



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



GUÍA DE CULTIVO CAÑA DE AZÚCAR

REGIÓN: ZONA NORTE

**Marco A. Chaves Solera
Elberth Barquero Madrigal**

**San José, Costa Rica
Diciembre 2020**

ÍNDICE

Título	Pag.
1. Presentación	6
2. Importancia	7
3. Generalidades de la agroindustria en la región	8
3.1 Reseña histórica.....	8
3.2 Antecedentes agroindustriales	10
3.2.1 Caña procesada y azúcar fabricado	10
3.2.2 Productividad agrícola e industrial	13
3.3 Ubicación geográfica de plantaciones	16
4. Producción de materia prima	18
5. Ciclo vegetativo	19
6. Zonas de cultivo y producción	20
7. Clima de la región	21
8. Suelos predominantes	25
8.1 Taxonomía del suelo	25
8.2 Relieve	27
9. Variedades de uso comercial	28
9.1 Caracterización de variedades comerciales	31
9.2 Variedades promisorias	38
10. Propagación	44
10.1 Semilla y semilleros (básicos - comerciales)	44
11. Preparación del terreno	46
11.1 Selección del terreno y ubicación	46
11.2 Levantamiento topográfico	47
11.3 Limpieza y descepado	48
11.4 Definición de lotes y accesos	48

11.5 Labranza mínima y convencional	49
11.6 Nivelación	50
11.7 Subsulado	50
11.8 Pase de arado	51
11.9 Paso de rastra	52
11.10 Surcado	52
12. Siembra de la plantación	53
12.1 Sistemas de siembra	53
12.2 Distancia	54
12.3 Densidad	54
12.4 Construcción de surcos y lomillos	55
12.5 Profundidad	56
12.6 Resiembra	56
13. Manejo de la plantación	57
13.1 Acondicionamiento del suelo	57
13.2 Muestreo y caracterización	57
13.3 Control de pH	60
13.4 Encalado	60
13.4.1 Ventajas	61
13.4.2 Requerimientos	61
13.4.3 Época	62
13.4.4 Formas de aplicación	62
13.4.5 Efectos del suelo	63
13.4.6 Fuentes comerciales	63
13.4.7 Recomendación	64
13.5 Uso de materia orgánica	65
14. Nutrición y fertilización	66
14.1 Requerimientos	67

14.2 Programa de fertilización propuesto y recomendado	67
14.3 Dosis de nutrimentos incorporados	69
14.4 Época de aplicación	71
14.5 Formas de aplicación	71
14.6 Fuentes (química - física)	72
14.7 Recomendación	72
15. Malezas (arvenses) presentes	73
15.1 Requerimientos de control	74
15.2 Época de aplicación	75
15.3 Formas de aplicación	76
15.4 Control químico: productos y recomendación	77
15.5 Calibración y equipo de protección	78
16.6 Control manual y mecánico	79
16. Prácticas preventivas de manejo	80
16.1 Manejo de drenajes y limpieza de canales	80
16.2 Desaporca y aporca	81
16.3 Labranza mínima	82
16.4 Prácticas de conservación de suelos	84
16.5 Cultivos asociados	85
16.5.1 Abonos verdes	85
16.6 Rotación de cultivos	87
17. Plagas y enfermedades	88
17.1 Plagas	88
17.1.1 Insectiles	89
17.1.1.1 Barrenador común del tallo (<i>Diatraea</i> spp)	89
17.1.1.2 Salivazo (<i>Aeneolamia</i> spp, <i>Prosapia</i> spp, <i>Zulia vilior</i>)	90
17.1.1.3 Barrenador gigante (<i>Telchin atymnius</i>)	92
17.2 Enfermedades	93

18. Enfermedades fungosas	94
18.1.1 Cogollo retorcido (<i>Fusarium moniliforme</i>)	94
18.1.2 Roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>)	95
18.1.3 Carbón (<i>Sporisorium scitamineum</i>)	97
18.2 Enfermedades bacteriales	98
18.2.1 Escaldadura foliar (<i>Xanthomonas albilineans</i>).....	98
18.2.2 Raquitismo del retoño (<i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>Xyli</i> Davis).....	100
19. Cosecha	101
19.1 Floración	101
19.2 Maduración natural	103
19.3 Maduración inducida (química)	106
19.4 Control de madurez	108
19.4.1 Programación por Brix	108
19.4.2 Método basado en el sistema de pago de la caña por calidad	110
19.5 Quema	110
19.6 Cosecha correcta y oportuna	114
19.7 Corta	116
19.8 Destronque	117
19.9 Remanga	117
19.10 Transporte	118
19.11 Molienda	119
20. Problemas y limitantes	119
21. Materia prima de alta calidad	122
22. Entrega y recibo de caña	123
23. Expectativa de producción potencial	123
24. Estructura de costos agrícolas	124
25. Cronograma de actividades	126
26. Literatura citada	128

1. Presentación.

El **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, instancia técnica especializada y subordinada a la **Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)**, tienen el agrado y complacencia de poner a disposición del sector agroindustrial, empresarial, académico y público en general interesado, el presente documento técnico.

El manuscrito planteado y diseñado bajo la figura de **Guía de Cultivo** está destinado y orientado en consideración de su contenido, a colaborar y fortalecer las actividades de información y capacitación de técnicos y agricultores, comprometidos en promover y perfeccionar su progreso personal para proyectarlo al mejoramiento continuo y sostenible del cultivo y la agroindustria, vinculada, en este caso, con la caña de azúcar.

La información contenida, ilustrada y analizada en la presente Guía se expone para mayor facilidad y mejor entendimiento del lector de manera genérica, sencilla y muy comprensible; por cuanto involucra tecnologías preferentemente de nivel intermedio. Se proyecta, asimismo, hacia prácticas tecnológicas más sofisticadas de uso reciente por parte de algunos segmentos muy particulares de agricultores avanzados. Por este motivo, las recomendaciones, sugerencias y orientaciones anotadas pueden ser aprovechadas por agricultores de caña de diferentes características, tipologías y condiciones que conforman la organización cañero-azucarera en esta región agrícola tan particular, que con tanto ímpetu ha venido creciendo de manera significativa en los últimos años, llegando a ocupar en la actualidad el segundo lugar como zona cañera nacional.

Como acontece en estos casos, no es fácil pretender abordar, contextualizar y desarrollar con el detalle y la profundidad requerida y deseada, el componente tecnológico en una región agrícola tan amplia, variada y heterogénea en lo concerniente a características climáticas, de suelo y entornos agro productivos como los que es posible identificar en esta localidad. El hecho de estar presente y dominar la pequeña unidad agro productiva característica del agricultor independiente, coexistiendo con la explotación de mayor extensión territorial; le imprime adicionalmente por su estructura de tenencia de la tierra con predominio de unidades de tamaño limitado, una condición productiva y tecnológica muy típica y representativa del país. Esta circunstancia tan especial y particular de esta región cañera, obliga necesariamente, tener que exponer de manera discrecional los asuntos y prácticas agrícolas más arraigadas y destacables, que permitan ubicar y contextualizar por modelo agro productivo según localidad, los aspectos básicos y elementales que caracterizan la agroindustria de la región.

Es conveniente y prudente señalar y dejar constancia para evitar interpretaciones desafortunadas, que no se busca ni pretende con la publicación del presente documento técnico, alcanzar la dimensión de un Manual de Recomendaciones, y mucho menos, la de un libro especializado del cultivo; sino apenas, ofrecer y disponer una **Guía Técnica Básica** que permita informar de manera concreta, rápida y comprensible, pero sobre todo, muy pragmática y actual, en torno a los asuntos más relevantes que caracterizan y operan la actividad productiva de la caña de azúcar en los cantones cañeros de la denominada Región Norte, como son San Carlos y Los Chiles. La presente publicación suma y se integra a otras tres similares ya hechas públicas, como lo constatan Angulo, Rodríguez y Chaves (2020), Barrantes y Chaves (2020) y Calderón y Chaves (2020).

2. Importancia.

Como se ha reiteradamente manifestado y está suficientemente demostrado, la agroindustria azucarera representa una actividad productiva tradicional y de larga data en el país, que ha revelado ser muy importante para Costa Rica, en consideración de su aporte y significativos beneficios percibidos y cristalizados en varios conceptos como son los de carácter económico, laboral, social, alimentario, energético, tecnológico y hasta cultural, virtud de su fuerte arraigo rural. La actividad asociada con el cultivo de la caña de azúcar, simboliza y representa de igual manera, una fuente generadora de riqueza y empleo familiar permanente y también ocasional, que integra, articula y participa varias etapas de la amplia y diversa cadena agrícola, industrial y de comercialización de sus productos y derivados manufacturados, como lo han manifestado con gran detalle León y Arroyo (2012), Chaves (2015a) y Chaves y Bermúdez (2020a).

La región productora de caña nombrada y reconocida para los fines que procura el presente documento como **ZONA NORTE**, sobresale por contar con características muy particulares que la tipifican y distinguen de otras localidades cañeras del país; pues como han demostrado DIECA (1990), Araya (2015), Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019a), cada región, zona y localidad productora de caña en Costa Rica tiene su identidad propia, virtud de sus peculiaridades y condiciones particulares. La Zona Norte posee actualmente dos empresas azucareras con buena capacidad de procesamiento de materia prima y fabricación de azúcar; como son en este caso los ingenios **Quebrada Azul** (≈ 2.400 toneladas de caña por día) y **Cutris** (≈ 1.900 toneladas por día); lo que implica integralmente un potencial de molienda diario de aproximadamente 4.300 toneladas de materia prima. Importante anotar que va en avance la instalación y se espera pronta operación de una nueva fábrica en el lugar: **Ingenio San Rafael**. A esto se agrega la presencia de una cantidad significativa de Productores Independientes de caña, tipificados en una estructura de tenencia de la tierra característica del pequeño agricultor que enriquecen el componente social, lo que visualiza su relevancia en este acápite (Chaves 2017e).

La jerarquía de la zona se demuestra al comprobar que durante las últimas cinco zafras realizadas durante el periodo 2015-2019, como se expone en el Cuadro 1; los dos ingenios activos en la zona procesaron en promedio el 11,96% correspondiente a 500.193 toneladas métricas de caña, con la cual se fabricó el 10,76% de toda el azúcar costarricense, equivalente a 47.602,2 toneladas métricas. Esas dos unidades fabriles proveyeron además el 10,97% (17.612,9 toneladas) de toda la melaza extraída y recuperada en los 11 ingenios nacionales que se encuentran activos. En esta región resulta inexcusable e injustificable en consideración de su importancia e implicación, no mencionar que buena parte de la caña que se produce en la región y es reportada como sembrada en el lugar, habitualmente se traslada y procesa en el Valle Central. En las últimas cinco zafras se movilizó un total de 415.561 toneladas de materia prima, para un promedio anual de 83.112 toneladas, como lo revela con detalle el Cuadro 2 y se comentara más adelante.

En la producción de la materia prima procesada en la Zona Norte contribuyeron en promedio 1.047 Productores Independientes reportados como entregadores de caña durante el periodo 2015-2019, para una activa representatividad nacional promedio del 16,61% en el mismo quinquenio. Toda la gestión productiva está sustentada en la siembra y disponibilidad promedio de 9.413 hectáreas de caña de las cuales el 88,78% se cosecha anualmente, correspondiente a 8.357 ha. La región reporta disponer en promedio el 14,94% de toda el área nacional (62.994 ha) cultivada comercialmente con

caña destinada exclusivamente a la fabricación de azúcar en el mismo tiempo evaluado. Los indicadores anteriores demuestran y ratifican la inobjetable importancia de la Zona Norte virtud de su aporte y contribución a la agroindustria azucarera costarricense.

Cuadro 1. Índices de producción y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en ZONA NORTE.										
Zafras	Área		Caña Procesada (t) *	Azúcar Fabricada (t) *	Rendimientos (96° Pol)				Relación Caña/Azúcar	Entregadores N° **
	Sembrada	Cosechada			Industrial (kg/t)	Agrícola (t/ha)	Agroindustrial (t/ha)	Melaza (kg/t)		
2015/2016	8 934	8 381	523 701	49 944,6	95,37	62,49	5,96	39,57	10,5	1 099
2016/2017	9 806	8 800	490 911	36 176,2	95,25	55,79	5,31	35,49	13,6	1 024
2017/2018	9 838	8 362	501 160	51 525,6	102,81	59,93	6,16	31,90	9,7	1 025
2018/2019	9 240	7 500	436 874	47 754,3	109,31	58,25	6,37	34,46	9,1	1 047
2019/2020	9 248	8 743	548 320	52 610,1	95,95	62,72	6,02	34,42	10,4	1 039
Promedio	9 413	8 357	500 193	47 602,2	99,74	59,85	5,97	35,17	10,5	1 047
Fuente: DIECA-Departamento Técnico LAICA (diciembre 2020).										
Nota: Importante considerar que Rendimientos varían significativamente si se considera la caña producida en Zona Norte y molida fuera.										
No considera la caña producida en Zona Norte, trasladada y molida en otras regiones (Ver Cuadro 3 ajustado).										
La Relación Caña/Azúcar mide la cantidad de caña necesaria moler para fabricar una tonelada de azúcar.										
* Los resultados corresponden a la operación de los Ingenios Quebrada Azul y Cutris.										
** Corresponde a entregadores de caña independientes.										

3. Generalidades de la agroindustria en la región.

3.1 Reseña histórica.

Contrario a lo acontecido en otras regiones productoras de caña del país como Turrialba, el Valle Central y en algún grado Guanacaste, el vínculo y relación histórica que ha tenido esta zona con la agroindustria cañera destinada a la fabricación de azúcar no ha sido tan amplia y prolongada en su duración; pese a lo cual, su relevancia y contribución es incuestionablemente muy importante. Como es casi una generalidad en el país, de lo cual esta región no escapa, la actividad agrícola vinculada con la elaboración de dulce mantuvo una dinámica importante principalmente en el cantón de San Carlos, donde hubo numerosos trapiches. El caso del cantón de Los Chiles es muy diferente pues su vínculo con la caña orientado a fabricar azúcar es relativamente muy reciente (Araya 2015), como se comentará más adelante, habiendo mantenido sin embargo ambos cantones, plantaciones pequeñas pero extendidas por todo el territorio destinadas al uso pecuario de la caña como forraje. No puede por tanto desconocerse ni pasar inadvertido el uso comercial y familiar que históricamente ha mantenido la planta de caña de azúcar, desde épocas muy tempranas de la colonización y hasta la fecha; ubicándose hoy día como la segunda región productora de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica.

A inicios de la década de los años 80 cuando el país valoraba con mucho interés la posibilidad de desarrollar la iniciativa de uso del bioetanol como combustible en mezcla con la gasolina, la Región Norte despertó especial interés para ese fin por muchas razones, sobre todo por su disponibilidad de tierra plana, de bajo costo y mecanizable, su clima favorable para producir biomasa con alto Brix virtud de no requerir para el objetivo previsto una pureza elevada de jugos con alta concentración de sacarosa; sino apenas azúcares totales. Localidades como Zona Fluca ubicada en La Fortuna y también Cutris de San Carlos, entre otras, mostraron interés en aquel entonces.

Al igual que se manifestó y justificó para la región cañera de Turrialba-Jiménez por parte de Calderón y Chaves (2020), y en consideración de compartir ambas zonas una condición edafoclimática similar

por ubicarse en la Vertiente Atlántica, resulta válido aceptar, que *“No cabe la menor duda en reconocer que las condiciones y características de clima prevaleciente en el lugar favorecieron la rápida adaptación de la planta; posiblemente auspiciado por su origen oceánico ligado a su Centro de Origen en la región de la Polinesia, como lo asentaran Chaves (2018a), Chaves y Bermúdez (2020ab). En un principio el empleo de la planta fue orientado básicamente a la elaboración de dulce, actividad rústica y tradicional de la cual aún quedan remanentes en el lugar, para luego incursionar en la fabricación de azúcar (Sáenz 1970; Chaves 1997, 2015a).”* Pese a esa similitud ambiental, existen sin embargo algunas diferencias de fondo que generan condiciones muy desiguales para la concentración de sacarosa en los tallos, principalmente, como se comentara oportunamente.

Recabando y examinando antecedentes históricos sobre la actividad agroindustrial asociada con el uso de la caña como materia prima para fabricar azúcar, se expone en el Cuadro 2, la información oficial correspondiente a la actividad azucarera desarrollada en la Zona Norte, referenciada en este caso a lo actuado luego del año 1940 y durante los últimos 80 años, luego de la aprobación de la primera legislación azucarera del 24 de agosto de 1940, Ley N° 359, que creó la **Junta de Protección a la Agricultura de la Caña**, primera organización de la agroindustria azucarera en el país, tal como lo señala Chaves (1997, 2015a) y amplían Chaves y Bermúdez (2020a), León y Arroyo (2012).

Cuadro 2. Detalle de las Zafras en que operaron los Ingenios Azucareros (6) ubicados en la ZONA NORTE. Periodo 1940-2020 (80 Años).					
N°	Nombre Ingenio	Cantón	Zafra		
			Inicial	Final	N°
1	Arenal (CUTRIS)	San Carlos	1966/67	2019/20 *	52
2	Las Mercedes	San Carlos	1940/41	1977/78	38
3	Quebrada Azul	San Carlos	1950/51	2019/20	70
4	San Carlos	San Carlos	1955/56	1971/72	17
5	Santa Clara	San Carlos	1970/71	1981/82	12
6	Santa Fe	San Carlos	1954/55	2008/09	55
Fuente: Chaves y Bermúdez (2020a).					
* Las Zafras se realizaron en periodos discontinuos, no teniendo consistencia en algunos casos y datos.					

A partir de la información presentada en ese cuadro, se evidencia que en la Zona Norte han operado durante los últimos 80 años un total de 6 unidades industriales (Ingenios) de diferente capacidad de procesamiento y fabricación de azúcar, siendo por cantidad de unidades, la tercera zona donde más fábricas de azúcar han existido en el país; antecedida solo por el Valle Central y Turrialba donde se reportan conjuntamente 32 de un total de 48 ingenios operativos para ese mismo periodo, lo que representa un significativo y determinante 66,7%. La Zona Norte iguala con Guanacaste en cuanto a cantidad de unidades fabriles existentes (6= 12,5%) en ese largo periodo. Se nota como hecho relevante que, en los últimos 80 años, ninguno de los 6 Ingenios ha operado de manera continua por todo el periodo; siendo Quebrada Azul el más longevo en actividad fabril con 70 años de labor industrial continua, seguido por el Ingenio Santa Fe que fabricó azúcar por 55 años, Cutris (anterior Arenal) por 52 y Las Mercedes por 38 años seguidos, como lo muestra el Cuadro 2. Esos 6 ingenios se instalaron y operaron todos (100%) en el cantón de San Carlos, como demostración de la importancia que tuvo la agroindustria en el lugar. Hoy día solo permanecen activos los Ingenios Cutris y Quebrada Azul, y está en proceso de instalación, el Ingenio San Rafael (Figura 1).

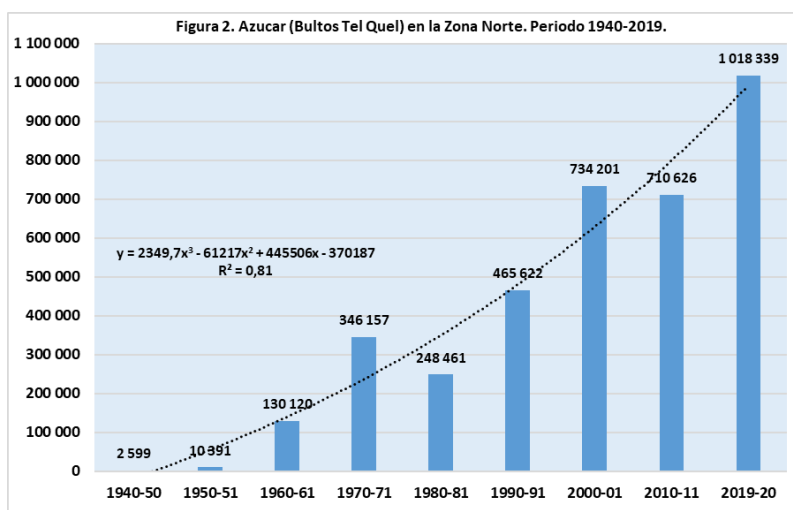


Figura 1. Ingenios Quebrada Azul y Cutris actualmente operativos en Zona Norte.

3.2 Antecedentes agroindustriales.

3.2.1 Caña procesada y azúcar fabricada.

La región como se anotó anteriormente, ha mantenido sobre todo en los últimos 80 años una importante y creciente actividad agroindustrial vinculada con la caña, sea por la elaboración de dulce o la fabricación de azúcar; que ha permitido un aumento sistemático en su representatividad nacional con el paso de los años, como se aprecia en la Figura 2, colocándola actualmente como la segunda en importancia en el país, luego de la región cañera de Guanacaste.



