas, las hembras son poliéstricas, o sea, continuas en su gestación. Dicho periodo dura alrededor de 23 días, la madurez de las hembras y de los machos la alcanza a los 3 meses de vida, el promedio de sus camadas no son menores a 8 miembros. Dentro de los daños provocados fácilmente observables, están las roeduras en la base de los tallos, en los entrenudos y también en las yemas. Estos daños son de diferente magnitud, provocando que los tallos se quiebren y posteriormente ocurra la infección de diferentes organismos como insectos, hongos y bacterias. Estas afecciones en el tallo pueden desencadenar en la presencia de enfermedades que afectan y deterioran significativamente la calidad de la materia prima y los rendimientos agroindustriales. Las ratas encuentran en las plantaciones de caña de azúcar un excelente habitat y refugio y una importante fuente de alimento durante todo el año (Figura 33).

Los monitores periódicos durante todo el año y no apenas el ciclo vegetativo es una acción de vital importancia en la toma de decisiones futuras. El umbral económico es del 10% de captura de ratas con trampas, establecido como el momento a partir del cual se deben ejercer medidas de vigilancia, muestreo y control. El control se puede hacer de diferentes formas, entre ellas la colocación de “perchas” altas que permitan la estancia de aves rapaces como gavilanes y lechuzas es efectiva, también mantener condiciones para la presencia de serpientes y otros depredadores y enemigos naturales, los cuales las consumen dentro de su dieta. Se pueden usar para captura ratoneras de metal, plástico o de madera. Cuando las poblaciones de roedores son muy altas, es necesario la aplicación de cebos o rodenticidas, de preferencia anticoagulantes en dosis de 2 kg/ha, distribuidos en toda el área afectada; en ocasiones es necesaria la aplicación de cebos una segunda vez alrededor de los 15 días posteriores.



Figura 33. Daño ocasionado por ratas en los tallos de la caña de azúcar, región de Guanacaste.

15.2 Jobotos o abejones de mayo (*Phyllophaga elenans*).

Es una plaga de importancia económica en el cultivo de la caña de azúcar en nuestro país, encontrando mayores infestaciones en Guanacaste, siendo la especie *P. elenans* la de mayor predominancia. Su ciclo de vida es de un año, sin embargo, en períodos severos de sequía su ciclo puede prolongarse a dos años. Las hembras colocan hasta 100 huevos enterrados en el suelo a una profundidad de 5 a 10 cm, en un lapso entre 15 a 22 días, cerca de la cepa de la caña o de hospederos de adultos. A los 10 o 12 días los huevos eclosionan dando origen a pequeñas larvitas de color lechoso (L1), iniciando su fortalecimiento bucal con el consumo de tierra y restos vegetales para luego consumir raíz; luego se origina conforme a su madurez dos estadios más (L2 y L3) en un término de nueve meses aproximadamente, tiempo en el cual devoran las raíces de la caña y ocasionan la afección del cultivo (Figura 34). Cuando la larva está totalmente desarrollada (L4), acumula una gran reserva corporal de grasa que le permite entrar en un estado de diapausa, forma una especie de cápsula que la protege y pasa a formar una pupa y posteriormente a transformarse en un abejón (adulto). Con el inicio de las lluvias la capsula se desintegra, el abejón emerge del suelo durante los meses de abril y mayo. Los abejones son atraídos por fuentes de luz

o especies de arbustos y árboles como el caso del malinche, guácimo, jocote y poro, que son apetecidos por sus cápsulas y hojas como medio de alimentación y lugar para realizar la cópula. En este momento es cuando se aprovecha para la colocación de trampas de luz, trampas con atrayentes sexuales (feromona de *Phyllophaga elenans*) cada 50 metros en los bordes de las plantaciones; además, se puede hacer la fumigación dirigida hacia los árboles hospederos con insecticidas sintéticos de contactos como Diazinón y Malathion. Mediante la utilización de equipos para la preparación o labranza del suelo como arados, cinceles, escardillos, aporcadores o rastra sanitaria, acontece que al romper el suelo se expone o daña los huevos, larvas, pupas y adultos. Esta acción provoca alta mortalidad por desecación por la acción de la temperatura y radiación solar y son fuente de alimento para hormigas, aves y otros animales. También existe un potencial en el control biológico utilizando para ello organismos entomopatógenos. Se aconseja, estar efectuando monitoreos contantes en los lotes comerciales cultivados con caña (Sáenz *et al* 2013).



Figura 34. Presencia de larvas de jobotos (*Phyllophaga* spp.), en el suelo y daños ocasionados al sistema radicular de la caña de azúcar, región de Guanacaste.

15.3 Barrenador común del tallo (*Diatraea* spp.).

Es una plaga de mucha importancia en el país por los daños que provoca en el cultivo y las consecuencias que genera sobre los rendimientos agroindustriales. En Guanacaste existe la presencia de dos especies de barrenador *Diatraea* (*D. tabernella* y *D. saccharalis*), su ciclo de vida es de 50 a 60 días, es una plaga que puede pasar inadvertida en el campo ya que por sus hábitos de vida y alimentación son poco visibles. El adulto revolotea, copula y oviposita durante las noches, siendo los lugares frescos o con sombra los de preferencia durante el día. Los huevecillos se localizan en el envés de las hojas y los estadios de larva y pupa se encuentran en el interior del tallo, a partir de donde emerge el adulto. Dependiendo de la especie puede tener de 4 a 6 generaciones durante el año. Consecuencia de esto, en tallos jóvenes de caña la larva perfora y hace galerías a través del tallo que provoca la muerte del meristemo apical (corazón muerto). En tallos adultos o desarrollados las galerías son longitudinales y transversales con lo cual provocan quebraduras y volcamientos con la acción del viento, hay también formación de brotes laterales, pérdida de peso y azúcar por inversión (Figura 35). Además, al existir daños en el tallo por causa

de las perforaciones o quebraduras se produce la entrada de insectos, hongos y bacterias causantes de enfermedades e inversión del azúcar. Los monitores periódicos a la plantación son de vital importancia si se quiere detectar en forma temprana la plaga, y proceder a la utilización del controlador biológico *Cotesia flavipes*, avispa producida por DIECA.



Figura 35. Presencia de lavas *Diatraea* spp. en el tallo y daños ocasionados al cultivo de la caña.

15.4 Barrenador coralillo o barrenador de verano (*Elasmopalpus lignosellus*).

Conocido comúnmente por su nombre científico *Elasmopalpus*, su presencia en el cultivo es temprana después de realizada la cosecha. Con el rebrote de la caña y cerca del mes de emergida, se observan en plantaciones quemadas gran cantidad de plantas secas iniciando con el síntoma de corazón muerto. Estos daños son más frecuentes durante la época más seca y con mayores temperaturas. La larva perfora el tallo cerca de la superficie del suelo, se caracteriza por ser un gusano muy inquieto, su refugio en el suelo lo efectúa con materia orgánica y tierra (Figura 36). Por su hábito de vida, un riego pesado provoca la muerte de larvas y pupas. Para su detección se recomienda los monitores periódicos al cultivo.



Figura 36. Daños ocasionados por larvas de *Elasmopalpus lignosellus* en plantaciones de caña.

15.5 Salivazo (*Aeneolamia albofasciata*, *Prosapia simulans*, *Zulia vilior*).

Se le conoce también con el nombre de “*baba de culebra*”, se alimenta de la savia de la caña mediante la introducción de una estructura de succión llamada estilete, el cual se ubica en su aparato bucal. Su ciclo de vida comprende tres estadios. Los huevos son puestos en la base de la cepa muy cerca del tallo, los cuales tienen un período de incubación de 15 a 20 días; es importante mencionar que una alta proporción de los huevos colocados por la hembra en octubre y los meses siguientes, se mantienen en el suelo en estadio de diapausa hasta el próximo periodo de lluvias. Con los primeros aguaceros de la época lluviosa, estos huevos eclosionan y nacen las ninfas, que toman como hospedero la base del tallo; este estadio dura alrededor de 30 a 45 días, ocurriendo durante este periodo cinco mudas para llegar a su estado adulto. Para su supervivencia se recubren de una especie de espuma que las protege de los rayos del sol y de los depredadores, ya que su estructura corporal es muy blanda. Cuando están en estadio adulto se ubican en el cogollo y en las hojas, consumiendo la sabia de la planta e inyectando toxinas que provocan manchas lineales de color amarillo - anaranjado y posteriormente con altas poblaciones durante varios días ocurre el quemado de las hojas. La etapa adulta dura alrededor de 10 a 20 días (Figura 37).