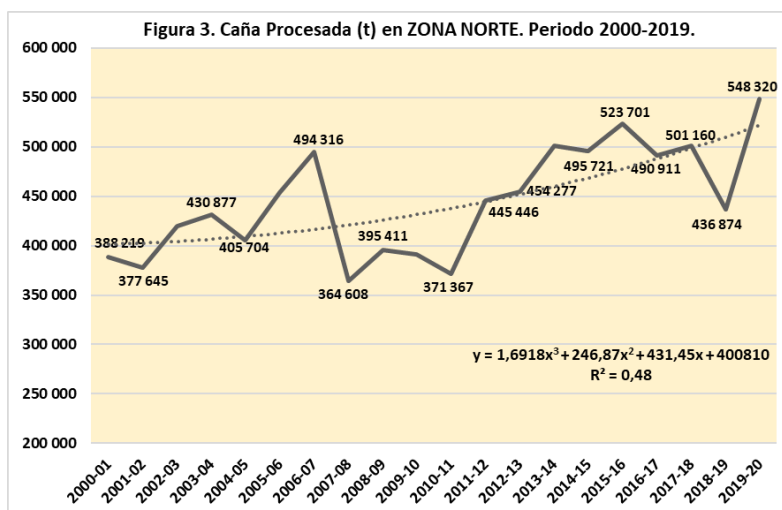
La zona mantuvo por 30 años un ritmo de crecimiento productivo relativamente bajo y medurado hasta la década de los años 70, luego de la cual inicia un activo, dinámico y acelerado incremento con presencia de algunas disminuciones temporales, que la ha llevado a situarse hoy día en una posición preponderante resultado de la gestión desarrollada por sus dos ingenios activos. La representatividad ha fluctuado desde un insignificante 1,0% logrado en la zafra 1940-1941 de toda el azúcar (*Tel-Quel*) fabricado en el país, hasta un incuestionable y significativo 11,93% alcanzado en la Zafra 2019-2020, que denota el grado de aumento obtenido. Ya en el periodo 1970-71 la zona había reportado una fabricación correspondiente al 11% del azúcar del país; la cual luego del año 2000 se ha mantenido sobre el 10% como muestra de consistencia y sostenibilidad. El incremento cotejado vale reconocerlo, se debe principalmente al significativo acrecentamiento verificado en el área cultivada con caña, más que a la calidad de la misma por su tonelaje y concentración en

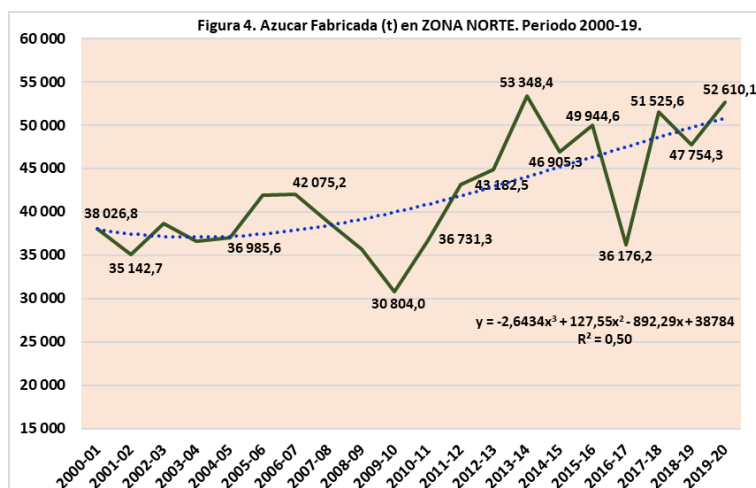
sacarosa, aunada a la capacidad y eficiencia agroindustrial que ha observado la región, pese al aumento acontecido en otras localidades, sobre todo en el Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas).

El tiempo implicado en la cosecha de las plantaciones comerciales y por ello en la molienda de la materia prima es en esta región muy amplio, extendiéndose por hasta seis meses desde enero y hasta junio, lo que coincide con parte de la época más lluviosa y húmeda del lugar. Durante las últimas 10 zafas de acuerdo con lo señalado por Chaves (2020b), la zafa se ha extendido entre el 14 de enero y el 20 de junio y por un máximo de hasta 137 días, lo que ubica la región similar a Turrialba-Jiménez (Calderón y Chaves 2020). Pese a esa similitud la duración del ciclo vegetativo que mantienen las plantaciones de caña desde siembra o rebrote hasta su cosecha es muy diferente, pues en el presente caso va de 11 a 13 meses en caña planta y soca o retoño (Chaves *et al* 2018; Chaves 2019ac).

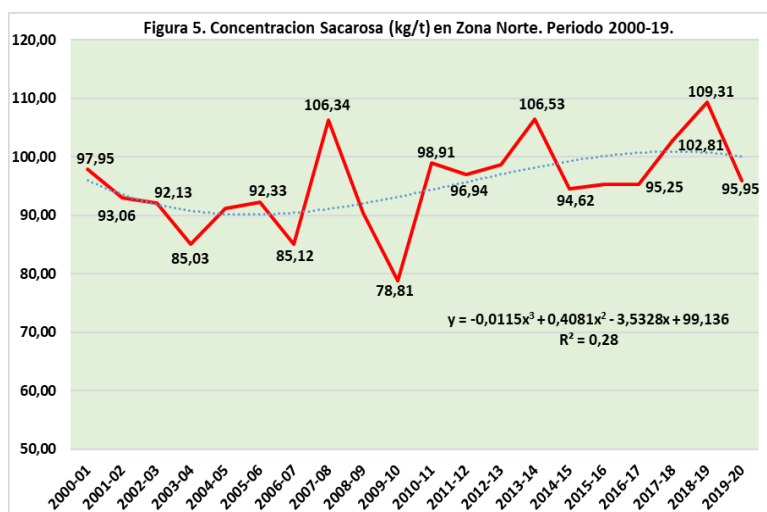
En el Cuadro 1 se exponen los indicadores agroindustriales más relevantes de las últimas cinco zafas, periodo 2015-2020, correspondientes a la Zona Norte, cantones de San Carlos y Los Chiles; verificándose que para ese período la región tuvo una molienda promedio anual de 500.193 toneladas métricas de materia prima, con un Rendimiento Industrial medio de 99,74 kg de azúcar 96°/t de caña molida; a partir de la cual se elaboraron en las fábricas del lugar 47.602,2 toneladas métricas de azúcar 96° Pol (952.044 Bultos de 50 kg.).

Al igual que acontece en la mayoría de regiones productoras de caña del país, se nota en esa información la existencia de diferencias relevantes entre zafas en cuanto a indicadores agroindustriales de producción y productividad; lo cual es explicable no apenas por las fuertes y constantes distorsiones acontecidas con el clima agreste e inestable del lugar, sino también por la cantidad de materia prima que se moviliza hacia otras regiones para su procesamiento, principalmente el Valle Central. Como comprobación de esta inconveniente situación se aprecia en las Figuras 3 y 4, el sinuoso comportamiento, pero consistente tendencia de crecimiento, seguida durante los últimos 20 años por la caña procesada y el azúcar (toneladas) fabricado (96°Pol) por los tres ingenios que operaron de la zona, con una muy significativa reducción productiva en las últimas zafas. Como revela el Cuadro 2, el Ingenio Santa Fe realizó su última zafa en el periodo 2008-2009 luego de 55 años, motivo por el cual aportó a esa tendencia.





De forma adicional y complementaria se expone en la Figura 5, lo concerniente a la tendencia seguida por la concentración de sacarosa en la región, la cual varió también de manera muy significativa en los últimos 20 años con valores promedio extremos situados entre 78,81 y 109,31 kg 96° Pol/t, para un significativo margen de 30,50 kg/t correspondiente al 38,7%. Cabe destacar que ese índice de 78,81 kg/t es el más bajo reportado en el país en una zafra azucarera al menos en los últimos 20 años. Esa condición de inestabilidad es preocupante, considerando que la maduración natural en la región es calificada en términos generales como deficiente y las concentraciones como relativamente bajas; motivo por el cual en los últimos años se viene incursionando en la inducción de la concentración mediante el uso de madurantes. A partir de esa evidencia puede estimarse con base técnica bien fundamentada y como lo demuestran los valores máximos logrados en algunos periodos, que la región posee un potencial de concentración superior al que está siendo obtenido; lo cual debe ser revisado y abordado con criterio técnico juicioso y objetivo.



El valor promedio obtenido en el cociente de la Relación Caña/Azúcar de 10,5 con límites extremos de 9,1 y 13,6, revela que es necesario moler 10,5 toneladas de caña para fabricar una tonelada de azúcar en el ingenio, lo que es comparativamente muy superior en relación a otras regiones y económicamente poco conveniente, pues el factor interviene y afecta directamente los costos asociados. La variación de 4,5 unidades confirma la inestabilidad de las concentraciones de sacarosa.

En la práctica agro comercial siempre se busca tener un índice bajo que viene inducido por la buena concentración de sacarosa contenida en la materia prima empleada por la fábrica.

3.2.2 Productividad agrícola e industrial

Convencidos de que los indicadores de productividad recogen y reflejan buena parte del esfuerzo empresarial y técnico realizado en el campo, el impacto de los elementos del clima y la efectividad de la tecnología incorporada, entre otros, se expone el Cuadro 3; el cual permite contar con un mejor criterio de juzgamiento basado en elementos representativos y justos apegados a datos reales. En el mismo se aplican los ajustes pertinentes reintegrando la caña producida en el lugar y que fue molida en el Valle Central (415.561 t), cuya área (ha) sembrada contabiliza por origen en la Zona Norte, lo cual genera un nuevo valor de caña producida (583.305 t) en la zona. En la región debe por tanto diferenciarse caña producida, trasladada y procesada en el lugar.

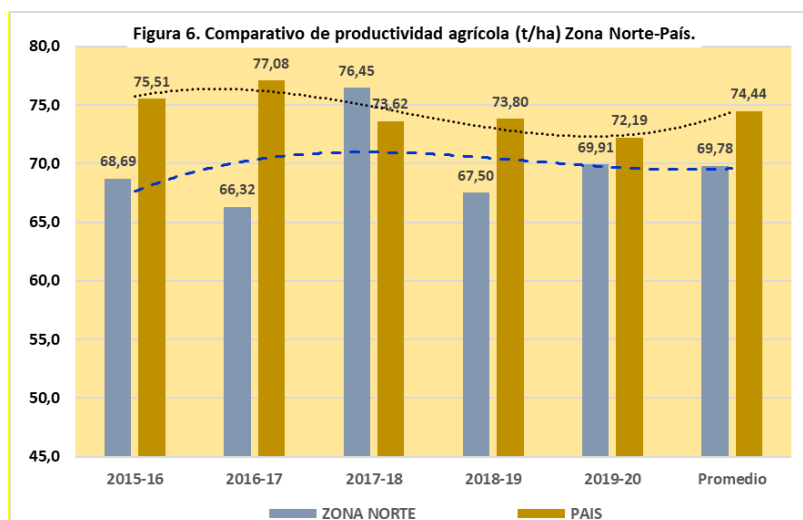
Cuadro 3. Producción y productividad agroindustrial de Zona Norte ajustada considerando traslado de caña (toneladas) a Valle Central. Periodo 2015 - 2020.							
Zafra	Toneladas de caña			Área Cosechada (ha)	Rendimientos (96° Pol)		
	Trasladada de región	Procesada en región	Ajustada *		Industrial (kg/t)	Agrícola (t/ha)	Agroindustrial (t/ha)
2015-2016	51 958	523 701	575 659	8 381	95,37	68,69	6,55
2016-2017	92 685	490 911	583 596	8 800	95,25	66,32	6,32
2017-2018	138 146	501 160	639 306	8 362	102,81	76,45	7,86
2018-2019	69 404	436 874	506 278	7 500	109,31	67,50	7,38
2019-2020	63 368	548 320	611 688	8 743	95,95	69,96	6,71
Total/Media	415 561	500 193	583 305	8 357	99,74	69,80	6,96
Fuente: Departamento Técnico LAICA (diciembre 2020); Chaves (2019c).							
* Se proyectan y ajustan índices de productividad agroindustrial (Cuadro 1) considerando la caña producida en la región y salida del lugar a procesamiento externo en Valle Central.							

En el caso particular de la productividad de campo calificada e interpretada por las toneladas de caña producidas, cosechadas por hectárea (t/ha) y molidas en el ingenio, se tiene por demostrado que la misma ejerce un efecto e impacto determinante sobre la productividad agroindustrial, la competitividad, la rentabilidad y el éxito final de la agro empresa cañera. Con el objeto de abordar y ahondar convenientemente el tema se presentan los Cuadros 1, 3 y la Figura 6, donde se muestran los índices correspondientes a los últimos cinco periodos de zafra (2015-2019). Queda claro que los Cuadros 1 y 3 varían apenas en la incorporación de la materia prima producida y trasladada, lo que genera índices de productividad más ajustados a la realidad como se anota en el Cuadro 3.

De manera similar a como aconteció con los indicadores de producción anteriores, es innegable y evidente la inestabilidad y variabilidad agrícola imperante en esta región, caracterizada por un promedio regional (ajustado) del periodo de 69,80 t de caña/ha, inferior respecto al índice nacional de 74,44 t/ha para el mismo quinquenio, en un importante, aunque no significativo -6,2% (-4,64 t de caña/ha). Esa productividad agrícola varió sin embargo entre zafras en 66,32 y 76,45 t/ha para un significativo diferencial de 10,13 toneladas (15,3%), lo que es sorprendente, por darse entre dos zafras sucesivas (Cuadro 3).

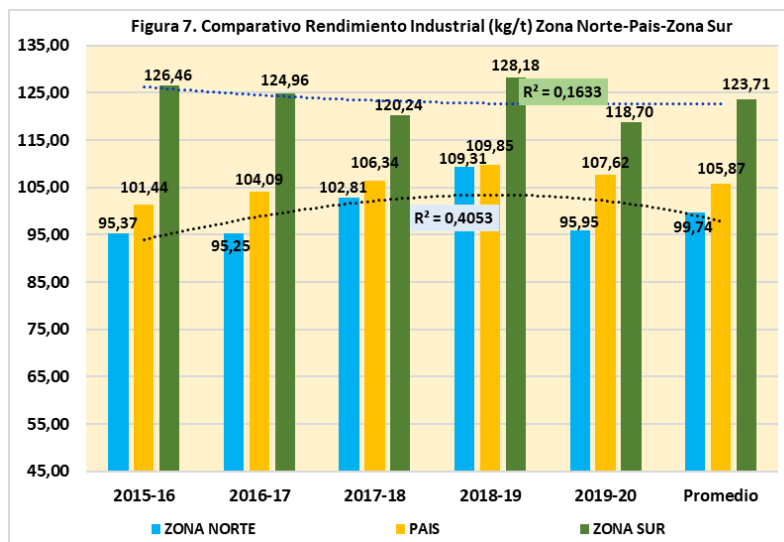
Esta seria y preocupante limitación y atraso en productividad de campo, se atribuye en buena parte a varias circunstancias, como son entre otras: a) condiciones adversas y cambiantes del clima, b) plantaciones comerciales viejas y agotadas, c) problemas provocados por plagas y d) limitantes surgidas con el manejo agronómico prestado a las plantaciones comerciales por motivo de baja

rentabilidad inducida por precios insuficientes y altos costos, como lo señalaran los mismos agricultores (Chaves *et al* 2019). Solamente en la Zafra 2017-18 la región logró, como demostración de su potencial cautivo, una mejor productividad que la reportada por el país, con 76,4 t/ha. La región posee índices de producción de melaza o miel final relativamente bajos, con una media de 35,17 kg/t de caña (Cuadro 1); indicador que se asocia con los azúcares no cristalizados que pese a estar presentes y contenidos en la planta de caña con lo que pudieron eventualmente aprovecharse, pero que por diversas causas pasaron a constituir la miel final.



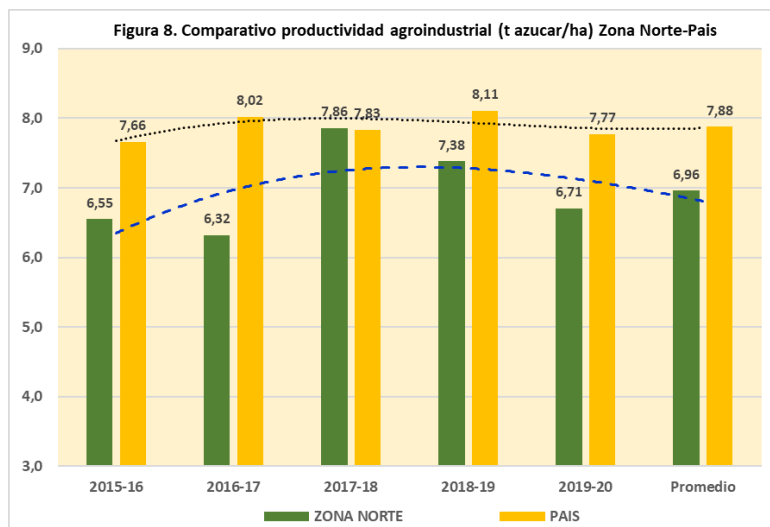
Procurando lograr un posicionamiento y ubicación real de la concentración de sacarosa del lugar como criterio vinculado directamente con el sistema de compra y pago de la caña por su calidad, y con ello, conocer el reconocimiento que recibe el productor agrícola por su esfuerzo personal y empresarial, se presenta la Figura 7. En la misma se expone comparativamente aplicado y proyectado para el último quinquenio (2015-2019), la situación acontecida con los promedios industriales obtenidos en el país, en la Zona Sur como localidad referente que muestra el mayor acúmulo de azúcar en los tallos molidos y la Zona Norte como referente de interés mediático. Como se infiere fácilmente de esa información: a) nunca el promedio nacional ni la Zona Norte pudieron aproximarse y menos superar los índices de la Zona Sur, b) la diferencia en concentración de la Zona Sur es abismal y muy superior en relación a los otros dos comparativos referentes anteriores (promedio de 17,84 y 23,97 kg/t, respectivamente), c) la Zona Norte posee los Rendimientos Industriales más bajos del país y d) esa condición afecta muy negativamente la calidad de la materia prima producida y procesada en el lugar, lo que impacta en definitiva y de manera significativa la rentabilidad del agricultor.

Con esa información se demuestra y ratifica nuevamente, además, la enorme variabilidad, volatilidad y dispersión agroindustrial que prevalece en los diferentes entornos y ambientes donde se produce comercialmente caña de azúcar en Costa Rica, lo que limita y justifica poder establecer comparaciones entre regiones agrícolas y geográficas, como lo expresaran y demostraran con datos fehacientes e irrefutables Chaves *et al* (2018) y Chaves 2019a).



Como es conocido y aplicado para fines proyectistas, la articulación e integración de los rendimientos agrícola de campo e industrial de ingenio en un único y revelador indicador agroindustrial combinado, permite determinar con bastante precisión la cantidad de azúcar producida por hectárea (t/ha), motivo por el cual se considera un valor determinante y justo para calificar y juzgar con buen criterio técnico y comercial, la aptitud y condición de una región o unidad agro productiva para producir caña de manera satisfactoria, competitiva y rentable.

El Cuadro 3 y la Figura 8 exponen los valores alcanzados por este determinante y concluyente índice en la Zona Norte, evidenciando que en promedio es muy inferior al del país, promovido básicamente por la baja productividad agrícola y por la limitada concentración de sacarosa recuperada en el ingenio. El periodo quinquenal medido revela una media local de apenas 6,96 toneladas de azúcar (96°Pol) /ha, la más baja del país, con una variación extrema entre 6,32 y 7,86 t/ha, para una significativa variación máxima-mínima de 1,54 t y un 24,4%; ratificando la fuerte dispersión y variabilidad local, como fue debidamente señalado por Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019a). No hay duda en inferir que buena parte de los bajos indicadores nacionales de productividad agroindustrial vienen originados y fomentados parcialmente por esta región; con las excepciones obvias que existen en el lugar y que demuestran el potencial cautivo que hay disponible de alcanzar, por medio de un manejo tecnificado y conveniente de las plantaciones comerciales de caña de azúcar.



Los anteriores criterios fundamentados en antecedentes comerciales reales y por tanto objetivos de lo acontecido a través del tiempo en el lugar, permiten inferir y concluir que es viable esperar en algunas localidades de la región, con base en resultados experimentales y comerciales representativos; un espacio y margen potencial de aumento para lograr un acrecentamiento e impacto positivo importante en la productividad agroindustrial final. Esta condición se torna viable y posible de alcanzar si el rendimiento de campo se mejorara de manera significativa y la condición de madurez de la planta se interviniera mejor; con lo cual se elevarían la rentabilidad y la competitividad a grados superiores y en definitiva más satisfactorios que los actuales. El hecho de que algunos segmentos de Productores Independientes de la zona alcancen Rendimientos Industriales de 106-112 kg/t y hasta más, demuestra el potencial existente en el lugar para crecer e incrementar en productividad; lo cual se mejora si se considera, como está demostrado, que la región dispone de variedades que poseen una alta capacidad de concentración de sacarosa, lo cual es una fortaleza de la zona que debe ser sin embargo necesariamente materializado con la dotación de un manejo tecnológico adecuado. **No es viable y factible bajo las difíciles condiciones del entorno agroproductivo prevaleciente en la Zona Norte, pretender lograr mejoras sustanciales y sostenibles en rendimientos de campo y fábrica, sin la incorporación de tecnología apropiada acorde a las necesidades particulares y específicas de cada localidad. Si no hay inversión tecnológica, poco puede lograrse en mejoramiento productivo agroindustrial.**

3.3 Ubicación geográfica de plantaciones.

La región productora de caña de azúcar conocida como Zona Norte registrada geográficamente como Región Huetar Norte, es una importante región socioeconómica ubicada en el norte de Costa Rica, que involucra esencialmente las llanuras pertenecientes a los cantones de San Carlos y Los Chiles, fronterizos con Nicaragua y pertenecientes a la provincia de Alajuela. Por su ubicación posee condiciones asociadas a las prevalecientes en la Vertiente del Atlántica, con clima tropical húmedo en las tierras bajas con gran influencia de los vientos alisios procedentes del Mar Caribe. La zona presenta como se comentará más adelante altas precipitaciones a lo largo de todo el año.

La caña se ha cultivado tradicionalmente en dos cantones de la provincia de Alajuela (Figura 9): San Carlos: propiamente en los distritos de *Quesada* (656 msnm), *Florencia* (225 msnm), *Cutris* (65 msnm), *Fortuna* (253 msnm), *Pocosol* (110 msnm) y *Palmera* (350 msnm); y el cantón de Los Chiles

en dos distritos: *Los Chiles (43 msnm)* y *El Amparo (44 msnm)*. Es sin embargo el cantón de San Carlos el que determina mayoritariamente la producción de la zona. El territorio sembrado con caña de azúcar se ubica en un rango de altitud que va desde los 30 hasta los 680 msnm y comprende dos pisos altitudinales: 1) de 30 a 300 msnm donde se cultiva en la actualidad cerca del 95% de la caña, y 2) una zona media que va de 300 a 680 msnm que ha perdido relevancia y representatividad con los años. La región se localiza entre las coordenadas 11° 01' 57" a 10° 19' 30" Latitud Norte y 84° 47' 16" a 84° 20' 32" Longitud Oeste (Araya 2015; Chaves 2019a).

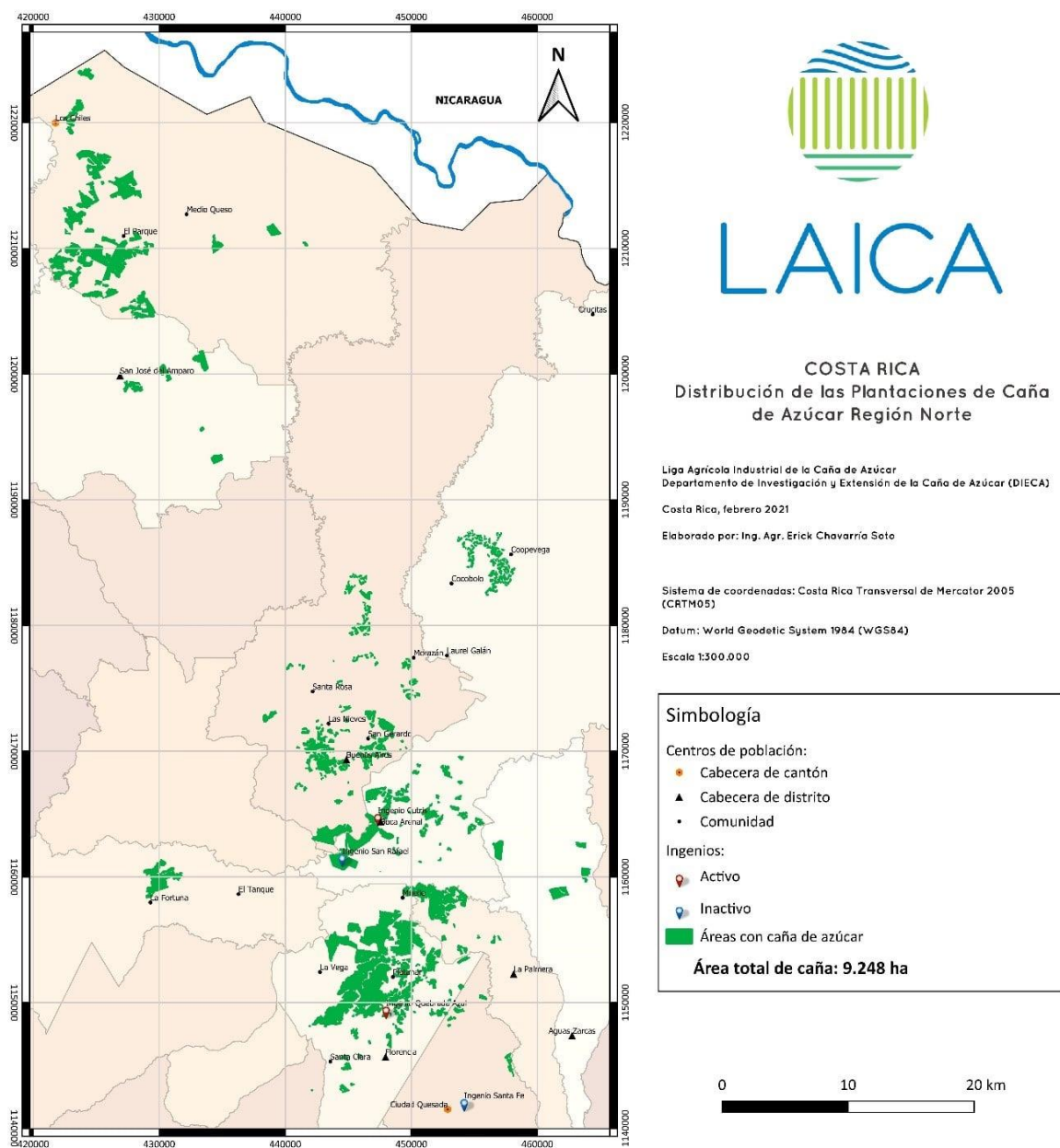


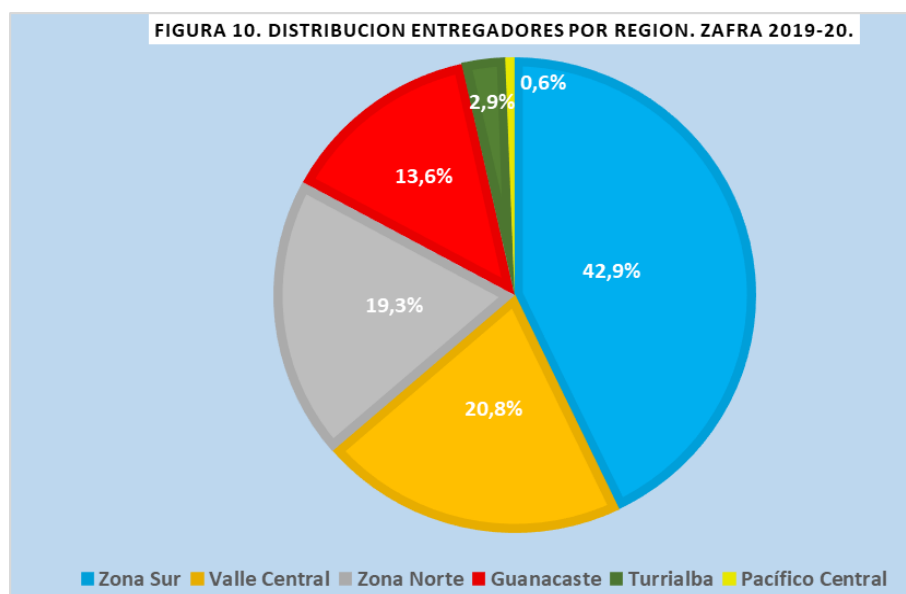
Figura 9. Distribución territorial del área cañera de la ZONA NORTE 2020.

4. Producción de materia prima.

La legislación y la organización azucarera han definido en el caso particular de Costa Rica, que el sector productor que agrupa a los agricultores de caña de la región y el país, se concentre en tres categorías de acuerdo con su nivel de entregas de materia prima, como lo estipula y observa 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 instituye en el caso de los Productores Independientes en pequeños (<1.500 toneladas), medianos (1.500 - 5.000 t) y grandes productores-entregadores (> 5.000 t). Dichos agricultores y entregas se encuentran distribuidos y registrados en el ingenio azucarero de la región o en el lugar de destino de la materia prima (LAICA 1998, 2000).

Los antecedentes de muchos años tienen por demostrado que la cantidad de productores-entregadores de caña ha sido muy dinámica en el tiempo y por localidad geográfica de origen de la materia prima, con importantes y significativas variaciones anuales y una tendencia muy definida y estable en términos de participación social, lo es realmente excepcional, como se aprecia en el Cuadro 1. Esta particularidad surge de la preocupante y consistente tendencia que se viene observando en la última década en el país y el resto de regiones cañeras; con mayor énfasis en los últimos años, hacia la reducción sistemática en la participación social de productores-entregadores.

La Región Norte se caracteriza y distingue por poseer una importante cantidad de pequeños y medianos agricultores de caña; confirmando en la Zafra 2019-2020 un total de 1.039 entregadores, que representó el 19,27% de todos los entregadores nacionales de materia prima registrados oficialmente en nóminas de LAICA en ese periodo (5.393), para una media quinquenal de 1.047 entregadores (Cuadro 1). En la Figura 10 se presenta un detalle de la distribución y participación nacional en las entregas de caña efectuadas por parte de los Productores Independientes durante la Zafra 2019/2020 según región agrícola, ratificando la importante representatividad y participación social que viene mostrando esta región en los últimos años, ubicándose en el tercer lugar ese acápite, luego de la Zona Sur y Valle Central, respectivamente.



5. Ciclo vegetativo.

A pesar de la relativa similitud que la Zona Norte comparte con la región cañera de Turrialba por ubicarse ambas en la Vertiente Atlántica, las condiciones climáticas prevalecientes en estas localidades presentan sin embargo algunas variantes de fondo que intervienen y modifican de manera determinante el patrón biológico y metabólico de la planta. Dichos cambios van asociados fundamentalmente a los efectos provocados por la altitud en que se encuentran situadas las plantaciones comerciales de caña, pues las mismas son altamente disímiles. En Turrialba los campos cañeros se ubican en un piso altitudinal que va de 480 a 1.550 msnm; en tanto que, en la Zona Norte de 30 a 680 msnm, lo que revela un espacio muy estrecho (480-680 msnm) en que comparten condiciones. Esa diferencia en altitud provoca que el ritmo de crecimiento y desarrollo general del cultivo sea más lento en el caso de Turrialba, particularmente en la sección alta (>999 msnm), motivo por el cual el comportamiento productivo de las variedades, pese a ser similares en algunos casos, es comparativamente muy diferente con respecto a una planta ubicada en la zona medio-baja de la Región Norte (Chaves 2020i).

En consecuencia, en las localidades más bajas el tiempo requerido para que ocurra la maduración natural y la condición de las plantas sea el ideal para su cosecha, es menor, considerando su óptimo en cuanto a concentración de sacarosa. Dicho de otra forma, en la Zona Norte es posible alcanzar una mayor productividad agroindustrial en un periodo vegetativo de las plantas más corto en relación a localidades más altas, el cual se ubica por lo general entre 11 y 13 meses, dependiendo de si es caña planta o soca, la altitud del lugar, la variedad cultivada y la época de siembra o corta de la plantación. La amplitud del periodo de cosecha (enero a junio) favorece mucho la posibilidad de cumplir con la corta anual de las plantaciones.

En esta región la caña planta se siembra mayoritariamente en el mes de mayo, con el inicio de la estación lluviosa, y cosecha con edades de 12 a 13 meses; los ciclos de rebrote se cosechan a su vez con edades de 11 a 12 meses. Excepcionalmente pueden darse periodos mayores de corta supeditados a la ocurrencia de situaciones especiales como impedimento de corta por condiciones limitantes de clima, suspensión de proceso fabril o decisión de dejar las plantaciones para cosecha en la zafra siguiente, como ha ocurrido en varias oportunidades. Hay que considerar también que las localidades más altas de la región (>300 msnm) como los distritos de La Palmera y Quesada, donde en tiempos pasados se cultivaba bastante caña, ya perdieron relevancia y la mayoría de las plantaciones se ubican ahora en la sección más baja (<300 msnm).

Como se anota en el Cuadro 4, durante la Zafra 2019-2020 la zona ubicada en el cantón de San Carlos (65-680 msnm) sembrada con caña de azúcar, se estima que cosechó aproximadamente el 73,2% de toda la materia prima que procesó en ese periodo con una edad promedio de 12 meses al corte; motivo por el cual, el 26,8% restante correspondió al cantón de Los Chiles (30-70 msnm), siendo cortada con edad similar. No puede omitirse mencionar que las plantaciones destinadas a servir como semilleros, cortadas con edades entre 6 y 7 meses, debe conciliar y coincidir con la planificación prevista para realizar las siembras comerciales.

6. Zonas de cultivo y producción.

Al igual que acontece en la mayoría de regiones productoras de caña de azúcar en el país, la distribución de las plantaciones comerciales está en consideración de su naturaleza extensiva-intensiva, muy dispersa territorialmente; concentrándose sin embargo en esta región principalmente en las localidades de Florencia, Cutris y Los Chiles, cuya topografía es variable entre plana y ondulada y por tanto con un relieve que permite la mecanización parcial o total del cultivo en buena parte de los terrenos. Sin embargo, es imperativo mencionar y tener siempre presente la presencia de humedad en cantidad considerable en los suelos del lugar, sobre todo los más bajos, que limita y regula significativamente el empleo de equipos mecánicos de forma óptima; obligando a la necesaria y onerosa ejecución de labores en forma manual en condiciones y situaciones especiales. Las experiencias con cosecha mecanizada están por esta razón supeditadas a contar con las condiciones apropiadas de humedad, relieve y textura, entre otras.

Procurando ser aún más específicos en ubicar el origen de la materia prima producida y no apenas procesada, se anota en el Cuadro 4 una relación de hechos productivos relacionados con la región acontecidos y proyectados para la Zafra 2019-2020, lo que permite caracterizar las dos localidades geográficas más importantes de la región en sus indicadores agro productivos fundamentales. Como es comprensible entender, dicha información debe interpretarse con mucha reserva y prudencia para evitar cometer graves errores conceptuales que distorsionen la realidad. Como se infiere para realizar las estimaciones, se consideró la materia prima cosechada en el lugar, pero que fue trasladada y molida en el Valle Central, correspondiente a 63.368 toneladas. El resultado de dichas estimaciones revela una mejor condición y calidad de la materia prima producida en la zona baja (30-70 msnm) de Los Chiles, tanto en lo concerniente a concentración de sacarosa (104,81 kg/t) como en productividad agrícola (71,72 t/ha), que se refleja en el total de azúcar obtenido (7,52 t).

Cuadro 4. Caracterización agroindustrial de la Region Norte según zona productora de caña. Zafra 2019-2020.											
Zona	Número		N° Productores	Área (ha)		Altitud (msnm)	Pendiente	Caña molida (t) *	Productividad **		
	Cantones	Distritos		Sembrada	Cosechada				Industrial (kg az 96°/t)	Campo (t caña/ha)	Agroindustrial (t/ha)
San Carlos	1	6	878	6 812	6 403	60 - 680	2 - 15%	443 860	92,88	69,32	6,44
Los Chiles	1	2	161	2 436	2 340	30 - 70	3 - 5%	167 828	104,81	71,72	7,52
Total	2	8	1 039	9 248	8 743	30 - 680	2 - 15%	611 688			
Promedio									95,95	69,96	6,71
Fuente: Chaves (2019a); LAICA (2020).											
* Incluye las 63.368 toneladas que se produjeron en la región y fueron procesadas en el Valle Central.											
** Estimados proyectados para toda la región.											

Procurando ser más incisivos en la caracterización fisiográfica y agro productiva de la región, se presenta en el Cuadro 5 de manera adicional y complementaria, un detalle de 30 importantes indicadores de naturaleza técnica vinculados a variables de diferente calidad, asociados con factores edáficos, climáticos y propios del cultivo, que se estima, resultan determinantes para definir y juzgar con buen criterio la aptitud y condición de la región y localidad para producir caña de azúcar de manera rentable y satisfactoria. La Zona Norte se ubica de acuerdo con Holdridge (1982) citado por Chaves (2019a) en una Zona de Vida declarada como Bosque Muy Húmedo Tropical en el caso de la zona baja-media (60-680 msnm) del cantón de San Carlos y Bosque Tropical Húmedo en la zona baja (30-70 msnm) de Los Chiles. Se infiere y concluye de toda esa rica información, que las características generales de la región son heterogéneas y variables en sus componentes bióticos y

abióticos fundamentales, lo que interviene y opera de manera desigual en la satisfacción de las metas productivas y económicas potenciales que se proponga alcanzar, principalmente en lo relacionado con el factor de clima, edáfico, de relieve y de manera principal en el fitosanitario, como se comentara oportunamente.

Cuadro 5. Principales características y limitantes prevaecientes en la Zona Cañera Norte.					
Indicador *	San Carlos	Los Chiles	Indicador *	San Carlos	Los Chiles
Número de cantones	1	1	Evapotranspiración alta	X	X
Número de distritos	6	2	Requerimiento de riego	No	No
Altitud (msnm)	60 - 680	30 - 70	Humedad en el campo	Alta	Alta
Grado de pendiente	2 - 15%	3 - 5%	Drenaje	Bueno	Moderadamente excesivo
Suelos ácidos	X	X	Viento fuerte	No	No
Física limitante de suelos	X	X	Luminosidad limitada	No	No
Bajo contenido de M.Org	X	X	Alta floración	X	X
Nitrógeno limitante	X	X	Ciclo vegetativo prolongado	No	No
Alta Fijación de Fósforo	X	X	Maduración	Deficiente	Limitada
Potasio bajo	X	X	Problemas con plagas	X	X
Desbalances nutricionales	X	X	Problemas con enfermedades	X	X
Altas temperaturas	X	X	Problemas con malezas	X	X
Riesgo de sequía	Medio-Alto	Medio-Alto	Limitaciones de cosecha	X	X
Riesgo de inundación	Moderado	Leve	Pérdida de calidad de la materia prima	X	X
Alto potencial de erosión	X	X	Suelos poco profundos	No	Si
Fuente: Chaves (2017bc, 2019a). Aproximación propuesta por los autores.					
X= Indica solo presencia, no magnitud o grado de intensidad del factor.					
* Los valores y su interpretación no son absolutos, pues prevalecen excepciones y grados intermedios. La interpretación debe ser prudente.					

7. Clima del lugar.

Basta conocer y recorrer la región para percibir de inmediato la incidencia, inestabilidad y fuerte variabilidad que presentan los elementos del clima como factores diferenciadores y determinantes a tomar en cuenta y analizar, en cualquier inferencia, estimación o proyección que se haga en esta región en materia de producción de caña de azúcar; lo cual debe incuestionablemente realizarse con sumo cuidado en consideración de las sentidas variaciones que prevalecen en la zona, aún en distanciamientos muy cortos. No hay duda de la relevancia del tema, virtud de la influencia directa que los elementos del clima ejercen sobre la fisiología y el metabolismo de la planta, y consecuentemente sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar; lo que obliga también a tomarlo en consideración (Chaves 2020i).

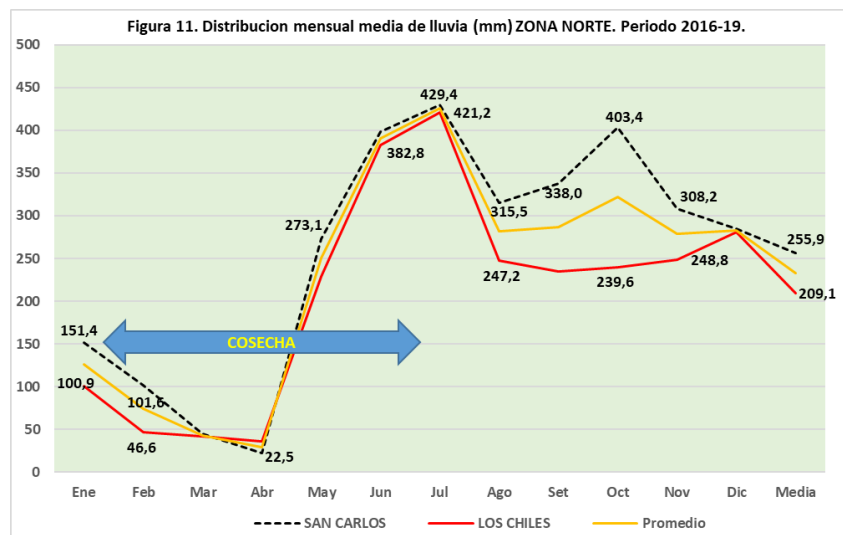
En torno al tema, se tiene por conocido y comprobado, que en lo particular los indicadores más representativos e influyentes del clima presentan diferencias importantes en algunos de sus componentes básicos y de mayor percepción, como acontece con los patrones de lluvia (mm), las temperaturas (°C), la humedad ambiente (%) y la luz (hr) prevaecientes en el lugar; los cuales observan variaciones significativas en periodos cortos de tiempo que intervienen sobre el desarrollo y el manejo agronómico de las plantaciones comerciales de caña allí sembradas.

En el Cuadro 6 se presenta un detalle con la información promedio mensual y total anual de lluvia (mm) y medias de temperaturas (°C) en sus componentes de máxima, media y mínima; así como también, un estimado de su diferencial térmico (máxima-mínima). Los valores expuestos corresponden al periodo 2016-2019 (4 años) y proceden de las cinco Estaciones Meteorológicas

ubicadas geográfica y estratégicamente en Quebrada Azul (distrito Florencia 180 msnm), La Vega (distrito Cutris 96 msnm), SCANA (distrito Pocosol 110 msnm), La Paz (distrito Pocosol 83 msnm) y una Estación (FABASO-El Tremedal) situada en el distrito El Amparo (45 msnm), perteneciente al cantón de Los Chiles; lo que favorece una muy buena representatividad y cobertura territorial del lugar. La Estación Quebrada Azul lamentablemente reportó datos sobre temperatura completos en el 2016 y hasta el mes de julio del 2017 cuando dejó de medir esa variable; la Estación La Paz por su parte, hizo mediciones solo en los años 2018 y 2019. Los datos mostrados en el Cuadro 6, corresponden al promedio aritmético de datos de esas cinco Estaciones organizadas y expuestas en las dos localidades referentes: San Carlos y Los Chiles.