Existen diferentes métodos de control, desde los preventivos, que consiste en el pase de una rastra sanitaria con el objetivo de exponer los huevos al sol para que se sequen o al consumo de hormigas y otros organismos. La desaporca y la aporca desempeña también un papel importante, los buenos drenajes y el no permitir la presencia de malezas hospederas en el cultivo son efectivas. Con la presencia de adultos en poblaciones bajas al inicio del periodo de lluvias es preciso la colocación de bolsas de color amarillo en los entre surcos, impregnadas de un pegamento (Zapicol) en el cual los adultos se pegan y mueren. Este trapeo es una medida de control masivo o empleado también para estimar la presencia de individuos. La aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* se efectúa cuando se contabilizan en las trampas amarillas un total de 225 insectos en una semana o 30 por día, o bien, cuando la relación encontrada entre ninfas y adultos por tallo es de 0,4 y 0,2, respectivamente; la dosis a aplicar es de 7 a 8 kg/ha. Haga las observaciones y verificaciones de campo desde el inicio del periodo de lluvias, realice monitoreos y póngase en contacto con el técnico de DIECA de la región.

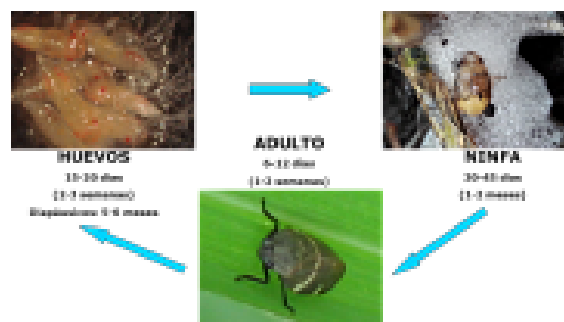


Figura 37. Ciclo de vida del salivazo de la caña de azúcar.

15.6 Chinche de encaje (*Leptodictya tabida*).

Ampliamente distribuida en toda el área cañera del Pacífico, se le encuentra en el área foliar del cultivo, principalmente en el envés de la hoja, ya que con ello se protege de los rayos del sol. El adulto es alado, mide de 3 a 4 mm, cuerpo aplanado y de color rojizo, sus alas transparentes asemejan un tejido de encaje, tienen un aparato chupador que le sirve para succionar la savia de las plantas. Las hembras adultas depositan sus huevos en el haz de las hojas, las ninfas nacen a las dos semanas y pasan por un período de cinco estadios durante 2-3 semanas y forman colonias, por lo cual su ciclo biológico tarda de 20 a 30 días y en climas calientes pueden presentarse de 8 a 10 generaciones por año (Figura 38). Tienen preferencia varietal y el viento es el medio habitual de propagación de un campo a otro; se han encontrado en plantas hospederas como maíz (*Zea mays*) y zacate guinea (*Panicum 48áximum*), entre otras. Respecto al control, si el daño se encuentra en las hojas bajas no es rentable la aplicación de hongo ni insecticida, cuando se producen altas poblaciones por la susceptibilidad de la variedad el ataque debe ser dirigido a las hojas jóvenes. Aplicar el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* de 6 a 8 kg/ha. Consulte con el técnico de DIECA de la zona para mayor información.



Figura 38. Daños provocados en las hojas y presencia de colonias del “chinche de encaje” en el cultivo de la caña de azúcar en la región de Guanacaste.

15.7 Cigarrita antillana (*Saccharosydne saccharivora*).

Producen dos tipos de daños en el área foliar; las ninfas y los adultos se establecen en colonias, al succionar la savia por el envés de la hoja proceden a excretar una sustancia azucarada que cae en la superficie del haz de las hojas inferiores, favoreciendo el crecimiento de un hongo conocido como fumagina (*Capnodium* sp.), que forman una notoria capa gruesa (costra) de color negro, conformando literalmente una barrera que interviene directamente con los procesos de fotosíntesis y transpiración (Figura 39). Como medida de control se recomienda el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. Las observaciones periódicas, en especial en plantaciones jóvenes y semilleros durante la época de lluvia, son de vital importancia para proceder al control y contrarrestar dichos efectos.



Figura 39. Presencia de cigarrita antillana y fumagina en las hojas en las hojas de la caña de azúcar.

15.8 Escama café o escama del tallo (*Aclerda sacchari*).

Se caracteriza por tener poca movilidad, se ubican debajo de la vaina de la hoja, encontrando las mayores poblaciones (tienen alta capacidad reproductiva) cerca del cogollo y preferentemente en las variedades de caña con deficiente despaje (Figura 40). Las mayores infestaciones coinciden con periodos de sequía (canícula o veranillo de San Juan) y la época seca de enero-abril. Su medio de dispersión es semilla infestada, el viento, los equipos utilizados y el tránsito humano. Se recomienda establecer variedades tolerantes para su control y evitar el estrés hídrico de las plantaciones.



Figura 40. Presencia de escama (*Aclerda sacchari*) en los tallos del cultivo de la caña de azúcar.

15.9 El picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*).

Su ciclo de vida tiene una duración de 119 a 159 días. Los adultos aparecen después de ocurrida la corta de la caña, en especial si la corta es en verde o también durante la cosecha de semilla. La fermentación de los tejidos expuestos a la humedad y alta temperatura atrae a las hembras para la colocación de huevos. Otro factor que favorece su presencia son los residuos y las malas

prácticas de manejo de semilla y siembra. Algunos síntomas de su presencia es el amarillamiento de las plantas, brotes muertos en las cepas, fallas en los rebrotes de las socas y caña planta. Para el control, se recomienda colocar trampas confeccionadas con bambú u otros materiales disponibles, a las cuales se les hace un corte transversal que permite la entrada del insecto al interior donde se colocan atrayentes sintéticos que atraen a machos y hembras (Metalure + Weevil Magnet) y trozos de caña que han estado en inmersión en una solución de melaza e insecticida (Diazinón), como se indica en la Figura 41.



Figura 41. Ciclo de vida de *Metamasius hemipterus* y método de captura en el cultivo de la caña.

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

Son insectos muy sociales que se alimentan de tejidos leñosos en descomposición y de tejido vegetal vivo. Cuando se procede a la siembra o resiembra de un lote los esquejes son afectados perjudicando la germinación. Pueden destruir la cepa, consumen el sistema radicular, provocan galerías en el interior de los tallos ocasionando que se sequen (Figura 42). Aprovechan las perforaciones causadas por barrenadores para ingresar al tallo. Forman los conocidos termiteros compuestos de barro, residuos vegetales y otros componentes; son fácilmente localizables entre los surcos adheridos a los tallos y cubriendo toda una cepa de caña. Estos termiteros son de consistencia dura y dificultan las labores de mecanización del cultivo. Para su control es necesaria la destrucción de esos termiteros, asegurándose eliminar a la reina para terminar con el ciclo de reproducción. Otras acciones de prevención y control son quemar el termitero, eliminar residuos de cosecha, troncos y ramas. El uso de semilla sana al momento de la siembra es de vital importancia, por lo que se recomienda su comprobación y de ser necesario tratamiento.



Figura 42. Termiteros construidos en plantaciones de caña de azúcar, región de Guanacaste.

15.11 Afidos (*Sipha flava* *Melanaphis sacchari*).

Se caracterizan por ubicarse en el envés de las hojas a lo largo de la nervadura central, formando colonias que se alimentan succionando la savia y provocando decoloraciones amarilla rojizas en las hojas; si el ataque es fuerte el tejido foliar se seca y por tanto los áfidos migran a otras hojas. Pueden ser especies trasmisoras de enfermedades virosas (Figura 43). El control se hace con insecticidas sistémicos registrados en el cultivo. Actualmente se investigan opciones de control biológico con uso de hongos entomopatógenos. Con frecuencia, estas colonias de áfidos son atacados por enemigos naturales que se encuentran en el ambiente cañero. Cuando predomina *M. sacchari* se presenta en hojas bajas el desarrollo de fumagina.