Cuadro 6. Lluvia (mm) y Temperatura (°C) mensual presente en ZONA NORTE. Periodo 2016-2019 (4 años).														
Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Media
LLUVIA (mm) *														
SAN CARLOS	151,4	101,6	44,4	22,5	273,1	398,5	429,4	315,5	338,0	403,4	308,2	284,7	3 070,7	255,9
LOS CHILES	100,9	46,6	41,7	35,7	228,8	382,8	421,2	247,2	235,2	239,6	248,8	281,0	2 509,4	209,1
Promedio	126,1	74,1	43,0	29,1	250,9	390,7	425,3	281,4	286,6	321,5	278,5	282,8	2 790,1	232,5
TEMP. MAXIMA (°C)														
SAN CARLOS **	33,3	32,6	33,8	34,9	34,2	33,2	32,4	33,9	33,8	33,5	30,5	32,7		33,4
LOS CHILES	30,0	31,3	32,4	34,2	33,1	31,6	30,0	31,7	32,4	31,6	29,8	29,4		31,5
Promedio	31,7	31,9	33,1	34,6	33,7	32,4	31,2	32,8	33,1	32,5	30,1	31,1		32,4
TEMP. MÍNIMA (°C)														
SAN CARLOS **	20,6	20,2	19,9	19,6	20,8	21,1	21,6	20,9	20,0	21,3	19,3	21,6		20,8
LOS CHILES	21,1	20,7	21,1	22,2	23,6	23,6	23,0	22,8	22,5	22,6	22,5	21,5		22,3
Promedio	20,9	20,4	20,5	20,9	22,2	22,4	22,3	21,8	21,3	22,0	20,9	21,5		21,5
TEMP. MEDIA (°C)														
SAN CARLOS	27,0	26,4	26,9	27,3	27,5	27,1	27,0	27,4	26,9	27,4	24,9	27,1		27,1
LOS CHILES	25,6	26,0	26,8	28,2	28,3	27,6	26,5	27,2	27,4	27,1	26,1	25,5		26,9
Promedio	26,3	26,2	26,8	27,7	27,9	27,4	26,7	27,3	27,2	27,3	25,5	26,3		27,0
DIFERENCIAL TÉRMICO														
SAN CARLOS	12,7	12,4	13,9	15,3	13,4	12,1	10,8	13,0	13,8	12,1	11,2	11,2		12,6
LOS CHILES	8,9	10,6	11,3	12,1	9,5	7,9	7,0	8,8	9,9	9,0	7,3	7,9		9,2
Promedio	10,8	11,5	12,6	13,7	11,5	10,0	8,9	10,9	11,8	10,6	9,2	9,5		10,9
Fuente: Elaborado por los autores (2020) con información de Estaciones Quebrada Azul, La Vega, SCANA, FABASO y La														
* Datos de lluvia completos durante todo el periodo evaluado. Estación La Paz presentó datos solo de los años 2018 y 2019.														
** Promedio de Estaciones Quebrada Azul y FABASO. La Estación Quebrada Azul solo año 2016 completo y 2017 hasta julio. La de FABASO tuvo datos completos por todo el resto del periodo evaluado.														
Nota: Temperatura Promedio (°C) estimada por cálculo.														
Diferencial Térmico (°C) = Temperatura Máxima - Mínima.														

Se infiere a partir de esa información que el nivel de lluvia recabada en las dos zonas geográficas (San Carlos y Los Chiles) es bastante alta, pues llovió en promedio en el periodo evaluado un total de 2.790,1 mm con un ámbito extremo muy consistente entre 2.712,3 y 2.832,0 mm. La Figura 11 expone un detalle de la distribución mensual de las lluvias mostrando al igual que sucede en la región de Turrialba, la ausencia de un periodo seco sin lluvias prolongado y consistente, como acontece en las otras regiones cañeras, que favorezca y permita realizar una cosecha de plantaciones en condiciones de clima y suelo apropiadas. Es en el periodo febrero-marzo-abril donde prevalece una relativa mejor condición ambiental para cortar la caña, pues a partir del mes de mayo y hasta el mes de enero la situación con la lluvia se torna limitante y mucho más difícil para sostener la maduración y realizar las labores implicadas.



No cabe duda y queda suficientemente evidenciado y demostrado en ese patrón de distribución de la lluvia, la inconveniencia de avanzar la cosecha de las plantaciones luego del mes de mayo; pues los niveles de precipitación son bastante altos y definitivamente perjudiciales para desarrollar la práctica con la capacidad, normalidad y eficacia requeridas; sin provocar afectación y deterioro sobre la calidad de la materia prima cortada, como también un daño severo sobre el entorno productivo y con ello sobre desarrollo futuro de las plantaciones. La topografía ondulada se convierte sin embargo en este caso, en un factor favorable al facilitar el drenaje y desagüe rápido de las aguas de lluvia. La Zona Norte presenta varios puntos altos de lluvia, como acontece en los meses de julio (425,3 mm), junio (390,7 mm), octubre (321,5 mm), setiembre (286,6 mm) y diciembre (282,8 mm) como los de mayor precipitación; los cuales se reducen significativamente en abril (29,1 mm), marzo (43,0 mm) y febrero (74,1 mm). No se observa en esa información una tendencia clara con caída sistemática, consistente y significativa de las lluvias durante el año, como sucede en la mayoría de regiones cañeras del país, sino apenas una reducción; lo que es muy revelador de la condición de alta humedad ambiental prevaleciente en esta zona, lo que genera consecuencias fitosanitarias sobre la presencia de plagas y enfermedades.

Una valoración más localizada y de carácter territorial-geográfico, deja ver una diferencia importante en la cantidad (mm), no tanto así en la tendencia de las lluvias caídas en la región. Como indica la Figura 11, la zona de San Carlos es más lluviosa en relación a Los Chiles, evidenciando para el periodo de cuatro años evaluado la caída promedio de significativos 561,3 mm más, lo que significó un 22,4%. La diferencia se marca principalmente en los meses transcurridos de agosto a enero, siendo mayor entre agosto y noviembre. Por el contrario, entre los meses de marzo y julio la cantidad de agua llovida es muy similar entre ambas regiones. A partir de esa inferencia puede asegurarse que la zona cañera de Los Chiles es más seca y presenta por ello una mejor condición ambiental para desarrollar la cosecha, precedida de una mejor condición para inducir la maduración natural y la concentración de sacarosa; los resultados mostrados en el Cuadro 4 evidencian lo anotado. Esa condición tiene influencia en la decisión de emplear a no madurantes para provocar una mejor maduración de las plantaciones, sobre todo en el cantón de San Carlos.

Cuadro 6. Lluvia (mm) y Temperatura (°C) mensual presente en ZONA NORTE. Periodo 2016-2019 (4 años).														
Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Media
LLUVIA (mm) *														
SAN CARLOS	151,4	101,6	44,4	22,5	273,1	398,5	429,4	315,5	338,0	403,4	308,2	284,7	3 070,7	255,9
LOS CHILES	100,9	46,6	41,7	35,7	228,8	382,8	421,2	247,2	235,2	239,6	248,8	281,0	2 509,4	209,1
Promedio	126,1	74,1	43,0	29,1	250,9	390,7	425,3	281,4	286,6	321,5	278,5	282,8	2 790,1	232,5
TEMP. MAXIMA (°C)														
SAN CARLOS **	33,3	32,6	33,8	34,9	34,2	33,2	32,4	33,9	33,8	33,5	30,5	32,7		33,4
LOS CHILES	30,0	31,3	32,4	34,2	33,1	31,6	30,0	31,7	32,4	31,6	29,8	29,4		31,5
Promedio	31,7	31,9	33,1	34,6	33,7	32,4	31,2	32,8	33,1	32,5	30,1	31,1		32,4
TEMP. MÍNIMA (°C)														
SAN CARLOS **	20,6	20,2	19,9	19,6	20,8	21,1	21,6	20,9	20,0	21,3	19,3	21,6		20,8
LOS CHILES	21,1	20,7	21,1	22,2	23,6	23,6	23,0	22,8	22,5	22,6	22,5	21,5		22,3
Promedio	20,9	20,4	20,5	20,9	22,2	22,4	22,3	21,8	21,3	22,0	20,9	21,5		21,5
TEMP. MEDIA (°C)														
SAN CARLOS	27,0	26,4	26,9	27,3	27,5	27,1	27,0	27,4	26,9	27,4	24,9	27,1		27,1
LOS CHILES	25,6	26,0	26,8	28,2	28,3	27,6	26,5	27,2	27,4	27,1	26,1	25,5		26,9
Promedio	26,3	26,2	26,8	27,7	27,9	27,4	26,7	27,3	27,2	27,3	25,5	26,3		27,0
DIFERENCIAL TÉRMICO														
SAN CARLOS	12,7	12,4	13,9	15,3	13,4	12,1	10,8	13,0	13,8	12,1	11,2	11,2		12,6
LOS CHILES	8,9	10,6	11,3	12,1	9,5	7,9	7,0	8,8	9,9	9,0	7,3	7,9		9,2
Promedio	10,8	11,5	12,6	13,7	11,5	10,0	8,9	10,9	11,8	10,6	9,2	9,5		10,9
Fuente: Elaborado por los autores (2020) con información de Estaciones Quebrada Azul, La Vega, SCANA, FABASO y La														
* Datos de lluvia completos durante todo el periodo evaluado. Estación La Paz presentó datos solo de los años 2018 y 2019.														
** Promedio de Estaciones Quebrada Azul y FABASO. La Estación Quebrada Azul solo año 2016 completo y 2017 hasta julio. La de FABASO tuvo datos completos por todo el resto del periodo evaluado.														
Nota: Temperatura Promedio (°C) estimada por cálculo.														
Diferencial Térmico (°C) = Temperatura Máxima - Mínima.														

En materia térmica la diferencia observada entre localidades en lo concerniente a las temperaturas pareciera ser importante pero no tan relevante como sucede en la Región de Turrialba, pues como se infiere del Cuadro 6, las variaciones observadas son en promedio anual muy significativas. Los valores expuestos denotan cambios importantes tanto entre meses como entre localidades, destacando San Carlos como una localidad ligeramente más caliente. Las temperaturas promedio más altas de toda la región se dan en los meses de abril (34,6 °C), mayo (33,7 °C), marzo (33,1 °C) y setiembre (33,1 °C); mientras que las más bajas acontecen en sentido inverso en los meses de febrero (20,4 °C), marzo (20,5 °C), enero y abril (20,9 °C), lo que como se nota, coincide en buena parte con el periodo de cosecha de las plantaciones comerciales. Según cantón, las máximas de temperatura se observaron en San Carlos en abril (34,9 °C), agosto (33,9 °C) y marzo-setiembre (33,8 °C); como también en abril (34,2 °C) en Los Chiles. Por su parte, las más bajas ocurrieron en San Carlos en noviembre (19,3 °C), abril (19,6 °C) y marzo (19,9 °C), constituyéndose en las más bajas de toda la Zona Norte.

Como se ha demostrado en la practica la temperatura medida por su Diferencial Térmico tiene una correlación directa con la maduración. Sucede que en los meses de abril, marzo y setiembre la amplitud térmica representada en este caso por la variación entre las temperaturas máximas respecto a las mínimas, es mayor, con valores de 15,3, 13,9 y 13,9 °C que resultan muy satisfactorios y explican parcialmente la situación de las concentraciones de sacarosa obtenidas en la región, como lo han señalado y documentado Chaves *et al* (2018), Chaves (2019acdefgh, 2020abe), al expresar que el “golpe térmico” provoca una condición estresante que induce y favorece el acúmulo de sacarosa en los tallos industrializables de la planta. Un comparativo local sobre este Diferencial demuestra que pese a ser más alto en varios casos que los determinados en Guanacaste, son muy

inferiores en relación a los observados en la Zona Sur y Turrialba, como lo indican los estudios de Chaves (2019gh), Angulo, Rodríguez y Chaves (2020), Barrantes y Chaves (2020) y Calderón y Chaves (2020).

De manera sucinta puede asegurarse que la Zona Cañera Norte presenta y se caracteriza en materia climática por presentar un patrón de lluvia total anual promedio de 2.790,1 mm, para una media de 232,5 mm mensuales. El promedio mensual de sus temperaturas es de 32,4 °C como máxima, 21,5 °C como mínima, con una media calórica de 27,0 °C y una Diferencia Térmica de 10,9 °C al año. En lo particular las localidades de San Carlos y Los Chiles presentan una variación importante en su lluvia media, pues en la primera es de 3.070,7 mm y en la segunda (Los Chiles) de 2.509,4 mm; lo cual en el caso de las temperaturas alcanza valores más importantes y significativos con 33,4 y 31,5 °C en la máxima y 20,8 y 22,3 °C en las mínimas, respectivamente. Esas temperaturas marcan un diferencial térmico anual de 12,6 y 9,6 °C. Se reportan complementariamente (Chaves 2019a) valores promedio de Brillo Solar anual de 4,3 y 3,9 horas para las mismas localidades, con un diferencial poco relevante de solo 0,4 horas y décimos; una Humedad Relativa del Aire que se ubica entre 83 y 77%. La Velocidad del Viento se estimó por su parte en promedio en un rango anual entre 0,5 y 3,8 km/hr.

8. Suelos predominantes.

8.1 Taxonomía del suelo.

A diferencia de otras localidades productoras de caña de azúcar, la Región Norte está bastante bien definida en cuanto a la condición edáfica de su área cañera, en consideración de que predominan básicamente dos órdenes taxonómicos muy particulares de suelo, en este caso **Ultisol** en una amplitud y representatividad significativa del 47,3%, como se anota en el Cuadro 7; seguido por suelos del orden **Inceptisol** en un 44,6%, los cuales en conjunto representan un significativo y contundente 91,9% de toda la región. Complementariamente, se ubican también en menor grado suelos del orden **Entisol** en un 5,5%, **Andisol** de origen volcánico en un 2,3% e **Histosol** en un poco relevante 0,3%. Los subórdenes taxonómicos predominantes son también muy específicos, destacando los **Udults** (44,7%), **Udepts** (34,2%), **Aquepts** (10,3%), **Orthents** (5,1%), **Humults** (2,6%) y **Udands** (2,3%), respectivamente, en proporción mayoritaria, como lo señalaran Chaves (2017bc) y Chaves y Chavarría (2017).

Cuadro 7. Orden taxonómico de suelos predominantes en la Región Cañera de San Carlos - Los Chiles.				
Ordenes suelo	Área (ha)	%	Sub Orden	Área (ha)
Ultisol	4.559,07	47,33	Udults	4.304,31
			Humults	254,8
Inceptisol	4.293,18	44,57	Udepts	3.296,70
			Aquepts	996,48
Entisol	532,06	5,52	Orthents	491,23
			Aquepts	40,83
Andisol	221,44	2,30	Udands	218,02
			Ustands	3,42
Histosol	27,22	0,28	Saprists	27,22
Total	9.632,97			9.632,97

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

La clase de suelos predominante en la zona, en particular los Ultisoles, presentan una condición fisicoquímica muy particular y especial, en consideración de que por sus características y propiedades incorpora algunas ventajas, pero también muchas limitantes principalmente en lo tocante a su condición de fertilidad natural, que pueden resultar contraproducentes para fines productivos si no se aplican oportunamente las medidas correctivas correspondientes y obligadas.

De acuerdo con Chaves y Chavarría (2017), los suelos del orden **Ultisol** (Figura 12) tipifican por ser *“Suelos muy meteorizados de gran desarrollo, viejos, rojos, de baja fertilidad, horizonte Argílico. Predominan las arcillas 1:1 Caolíníticas y los Óxidos de Fe y Al. Poseen pocas bases, sufren pérdida de Si, Ca, Mg, K y micronutrientes por lavado. Tienen altas concentraciones de Fe y Al que son tóxicas para las raíces. Presentan altas pérdidas de N. Ácidos, con baja retención iónica y muy baja CICE, alta fijación de P, responden al encalado. Poseen excelentes condiciones físicas de estructura, agregación y drenaje natural. Se recomienda la aplicación de materia orgánica. Presentes en régimen Ústico/Údico.”*



Figura 12. Suelo del orden Ultisol en la Región Norte.

En torno al mismo tema, informan dichos autores en relación a los suelos del orden **Inceptisol** que, poseen un *“Desarrollo pedogenético incipiente pero mayor en relación con el Entisol, distinguiendo una moderada secuencia de horizontes en el perfil, inmaduro, con desarrollo incipiente, de origen diverso, características químicas y mineralógicas variadas y cambiantes según origen. Son relativamente poco problemáticos. Pueden considerarse como una etapa juvenil de futuros Ultisoles y Oxisoles.”*

La condición óptima de un suelo para uso agrícola por lo general se enfoca y perfila desde la visión del agricultor hacia tres orientaciones básicas y muy pragmáticas, virtud del objetivo productivo y comercial procurado, como son entre otras: 1) que tenga potencial mecanizable lo que se asocia con el relieve y la textura, 2) posea una condición de fertilidad natural alta, satisfactoria y sostenible y 3) cuente con las condiciones físicas para mantener un estado de humedad adecuada (riego-drenaje), lo que pasa por la topografía y la textura. Cualquier distanciamiento de esa condición representa una limitante que debe ser satisfecha, si resulta viable y permisible hacerlo desde una perspectiva técnico económica; o en su caso, aceptada como una disconformidad que tendrá implicaciones e impacto variable en la expectativa agroindustrial y financiera pretendida y originalmente planteada en el proyecto agro empresarial.

Bajo esas consideraciones técnicas se tiene que la fertilidad natural de esos suelos, particularmente los Ultisoles, califica como deficiente, limitante y contraproducente para lograr altas productividades de rentabilidad satisfactoria sostenibles en el tiempo; lo cual es potencialmente contornable en algún grado, en el tanto se corrijan oportuna y satisfactoriamente algunas limitantes, principalmente de índole químico que poseen. Entre las mismas se tienen las asociadas con su elevada Acidez Intercambiable (Al, Fe), promotora de una alta capacidad de fijación de Fósforo (P), por lo que requieren de corrección y ajuste mediante encalado inmediato y adecuado. Las concentraciones de Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Boro (B) y Azufre (S) y circunstancialmente Zinc (Zn), pueden tornarse bajas e insuficientes. Esta condición obliga necesariamente tener que prestar especial atención a la nutrición del cultivo, como factor determinante para potenciar e impulsar el incremento sostenido de la productividad agroindustrial, lo cual se traduce en la incuestionable implementación de programas muy específicos de corrección de acidez y fertilización de plantaciones. Esa limitante en fertilidad puede ser manejable, como lo ha señalado Chaves (1988, 1993, 1999ab, 2002, 2017c); lo cual implica sin embargo revisar y tener presente como factor decisorio el costo involucrado.

8.2 Relieve.

La topografía que presenta la región cañera de San Carlos y Los Chiles es en buena parte irregular, existiendo sin embargo áreas planas y onduladas; como también algunos sitios quebrados con pendientes importantes (>10%), donde prácticamente no se puede realizar ningún tipo de labor mecanizada, en cuyo caso se recurre a la opción manual que resulta poco eficiente y onerosa. Se estima que la pendiente de la zona cañera varía entre 2 y 15%, con una distribución próxima a 2-15% en San Carlos y del 3 al 5% en Los Chiles; no siendo tan preocupante y alarmante como sucede en otras regiones como Turrialba, Valle Central y Zona Sur donde los terrenos son muy quebrados, pese a lo cual debe siempre considerarse. Las localidades de Dulce Nombre y San Ramón, distrito Quesada tienen problemas de mecanización por alta pendiente (5-15%). La variación del terreno en espacios cortos puede ser alta, limitando seriamente la mecanización rentable y eficiente, excluyendo con ello los significativos beneficios que aportan las economías de escala.



Figura 13. Relieve plano-ondulado prevaleciente en la Zona Cañera Norte.

Algunas prácticas y labores asociadas y vinculadas estrechamente con la denominada “*agricultura de ladera*”, es en los casos de terrenos de alta pendiente (>10%) viables de tomar en cuenta y razonables de implementar, lo cual constituye una experiencia agrícola muy particular, pues establece e impone condiciones que hacen prevalecer un manejo por lo general rústico, tradicional, algo difícil y poco económico, como lo señalaran y comentaran Chaves y Alvarado (1994).