Figura 43. Colonias de ninfas con presencia de un depredador, momias de áfidos, que fueron parasitadas por *Lysiphlebus testaceipes* y desarrollo de fumagina por presencia de *M. sacchari*.

15.12 Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons*) y langosta pálida (*Schistocerca pallens*).

Si bien las langostas se encuentran actualmente en bajas densidades en las plantaciones de caña de azúcar, a tal punto que pueden pasar desapercibidas durante periodos de varios años, se presentan ciertas condiciones que favorecen la presencia abundante de estadio de ninfa y de adultos. Condiciones climáticas inusualmente extremas, manejo deficiente de malezas y la falta de vigilancia de las plantaciones pueden ser factores que influyen ostensiblemente en el incremento de poblaciones. La langosta centroamericana tiene un comportamiento hacia la gregarización o agrupamiento en altas densidades que pueden superar cientos de miles o millones de individuos que provocan serios daños a la agricultura, como está suficientemente comprobado, mientras la langosta pálida tiene un comportamiento solitario, pero se conoce que la caña de azúcar es un cultivo de su preferencia para alimentarse. Es necesario que se realice vigilancia frecuente en el campo y de manera más intensa cuando se den alertas fitosanitarias por la eminente aparición de la langosta. La vigilancia consiste en recorrer los bordes de plantación o caminos de los cañaverales observando la presencia de ninfas o saltones y adultos o voladores. El control se realiza después de realizar muestreos en surcos de 100 m de longitud y un metro de ancho y se contabilizan más de 10 ninfas o adultos en ese recorrido. Pueden usarse insecticidas químicos registrados para el cultivo o biológicos si las densidades son bajas y no hay factores de riesgo que puedan llevar a la gregarización (Figura 44).



Figura 44. Arriba ninfas de langosta centroamericana solitaria (izquierda) y en proceso de gregarización (derecha). Abajo, adultos de langosta centroamericanas (extremo izquierdo y derecha arriba) y de langosta pálida (centro y abajo a la derecha).

16. Enfermedades.

Las enfermedades son las causantes de una alteración en el funcionamiento y desarrollo normal del cultivo, como causa de una alteración debido a la presencia de patógenos como hongos, virus o bacterias. El desarrollo de variedades de caña tolerantes o resistentes a la afección por estos patógenos se considera la medida más recomendable. En la provincia de Guanacaste, las enfermedades más frecuentes según Chavarría (2017), son:

16.1 Fungosas.

- Pokkahh Boeng o cogollo retorcido (*Fusarium moniliforme*).

Es un hongo del follaje y del tallo que se manifiesta en forma generalizada en la región con efectos diferenciados según las variedades. Su sintomatología es concordante con su nombre de cogollo retorcido. Las variedades se pueden ordenar de la siguiente manera según la susceptibilidad mostrada en el campo a este patógeno:

RB 86-7515 ≥ NA 56-42 > CP 72-2086 > NA 85-1602

La variedad LAICA 00-301 ha mostrado ataques importantes en la fase de caña planta en condiciones de suelos pesados del orden Vertisol. Plantaciones con altos contenidos de materia orgánica generalmente estimulan y promueven una mayor aparición de síntomas de la enfermedad.



Figura 45. Presencia de Pokkahh Boeng (*Fusarium moniliforme*), en plantaciones de caña de azúcar en la región de Guanacaste.

➤ **Carbón (*Scitaminea sporisorium*)**

Ocasionada por un hongo que ataca el tallo, la frecuencia de brotes de esta enfermedad ha disminuido debido a que las variedades más sensibles han estado siendo reemplazadas por variedades más resistentes. Se pueden observar síntomas o brotes de esta enfermedad en lotes de la variedad B 89-138 y en plantaciones de RB 86-7515 ubicadas en sitios marginales. Se caracteriza por la emisión de un látigo carbonoso muy evidente que limita el crecimiento y desarrollo normal de las plantas; se da también una proliferación de hijos no industrializables (Figura 46).



Figura 46. Carbón de la caña (*Scitaminea sporisorium*)

Roya naranja (*Puccinia kuehnii*)

Hongo del follaje que no constituye una enfermedad importante actualmente en la región debido a que las condiciones ambientales no favorecen ataques de consideración, pero ocasionalmente pueden aparecer brotes en variedades como NA 85-1602, CP 72-2086 y SP 81-3250 (Figura 47). La enfermedad es de cuidado motivo por el cual se debe siempre estar alerta a su presencia.



Figura 47. Roya naranja (*Puccinia kuehnii*)

➤ **Roya café (*Puccinia melanocephala*)**

Hongo del follaje cuyos ataques están muy restringidos principalmente a la variedad NA 56-42 y en un menor grado en la NA 85-1602, actualmente no ocasiona problemas en otras variedades de la región pese a lo cual se debe mantener vigilancia sobre su posible presencia (Figura 48).

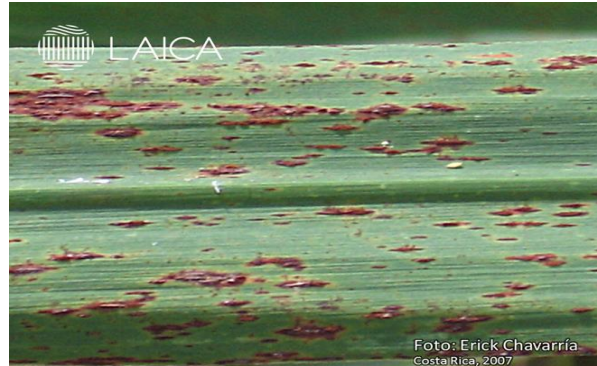


Figura 48. Roya café (*Puccinia melanocephala*)

16.2 Bacteriales.

➤ **Escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*).**

Es una bacteria que ataca al follaje y el tallo, es muy común encontrarla en la región y en el pasado ha ocasionado pérdidas importantes en algunas variedades que han sido sustituidas. Las variedades que muestran mayor afección a esta enfermedad se pueden agrupar en el siguiente orden de sensibilidad a la enfermedad: **NA 56-42 > RB 86-7515 > NA 85-1602 > Mex 79-431**



Figura 49. Escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*)

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

Es una bacteria que ataca tanto el follaje como el tallo de la planta de caña. Cuando ataca el tallo produce pudriciones que emanan un olor muy característico y fuerte que no es producido por ninguna otra enfermedad (Figura 49). De las variedades actuales se deben considerar las siguientes debidas a la susceptibilidad que manifiestan:



Figura 50. Raya roja (*Acidovorax avenae* subsp. *avenae*).

16.3 Virales.

- Virus de la hoja amarilla (SCYLV).

Enfermedad producida por un virus el cual ocasiona un amarillamiento característico de la nervadura central de la hoja, siendo más evidente en la hoja +3, acompañado de una necrosis hacia la región distal de la hoja en casos severos (Figura 50). No se debe utilizar semilla infestada por esta enfermedad. Para su control se fomenta la utilización de variedades tolerantes y la reproducción mediante la utilización de semilla libre del virus, obtenida mediante la técnica del cultivo de tejidos *in vitro*, el tratamiento de la semilla mediante hidrotermoterapia (agua caliente) no es efectivo para la limpieza de enfermedades virales, por lo que solamente se pueden limpiar mediante el cultivo de tejidos *in vitro*. La variedad CP 72-2086, principal material de cultivo de la región presenta en la actualidad esta enfermedad.



Figura 51. Virus de la hoja amarilla (SCYLV).