9. Variedades de uso comercial.

Como anotara Chaves (2014) basado en antecedentes productivos, investigativos y conocimiento experto, “*En Costa Rica la búsqueda y selección de variedades de caña idóneas para satisfacer las necesidades del país resulta muy difícil de alcanzar, virtud de las grandes diferencias existentes entre localidades productoras. Esta realidad surge de lo cambiante del entorno productivo nacional, donde no existe una constante agroclimática de las regiones, zonas y localidades productoras que permita unificar criterios y tecnologías de producción.*”

Como ha quedado demostrado con la experiencia productiva, la zona cañera de la Región Norte no cuenta integralmente con elementos fáciles de manejar y controlar en consideración de contar con varios factores distorsionantes, como son, entre otros: 1) disponer un área cultivada muy amplia, desigual y territorialmente muy dispersa (Figura 9), 2) presentar una condición climática muy húmeda originada en su elevado régimen de precipitación y condiciones de maduración limitadas, 3) poseer suelos de baja fertilidad natural, 4) las unidades productivas son en gran parte pequeñas por la estructura de tenencia de la tierra predominante y 5) disposición de un manejo agronómico calificado como relativamente de bajo nivel para satisfacer las necesidades del lugar, por razones de falta de rentabilidad. Puede asegurarse con buenos argumentos, que esta región constituye en términos generales, posiblemente la que presenta las condiciones de entorno agroproductivo biótico y abiótico más difíciles para producir caña de azúcar en condiciones rentables, competitivas y sobre todo sostenibles en el tiempo.

Lo anterior como es razonable entender y deseable resolver, demanda imperativamente contar con materiales genéticos apropiados que permitan contrarrestar y compensar con capacidad muchas de esas limitantes; lo cual implica disponer necesariamente de variedades rústicas, con muy elevada capacidad de adaptación a suelos ácidos, infértiles, muy húmedos la mayoría del tiempo; que posean adicionalmente la facilidad de madurar y concentrar sacarosa con temperaturas altas y, en especial, de muy comprobada alta fitosanidad debido a la promoción de plagas y enfermedades que el clima favorece en toda la zona. En materia de variedades, la región ha procurado por muchos años contar con clones que cumplan a cabalidad con esos requerimientos, lo cual, como se anotó, no resulta en la práctica de campo nada fácil ni sencillo de lograr en el corto plazo.

Al igual que acontece en otras regiones, la base agroproductiva de caña se concentra por lo general en relativamente pocos materiales genéticos, los cuales pueden categorizarse entre tradicionales y novedades genéticas consolidadas o que se encuentran aún en etapa de validación y desarrollo activo. Existen por ello clones que están en fase inicial o en su caso avanzada de crecimiento en cuanto a su área sembrada (ha), adaptación y comprobación agroindustrial a las condiciones particulares de los disímiles entornos agro productivos del lugar.

Como se ha reiterado en consideración a su impacto, esta región posee posiblemente la condición y entorno agro productivo más heterogéneo y agreste para producir caña de azúcar de manera competitiva en el país; debido a que casi todos los aspectos que pueden considerarse como

tipificantes muestran variación y disconformidad., como lo revelara el Cuadro 5. Sobre la caña de azúcar se coincide en que es una planta excepcional dotada de atributos y características anatómicas, genéticas y fisiológicas excepcionales que la diferencian y distancian de otras, como lo anotara Chaves (1988, 2018a, 2020i). El tema no cabe duda es muy importante, de mucha relevancia y alta trascendencia (Chaves 2018abc, 2019ab). Lo actuado históricamente sobre este tópico en la región, demuestra que los cambios surgidos en cuanto a materiales genéticos disponibles y recomendados para sustentar las siembras comerciales ha sido muy dinámico y efectivo en el tiempo, como lo ratifican DIECA (1990, 2020a), Chaves y Aguilar (1991), Araya (2015), Chaves (2018bc, 2019b) al mostrar la trayectoria seguida por muchos de ellos.

Para tener una visión completa de la situación prevaleciente actualmente en la zona, en el Cuadro 8 se anota un detalle las 32 variedades identificadas por el Censo Cañero realizado por DIECA en el año 2019, como sembradas comercialmente en la región, información recabada y mostrada en este caso por cantón (Chaves *et al* 2020). Como se infiere de dicha información, en términos absolutos la base genética de la zona está concentrada actualmente en cuatro clones de muy amplia distribución y uso, como son en orden de importancia por su área: PR 80-2038 con un significativo 28,39% del área cultivada (ha), seguido por B 77-95 (25,37%), Q 96 (8,39%) y LAICA 01-604 (5,84%). Integralmente esas cuatro variedades representan el 68% de toda el área cultivada con caña en la Zona Norte. De manera más distante aparece el clon B 76-385 con un 4,41% del área sembrada.

Una revisión detallada de la información contenida en dicho cuadro revela la presencia en áreas muy pequeñas de clones que fueron en tiempos pasados muy importantes para la región, como es el caso de PINDAR, SABORIANA, SP 79-2233 y Q 96, entre otras. Según origen y lugar de procedencia la mejor adaptabilidad al lugar expresada y juzgada por el área sembrada (ha), la muestran las seis variedades originadas en Barbados de sigla B, las cuales ocupan el 39,19%; seguidas por las dos de Puerto Rico sigla PR con un 29,11%, las cuatro australianas sigla Q con un 13,73% de toda el área sembrada y las propias del país sigla LAICA con 13,45% y 11 variedades.

Las variedades de creación costarricense más difundidas en la actualidad son por su orden de importancia las siguientes: LAICA 01-604 (5,84%), LAICA 04-809 (2,14%), LAICA 06-322 (1,41%), LAICA 03-805 (1,37%) y LAICA 08-390 (1,22%). Existen complementariamente, varios clones como anotara Chaves (2019a), principalmente de origen nacional, que actualmente están en fases avanzadas de selección y validación de campo que podrían eventualmente convertirse en los próximos años en variedades consolidadas de uso comercial, como es el caso de los siguientes según cantón: SAN CARLOS: LAICA 07-26, LAICA 08-390, LAICA 10-207, LAICA 10-804 y LAICA 12-340; LOS CHILES: LAICA 05-805, LAICA 07-26, LAICA 08-390, LAICA 10-207 y LAICA 12-340, entre otras.

En materia genética destaca y no puede ni debe pasar inadvertido la importante evolución que se ha tenido con el tiempo, como resultado del arduo y eficiente trabajo desarrollado inicialmente por el MAG y continuado luego por DIECA con el apoyo de los ingenios y equipos técnicos de la región. En 1974 se recomendaba para la región de San Carlos la siembra de las variedades B 43-62, B 50-377, B 54-142 y PINDAR en la parte baja y H 32-8560, H 44-3098, H 49-104 y H 57-5174 en la sección más alta (MAG 1974). En 1990 para las mismas altitudes se sugería la siembra de B 60-125, B 60-267, B 76-121, CP 57-603, PINDAR y SABORIANA; como también B 47-44, B 60-267, H 44-3098 y PINDAR, respectivamente (DIECA 1990). En 1998 se cultivan las primeras variedades en Los Chiles mediante la siembra de los clones SP 71-5574, PINDAR y SABORIANA como lo anotara Araya (2015). Es evidente el cambio acontecido en relativamente poco tiempo en el cuadro genético de la región.

Menciona Araya (2015) sobre la zona emergente, que “A partir de 1998 inician las primeras siembras y establecimiento de ensayos de variedades de caña de azúcar en Los Chiles, especialmente en la finca propiedad de la familia Badilla Campos quienes iniciaron operaciones con el establecimiento de 100 ha en 1998 sembradas con las variedades Pindar, SP 71-5574 y Saboriana, cosecha que en su momento fue destinada y vendida al Ingenio San Ramón.

Para el año 1999 DIECA inicia con las primeras evaluaciones agronómicas industriales de 14 variedades comerciales tales como SP 71-5574, CP 72-2086, Q 96, B 76-259, B 80-689, LAICA 87-601 entre otras, como las más sobresalientes...”

Posterior a estos eventos muchos estudios e introducciones de clones promisorios se han realizado a Los Chiles, como lo demuestran Rodríguez *et al* (1999) y Araya y compañeros (2015), entre otros.

Cuadro 8.					
Variedades (32) de caña de azúcar sembradas comercialmente según Cantón (2) en la ZONA NORTE. Año 2019.					
Variedad	SAN CARLOS	LOS CHILES	has	Total *	
				%	
				Relativo	Absoluto
B 59-92	263,00		263,00	3,17	3,06
B 76-259	292,51	50,50	343,01	4,13	4,00
B76-385	366,03		366,03	4,41	4,26
B 77-95	1 005,80	1 101,80	2 107,60	25,37	24,55
B 80-689		1,28	1,28	0,02	0,01
B 82-333		174,66	174,66	2,10	2,03
CC 01-1940	2,63		2,63	0,03	0,03
LAICA 96-02	3,00		3,00	0,04	0,03
LAICA 01-604	232,06	253,29	485,35	5,84	5,65
LAICA 03-805	36,49	77,38	113,87	1,37	1,33
LAICA 04-44	0,70		0,70	0,01	0,01
LAICA 04-809	41,38	136,29	177,67	2,14	2,07
LAICA 04-825	1,70	41,70	43,40	0,52	0,51
LAICA 05-805	0,40		0,40	0,005	0,005
LAICA 06-322	116,82		116,82	1,41	1,36
LAICA 08-390	37,51	63,76	101,27	1,22	1,18
LAICA 10-207		16,82	16,82	0,20	0,20
LAICA 12-340	15,15	42,77	57,92	0,70	0,67
Mex 79-431	199,25		199,25	2,40	2,32
NA 85-1602		34,30	34,30	0,41	0,40
PINDAR	6,57		6,57	0,08	0,08
PR 67-1355	59,71		59,71	0,72	0,70
PR 80-2038	1 811,51	547,01	2 358,52	28,39	27,48
Q 96	674,64	22,63	697,27	8,39	8,12
Q 132	242,53	99,16	341,69	4,11	3,98
Q 135	10,19		10,19	0,12	0,12
Q 138	91,40		91,40	1,10	1,06
RB 86-7515	94,75	8,04	102,79	1,24	1,20
RB 99-381		6,00	6,00	0,07	0,07
SABORIANA	6,00		6,00	0,07	0,07
SP 79-2233	4,92		4,92	0,06	0,06
SP 81-3250		13,43	13,43	0,16	0,16
VARIAS-OTRAS	270,57	5,40	275,97		3,22
Total (32)	5 887,22	2 696,22	8 583,44	100	100
Porcentaje	2 133,28	977,00	3 110		
N° Variedades	26	18	32		
Fuente: Chaves <i>et al</i> (2020).					
* El Porcentaje Absoluto incluye el área sembrada y que aparece indicada como otras y mezcla (275,97 has). En el caso del Porcentaje Relativo, esta área no se considera para efectos de cálculo (8.307,47 ha).					

9.1 Caracterización de variedades comerciales.

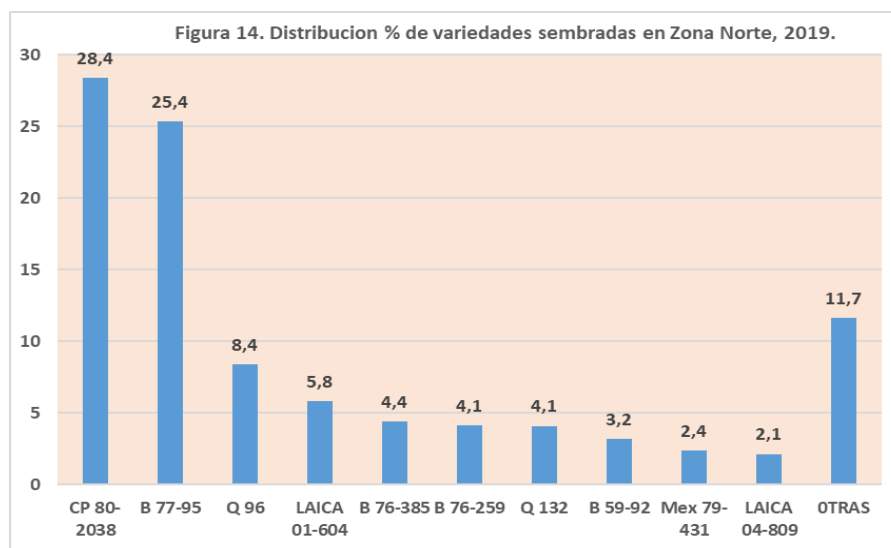
Para los efectos comerciales que siempre se buscan, resulta necesario reconocer que el trabajo de investigación desarrollado en el país en lo concerniente a procurar identificar las mejores opciones genéticas para emplear en una condición agro productiva tan compleja, sensible, heterogénea y difícil como la prevaleciente en la Zona Norte; hacen de esta labor una de las actividades más intensas y relevantes de la gestión institucional que en el área tecnológica desarrolla DIECA en la región y en el país, como lo manifestaran Chaves (2020f) y Chaves y Bermúdez (2020a). Todas las circunstancias tanto favorables como asociadas con limitantes productivas y fitosanitarias giran alrededor de las variedades de caña de azúcar sembradas, lo que convierte el tópico en extremadamente importante y determinante para alcanzar y cumplir a cabalidad con los objetivos empresariales planteados y pretendidos. Lo anterior obliga señalar que en la zona se evalúan, seleccionan y reproducen materiales promisorios con elevado potencial agroindustrial, siguiendo un estricto y preciso esquema protocolario que opera con carácter continuo y sistemático cuya duración se establece entre 10 y 12 años para identificar al menos un material genético promisorio y de valor utilitario (Chaves 2018ab).

De manera reiterada se ha comentado en muchas oportunidades y por diferentes medios, la importante y trascendente gestión que, de manera continua y sistemática, desde el año 1982, DIECA viene desarrollando en el campo genético con el objeto de poner a disposición del sector productor nacional de caña, mejores variedades para uso comercial. Dicha labor se ejecuta por medio de la operación, articulación y convergencia de dos estrategias complementarias de trabajo orientadas a la mejora genética, como son: **a) Vía Asexual:** se manobra por medio de la introducción de esquejes (vegetativos) de clones con reconocido potencial y antecedentes procedentes del exterior, los cuales mantienen y perpetúan el origen (sigla) de su identificación original y, **b) Vía Sexual:** se da mediante la obtención y “*fabricación*” de variedades a partir de semilla verdadera o “*fuzz*” recuperada a partir del cruzamiento direccionado y preconcebido de progenitores mediante criterio biparental (dos padres) o múltiple (varios padres), las cuales son reconocidas y descritas a nivel internacional por la sigla LAICA (Durán y Oviedo 2012; Durán *et al* 2018; Chaves 2018ab, 2020fg).

Con el fin primordial de conocer la distribución porcentual de las variedades más difundidas y de mayor uso comercial en la zona, se presenta la Figura 14 adjunta, donde se anota y describe el grupo de variedades sobre las cuales se sustenta actualmente la producción y el desarrollo de la agroindustria azucarera de la Región Norte; las cuales van referidas a su área (hectáreas) de siembra durante la Zafra 2019-2020. Se infiere y concluye de esos datos, que son dos las variedades más nombradas y sembradas en el lugar: CP 80-2038 (28,39%) y B 77-95 (25,37%), respectivamente; que en conjunto representan el 53,76% de toda la caña sembrada en la región, como evidencia de su aceptación cimentada en su alta calidad agroindustrial, adaptación y capacidad productiva. Aparecen también sembradas con una prioridad importante los clones: Q 96 (8,39%); LAICA 01-604 (5,84%), B 76-385 (4,41%); B 76-259 (4,13%), Q 132 (4,11%), B 59-92 (3,17%), Mex 79-431 (2,40%) y aparece la nacional LAICA 04-809 (2,14%), entre otras. En lo particular, la zona cañera de Los Chiles fundamenta su base varietal en dos clones: B 77-95 (40,95%) y PR 80-2038 (20,33%), lo que revela un significativo 61,28% conjunto; complementado por LAICA 01-604 (9,41%), B 82-333 (6,49%) y LAICA 04-809 (5,06%), entre otras, como lo indica el Cuadro 8.

Es destacable la pérdida de relevancia comercial que han mostrado algunas variedades de caña que en tiempos pasados fueron la base de la agroindustria azucarera de esta región, como acontece particularmente con PINDAR y SABORIANA, las cuales reportan en el año 2019 un área sembrada

despreciable de apenas 0,08% y 0,07%, respectivamente. De igual manera y con base en lo recabado en el último Censo Cañero (Chaves *et al* 2019), hay clones otrora importantes que ya desaparecieron como materiales genéticos de uso comercial, como es el caso de B 47-44, B 60-125, B 60-267, B 50-377, CP 57-603, H 68-1158, H 71-505, LAICA 85-653, LAICA 87-601, LAICA 96-02, POJ 2878, Q 68, Q 77, SP 70-1284, SP 71-5574, SP 79-2233 y SP 82-1176, entre otras.



Con el objeto de disponer de un mejor conocimiento y caracterización de las variedades más utilizadas y sembradas comercialmente en la región, a continuación, se presenta una breve descripción de las mismas. Como es comprensible entender en estos casos, los señalamientos, propiedades y atributos indicados resultan de juzgamiento relativo virtud de los cambios que ofrece todo entorno agroproductivo en lo concerniente a la intervención de los factores bióticos y abióticos; esto aplicado aun a lo interno de una misma finca y condición de manejo.

➤ PR 80-2038

Progenitores: No Disponibles

Esta variedad es nueva en el país, de uso comercial exclusivo en la Zona Norte, virtud de su capacidad de adaptación y excelencia mostradas en su comportamiento agronómico y productivo a las difíciles condiciones del lugar; lo cual le ha permitido ubicarse en la actualidad como la más cultivada en la región, donde ocupa el 28,4% (Cuadro 8) de toda el área sembrada. Se le ubica como ingresada al país en el año 1998 (Chaves 2020g), iniciando su evaluación en una finca propiedad del Ingenio Quebrada Azul en el año 2004; luego de lo cual superó satisfactoriamente todas las etapas sucesivas de selección hasta llegar a liberarse para uso comercial. En la región aparece citada como novedad por primera vez en el Censo Cañero realizado en el año 2010 (Chaves 2018c).

Es una variedad de porte muy erecto con tendencia a volcarse un poco, despaje regular, grosor de tallo medio, cuya coloración se torna blanca en fase de crecimiento activo y amarillento cuando alcanza la madurez. Tiene alta presencia de pelo en la vaina de la hoja, lo que dificulta su cosecha manual sin quema (Figura 15). Su maduración califica como de media a tardía, por lo que debe ser cortada a partir del mes de marzo en adelante. Su encepamiento es muy bueno, lo que hace que

muestre un buen cierre del entresurco; tolerando además bien la cosecha mecánica, propiedad que motivó ampliar su área de siembra. Presenta un muy buen rebrote de las socas, lo que favorece su cosecha hasta el final de la zafra. Califica como una variedad rústica, de escasa floración y que se adapta bien a suelos de fertilidad natural baja. En cuanto a contenido de azúcar, se puede decir que es de una riqueza media. Ha mostrado ser tolerante a enfermedades como la roya y el carbón. Sus principales localidades de cultivo en la región se ubican en los distritos de Florencia, Cutris, Pocosol, Los Chiles y El Amparo (Chaves *et al* 2020).



Figura 15. Variedad PR 80-2038.

Cabe señalar que la variedad ha venido perdiendo relevancia en el último año por motivo de tener baja productividad agrícola, ser de maduración tardía, no responder al efecto de los madurantes químicos, entre otros factores que resultan poco atractivos, como lo expresan algunos agricultores; motivo por el cual es esperable que pierda representatividad como material de siembra comercial.

➤ **B 77-95**

Progenitores: No Disponibles

Esta variedad de caña ha sido muy bien recibida en la zona donde ocupa actualmente el segundo lugar en importancia por la extensión de su área cultivada, con un 25,4%. La misma llegó procedente de la Región de Turrialba donde se ubica en los primeros lugares virtud del área que ocupa (Calderón y Chaves 2020). Es una variedad bonita de porte erecto, de tallos gruesos, con un buen despaje y una buena productividad agroindustrial; se adapta bien a los diferentes tipos de cosecha practicados en la Región Norte. Presenta, sin embargo, alguna susceptibilidad a los herbicidas de uso común en el cultivo. Su crecimiento se estima lento cuando es comparado con el mostrado por la variedad B 76-259, por lo que el cierre del entresurco es más tardío con el consecuente problema por competencia con malezas (Figura 16). En general es una variedad que califica como rústica y por tanto menos exigente que otras, a las difíciles condiciones de suelo y ambiente del lugar. De buen

rebrote de soca, con grados de floración escasa; permite ser cosechada desde el inicio del periodo de cosecha lo que resulta agronómicamente muy favorable, aunque su curva de madurez observa una tendencia tardía. Es muy utilizada para producción orgánica.

Para el caso de Turrialba, donde el clon se siembra ampliamente como anotan Calderón y Chaves (2020) en torno al mismo, que *“Es una variedad que exhibe una alta capacidad de concentración de sacarosa, que en algunas condiciones puede superar a la B 76-259. Su porte y características foliares tienen bastante similitud con esta última variedad; sin embargo, se diferencia en que la lámina foliar presenta un “dobles” hacia el envés, lo que no tiene la B 76-259, cuya lámina foliar es plana. Su contenido en fibra es relativamente bajo.”*

De acuerdo con la información recabada por el Censo Cañero realizado en el año 2019, las principales localidades de cultivo de esta variedad en la región, se ubican mayoritariamente en los distritos de Cutris, Pocosol, Los Chiles y El Amparo como lo indicaran Chaves *et al* (2020).



Figura 16. Variedad comercial B 77-95.

➤ Q 96

Progenitores: Q 63 x Q 68

A pesar de ser una variedad muy conocida y por antecedente ya antigua de ser cultivada en el país, de relativa poca importancia en la región en tiempos pasados, como lo señalara Chaves (2018c); el clon adquiere sin embargo jerarquía y toma fuerza recientemente como opción comercial de cultivo, y se coloca en el año 2019 como la tercera variedad en importancia en la zona, con una

representación nada despreciable del 8,4% (Chaves *et al* 2020). Su mayor presencia en el campo se observa en las plantaciones de caña ubicadas en los distritos de Florencia, Cutris y Pocosol.

La Q 96 se caracteriza por su buen contenido de azúcar, poseer una tendencia a la maduración de sus tallos de coloración morada, que va de temprana a media. Requiere se le cultive preferentemente en suelos profundos de fertilidad natural media-alta, por lo que la nutrición constituye un factor determinante de cuidado y atención permanente. Su floración se estima media-alta según las condiciones donde se cultive; posee un hábito de crecimiento de semi-abierto a abierto y presenta un buen rebrote de las socas (Figura 17). Se recomienda para sistemas de cultivo cuya cosecha es mecánica o en su caso semi-mecánica; también en producción orgánica. Por su fitosanidad, califica como tolerante a la roya y el carbón, lo que resulta favorable en una zona de condiciones limitantes con prevalencia de alta humedad y temperatura, lo que favorece el desarrollo de plagas y patógenos.



Figura 17. Variedad Q 96.

➤ **LAICA 01-604**

Progenitores: Q 96 x SP 70-1143

Variedad de origen y fabricación nacional que ha tenido una buena aceptación en la zona, lo que le ha permitido mantenerse como una opción viable de cultivo para condiciones particulares, por lo que actualmente representa según el Cuadro 8, un 5,8% del área sembrada de toda la región, como lo indican Chaves *et al* (2020). La variedad centraliza su mayor área de siembra en el distrito de Cutris. No hay duda que esta variedad representa una opción de cultivo apropiada y de expectativas interesantes por antecedente ya conocidas.

La coloración del tallo es morado intenso como descendiente directa de la tradicional Q 96, por lo que conserva y expresa su gen azucarero. De tallos delgados, con alto contenido de azúcar y medio de fibra; se adapta bien a la cosecha mecanizada y también semi-mecanizada (Figura 18). Para su cosecha con máquina combinada, la velocidad de avance operativo de la misma se recomienda no supere los 3,5 km/hora, empleando cuchillas en el cortador de base de 4 mm de grosor, para evitar el inconveniente arranque y pérdida de las cepas. La variedad presenta un regular rebrote de cepa en los ciclos de soca. En referencia al clon manifiestan Durán y Oviedo (2012), que *“...al compararla con la variedad Q 96 se observa que sus rendimientos son levemente superiores a esta variedad la cual también se ha caracterizado por su alta productividad. La floración observada en caña soca es variable, alcanzando en algunos lugares hasta el 50%, siendo moderada la presencia de tejido corchoso en el tercio superior de los tallos florecidos.*

Otra característica muy importante de esta variedad es que madura entre el principio y mediados de la zafra con rendimientos de azúcar muy buenos, superando a la mayoría de variedades comerciales. Su contenido de fibra se puede catalogar de medio a alto (14,29 %).”



Figura 18. Variedad nacional LAICA 01-604.

➤ **B 76-385**

Progenitores: B 62-165 x B 61-60

Esta variedad fue seleccionada en Barbados por medio de la West Indies Central Sugar Cane Breeding Station (WICSCBS) en el año 1976, siendo introducida al país en 1998. La siembra y desarrollo comercial en la Zona Norte es realmente una novedad y una nueva opción que surge, y que va, virtud de sus atributos en activo crecimiento. El clon es de gran adaptabilidad en las localidades de Cedral, Dulce Nombre y San Ramón de Ciudad Quesada, donde prospera de manera satisfactoria; su área de cultivo crece también en los distritos de Cutris, Pocosol, Los Chiles y El Amparo (Chaves *et al* 2020).

La variedad es de tallo grueso, color amarillento, presenta bajo contenido de fibra, buena fitosanidad foliar y buen rebrote de cepa; califica como tolerante a los principales patógenos

presentes en el lugar (Figura 19). Se considera por antecedente poco exigente a la fertilidad de suelo, propiedad que resulta muy satisfactoria para esta zona. La floración observada en caña soca es baja. Su comportamiento a la maduración se estima de intermedio a tardío en donde alcanza rendimientos de azúcar satisfactorios. La variedad se da bien en suelos húmedos de fertilidad natural baja, donde logra mantener una maduración anticipada; lo que le augura posibilidades futuras de adaptación en esta región.



Figura 19. Variedad B 76-385.

➤ **B 76-259**

Progenitores: B 65-15 x B 59-162

Esta es una variedad de caña ampliamente conocida y adaptada en el país, muy particularmente en la Región de Turrialba donde ocupa actualmente el primer lugar como material de cultivo comercial (Calderón y Chaves 2020). A la Zona Norte llegó respaldada por sus buenos antecedentes y similitud ambiental procedente de esa localidad, ocupando en la actualidad una meritoria sexta posición como material genético de cultivo con una representación del 4,1% de toda el área sembrada. Su expectativa es de crecer en el tiempo virtud de su reconocida capacidad de adaptación a algunas de las agrestes condiciones de cultivo imperantes en el lugar. Actualmente su mayor área de siembra se concentra en el distrito de Florencia (Chaves *et al* 2020).

En lo específico la variedad posee tallos de color morado y grosor medio, con un despaje natural muy bueno. Su grado de productividad agroindustrial es calificada como muy satisfactoria cuando cuenta con las condiciones necesarias para explotar y desarrollar todo su potencial genético. Importante señalar que su biotipo responde y adapta bien a los tres sistemas de cosecha

prevalecientes en la región: manual, semi-mecanizado y mecanizado (Figura 20). Presenta un buen rebrote de cepa y puede ser cosechada desde el inicio de zafra, aunque su ciclo de madurez natural óptimo va de intermedio a tardío. En lo edáfico gusta de los suelos de fertilidad media a alta donde se desarrolla mejor, lo que debe considerarse al momento de abordar el factor nutrición y fertilización.

Como factores negativos presenta susceptibilidad a algunos patógenos de la caña, como anotaran Calderón y Chaves (2020) al manifestar, que *“El manejo y control de las malezas debe ser un asunto estratégico, recomendando utilizar herbicidas pre emergentes y prácticas culturales como desaporca y aporca, para reducir problemas por posible toxicidad. Es importante mantener la plantación con baja humedad interna y evitar posible presencia de afectaciones por causa del carbón de la caña (Scitaminea sporisorium).”* Se ha encontrado que la variedad es susceptible a los herbicidas de uso común en la región, lo que demanda sumo cuidado al seleccionarlos y aplicarlos en el campo.



Figura 20. Variedad comercial B 76-259.

9.2 Variedades promisorias.

En este acápite se anotan algunos de los clones más sobresalientes seleccionados luego de ser sometidos a todo el estricto, sistemático y largo proceso de investigación y validación protocolaria de campo y fábrica, que conlleva obligadamente el sistema vigente y aplicado en DIECA, para la identificación segura y responsable de materiales genéticos de alta calidad agroindustrial y fitosanitaria. Se espera que los mismos puedan eventualmente constituirse en un futuro próximo en nuevas y mejores opciones de siembra comercial disponible y accesible para todo el sector productor de la región.

En el Cuadro 8 se presenta un detalle del área (ha) reportada para las cuatro variedades que se considera se encuentran actualmente en condición de promisorias y por ello en fase activa de validación en el campo; la cual como es razonable entender es aún muy pequeña por ese motivo. Resulta destacable comprobar que los progenitores empleados en su formación, corresponden

mayoritariamente a variedades de reconocida adaptación y antecedente productivo en la región, lo que le da una alta probabilidad agro productiva de adaptarse a las condiciones del lugar.

Seguidamente se desarrolla una breve descripción de dichas variedades.

➤ LAICA 08-390

Progenitores: Mex 79-431 x B 76-259

Este nuevo y promisorio material de caña va en franco avance virtud de sus atributos, representando actualmente el 1,22% de toda el área cañera de la región, lo que es significativo, como lo revela el Cuadro 8 y se muestra en las Figuras 21 y 22. La mayor área de siembra de esta variedad se ubica actualmente en los distritos de Cutris y Los Chiles como lo refieren Chaves *et al* (2020). De acuerdo con lo señalado por DIECA (2020c), al caracterizar la variedad y en torno a sus propiedades *“Esta variedad heredó de su progenitor femenino el ofrecer muy buenos rendimientos de azúcar; además su padre (Mex 79-431) le transmitió las características de rusticidad, una cepa fuerte que produce un buen número de tallos por metro, lo que la convierte en una variedad comercialmente muy interesante y prometedora. Su crecimiento es bastante erecto, sin embargo, cuando adquiere mucho desarrollo tiende a caerse un poco, el grosor de los tallos es medio, siendo su despaje de grado intermedio (ni tan fácil, ni tan difícil). En cuanto a floración, en la región de San Carlos se le ha visto muy poca inflorescencia, sin mostrar por ello problemas de acorchamiento.*

En el campo industrial la variedad posee un contenido de fibra medio y sus rendimientos de azúcar por tonelada son bastante buenos, si se le cosecha en el momento adecuado.

Desde el punto de vista fitopatológico, la variedad se ha observado en el campo que es tolerante a las principales enfermedades presentes en nuestro país.”

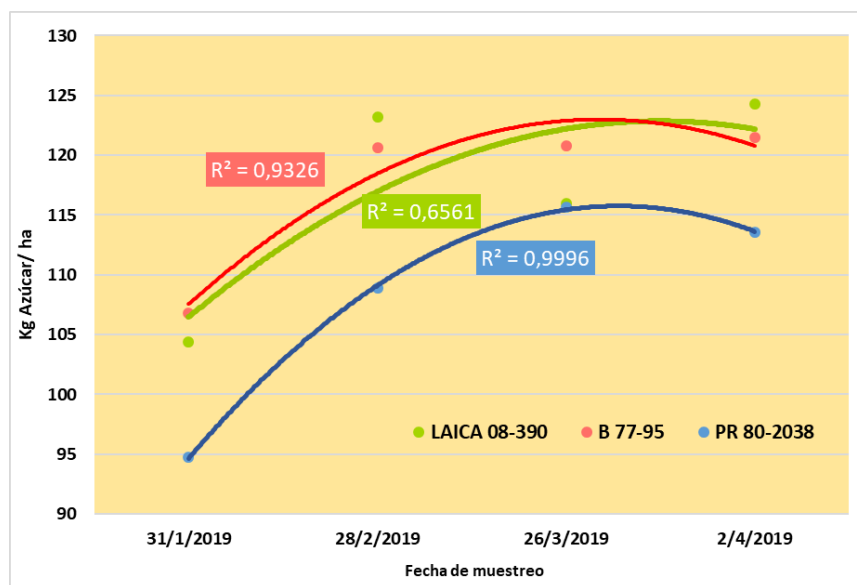


Figura 21. Curva de madurez de la Variedad LAICA 08-390 (DIECA 2020c).



Figura 22. Variedad promisoría LAICA 08-390.

➤ **LAICA 10-207**

Progenitores: B 77-95 x SP 82-1176

La selección y calificación de esta nueva variedad de caña como promisoría, es el resultado de un largo proceso de selección desarrollado en la zona, como lo detallan Durán *et al* (2018); estudios en los cuales sobresalió superando a otras reconocidas variedades de uso comercial del lugar empleadas como testigo comparador, como fueron la PR 80-2038 y B 77-95. La extensión de su área sembrada puede considerarse aún pequeña, pues reporta apenas un 0,20% pero va en activo crecimiento y con interesantes expectativas futuras. Las siembras se concentran preferentemente en el distrito de Los Chiles (Chaves *et al* 2020).

El clon se caracteriza por ser de porte erecto y con tallos de diámetro medio. Manifiesta un ahijamiento calificado como regular, con un grado de encepamiento satisfactorio y buen rebrote de cepa; además, mantiene un ritmo de rápido crecimiento y escasa floración. Se considera que el despaje de sus tallos va de regular a bueno (Figura 23). La variedad demuestra poseer una alta capacidad de concentrar sacarosa, razón por la cual sobresale en lo que respecta a su rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida (kg/t). Por su tendencia se le ubica como una caña de maduración temprana, apta para abrir cosecha.

Aseguran Durán y compañeros (2018), que *“La variedad LAICA 10-207 se seleccionó en la región de Turrialba, propiamente en el ingenio Atirro en el año 2010, es producto de un cruce biparental entre las variedades B 77-95 x SP 82-1176. Se caracteriza por presentar un buen número de tallos por metro de surco, de tamaño y grosor medio, de porte erecto y buen despaje.*

En el campo fitopatológico se ha comportado como resistente o tolerante a las principales enfermedades presentes en caña de azúcar en el país.

La principal fortaleza de esta variedad se encuentra en su gran riqueza de azúcar”

Afirman, asimismo los mismos investigadores, que “...por su riqueza de azúcar, podría ser una buena alternativa para cosecharla de manera más temprana, característica que es difícil de conseguir en las variedades de caña de azúcar y aún más en esta región, en donde llueve casi todo el año.”



Figura 23. Variedad LAICA 10-207.

Este clon va actualmente en franco crecimiento y aceptación por parte de los agricultores de la región, virtud de su alta productividad de caña y azúcar (t/ha); motivo por el cual, es de esperar que próximamente se constituya en una de las variedades “cañón” del lugar, como figurativamente lo expresan algunos agricultores.

➤ **LAICA 04-809**

Progenitores: RD 75-11 x B 60-267

Surge como resultado de la investigación desarrollada en el campo de la mejora genética operada por DIECA en la región, reportándose en el año 2019 como la novedad con mayor área sembrada, con un 2,44% (Cuadro 8), lo que es significativo y muestra de su aceptación como variedad promisoría, con fuerte tendencia y buena proyección a consolidarse próximamente como una nueva opción comercial para los agricultores del lugar. Igual que acontece con el clon anterior, su mayor área de cultivo se encuentra actualmente situada en el distrito de Los Chiles (Chaves *et al* 2020).

La variedad proviene de una introducción y validación de clones procedente de la Zona Sur, donde ocupa actualmente un meritorio tercer lugar como material genético de uso comercial, lo que denota y exalta sus propiedades y atributos agronómicos y agroindustriales.

De acuerdo con Barrantes y Chaves (2020), al describir las propiedades y comportamiento de esta variedad en la Zona Sur, afirman que la misma *“Se caracteriza por ser un clon de porte semi-abierto a abierto y con despaje de regular a difícil. La yema es de tamaño pequeño y de forma redonda. Posee un regular brote de hijos, rápido crecimiento y al momento de cosecha dispone alrededor de 11 tallos molederos por metro lineal de surco, lo que hace que su productividad agrícola sea muy alta. En evaluaciones previas de cuatro cosechas obtuvo rendimientos promedio de 130,9 kg azúcar/tonelada y 109,9 toneladas de caña/ha.*

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

De acuerdo con lo recabado comercialmente en la Región Norte, la variedad LAICA 04-809 presenta un rápido crecimiento y un buen desarrollo de cepa; además de ser poco exigente a la fertilidad del suelo, lo que constituye una ventaja importante por la condición y características edáficas de la zona. Alcanza alta concentración de sacarosa, con maduración de temprana a media, y un alto tonelaje de caña, como lo indican los resultados de la prueba experimental efectuada en Boca Arenal de San Carlos realizada por Durán *et al* (2018), donde superó a otras 18 variedades, incluyendo los calificados testigos PR 80-2038 y B 77-95. El clon se encuentra en fase de validación comercial.



Figura 24. Variedad LAICA 04-809.

➤ **LAICA 12-340**

Progenitores: Co 421 x TCP 87-3388

Sobre esta nueva variedad promisorio de caña se deposita una gran expectativa de encontrar un nuevo material genético, que incremente la cantidad de opciones de siembra con materiales genéticos de alta calidad agroindustrial. El estudio de selección vinculado al clon ha sido largo y

esmerado, siguiendo el estricto protocolo vigente y operado por DIECA para este fin. Actualmente se le ubica sembrado y en activa reproducción en el distrito de Los Chiles (Chaves *et al* 2020).

Los detalles de carácter anatómico, agronómico y productivo vinculados con este novedoso material genético (Figura 25), están señalados en la publicación realizada por DIECA (2020b), en la cual se destaca lo siguiente: *“Esta variedad heredó de su madre las características de rusticidad, una cepa fuerte que produce un buen número de tallos por metro, el tipo de crecimiento es bastante erecto y el grosor de los tallos es medio, siendo su despaje de regular a bueno. En la Zona Norte presenta una floración de leve a media, sin mostrar problemas serios de acorchamiento.*

En el campo industrial, la variedad posee un contenido de fibra medio y sus rendimientos de azúcar por tonelada, si se cosecha en el momento adecuado, son bastante buenos.

*Desde el punto de vista fitopatológico, a esta variedad se le ha observado la presencia de la enfermedad del carbón (*Sporisorium scitamineum*) aunque en una incidencia muy baja, que no ocasiona problemas con los rendimientos. Con respecto a otras enfermedades, ha mostrado ser tolerante.”*

En lo concerniente a la madurez de la planta, se recomienda por DIECA, que *“De acuerdo a la información recopilada, para aprovechar el potencial azucarero de la variedad LAICA 12-340, esta se debe cosechar entre mediados y finales de zafra que es donde ofrece los mayores rendimientos en kilogramos de azúcar por tonelada.”* La Figura 26 presenta un detalle de la tendencia seguida por la curva de madurez obtenida en la localidad de Boca Arenal de San Carlos.



Figura 25. Variedad LAICA 12-340 (LAICA 2020c).

La aparente y presunta susceptibilidad que este clon presenta a la enfermedad del carbón (*Sporisorium scitamineum*), como ha sido indicado por los investigadores, debe dar lugar a continuar con un estricto proceso de observación de campo, pues el patógeno viene en crecimiento en los últimos años y la región ofrece las mejores condiciones de clima para su reproducción. Debe tenerse

mucha prudencia en incrementar su área si no se tiene la certeza debida de que el grado de afectación mostrado por la variedad es perfectamente manejable.

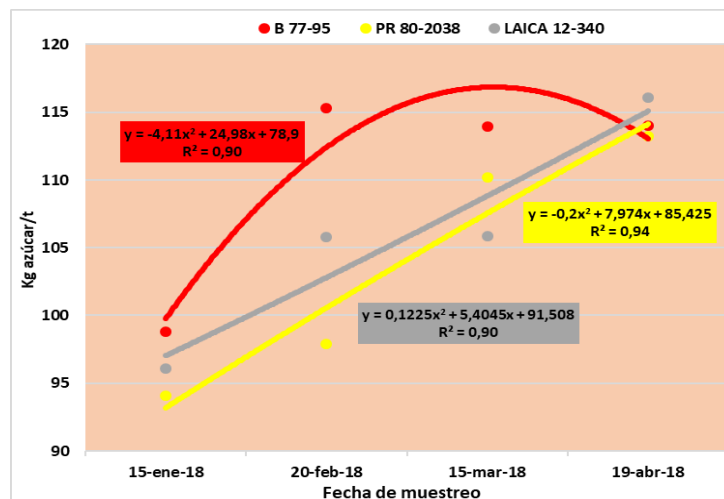


Figura 26. Curva de madurez de la variedad LAICA 12-340, Finca El Ferry, Boca Arenal, San Carlos, año 2018 (LAICA 2020c).

10. Propagación.

10.1 Semilla y semilleros (básicos - comerciales).

En el establecimiento o la renovación de plantaciones rentables y competitivas de caña de azúcar, uno de los componentes indiscutiblemente más importantes sobre los que debe actuarse y tenerse control, lo constituye el uso de semilla vegetativa (asexual) de muy alta calidad; lo cual viene vinculado directamente con la pureza genética, la edad, la buena condición fitosanitaria y física del material vegetal empleado con ese fin. Resulta por ello imperativo resolver con capacidad y ventaja, la seria limitante prevaleciente asociada con la escasa y limitada disponibilidad de semilla que existe en la Región Norte; lo que obliga en muchos casos a utilizar material reproductivo que no cumple con los requisitos básicos que debe tener una semilla de alta calidad, fitosanidad y pureza genética.

Aseguran Calderón y Chaves (2020), que *“La siembra de plantaciones resulta un acto inevitable, sea para ampliar y expandirse a nuevas áreas o, en su caso, para renovar plantaciones comerciales agotadas en su capacidad de mantener un grado de productividad rentable y competitivo, lo cual implica disponer de material vegetativo de alta calidad y sanidad para sustentar las siembras. Para dicha labor se recomienda y es imperativo utilizar semilla de muy alta calidad y pureza genética para tener éxito en las plantaciones comerciales de caña que se establezcan.”*

En complemento con lo anterior, anotan con sentido realista y muy pragmático Chaves y Chavarría (2011), que *“La semilla de calidad constituye incuestionablemente un factor determinante para el éxito de cualquier cultivo comercial en razón de que incide directamente sobre la producción final, no sólo en lo concerniente a indicadores técnicos, sino también en su rentabilidad económica. En caña de azúcar el tema de la semilla no difiere sustancialmente respecto al de otros cultivos.*

La caña es un cultivo semi perenne que para que sea económicamente rentable requiere necesariamente virtud de los altos costos de inversión implicados, que la plantación perdure por al menos cinco años de vida útil comercial, por lo que se necesita que la semilla sea de muy alta calidad,

entre otros factores adicionales de manejo implicados, que aseguren una buena plantación desde su etapa de establecimiento inicial.”