17. Cosecha de la caña.

17.1 La Floración.

Chaves (2017c) manifiesta en torno a la floración que, es *“un proceso natural de una planta, con el objetivo de que la especie se perdure en el tiempo, para que se lleve a cabo, es necesario de la presencia e influencia de factores intrínsecos de la planta, como es el caso de la edad de la planta, y de factores extrínsecos de la planta, tal es el caso del fotoperiodo, intensidad lumínica, la temperatura, la humedad, latitud y longitud, entre otros.”* Es deseada por muchos en especial los genetistas, y no deseada por otros, ya que su presencia implica un consumo de energía y de nutrientes que van en perjuicio directo del rendimiento agroindustrial del cultivo (Figura 51). Al respecto Chaves (2017c), comenta que *“Los efectos y consecuencias en el ámbito comercial se consideran negativos, en razón de que la producción agrícola se ve afectada, y limitada al dejar la planta de crecer, y perder con ello tonelaje potencial; también ocurre, una afectación en la calidad de la materia prima, al aumentar el contenido de fibra en los entrenudos superiores, darse la formación de médula (corcho), y disminuir la concentración de sacarosa en los tallos, consecuentemente, en el azúcar recuperado en fábrica”.* En nuestro medio, es común que las primeras apariciones de flor ocurran a partir del mes octubre, noviembre y diciembre (Figura 52); sin embargo, los investigadores concuerdan que la iniciación o diferenciación floral ocurre en el mes de agosto ubicándola entre los días 8 y 20 de ese mes (Carvajal *et al* 2019).



Figura 52. Incidencia de floración y presencia de corcho en el tallo en plantaciones de caña de azúcar.

17.2 Maduración de la caña.

Existen dos formas o medios de lograr la madurez en las plantaciones comerciales de caña de azúcar, las cuales se comentan brevemente a continuación:

17.2.1 Maduración natural.

De acuerdo con Subirós (1995), *“La maduración es el proceso fisiológico por el que la producción de materia verde de la planta se reduce para dar paso a la acumulación de carbohidratos en forma*

de sacarosa en las células del parénquima del tallo.” El mismo se encuentra influenciado por muchos factores del entorno como son la variedad cultivada, pues cada variedad posee una condición genética muy particular y específica que condiciona su estado de madurez. Las variedades de caña maduran de manera natural en diferente momento durante el tiempo que dure la zafra, concentrando su actividad en la fase final del ciclo vegetativo (Chaves 2019i). Las denominadas **precoces o tempranas**, maduran al inicio de la cosecha; también existen aquellas cuya madurez se logra en el periodo **intermedio** de la cosecha, y finalmente están las que su madurez se alcanza al final de la corta y son conocidas como **tardías**. Los factores ambientales y dentro de ellos el clima son determinantes, siendo la humedad en el suelo uno de gran importancia, como también las temperaturas (máxima-mínima) y su variación diaria en ese periodo particular son igualmente de vital importancia, ya que hay gran variabilidad en cortos periodos de tiempo. La radiación solar y el viento se suman en favorecer la condición estresante que induce y promueve el acumulo de sacarosa en los tallos de la planta, como lo señalara Chaves (1982, 2019cdf).

17.2.2 La maduración química.

Se logra mediante el empleo de maduradores químicos o naturales que actúan como reguladores del crecimiento favoreciendo e incrementando el contenido de Brix, Pol y Pureza (%) del jugo, y con ello inducen una mayor concentración de sacarosa en los tallos. En la actualidad en esta región, el periodo de corte y cosecha de la materia prima inicia en las primeras semanas del mes de diciembre con la salida de las lluvias e ingreso de la época seca, motivo por el cual todas las variedades que se van a cortar durante el primer tercio de la zafra (diciembre y parte de enero), son forzadas a maduración inducida mediante el uso de madurantes químicos, los cuales deben ser aplicados de 5 a 6 semanas antes de cosechar la caña (Chaves 2020a). La dosificación aplicada se estima en consecuencia de acuerdo con la variedad, y el tonelaje estimado cosechar. El Cuadro 13 presenta algunas de las opciones comerciales disponibles y utilizadas actualmente en la zona.

Cuadro 13.

Principales madurantes utilizados en el cultivo de la caña de azúcar en la región de Guanacaste.

Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis	Momento de aplicación antes de cosecha
Roundup	Sal de Potasio de N-(Fosfonometil) Glicina.	0,8 – 1,3 lt/ha	6 - 8 semanas
Fosfito de Potasio más Roundup	Fosfito de Potasio + Roundup	1,5 – 2,0 lt + 0,5 lt	6 - 8 semanas
Modus 250 EC	Trinexapac-etilo + con formulantes c.s.p	0,8 lt/ha	5 - 6 semanas

El acúmulo de experiencias que se capitalicen con el tiempo, cuando se procede a madurar la caña mediante el empleo de madurantes, constituye la base principal para la toma correcta de decisiones futuras. Hay aspectos a considerar para obtener el incremento deseado en las concentraciones de sacarosa recuperadas, entre los cuales están: la variedad a la cual se le aplicara el madurante y también el comportamiento climático prevaleciente en el lugar durante los meses previos a realizar la aplicación (Figura 53). Según Vargas (2010), *“cuando se presentan años con altas precipitaciones superiores a 2.250 mm, se reduce considerablemente la respuesta del madurante en el primer tercio de zafra.”*



Figura 53. Aplicación de madurantes en caña de azúcar, Región de Guanacaste.

17.3 Control de la madurez.

Es una herramienta práctica muy utilizada en el campo para conocer cuál es el grado de concentración y acumulo progresivo de sacarosa en los tallos valorado en el tiempo, buscando contar con elementos confiables para proceder con la programación de la cosecha. Expresa Chaves (1982), que hay criterios técnicos que se deben considerar para decidir el momento en que la variedad se encuentra lista para ser cosechada, entre los cuales menciona el *“contenido de sacarosa, el porcentaje de humedad de los tallos, los niveles de azúcares reductores, el porcentaje de pureza, el porcentaje de fibra, entre otros”*. Uno de los métodos de muestreo de madurez es utilizando el criterio similar al empleado en el pago de caña por calidad, tal y como se hace comercialmente. Lo usual es determinar al menos cinco puntos o más en el lote considerando los cuatro vértices (de 15 a 20 metros dentro del lote) y el centro del mismo, procediendo a cortar en cada punto al menos 3 tallos aleatorios y representativos del desarrollo de la caña; al final la muestra se constituye de 15 tallos. El corte debe ser a ras del suelo, se amarran, se identifica claramente su procedencia y se llevan al laboratorio del ingenio para ser analizadas. Estos muestreos inician de 1 a 2 meses antes del inicio de la cosecha; efectuando al menos tres muestreos en cada lote, para llegar al final a una decisión más objetiva y representativa.

Otro método utilizado para determinar el grado de madurez de la plantación es el denominado “refractométrico” mediante la programación por brix y su correlación con el contenido de sacarosa (Figura 54). Para su determinación se extrae jugo de la parte media de tallo por medio de un punzón, se colocan y hacen las lecturas por medio de un refractómetro manual. En este caso se deben muestrear al menos 50 tallos por lote, en toda el área representativa del mismo; posteriormente los datos se tabulan, se ordenan e interpretan.



Figura 54. Muestreo de madurez de precosecha en caña de azúcar, con el uso del refractómetro manual.

17.4 Quema agrícola controlada.

Desde hace muchos años la práctica de la quema de plantaciones de caña para su cosecha está permitida, regulada y reglamentada en el país por medio del Decreto Ejecutivo # 35368-MAG-S-MINAET, Gaceta No. 147 del 30 julio del 2009. Dicha normativa obliga acatar todas las medidas que expresamente allí se solicitan. Para su ejecución es necesario contar con personas altamente experimentadas, de preferencia que hayan efectuado dicha labor. Se deben realizar rondas cortafuego y contar como prevención además con una tanqueta con agua pegada a un tractor, herramientas como palas, machetes, azadón y otros. Resulta también necesario contar con un grupo de al menos 6 a 10 personas con funciones y asignaciones previamente establecidas. El momento de ejecución de la práctica debe ser cuando el viento no sea un riesgo, es decir, exista tiempo calmo, en ocasiones esto se logra a inicios de la noche o en horas de la madrugada cuando la quema esta legalmente habilitada (4:00 pm a 7:00 am).

La quema tiene sus ventajas y desventajas, Subirós (1995), expresa que algunas ventajas pueden ser: favorece la corta de los tallos, en especial aquellos que no son erectos y están caídos, la corta se realiza más rápido y el cortador tiene un mayor rendimiento y menor desgaste, y se elimina la materia extraña, entre otras ventajas. Hay también desventajas o efectos negativos sobre la caña, pues produce pérdidas de peso de los tallos por evaporación del agua, disminuye la fertilidad natural del suelo, destruye la actividad microbiológica del suelo, la erosión se ve favorecida, puede producir trastornos de salud, aumenta el deterioro de la caña, etc. Hoy en día hay una fuerte

polemica nacional y sectorial en torno a la práctica con grupos ambientalistas para que la misma desaparezca; sin embargo, no todos los productores se encuentran preparados para este cambio tan radical y sus implicaciones. En complemento hay un desarrollo importante de plantaciones cosechadas en verde (sin quemar) y de producción bajo criterios y certificación orgánica que han disminuido el uso de la práctica.

17.5 Cosecha oportuna.

Constituye uno de los momentos de mayor importancia en la producción de caña y azúcar, ya que tiene como objetivo principal recolectar toda la caña cosechada (preferiblemente en un lapso de 12 a 24 horas luego de cortada), pues de lo contrario se inicia el proceso bioquímico de inversión de la sacarosa en otros azúcares no cristalizables (Glucosa y Fructuosa); como también la ocurrencia de la fermentación de los tallos de la planta. Se debe buscar siempre obtener un buen corte de cada tallo, lograr un traslado lo más inmediato posible al ingenio y que no vayan impurezas, basura o “trash”, en presentaciones tales como tierra, madera, piedra, hojas verdes y secas, cogollo, tallos secos e inmaduros, etc.

Otros aspectos a considerar:

1. Tener claro cuantos lotes se deben cortar, de tal forma que se tengan estimadas las toneladas de caña programadas enviar previamente al ingenio. Lo anterior obliga contar con el personal necesario (cortadores) para que efectúen dicha labor, y también con la maquinaria de corta, alce y transporte oportuna para trasportar toda la caña cortada, según sea la modalidad de cosecha.
2. No transporter y entregar cogollos ni hijos laterales (lajas), por lo cual éstos deben desecharse de previo.
3. Tener colaboradores en el campo al momento de realizar la corta, que ayuden a corregir situaciones imprevistas que se presenten de forma expedita y efectiva.
4. Se debe conocer con antelación si la variedad que se va a cortar es de madurez temprana, intermedia ó tardía. No se puede cortar y entregar una variedad de madurez tardía (último período de cosecha) a inicios de la molienda; ni tampoco cortar y entregar para proceso fabril, una variedad de madurez temprana al final de la zafra, pues los impactos en el contenido de sacarosa extraída y recuperada en la fábrica es alto y muy deficiente.
5. Si la caña ha sido quemada y cortada se debe trasladar al ingenio para su procesamiento de forma inmediata, ya que su deterioro es más rápido que otra cortada en verde (Figura 55). También hay un impacto importante por pérdida de peso (kg).



Figura 55. Cosecha oportuna de la caña de azúcar.

17.5.1 Materia extraña.

En principio se lleva al ingenio tallos industrializables de caña para que sean procesados y se les extraiga toda la sacarosa que tengan concentrada y contenida; por tanto, todo aquel material como raíces, cepas de caña, cogollos, palos, piedras, hojas, tierra, restos de fertilizante, etc, que no poseen potencial industrializable se les considera materias extrañas. Su presencia durante el proceso industrial causa incrementos importantes en los costos de producción y afectan la calidad final del proceso y el azúcar elaborado (Figura 56). Aguilar y Chaves (2009) concluyeron en su estudio, que *“la caña seca, las hojas secas y verdes, obtuvieron las mayores disminuciones del rendimiento de azúcar (1,85, 1,73 y 1,52) por unidad de aumento porcentual en el contenido de materia extraña, y que, las menores disminuciones la presentaron el corcho y los mamones (0,53 y 0,15, respectivamente. También encontraron que por cada unidad de incremento de materia extraña evaluada, se determinó un factor de disminución promedio de 1,18 kilogramos de azúcar por tonelada de caña”*. Es por ello que se debe de fundamentar todo el esfuerzo final en llevar al ingenio cañas limpias, sanas y de calidad, pues de lo contrario, los rendimientos agroindustriales se verán afectados e impactados negativamente, con graves consecuencias económicas.



Figura 56. Contenidos de materia extraña presente en caña cosechada bajo la modalidad de corta manual (caña quemada y caña verde).

17.6 Tipos de cosecha.

En Guanacaste las áreas de cultivo establecidas con caña, se encuentran ubicadas mayoritariamente en zonas de topografía plana o que han sido acondicionadas. En ese sentido, solo se efectúan dos tipos de cosecha de la caña, la semimecanizada y la totalmente mecanizada. La primera de ellas es la que más predomina, pues generalmente la plantación se quema, la corta se hace en forma manual y el alza mediante cargadoras mecánicas. En la cosecha mecanizada, todas las labores se hacen de manera integral y mecánica (corta, carga y transporte), lo que se conoce localmente como CAT.

17.6.1 Corta de la caña.

Constituye una de las labores importantes del proceso, ya que dependiendo de la calidad con que se realice, así será la recuperación de la planta y la vida útil comercial que pueda proyectar un cañal. Al momento de su ejecución es necesario que el corte sea a ras de suelo, con ello se evita la presencia de “tocones” o troncos superficiales de tallo, los cuales dificultan la emergencia de los nuevos hijos y son focos de entrada de insectos, hongos y bacterias. Otro aspecto a considerar es efectuar un buen corte del cogollo, ya que en esa sección los contenidos de sacarosa son sumamente bajos; la altura de corte basal y superior son determinantes para efectos productivos y económicos. Finalmente, durante la ejecución de la acción se debe de ir eliminando cualquier materialbiológico o no que no sea tallo moledero.

En la provincia de Guanacaste se ponen en práctica durante el período de cosecha, las modalidades de corta que a continuación se exponen:

17.6.2 Corta manual.

Se practica mayoritariamente en las fincas de los productores independientes y particulares de caña, donde los cortadores utilizan el machete cañero; sin embargo, algunos cortadores efectúan la labor con una clase de machete especial denominado “machete australiano”. La utilización de uno u otro implemento requiere de mucha destreza y protección, ya que son herramientas muy afiladas y por tanto de muy alto riesgo. Lo ideal para realizar el corte, es que la caña este erecta, pues si la caña esta inclinada hacia el productor, este debe de iniciar por el lado opuesto (Figura 57). Es importante la colocación de espinilleras como medida de protección. Hoy en día se están exigiendo y distribuyendo hidratantes a todos los cortadores de caña, para que ellos los preparen y los estén consumiendo continuamente mientras realizan la labor de cosecha.



Figura 57. Corta manual de la caña de azúcar quemada.

17. 6.3 La elaboración de la ruma o hilada de caña.

En algunos casos los cortadores deciden cortar solos o en pareja, lo cual dependiendo de lo anterior se procede a la asignación de 4 a 6 surcos de caña, iniciando con la corta de los surcos centrales o de en medio, con lo cual el cogollo se deposita a ambos lados. Cuando se corta el cogollo éste debe ser colocado en el surco de al lado debidamente ordenado, conforme se avanza en la corta se irán cortando los surcos laterals (Figura 58). Respecto al largo del surco a cortar, la longitud debe estimarse en el campo con base en la producción de materia prima estimada por hectárea; siendo el encargado de campo, con base en su experiencia quién determina el largo del mismo.



Figura 58. Conformación de una hilada o “ruma” de caña de azúcar.

17.6 4. Corta mecánica de la caña.

Es implementada principalmente por los ingenios y algunos productores grandes que han adecuado sus lotes para tal fin. Se realiza en áreas con caña verde, como también en otras áreas con caña quemada, buscando minimizar la cantidad de biomasa. En ambas modalidades la corta se efectúa con cosechadora mecánica de caña (Figura 59).