En definitiva, cualquier plantación de caña dedicada y destinada a la obtención de semilla debe tener comparativamente sin objeción ni justificación alguna, un tratamiento diferenciado en cuanto al manejo que reciba respecto a las plantaciones comerciales; lo que incluye disponer de material de siembra proveniente preferentemente de cultivo de tejidos, realizar una selectiva y efectiva selección de tallos sanos y vigorosos y aplicar tratamiento hidrotérmico a los mismos previa siembra. La plantación debe ubicarse estratégicamente en un área accesible y con suelos apropiados de alta fertilidad; así como también, incorporar una nutrición satisfactoria y equilibrada, sobre todo prestar mucha atención a la adición del elemento Nitrógeno.

Las cosechas de las plantaciones dedicadas a semilla deben tener una edad idónea al corte, establecida entre 6 y 7 meses, no más ni menos; como también proceder de plantaciones de semilla a las que se les ha realizado un máximo de dos cortes sucesivos. Es común encontrar en la práctica agrícola, que procurando obtener más volumen (tonelaje) de material reproductivo, se decida prolongar el tiempo de cosecha de la semilla hasta 9 y 10 meses, lo cual no es conveniente. En la Zona Norte al igual que acontece en otras regiones, las variedades promisorias son por lo general multiplicadas en las fincas de los Ingenios o grandes productores, quienes luego suplen de semilla a los productores independientes; lo que no exime en absoluto cumplir con las condiciones técnicas anotadas anteriormente. También se hace entrega de paquetes de semilla básica a los productores interesados, **quienes establecen sus propios semilleros básicos y multiplican el material genético de manera sistemática.**

Se expone en la Figura 27 adjunta un importante esquema secuencial de las fases que consecutivamente implica establecer y desarrollar un **Programa de Producción de Semilla Mejorada de Caña de Azúcar** (Chavarría 2017b). En torno al mismo es conveniente, necesario y muy recomendable que los esquejes sean tratados previa siembra con fungicida y termoterapia (51°C por 60 minutos o 52°C por 30 minutos). Como expresaran Calderón y Chaves (2020) con absoluta certeza, al respecto, *“No puede dejar de conceptualizarse y reconocerse que Semilla Mejorada es un término evolucionado y muy diferente al tradicional y simple que la visualiza apenas como material de reproducción, como muchas veces erróneamente se cree.”*

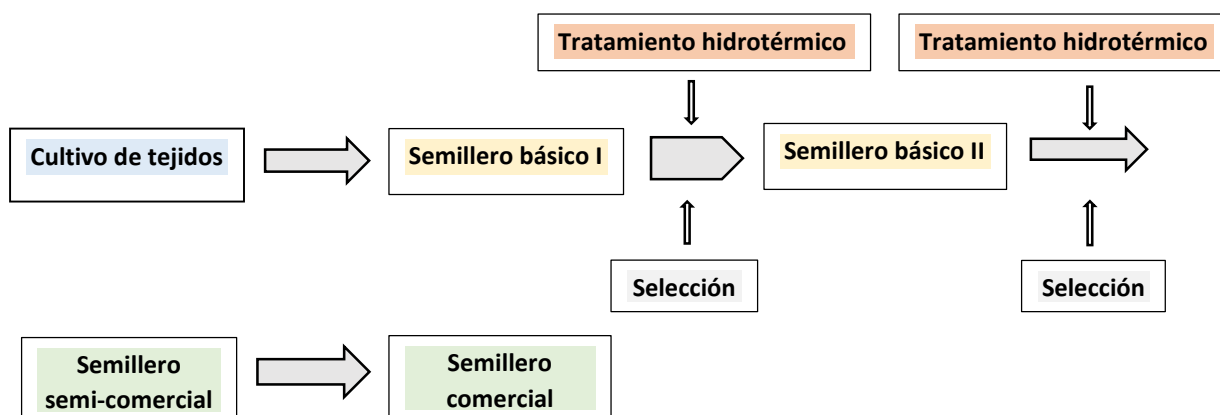


Figura 27. Esquema para la reproducción sistemática de semilla mejorada de caña de azúcar.

11. Preparación del terreno.

No hay duda que el contenido de humedad presente en el suelo producto de las altas precipitaciones que caen en la zona (Cuadro 6), tiene una significativa y determinante importancia para definir el mejor momento en el que deben realizarse las operaciones de preparación del terreno; lo cual como se ha reiteradamente expresado, en esta región no resulta fácil de establecer por lo agreste e inestable del clima. Esta situación limita la posibilidad de conciliar y articular tiempos ideales de preparación del terreno con la siembra; como también manejo y cosecha oportuna de las plantaciones, lo cual incide de manera determinante sobre la productividad agroindustrial y la vida comercial útil de las mismas.

11.1 Selección del terreno y ubicación.

Es definitivo que los costos de producción vinculados al proceso agroproductivo, tanto los implicados con el ciclo de caña planta como los de soca o retoño, cumplen un papel determinante para que la actividad cañera sea económicamente rentable, productivamente competitiva y empresarialmente exitosa. Debido a lo anterior, es preciso tener y tomar en consideración aspectos relevantes de los mismos en materia de preparación de suelos, tales como son la topografía del terreno, la conformación y disposición de los lotes comerciales, la definición de los accesos y salidas de equipos y maquinaria, la condición de fertilidad natural y actual del suelo, la implementación de medidas orientadas a favorecer la conservación de los recursos naturales y la distancia (km) del sitio de siembra y cosecha al ingenio azucarero donde se entregara la materia prima para su procesamiento. Todo lo anterior es relevante por cuanto dichos indicadores condicionan y afectan el costo total de producción y con ello la utilidad económica de la empresa.

Con fundamento en lo anterior, resulta entonces importante y concluyente seleccionar y disponer para uso agrícola, preferentemente terrenos cuya topografía sea la apropiada para cultivar y producir caña en forma competitiva; esto es, que no posea áreas quebradas con pendientes superiores al 10%, siendo ideal que los mismos sean planos o semi ondulados, conformar lotes de forma tal que los surcos tengan una longitud larga y favorezcan el drenaje de las aguas de lluvia en exceso, muy comunes en el lugar. De preferencia es conveniente que las plantaciones se cultiven en suelos de fertilidad media a alta y que la distancia promedio a la planta fabril no supere los 12 km.

No cabe por tanto la menor duda, que la fase inicial y obligada de planificación, organización, establecimiento de la unidad productiva en el campo y programación de las actividades y labores por desarrollar, resulta determinante; pues los errores u omisiones que se cometan no será posible rectificarlas posteriormente, debiendo por ello arrastrar sus consecuencias por todo el ciclo útil de la plantación, con un costo y sacrificio muy alto en términos productivos y económicos, como lo ha señalado y puntualizado Chaves (2015b) con gran detalle. Muchos de los problemas que, de acuerdo con la calificada opinión del agricultor basados en su experiencia, son concedidos y debidos presuntamente a inadaptación y falta de capacidad productiva de las variedades sembradas y carencia de tecnologías adecuadas al lugar, como se anota en el Cuadro 5, son en realidad provocadas por la ineptitud de las condiciones edáficas, climáticas y la impericia cometida en el manejo que las condiciones del entorno donde se ubica la plantación. Dificilmente puede la tecnología, por desarrollada, sofisticada y evolucionada que sea, superar lo que la naturaleza no da; esa es la realidad de muchos de los juzgamientos equivocados que se emiten, lo que acredita valorar con objetividad y sentido de realidad las condiciones, potenciales y expectativas de productividad agroindustrial propias y muy particulares de la unidad agroproductiva donde se trabajará.

11.2 Levantamiento topográfico.

Es interesante reconocer en esta región la diversidad y heterogeneidad que existe en cuanto a condiciones edáficas expresadas en relieve, topografía, pendiente y grado de fertilidad, las cuales, pese a la amplia extensión y distribución territorial del lugar, no resultan en esta materia tan extremas como sucede en otras regiones productoras como es el caso de Turrialba-Juan Viñas, Zona Sur y Valle Central; esto por cuanto y pese a esas limitantes, es posible mecanizar labores en buena parte de la zona, lo que representa una ventaja importante. Los dos ingenios azucareros que operan en la región reportan una mecanización de su cosecha cercana al 75%, lo que es alto y revelador del gran esfuerzo realizado en esta materia.

Las unidades básicas de producción en la Zona Norte en el caso particular de la caña de azúcar, se caracterizan por tener un tamaño pequeño, que tipifica como una estructura propia y característica de un sistema de tenencia de la tierra de pequeño agricultor; donde su tamaño varía entre 1 y 7 hectáreas, pese a lo cual hay también presencia de plantaciones con grandes extensiones bajo el dominio de dos ingenios y otro tercero aún en ciernes próximo a entrar en operación. Vale mencionar que en la zafra 2019-20 el 80% de los entregadores de caña poseían, según estimaciones oficiales, fincas inferiores a 3,5 ha y solo el 0,1% superiores a 65 ha. La estimación es estrictamente cuantitativa para la cantidad (Nº) de entregadores, no su impacto productivo marcado por el volumen (toneladas) de las mismas, lo que debe quedar claro. Los productores con entregas menores a 500 toneladas (≈ 7 ha) representaron en esa zafra un muy significativo 90,7%, lo que revela la indiscutible e incuestionable importancia social de la actividad cañero-azucarera en el lugar. Es por todo lo anterior, necesario separar valoraciones de proyección social de la productivas.

Esa particular disposición, participación social y estructura productiva, provoca que la incorporación de nuevas áreas de cultivo y la renovación de las plantaciones agotadas sean igualmente pequeñas en extensión y cobertura, por lo general apenas entre 0,5 y 5,0 ha; por tanto, el levantamiento topográfico no es una práctica que sea de efectos económicos y territoriales importantes, pues esta labor relativamente se efectúa de manera muy limitada en la región por parte de los Productores independientes, no así de los Ingenios y grandes productores.

En la zona se práctica en las áreas con potencial viable y factible de mecanización, sean planas u onduladas, un trabajo importante de conformación de los lotes para acondicionarlos a la cosecha mecanizada o semi-mecanizada, cuando la misma se realiza. Esta gestión implica diseñar los surcos con una longitud apreciable, remover adicionalmente obstáculos físicos (piedras, troncos, arbustos) en la superficie y emparejar o nivelar en lo factible el suelo, de forma tal que la superficie sea regular y permita el tránsito y labor de las cosechadoras y los equipos de arrastre, carga y transporte implicados. En toda esa labor, la conducción y desagüe mediante el trazado de una canalización apropiada de las aguas de lluvia en exceso, resulta incuestionablemente importante y obligado para evitar los inconvenientes efectos que las mismas provocan (Figura 28).



Figura 28. Construcción de drenajes para evacuar aguas.

11.3 Limpieza y descepado.

Al establecer un área nueva para sembrar caña, resulta perentorio como medida inicial, retirar y eliminar todos los impedimentos físicos que puedan obstruir y dificultar la fluidez y eficiencia de las labores de preparación y manejo por realizar; como es el caso de vegetación, árboles, arbustos, raíces, piedras y cualquier otro tipo de obstáculo que limite el libre tránsito de los equipos mecánicos o de tracción animal, que sean empleadas en la ejecución de dichas actividades (Figura 29). En caso de incorporar por acaso la modalidad de mínima labranza, práctica empleada en la zona, se recomienda el uso de un agroquímico apropiado para eliminar malezas gramíneas y de hoja ancha presentes.



Figura 29. Limpieza y acondicionamiento del terreno.

Cuando en la renovación de plantaciones se utilice labranza convencional como ocurre mayoritariamente, es necesario eliminar la cepa vieja, lo que se puede hacer mecánicamente mediante pase del arado de discos cuando es posible, o de vertedera, de cinceles, rastra rompedora e incluso mediante subsolado trazado en el terreno en forma de "X". Esta labor es importante realizarla en condiciones de "verano" o cuando el nivel de lluvias como sucede en esta región, sea más bajo como acontece en los meses de febrero, marzo y abril, permitiendo la destrucción de la cepa vieja. En mínima labranza la cepa puede eliminarse de igual manera mediante aplicación de agroquímicos apropiados.

11.4 Definición de lotes y accesos.

Consecuentes con la conveniente y apropiada configuración espacial de los lotes que deben tener las futuras plantaciones comerciales, resulta para fines de cosecha, cuando esta se ejecuta bajo la modalidad semi o mecanizada, que los surcos de caña queden establecidos con el distanciamiento más largo posible para efectos de adecuar el uso de los equipos mecánicos, elevar la eficiencia del proceso de corta, carga y extracción de la materia prima. No puede omitirse en este punto, obviar u omitir realizar prácticas de conservación de suelos, y procurar, en alguna medida la optimización de los costos implicados. Es imperativo y muy necesario, que cada lote tenga acceso y salida a un camino apropiado, con el fin de que el transporte, aplicación de insumos y movilización de la materia prima caña cortada pueda realizarse con la mayor facilidad y fluidez, el menor distanciamiento y el menor costo económico implicado posible.

Aunque la zona es de clima difícil e inestable, resulta muy conveniente que la preparación del terreno para siembra o renovación pueda realizarse en la medida de las posibilidades,

preferiblemente en la época más seca (febrero-abril), para que los terrones del suelo se rompan con facilidad y puedan reducir a partículas más finas que no dificulten las labores de preparación y la germinación posterior de las plántulas de caña. Cuando los terrenos poseen relieve plano o semiplano como es común en la zona, se sugiere y recomienda utilizar opcionalmente labranza convencional; pese a lo cual, hay agricultores que prefieren utilizar la modalidad de mínima labranza por las ventajas que genera en el caso de algunas condiciones especiales que lo ameritan y justifican; o también, por decisión propia del agricultor (Chaves 2020d). Siempre es importante y muy beneficioso por razones de costos y manejo, conformar los lotes comerciales de caña con el tamaño y la disposición apropiada y concordante con las necesidades y condiciones disponibles, buscando aprovechar al máximo el área utilizable, disponer espacios para rondas, implementar medidas de conservación de suelos y dejar espacio para el trazo de caminos cuando sean estrictamente necesarios para viabilizar el tránsito de los equipos y la maquinaria. La existencia de áreas libres de caña se constituye, si no se manejan convenientemente, en focos de reproducción y verdaderos semilleros de malezas; además de focos de plagas, lo que eleva significativamente los costos de mantenimiento de las fincas, lo cual debe motivar y conducir a procurar su mejor aprovechamiento.

11.5 Labranza mínima y convencional.

En esta región se utilizan dos sistemas de labranza, uno conocido como labranza convencional y el otro denominado mínima labranza o labranza mínima. Expresa Chaves (2020d) en torno a la última modalidad, que *“...en terrenos de ladera, esta práctica consiste en trazar curvas a nivel a las distancias que requieren las hileras del cultivo a sembrarse. Luego, el suelo se remueve sólo sobre esas líneas trazadas, para mezclarlo con abono orgánico y sembrar en ella. También se entiende como la labranza en que se emplea maquinaria, que realiza varias labores simultáneas (arada, gradeo y surcado), reduciendo al mínimo el paso de la misma.”*

En general y en su orden, el sistema convencional involucra de ser necesario y factible, el uso de dos pasadas de rastra pesada (rompedora) en plano perpendicular, con una profundidad de labor próxima a 40 cm, con el propósito de destruir el cultivo anterior y exponer al sol semillas de malezas y plagas del suelo por deshidratación. Luego se realiza uno o dos pases de subsolador dependiendo de la compactación detectada, a una profundidad de hasta 50 cm, para terminar con la surcada a distancias que van de 1,40 a 1,65m, dependiendo del sistema de cosecha empleado.

Con respecto a la labranza mínima, que es un modelo menos usado, lo que se hace es aplicar un herbicida para eliminar el rebrote de la caña, el más común es el Glifosato a una dosis de 5 litros/ha cuando la caña tenga 30 cm de altura; otra opción es el uso de fluazifop-p-butil, que es un herbicida sistémico que controla muy bien el rebrote de caña. Una vez concluida la destrucción química de la cepa vieja, se procede a subsolar y surcar en el entresurco. En Los Chiles y Boca Arenal es donde más se practica esta modalidad por un ingenio; los productores la practican muy poco.

Cada tipo de labranza tiene y genera sus propias ventajas y perjuicios, de manera que, si se tienen problemas serios con plagas problemáticas de suelo tales como jobotos (*Phyllophaga* spp) o taladrador mayor (*Telchin licus*), lo recomendable es utilizar la labranza convencional ya que garantiza que la mayoría de los insectos se eliminen mecánicamente o con la exposición al sol; así como por depredadores o enemigos naturales. Por su parte, la labranza mínima es más económica, requiere de menos pase de implementos mecánicos, provoca menos distorsión del suelo y evita la erosión del terreno en áreas de topografía ondulada o quebrada. Sin embargo, también en topografía plana se usa con buenos resultados, ya que, al eliminarse químicamente el rebrote, se garantiza evitar la contaminación de la futura plantación con cepas voluntarias del cañal viejo.

La decisión de cual sistema emplear va directamente asociada a varios elementos asociados al entorno agro productivo, el destino de la caña y hasta personal, como son entre otros: deseo y decisión personal, condición topográfica de la finca, capital y tecnología disponible, equipo y maquinaria accesible, destino del producto final (orgánico, convencional), razones ambientales o de índole climático.

11.6 Nivelación.

Para una región tan singular y particular en lo concerniente a la topografía y relieve de sus terrenos como es la Zona Norte, el empleo de esta práctica permite en principio cuando es empleada correctamente, emparejar el suelo, acondicionarlo, mejorar drenajes, remover piedras si las hubiera, especialmente si se tiene previsto realizar cosecha bajo la modalidad mecanizada y semi-mecanizada. En terrenos donde las plantaciones se cosechan de forma manual, la labor orientada a emparejar el terreno por lo general no se realiza por razones básicamente de costos. En definitiva, puede asegurarse que la nivelación de lotes es una práctica agrícola poco utilizada en la zona.

La nivelación de los terrenos sembrados con caña en estas condiciones tan particulares y difíciles de clima como las que prevalecen en la región, se debe realizar por razones obvias virtud de la fragilidad, poca profundidad, predisposición y sensibilidad a la erosión hídrica, con mucha prudencia y apego estrictamente a criterios técnicos. La mejora implicada que esta labor tiene en el drenaje y evacuación de las aguas de lluvia, resulta una ventaja incuestionable para actuar sobre esta materia. No aplican ni son válidas por esto, las comparaciones que puedan establecerse con respecto a otras regiones donde la práctica se torna obligada por razones de uso del agua como riego y la prevalencia del sistema de producción mecanizada, como es el caso de Guanacaste (Angulo, Rodríguez y Chaves 2020); donde las condiciones y razones son muy diferentes. Tampoco resulta comparable por topografía y magnitud de lluvias, similar a lo acontece en regiones como Turrialba y la Zona Sur, como lo anotaran Calderón y Chaves (2020) y Barrantes y Chaves (2020).

11.7 Subsulado.

Esta importante práctica de campo se fundamenta en la necesidad de romper y fracturar el suelo hasta una profundidad variable ubicada por lo general entre 40-60 cm, con el fin de eliminar las densas capas compactadas o impermeables que pudieran estar presentes en el perfil del suelo y existentes en los horizontes internos del mismo. En la zona de Los Chiles hay interesantes y exitosas experiencias comerciales con subsulado que profundiza hasta 1,0 metro, lo que ha resultado productivamente muy favorable. Dichas capas pueden ser de formación natural o creadas por causa del manejo inconveniente de los terrenos, como lo señala Chaves (2017f, 2019ji). Se procura de esta forma mejorar la estructura y condición de agregación del suelo, facilitando y dinamizando el movimiento del aire y el agua por todo el perfil del suelo. Como consecuencia directa de contar con un mejor drenaje y oxigenación interna, se reducen significativamente la erosión y la pérdida de suelo y, se favorece, además, la expansión espacial (horizontal-vertical) del sistema radical de la planta con los invaluables beneficios implícitos que tiene para la germinación, ahijamiento, encepamiento y retoñamiento de las plantaciones (Chaves 2020ch).

El subsulado es sin lugar a dudas la medicina perfecta para confrontar con resultados favorables, la temible “enfermedad oculta” que mantienen muchos de nuestros suelos agrícolas, incluyendo los sembrados con caña de azúcar, que provocan y favorecen la degradación sistemática de los mismos, con la pérdida significativa de productividad agroindustrial y acortamiento de su vida útil comercial, en perjuicio de la rentabilidad y competitividad de la plantación.



Figura 30. Labor de subsolado.

En principio es recomendable que la labor de subsolado se efectué preferiblemente, dentro de las posibilidades, en forma cruzada “cuadrícula”; esto es, de norte a sur y luego de oeste a este, por lo que consiste en dos pases de maquinaria. La práctica depende y debe considerar para su correcta ejecución, de varios elementos básicos que inciden en el beneficio potencial y real alcanzado, como son entre otros: orden taxonómico de suelo presente, grado de profundidad del mismo, contenido de materia orgánica, nivel de humedad presente, grado de pendiente, profundidad (m) de trabajo esperada, capacidad del equipo empleado (Hp), época y momento de ejecución y muy especialmente, certeza de que hay problemas reales con la estructura física del suelo pues de lo contrario es mejor no disturbarlo e impactarlo. En esta zona, la alta humedad presente durante la mayoría del tiempo, resulta contraproducente para lograr el efecto deseado y esperado; motivo por el cual, este factor resulta determinante optimizarlo en lo posible. En términos generales se ha constatado con la experiencia comercial, que la práctica de subsolar al momento de sembrar resulta productivamente muy favorable; lo cual no evita que puedan, por el contrario, provocarse desbalances y ambientes desfavorables en el suelo cuando no se toman o irrespetan las prevenciones y medidas técnicas de rigor.