Es una necesidad imperativa en la actualidad por causa de la sentida disminución de mano de obra existente, ya que es un trabajo muy duro, además de ser oneroso. Otros aspectos que han contribuido en el uso de la corta mecánica, es la fluctuación y volatilidad de los precios en el mercado internacional y el aumento permanente en los costos de producción.

Antes de realizar la corta mecánica de la caña, se deben necesariamente implementar y cumplir una serie de “requisitos” o condiciones para que la misma sea eficiente. Subirós (1995), enuncia los siguientes como importantes:

- Una adecuada nivelación del terreno.
- Debe haber ausencia de obstáculos (piedras, troncos, etc.)
- Elegir una buena variedad, erecta y de buen despaje
- Considerar la longitud de los surcos
- El ancho del surco debe considerar las especificaciones de la cosechadora, la cual usualmente varía de 1,5 m y 1,8 m.
- La altura del surco debe ser alrededor de 25 cm para facilitar las labores de corta, con las labores de desaporca y aporca durante el mantenimiento de la plantación.
- Tapar los canales de riego y drenaje para facilitar el desplazamiento del equipo.
- Ancho de guardarrayas de 7 a 9 m, con salidas de surco no muy bruscas.
- Considerar el tamaño de la unidad de producción, ya que se relaciona y es proporcional con la eficiencia de la cosechadora.

Hoy en día existen en el mercado muchas marcas, prototipos y diseños de cosechadoras, cada una de las cuales destaca en alguna característica particular, como acontece con las cosechadoras combinadas; las cuales pueden ser usadas de acuerdo con el modelo de producción y sus necesidades



Figura 59. Modalidades de cosecha mecánica en verde y con caña quemada.

17.7 Destronque.

Es una labor muy importante, de trascendencia productiva y de alto costo que se realiza después de efectuado el corte de la plantación. Para el caso de la cosecha de la caña en forma manual, es una labor que en principio no se debería hacer, ya que si hay una buena y correcta supervisión de los cortadores al momento de efectuar la práctica, esta se va corrigiendo en el momento. Consiste en ir cortando todo aquel trozo de caña que sobresalga del nivel de la cepa, donde fueron cortados los tallos; procurando que todos queden al mismo nivel (ras del suelo). Cabe mencionar que la mayor parte de troncos de tallos sin cortar quedan cuando se efectúa cosecha mecánica y hay una topografía irregular del suelo, cuando por alguna razón se produjo un hueco en la superficie, cuando hay mala conformación de los surcos o por pesima labor el corte fue premeditadamente alto en corta manual (Figura 60). Esta práctica favorece que los retoños nuevos emerjan con mayor vigor, se impide además la entrada de plagas o enfermedades no deseadas y hay un mayor anclaje y soporte de la cepa evitando el volcamiento y la pérdida de tallos.



Figura 60. Tocones presentes en la caña después de realizar un mal corte de la caña.

17.8 Remanga.

Se efectúa en promedio entre 1 o 2 semanas posteriores a la cosecha, con el objeto de eliminar los residuos biomásicos que quedan distribuidos en el campo. Los encargados de realizar la labor son conocidos como “remangadores”. Hay ocasiones en las que esta labor se hace en forma manual, donde los rastros son removidos del surco donde nacerá y retoñará la caña hacia el entresurco. Cuando se efectúa la cosecha mecánica, los residuos vegetales son dejados en el campo, brindando una muy buena cobertura que impide en un alto porcentaje el nacimiento de malezas; además de ser una fuente de materia orgánica incorporada al suelo al descomponerse esta. Adicional a esto pueden alojarse algunas plagas inconvenientes como ratas, comején, etc.; en algunos casos impide o dificulta la ejecución de las labores ordinarias de mantenimiento al cultivo, como son el riego, la fertilización y la aporca, entre otras (Figura 61).

Algunos productores proceden a quemar estos rastrojos en el suelo, lo que pese a que no altera la microflora del suelo, ni aumenta significativamente la temperatura del suelo ya que es muy rápida, no es recomendada por DIECA por ser un problema de contaminación ambiental por causa del humo que se genera a nivel atmosférico y en el aire que se respira.



Figura 61. Acción de remanga en el campo en forma manual y mecánica.

17. 9 Transporte.

Forma parte de una importante cadena de labores sucesivas que se realizan en la cosecha de la plantación; después de efectuar la corta y el alza de la materia prima. Debe efectuarse de manera coordinada y oportuna para que la caña permanezca el menor tiempo posible en el campo cortada y en contacto con el suelo, sobre todo si es quemada. Constituye en uno de los rubros de participación más altos porcentualmente dentro de la cadena de costos de producción de la caña, y por lo tanto, debe de hacerse de manera muy eficiente. Es imperativo que la caña que se cargue en la carreta o “depósito de transporte” vaya bien acomodada, para impedir que ésta se mueva o caiga durante el transporte; si es posible amarrarla con cadenas en la parte superior es ideal. Debe asegurarse que en el campo donde se está cargando la caña no queden tallos que fueron cortados pues es una pérdida neta de materia prima. En la actualidad, el transporte de la caña al ingenio se efectúa por medio de tractores de llantas o “chapulín”, transporte en camión, autovolteos y en cabezal cuyas capacidades son muy diferentes.

17.9 .1 Transporte por medio de tractor o “Chapulín”.

Se constituye en el medio de transporte menos utilizado particularmente en esta zona. Se realiza por distancia recorrida principalmente en las fincas que están próximas al ingenio, o entre las fincas. Su capacidad de transporte por carreta varía entre 9 a 10 toneladas de caña, y dependiendo de la fortaleza y potencia del tractor y del camino por donde transita, puede llevar de 2 a 3 carretas para un transporte por viaje de alrededor de 30 toneladas métricas de materia prima industrializable (Figura 62).



Figura 62. Transporte de caña por medio de tractores.

17.9.2 Transporte por camión.

Se encuentra dentro de los medios más utilizados en la región, su desplazamiento es más rápido, tiene una capacidad por carreta próxima a 20 ó 35 toneladas de caña; puede hacer varios viajes por turno de trabajo y con un buen mantenimiento es muy rentable, ya que las reparaciones serían menores y a tiempo (Figura 63).



Figura 63. Transporte de la caña por medio de camión.

17.9.3 Transporte por cabezal o furgón.

Es igualmente uno de los medios de transporte de la caña al ingenio de mayor uso en fincas que quedan están lejanas respecto del ingenio; como también en fincas más cercanas. Puede transitar en carretera por lo que son utilizados por los ingenios ya sea entre sus propias fincas, o en fincas ubicadas a más de 30 km de distancia, en cuyo caso la caña es picada. La carreta posee una capacidad de 45 a 50 toneladas en cada carreta. Cuando se transita en carretera, principalmente en distancias largas o entre localidades, las leyes de tránsito solo les permiten movilizar una carreta; cuando es entre finca de particulares pueden llevar de 2 a 3 carretas. Dentro del ingenio pueden transportar más carretas (Figura 64).



Figura 64. Transporte de la caña por medio de cabezal o furgón.

17.10. Molienda de la caña de azúcar.

17.10.1 Entrega y recibo de la caña.

Inicialmente, conforme van llegando los diferentes transportistas al ingenio con su carga de caña, deben estacionarse en forma ordenada conforme van ingresando en un área de patio especialmente acondicionada para tal fin de acuerdo con el ingenio de destino. Inicialmente llegan al área de romanas donde el transportista entrega una ficha que el chequeador de campo, le ha entregado en la plantación; la cual contiene información referente al dueño de la caña, así como el nombre del transportista, placa del camion implicado, etc. (Figura 65) Posteriormente se pesa cada carreta, los datos son insertados al sistema de cómputo y transferidos al Departamento correspondiente. El siguiente paso es tomar una muestra representativa de la caña que lleva la carreta en un punto definido; lo cual se hace en forma rápida e imparcial por medio del muestreador “Core Sampler” (Figura 66). La muestra se recoge y es conducida al laboratorio del ingenio para que sea analizada en su composición básica de acuerdo con lo que establece la legislación vigente (Ley N° 7818 de setiembre de 1998 y su Reglamento). La información que se recolecta se obtiene por medios electrónicos, siendo los datos insertados al computador y se envían a otro Departamento donde se llevan los registros de todas las entregas de caña efectuadas durante la zafra.



Figura 65. Área de pesado y registro de la caña en romana.



Figura 66. Uso del “Core Sampler” en el muestreo de la caña para su análisis industrial posterior.

Posteriormente, se continúa hacia la mesa de recibo, en la cual por medio de una especie de grúa y cables, son insertados a unas estructuras que posee la carreta, la cual es levantada (inclinada), la caña cae a esta mesa, donde les cae unos chorros de agua a presión, que lavan la caña, y se transporta hacia el interior del ingenio donde las recibe un conjunto de cuchillas, que las van picando, posteriormente, es conducida hacia unas masas de molinos donde se les extraen el jugo, y continúan hacia el interior de la fábrica, para proceder con otros procesos industriales, que finalmente concluyen, con la obtención de los diferentes cristales de azúcar y otros derivados, que conocemos.



Figura 67. Proceso de descarga de la caña en la fábrica, región Guanacaste.



Figura 68. Proceso de conducción de la caña picada a la fábrica, región Guanacaste.

17.11 Limitantes.

Algunas de las principales limitantes más incidentes que se producen y ocurren durante el período de cosecha de la caña se resumen a continuación:

- Los incendios fortuitos y vandálicos ocurridos en áreas cultivadas con caña en época de cosecha, ocasionan serios problemas de distracción y descoordinación en los procesos de corta, alza, transporte y recibo de la misma en el ingenio. Ante esta situación, necesariamente el programa previsto y establecido de cosecha de los días siguientes debe sufrir ajuste y modificación. En algunos casos estas cañas que han sido quemadas en forma fortuita o inducida, no se encuentran en su momento óptimo de cosecha, con la consecuencia y afectación del caso hacia el productor y el ingenio.
- Las paradas involuntarias del ingenio o que no hayan sido previamente programadas, traen serios atrasos en la recepción de la caña, con las consecuencias de pérdidas que esto genera.
- En algunas ocasiones hay disconformidad por parte del productor, cuando al entregar su caña, los resultados obtenidos en los rendimientos industriales varían o disminuyen significativamente de una carreta a otra, pese a ser cosechadas en un mismo lote y con la misma variedad, manejo y topografía.
- Como resultado de los malos cortes de la caña en el campo al momento de su cosecha, dejan de percibir ingresos importantes.
- En ocasiones hay limitantes de equipos, principalmente por daños ó desperfectos de los mismos, y al no tener sustitución de maquinaria ya que todas están ocupadas, se dan desavenencias.

17.12 Materia prima de alta calidad.

Toda la caña que se lleva al ingenio para procesamiento fabril se rige en Costa Rica por el “*Sistema Directo de Compra de Caña por su Calidad*”. Este sistema surge como una imperiosa necesidad de valorar, unificar e interpretar una serie de indicadores técnicos muy representativos, con el objeto de ser justo y efectivo en el pago de la caña entregada por los productores independientes y no independientes, basados en la medición de los jugos y fibra contenidos en los tallos de la caña, a partir de lo cual se realiza la estimación de la concentración de sacarosa (kg de azúcar/tonelada de caña) extraída y recuperada. El Sistema fue avalado y aprobado por el gobierno de Costa Rica y está regulado por la **Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar, Ley N° 7818 del 22 de setiembre de 1998 y el Decreto N° 28665-MAG Reglamento Ejecutivo de dicha Ley**. La misma inicio y evolucionó en su formulación, prueba, ajustes y validaciones desde tiempo atrás (1982-83), poniendo en marcha el Método Directo para determinar y calificar la calidad de la materia prima el cual se oficializa a partir de la zafra 1999-2000 (Chaves *et al* 1998). En esencia, el reglamento dictamina y valora una serie de normas técnicas y medidas complementarias para determinar del “rendimiento calculado” medido como azúcar de 96 °Pol y miel final producida, correspondiente a la caña que se encuentra en fase de análisis. Del valor del azúcar y la miel obtenidos, se le reconoce un 62,5% al productor y un 37,5% al ingenio por su participación en el procesamiento. En la determinación del cálculo por fórmula, se determinan e interpretan según Chaves *et al* (2018) entre otras, algunas variables importantes, como las apuntadas a continuación:

“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.”

17.13 Expectativa de producción potencial de la región.

La región cañera de Guanacaste se caracteriza por ser una localidad de condiciones edafoclimáticas extraordinaria para la producción comercial y competitiva de caña de azúcar, su alta luminosidad durante gran parte del año y suelos de media a alta fertilidad, favorecen el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Otras características importantes de resaltar en esta región es lo referente a la calidad de los suelos, el relieve plano y mecanizable de sus fincas y la disponibilidad de infraestructura para el riego en la mayoría de las unidades productivas. Además, complementariamente los tres ingenios azucareros actualmente vigentes y activos de la región (Azucarera el Viejo, CATSA, Taboga), poseen un potencial agroindustrial azucarero muy elevado, ya que continuamente realizan mejoras en su infraestructura de procesamiento y fabricación, con el objeto de ser cada vez más eficientes y competitivos en la molienda diaria, extracción y elaboración del azúcar fabricado. En materia de productividad los agricultores realizan ingentes esfuerzos en mejorar la cadena de labores de campo de manera oportuna, utilizando las herramientas tecnológicas de mayor precisión, adecuadas a los diversos sitios agroecológicos donde se siembra caña.

17.14 Costos de producción.

La cuantificación, control y reducción de los costos de producción vinculados con la labor agrícola son parte de los grandes retos que enfrentan actualmente los agricultores. Los costos agrícolas representan un componente muy importante en la ejecución planificada y efectiva de proyectos cañeros, ya que constituye un factor muy importante y determinante que interviene en la productividad y rentabilidad final de la actividad azucarera. El costo explícito es percibido como el desembolso monetario que realiza el productor cuando incurre en una actividad vinculada directamente con la etapa de producción; por lo cual su valoración y control resultan incuestionables y obligados en cualquier administración prudente y visionaria. La reducción y optimización de costos y el mejoramiento de los ingresos vía productividad agroindustrial, representa la estrategia que actualmente aplican o procuran incorporar todos los productores cañeros en procura de lograr altos réditos y utilidades en su actividad agro empresarial.

La naturaleza de la estructura de costos implicada comprende costos fijos y también variables que están vinculados de forma directa con los diversos rubros, actividades y labores que intervienen y se realizan en la producción cañera. En el caso de la región de Guanacaste, la estructura de costos agrícolas de la caña de azúcar se secciona y presenta en el Cuadro 14 virtud de sus reconocidas diferencias en forma independiente para las dos zonas productoras de influencia (Zonas Este y Oeste). En ambas zonas los rubros y actividades implicadas son casi las mismas, difiriendo ambas en cuanto a la intensidad y valor de su aplicación, lo cual se refleja al final en la proyección de los montos totales de los costos involucrados.

Se infiere y concluye de la información aportada un mayor costo relativo de producción de caña en la Zona Este respecto a la Oeste equivalente a un 16,3%, ubicado principalmente en el manejo del ciclo de retoño o soca y algunas labores específicas realizadas durante la preparación de los suelos. Destaca el valor que significa sembrar y establecer la plantación en el campo (50-52%), lo cual va en función de las facilidades que aporten los suelos sobre todo por su textura, pues un suelo arcilloso del orden Vertisol difiere significativamente de otro franco del orden Inceptisol o Mollisol. Es igualmente destacable verificar el impacto de los costos asociados con la cosecha, pues implican en el ciclo planta entre 27,6 y 28,5% y en

ciclo de retoño entre 51,6 y 54,7% del total estimado para las zonas Este y Oeste, respectivamente; en cuya determinación interviene e incide el tonelaje de caña producido y cosechado.

Cuadro 14.
Costos agrícolas implicados en la siembra y manejo de una hectárea de caña de azúcar en la región de Guanacaste, Zonas Oeste (Filadelfia) y Este (Cañas), Año 2020.

Rubros / Labores	Zona Oeste	Zona Este
	Total (¢)	Total (¢)
A. Establecimiento (Ciclo Planta)		
1. Preparación de terreno	739 000	717 535
2. Semilla (Corta, alza y acarreo)	327 008	427 354
3. Siembra	116 000	125 540
4. Fertilización	49 000	73 998
Total, Establecimiento	1 231 008	1 344 427
Porcentaje (parcial)	49,8	48,0
B. Primer Corte (Mantenimiento planta)		
5. Control de malezas	77 540	91 079
6. Aporca	17 000	17 000
7. Fertilización	137 460	194 189
8. Control de Plagas	95 549	42 160
9. Riego y drenaje	134 001	242 452
10. Madurante	42 700	42 369
11. Mantenimiento en finca	31 501	55 046
12. Cosecha	704 010	771 870
Total, Mantenimiento	1 239 761	1 456 166
Porcentaje (parcial)	50,2	52,0
Total, Primer Corte (¢)	2 470 769	2 800 592
Total, Primer (us\$)	4 297	4 871
Porcentaje (total)	100	100
C. Segundo Corte (Ciclo Retoño)		
13. Remanga	17 000	39 751
14. Fertilización	167 220	194 189
15. Control de malezas	77 540	91 079
16. Control de plagas	95 549	42 160
17. Riego y drenaje	134 001	242 452
18. Aporca	17 000	17 000
19. Mantenimiento de finca	31 501	55 046
20. Madurante	42 700	42 369
21. Cosecha	704 010	771 870
Total, Segundo Corte (¢)	1 286 521	1 495 916
Total, Segundo Corte (us\$)	2 237	2 602

Fuente: LAICA-DIECA (marzo 2020)

NOTA: No incluye gastos financieros, herramientas, impuestos, depreciación

Valor de la tierra, mantenimiento de caminos etc. Valor 1(us\$) = ¢575

Zona Este: Abangares, Bagaces y Cañas. Zona Oeste: Carrillo, Liberia, Santa Cruz y Nicoya.

17.15 Literatura citada.

- 1) Aguilar Segura, J.C.; Chaves Solera, M. 2009. **Determinación de los efectos e nueve tipos y cinco porcentajes de materia extraña (basura), sobre las variables de la calidad industrial de la caña de azúcar, en Azucarera El Viejo, Costa Rica.** En: Congreso Azucarero ATACORI “*Cooperativa Agrícola Industrial El General R.L.*”, 17, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2009. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 2 y 3 de setiembre del 2009.
- 2) Angulo M., A.; Chaves S., M.A. 2017. **Evaluación de la fertilización interactiva de cuatro dosis de Nitrógeno sobre los rendimientos agroindustriales de tres variedades de caña de azúcar, ciclo planta, LAICA-DIECA, UTN Cañas, Guanacaste, Costa Rica, 2017.** En: Congreso Nacional de Suelos, 9, San José, Costa Rica, 2017. Memorias. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), octubre 25 al 27, Hotel Crowne Plaza San José Corobici. 8 p.
- 3) Angulo Marchena, A.; Chaves Solera, M.A. 2018. **Evaluación de la fertilización interactiva de cuatro dosis de Nitrógeno sobre los rendimientos agroindustriales de tres variedades de caña de azúcar, promedio de dos cosechas, LAICA-DIECA, UTN Cañas, Guanacaste, 2018.** 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. 13 p.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) Chaves Solera, M.A. 1982. **La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar.** En: Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar, 2, San José, Costa Rica, 1982. Memorias. San José, CAFESA/ATACORI/MAG/LAICA, setiembre. p: 28-40.
- 7) 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.
- 8) Chaves Solera, M. 2012. **Comparativo de la fertilización aplicada a las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso Tecnológico DIECA 2012, 5, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 5, 6 y 7 de setiembre del 2012. 30 p.
- 9) Chaves Solera, M.A. 2016. **El Nitrógeno como factor de productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso Nacional Agropecuario, Forestal y Ambiental, 14, Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2016. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, octubre 27 al 29. 9 p.

- 10) Chaves Solera, M.A. 2017a. **La compactación de suelos en la caña de azúcar.** Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 33-48.
- 11) 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.
- 12) Chaves Solera, M.A. 2017c. **Floración en la Caña de Azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.
- 13) Chaves Solera, M.A. 2017d. **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.
- 14) 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.
- 15) Chaves Solera, M.A. 2018b. **Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica.** 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. 89 p.
- 16) 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 Periodo 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.
- 17) Chaves Solera, MA. 2019a. **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.
- 18) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Resultado final de la Zafra 2018-2019: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 73 p.
- 19) Chaves Solera, M.A. 2019c. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(15): 5-8, octubre-noviembre.

- 20) Chaves Solera, M.A. 2019d. **Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(16): 5-9, octubre-noviembre.
- 21) Chaves Solera, M.A. 2019e. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- 22) Chaves Solera, M.A. 2019f. **Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
- 23) Chaves Solera, M.A. 2019g. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Zona Este de Guanacaste, Costa Rica, durante el periodo 1994-2016 (22 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 23 p.
- 24) Chaves Solera, M.A. 2019h. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Zona Oeste de Guanacaste, Costa Rica, durante el periodo 1994-2016 (22 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, junio. 25 p.
- 25) Chaves Solera, M.A. 2019i. **Relación agua-suelo en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(10): 5-7, agosto-setiembre.
- 26) Chaves Solera, M.A. 2019j. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- 27) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020a. **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.
- 28) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020b. **Vavílov, recursos fitogenéticos y la caña de azúcar.** Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 5-33.
- 29) Chaves Solera, MA. 2020a. **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.
- 30) Chaves Solera, M.A. 2020b. **Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(1): 5-12, enero.
- 31) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Estrés por calor en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(5): 5-12, marzo.
- 32) Chaves Solera, M.A. 2020d. **Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- 33) Chaves Solera, M.A. 2020e. **Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- 34) Chaves Solera, M.A. 2020f. **Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(11): 5-14, mayo.

- 35) Chaves Solera, M.A. 2020g. **Estrés por frío en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(7): 6-16, marzo-abril.
- 36) Chaves Solera, M.A. 2020h. **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.
- 37) INGENIO TABOGA. 2011. **Boletín informativo sobre "Establecimiento del cultivo de caña de azúcar".** Bebedero, Cañas, Guanacaste, febrero 2011. 2 p.
- 38) INGENIO TABOGA. 2012. **Boletín informativo sobre "Principales labores de cultivo en caña de azúcar".** Bebedero, Cañas, Guanacaste, marzo 2012. 2 p.
- 39) INGENIO TABOGA. 2014. **Boletín informativo sobre "Generalidades en la producción de caña de azúcar".** Bebedero, Cañas, Guanacaste, agosto 2014. 22 p.
- 40) LAICA. 2020. **Informe Final de Resultados Zafra 2019-2020.** San José, Costa Rica.
- 41) Méndez, J.C.; Bertsch H., F. 2012. **Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica.** 1^{ed}. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 108 p.
- 42) Quintero D., R. 1997. **Fertilización Nitrogenada en Caña de Azúcar.** Cali, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), abril 1997. 15 p.
- 43) Saénz A., C., Oviedo A., R. Alfaro S., D. Castro A., L. 2013. **Boletín Jobotos.** Programa de Plagas y Control Biológico. DIECA-LAICA. Grecia, Costa Rica.
- 44) 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.
- 45) 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.
- 46) Subirós Ruíz, F. 1995. **El Cultivo de la Caña de Azúcar.** 1ed. San José, Costa Rica: EUNED. 448 p.
- 47) Torres A., J.S.; Cruz V., R.; Villegas T., F. 1996. **Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar.** Cali, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), diciembre 1996. 56 p.
- 48) Vargas A., J. 2010. **Programa Aplicación de Madurantes Zafra 2010-2011: Resultados Central Azucarera Tempisque S.A.** Guanacaste, Costa Rica. 8 p.