11.8 Pase de arado.

El uso de este equipo mecánico tan común y de uso tradicional en el país en la preparación y acondicionamiento de los suelos cañeros para la siembra, en la Zona Norte es sorpresivamente poco utilizado. Cuando se usa, por lo general aplica luego del segundo paso del subsolador, aunque puede operar también de manera exclusiva (Figura 31). Su objetivo principal es fracturar y voltear el suelo a una profundidad entre 30 y 40 cm, para favorecer la reducción, adecuación y distribución de los agregados del mismo. La labor permite además la remoción de la cepa vieja en el caso de plantaciones que se encuentran en proceso de renovación. Por lo general se realiza con arado de discos, cinceles o con rastra rompedora. En suelos rojos y ácidos del orden Ultisol como los que predominan (47,3%) en la región (Cuadro 7), es conveniente evitar extraer y trasladar suelo de capas inferiores a la superficie, como se anotó para el caso particular de las regiones de Turrialba y Sur, como lo señalaran Calderón y Chaves (2020) y Barrantes y Chaves (2020); esto en consideración de que la calidad de ese sustrato no es el mejor para agricultura, pues agudiza los problemas de acidez e infertilidad que poco contribuyen con la plantación y su expectativa de producción. En general **lo conveniente y prudente, excepto casos comprobados y plenamente justificados, es tratar de**

distorsionar lo menos posible el suelo minimizando la mecanización, con lo cual se logran beneficios importantes en las áreas físico-química, microbiológica, hídrica, ambiental y de conservación de recursos.



Figura 31. Preparación del suelo.

11.9 Paso de rastra.

Manteniendo un orden lógico y sistemático de labores asociadas con la preparación de los suelos para la siembra, el paso de la rastra constituye la tercera labor que se realiza durante la fase de acondicionamiento de los mismos. Para ese fin se utiliza una rastra de discos que permite reducir y desmenuzar los terrones grandes y dejar el terreno más fino y maleable, propiciando con ello una mejor cama para colocar la semilla. La práctica se encarga también de triturar la maleza, las raíces y los residuos biomásicos de cosecha anteriores. Los suelos de características ácidas por su condición química limitante, deben ser debidamente corregidos y acondicionados, para lo cual se aplica calcario en forma manual o con una voleadora después de efectuar la labor de arada. Mediante esa práctica es viable incorporar y mezclar la cal con el suelo haciendo uso de la rastra afinadora, logrando un mejor contacto en profundidad, una mayor actividad correctiva por neutralización y con ello una mayor efectividad de acción química del correctivo de acidez aplicado.

11.10 Surcado.

Como parte final en la cual convergen, se integran y consuman todas las labores de preparación y acondicionamiento del suelo para proceder con la deposición y tapado de la semilla, está el trazado de los surcos en el terreno (Figura 32). En esta región esa labor se efectúa empleando distancias variables, aunque con predominio de la convencional de 1,5 metros entre surcos; pudiendo, sin embargo, variar de acuerdo con la variedad, el sistema de siembra empleado y el grado de pendiente prevaleciente.

Siempre resulta sano y muy conveniente al realizar esta labor, dejar un periodo prudencial de tiempo de “descanso” de al menos 8 días entre el pase de los equipos de subsolado, rastreo y la surcada, si aplicaran; con el fin de que larvas de plagas y semillas de malezas contenidas en el suelo sean eliminadas por exposición a la acción del sol, las aves y los movimientos de suelo. Implementar esta recomendación puede resultar determinante para disminuir de manera significativa los problemas de plagas y malezas que pudieran eventualmente presentarse, como está técnicamente demostrado.



Figura 32. Trazado de surcos de siembra.

12. Siembra de la plantación.

12.1 Sistemas de siembra.

Como acontece en toda región productora de caña donde convergen y coexisten diferentes condiciones edafoclimáticas y capacidades empresariales diferentes, las modalidades de cultivo y manejo agronómico pueden tener variantes de fondo, lo que alcanza los sistemas de siembra empleados en el establecimiento y operación de las plantaciones comerciales. En torno a las modalidades de siembra que se practican de manera diferencial en la región, pueden mencionarse entre otras las siguientes:

- a) siembra en surco corriente o tradicional, la cual es de uso mayoritario,
- b) siembra sobre el lomillo o “*sistema louisiana*”, apropiado para terrenos muy húmedos y localidades lluviosas,
- c) siembra en surco tradicional con “base ancha”, el cual está aún en fase de evaluación y validación comercial en algunas unidades productivas de la zona,
- d) colocación de los esquejes de la semilla en forma transversal al surco en forma de “escalera” (Figura 33), y
- e) uso de yema individual pregerminada o procedente de cultivo de tejidos.



Figura 33. Colocación transversal de la semilla en el surco.

En el primer caso a) la semilla simplemente se coloca entera en el fondo del surco (en forma de **V**), se pica dejando esquejes de tres yemas que se cubren con una capa leve de suelo de 5 cm; en otras zonas puede llevarse ya picada en sacos como acontece en Guanacaste (Angulo, Rodríguez y Chaves 2020). En el sistema de siembra sobre el surco b), se preparan surcos de 20 a 25 cm de alto, en cuyo centro se abre un pequeño surco donde se coloca la semilla, luego de lo cual se cubre con tierra; con lo cual la semilla se protege de la humedad facilitando el drenaje superficial, lo que favorece la germinación. El surco de base ancha c) consiste en ampliar la base del surco tradicional y convencional, pasando de la conocida forma de **V** por una de **U** que amplía el área de desarrollo de las raíces, como se visualiza en la Figura 34 (Barrantes y Chaves 2020). En esta modalidad se recomienda hacer el surco con una amplitud de base de 40 a 50 cm y 50 a 60 cm de profundidad, lo que promueve una mejor distribución de la semilla. El sistema d) más moderno, eficiente, de muy bajo costo y ya validado comercialmente por productores e ingenios en la región, por lo que se encuentra en pleno auge y crecimiento. También se usa en una menor escala e), el sistema de siembra de yema individual pre germinada que gasta muy poca cantidad de semilla, pero requiere en contrario de una mayor atención y cuidado para obtener una buena y homogénea germinación de las yemas.



Figura 34. Surco de base ancha para colocar semilla.

12.2 Distancia.

La distancia entre surcos más utilizada en la región es la de 1,50 m entre surcos o lomillos, la cual puede ampliarse o, en su caso reducirse, dependiendo del uso de equipos mecánicos o la presencia de situaciones topográficas y climáticas especiales. Para el sistema de siembra de esqueje transversal se recomienda el uso de un distanciamiento entre surcos de 1,55 m. En los casos de siembras realizadas en lotes bajos con posibles problemas de alta humedad, se realiza la surcada y siembra en los lomos ubicados entre los surcos, como se detalla más adelante, para evitar que el exceso de humedad afecte la nacencia de las yemas de la semilla.

12.3 Densidad.

Los antecedentes y la experiencia comercial tienen por demostrado y comprobado como hecho incuestionable, que la semilla representa un insumo determinante y muy oneroso en el éxito productivo de cualquier plantación comercial de caña de azúcar; esto por cuanto representa en esta región un 32,3% de los costos vinculados con el establecimiento de la plantación y un 16% de los totales del primer corte, como puede comprobarse en el Cuadro 25. Esto implica que el empleo de densidades altas de semilla correspondientes a colocar tres o cuatro “chorros” en el surco como muchas veces ocurre, equivalentes a 12 y 16 toneladas y hasta más de semilla comercial/hectárea

(Figura 35); se traduce en un incremento considerable, desproporcionado e innecesario en el costo de establecimiento de una plantación comercial (1 hectárea) de caña de azúcar (Chaves 2015b). Lo más grave es que la acción no se reflejara necesariamente en altas productividades agroindustriales, como erróneamente puede creer el agricultor. Lo cierto es que *“no por colocar más semilla se tendrá más producción, pero de seguro sí más costos”*, pues el asunto pasa más por la calidad que por la cantidad; en definitiva, el impacto económico negativo de colocar un exceso de semilla es muy alto.



Figura 35. Uso de densidades diferentes impacta los costos.

Con fundamento en lo anterior y siendo este factor uno de los rubros donde puede provocarse un efecto económico de ahorro importante, se recomienda incorporar en el sistema convencional con el fin de evitar gastos innecesarios, un máximo de dos chorros de semilla de alta calidad vegetativa, fitosanidad y pureza genética en el surco y de preferencia chorro y medio (un esqueje de semilla traslapado y cruzado (base-punta), con un promedio de 14 yemas sanas/metro lineal). Los tres sistemas convencionales de siembra (a, b y c) mencionados anteriormente, tienen un gasto de semilla próximo a 12 a 16 t de material vegetativo de siembra con una densidad de entre 12 y 14 yemas viables, bien distribuidas por metro lineal. En el caso de utilizar la modalidad de colocación de esqueje transversal en el surco bajo el sistema de siembra d), se tiene contabilizado un gasto de semilla de apenas 4 a 5 toneladas por hectárea, lo que implica un enorme gasto y ahorro sin afectar la productividad agroindustrial de la plantación. Por su parte, el sistema de siembra por yema vegetativa individual pre germinada, se estima que gasta apenas cerca de 0,5 toneladas de semilla, lo que incrementa aún más el beneficio en las finanzas; motivo por el cual se encuentra actualmente en fase activa de validación e implementación en el país. Es importante que los esquejes depositados en el fondo del surco queden cubiertos con una capa uniforme de tierra de 5 cm de espesor, para promover una buena germinación. Con el sistema de yema individual, esta capa puede ser de 3 cm. Asimismo, la semilla cuando se coloca entera debe obligatoriamente picarse en esquejes de tres yemas, ni más ni menos, por razones hormonales que influyen la germinación.

12.4 Construcción de surcos y lomillos.

Esta labor consiste en abrir surcos con implementos o surqueadores de uno o dos picos. En terrenos con alta humedad como los que predominan en esta zona, se recomienda sembrar sobre el lomillo o espacio entre dos surcos, para evitar la pudrición de la semilla; sistema que como se anotó anteriormente, es conocido como *“sistema de siembra louisiana”*. Los surcos y lomillos como se mencionó, se sugiere construirlos de forma tal, que tengan la mayor longitud posible, con lo cual se logra incrementar la eficiencia en la corta y recolección mecánica de la materia prima durante la cosecha. Debe evitarse trazar surcos con orientación en favor de la pendiente, sobre todo si esta es elevada, pues las pérdidas de suelo por causa de la erosión se agravan; de existir el problema debe

buscarse incorporar medidas de conservación y contención de la escorrentía, como lo anotara Chaves (2020d).

12.5 Profundidad.

Siempre es deseable que la preparación del suelo sea, a excepción de los Ultisoles rojos meteorizados como los que predominan (47,3%) en la Región Norte, lo más prudente en cuanto a profundidad que se pueda, evitando los excesos innecesarios. Se recomienda en suelos con evidencias de compactación, trabajar a 40-60 cm, con el objeto de eliminar capas internas endurecidas, favorecer la aireación, el drenaje y asistir un buen desarrollo del sistema radicular (Chaves 2020h). Sin embargo, la colocación de la semilla durante la siembra no es conveniente que sea honda, por lo que debe situarse a una profundidad máxima de 20-25 cm, para que la germinación sea óptima (Chaves 2020chi). La semilla se debe cubrir con una capa superficial de tierra de no más de 5 cm de grosor.

12.6 Resiembra.

Como puede constatarse en el campo, la práctica de resembrar las plantaciones agotadas o que tienen pérdida de material vegetativo, ha venido adquiriendo mucho auge y fuerza actualmente en el país; toda vez que permite aprovechar el espacio e incrementar la productividad de las plantaciones; así como también prolongar la vida útil comercial de las mismas, traducido en un número mayor de cosechas previo a renovar plantaciones agotadas y poco rentables de caña.

La labor se realiza en casos donde existen espacios físicos de surco sin cepa de caña debido a pérdida de la misma por pase de equipo mecánico de corta, arrastre y transporte durante la cosecha, daño por plagas, mala germinación o retoñamiento, uso de semilla deficiente, sequías o excesos de humedad muy comunes en la zona; o también, debido a problemas vinculados con el manejo inadecuado del cultivo (Chaves 2015b). Esas causas inciden negativamente sobre el rebrote de la cepa, creando espacios vacíos sin plantas que generan problemas de malezas y una cosecha de menor productividad agroindustrial al haber menos materia prima que cortar. Resembrar tiene su técnica, pudiendo realizarse con esquejes de semilla dispuestos y desarrollados exclusivamente para ese fin, con cepas extraídas de la misma plantación, o en su caso, con plántulas reproducidas por yemas pre germinadas u obtenidas por cultivo de tejidos *in vitro*. En el primer caso se puede utilizar un implemento surqueador de vertedera y un pico para abrir el terreno. Con esta forma de resiembra es importante que los espacios libres no sean muy cortos y justifiquen el esfuerzo realizado, y el material vegetal empleado sea de la misma edad fenológica para evitar que la cepa de caña ya establecida, elimine por competencia los nuevos hijos de la resiembra; además, para que el surcador sea efectivo y práctico.

Caso la resiembra se practique utilizando plántulas pre germinadas o procedentes de cultivo de tejidos, es muy efectiva y práctica, dado que las mismas pueden reestablecer de manera rápida una nueva cepa de caña; poseen además un alto porcentaje de viabilidad comparativamente con la resiembra por esquejes. Se debe tener presente como manifestaran Barrantes y Chaves (2020), que *“La resiembra parcial de áreas perdidas o severamente afectadas en el campo se recomienda cuando su cobertura es menor o igual al 20% del lote, nunca mayor, donde lo que cabe es la renovación total.”*

Se estima que pérdidas de espacio físico de surco sin biomasa caña menores a un 10% (667 m lineales de surco), pueden ser permisibles e inferiores al 5% normales; por lo que corresponde al productor basado en sus propias condiciones y expectativas fijar los límites de aceptación. Tampoco se puede pretender resembrar todos los espacios, pues resulta inviable y antieconómico.

13. Manejo de la plantación.

13.1 Acondicionamiento del suelo.

Como es esperable en una zona tan extensa territorialmente, diversa y heterogénea en características edafoclimáticas, buena parte de las localidades cañeras del lugar presentan suelos del orden taxonómico **Ultisol** (47,3%), caracterizados por poseer altos contenidos de acidez activa intercambiable, la cual limita severamente la disponibilidad y absorción de otros nutrimentos esenciales, necesarios para el normal desarrollo y producción del cultivo de la caña de azúcar. A esa condición debe sumarse la presencia en menor proporción (2,3%) de suelos de origen volcánico (**Andisol**), inductores de una alta fijación de Fósforo (P), provocando su insuficiencia, aunque el mismo se aplique al suelo; también la presencia de suelos del orden **Entisol** de poca estructuración y potencial agrícola. En consideración de esa inconveniente e indeseable condición físico-química, es imperativo y necesario corregir y acondicionar el suelo aplicando enmiendas y/o correctivos de acidez, como lo han señalado Calderón y Chaves (2020), Chaves y Alvarado (1994) y Chaves (1988, 1999ab, 2002, 2017bc, 2019e, 2020djn). Debe tenerse presente, que para determinar si un suelo requiere o no encalado y para conocer su grado de fertilidad actual en un lote o finca, es necesario e inexcusable realizar un análisis previo de suelo; cualquier otro criterio es meramente especulativo.

13.2 Muestreo y caracterización.

El muestreo de suelos es un procedimiento técnico-práctico muy conocido empleado para tomar en el campo de manera fácil y representativa, muestras compuestas de suelo (0,50 kg) para llevar al laboratorio para su correspondiente análisis físico-químico, a partir de lo cual es posible dictaminar con buena aproximación y certeza, la condición del mismo. A partir del análisis es factible disponer la adopción oportuna, correcta y con criterio técnico bien fundamentado, medidas de mejora mediante un programa nutricional bien concebido.

Para la toma de muestras representativas de suelo, se sigue el método simple con un recorrido sistemático en el campo en forma de “zig zag”. La cantidad de muestras por recolectar para cualquier tamaño de lote, sea grande o pequeño, va en función directa de las condiciones de homogeneidad que el mismo posea, sugiriéndose al menos 15 muestras; sin embargo, cabe señalar, que a mayor cantidad de muestras mayor representatividad y precisión tendrá el muestreo y los resultados analíticos generados. Las muestras pueden integrarse por submuestras tomadas en el lote, que son luego homogenizadas para constituir una sola muestra. El tamaño del lote y por ende el número de muestras previstas recolectar, no lo determina necesariamente su extensión territorial, sino que depende más bien de la uniformidad que posea el mismo, por lo cual para el caso de la caña de azúcar se sugiere recoger muestras en un máximo de 5 hectáreas. Queda claro que la cantidad de muestras por tomar no es un asunto de tamaño del lote, sino más bien del grado de homogeneidad o heterogeneidad que posea el mismo.

Existen como acontece en toda labor de esta naturaleza, requerimientos y medidas procedimentales que se deben cumplir y respetar durante el muestreo de suelos para fines nutricionales y de fertilización, entre las cuales se citan las siguientes como más relevantes:

- 1) Es imperativo y necesario recorrer y conocer muy bien el terreno, dividirlo y separarlo previamente en lotes potenciales de muestreo, en razón de ser homogéneos y poseer características similares. La diferencia a observar entre lotes se basa en presentar cambio en el grado de pendiente, en la condición de humedad, si el estado vegetativo del cultivo difiere, la edad de las plantas no es igual, el manejo agronómico que recibe el área es variable, o cuando existan límites naturales como caminos o ríos, entre otras.
- 2) Los cambios en el color (rojo, gris, oscuro, amarillo) y la textura del suelo (arcillosa, arenosa, limosa) también indican variación; además de la presencia de características notorias como compactación, profundidad, antecedentes de encalado, fertilización, uso de abonos orgánicos, marcan y establecen homogeneidad o en su caso diferencia.
- 3) Disponer de resultados de muestreos anteriores siempre resulta muy valioso para ubicar con buen criterio y fundamento las diferencias, y con ello, los puntos de posible muestreo.
- 4) Como se mencionó anteriormente, el tamaño del lote (ha) a muestrear y el número de muestras y submuestras por extraer, depende del grado de uniformidad (o desuniformidad) que posea el mismo. En caña de azúcar puede variar desde 1 o menos y hasta 5 hectáreas.
- 5) El antecedente de productividad es también un indicador importante que fija prioridad, y que supone la presencia de variación intrínseca.

Toma de muestras y submuestras: Este cometido resulta esencial de implementar correctamente cumpliendo con los principios básicos que lo regulan; para lo cual, se considera que la profundidad de muestreo debe ser de 0-20 cm o más amplia de 20-40 cm de acuerdo con lo que se desea y pretende conocer. En un cultivo como la caña de azúcar, se considera muy conveniente por razones estructurales y de anatomía propia de la planta, que la muestra recolectada alcance y represente el área de mayor crecimiento de raíces absorbentes del cultivo; por lo cual, la profundidad de 0 a 40 cm es ideal. El instrumento más adecuado para tomar las submuestras es el barreno, ya que extrae muestras homogéneas de igual volumen e igual profundidad; sin embargo, también puede emplearse la pala o palín, realizando hoyos en forma de “V” a la profundidad deseada, para lo cual se cortan tajadas de 2-3 cm de grosor y eliminan los bordes. La muestra final queda de 3 cm de ancho y 20 cm de largo. Debe retirarse la capa superior.

Conforme se extraen las muestras y submuestras, las mismas deben depositarse en un recipiente conveniente que puede ser un balde plástico limpio o directamente en una bolsa grande y limpia. Finalizado el muestreo, se mezcla y homogeniza bien el contenido y procede a eliminar materiales como piedras, raíces, hojas, palos y desmenuzar los terrones. Una vez mezclado el material, se realiza el cuarteo; para lo cual se vierte el suelo en una lona o plástico, se procede a dividir la mezcla en cuatro secciones en forma de cruz, acto seguido se eliminan las dos esquinas opuestas; el suelo restante, se vuelve a homogenizar y se repite el proceso hasta llegar a obtener aproximadamente 0,50 kg de sustrato para enviar al laboratorio.

Caracterización: Las necesidades y requerimientos nutricionales que definen y permiten establecer un programa de fertilización comercial apropiado para la zona y sus plantaciones, están definidos por la condición y estado particular de los suelos del lugar en cuanto a contenidos químicos, textura, estado de fertilidad actual y manejo de la fertilización. En el Cuadro 9 se presenta el resultado

promedio del análisis de 317 muestras procedentes de las diferentes localidades cañeras de la región, cantones de San Carlos y Los Chiles, mostrando los contenidos, concentraciones y relaciones iónicas surgidas entre elementos esenciales (Chaves 2017c). Importante reconocer que las peculiaridades de ambas zonas con presencia dominante de suelos meteorizados y degradados del orden Ultisol es muy diferente respecto a los presentes en la zona media del orden Andisol e Inceptisol (Chaves y Chavarría 2017). En su conjunto, los suelos de la zona son categorizados como de fertilidad media-baja con algunas localidades donde la misma es considerada como alta, lo cual debe sin embargo interpretarse entre lo potencial respecto a lo real, lo que obliga a su acondicionamiento y mejora continua.

Cuadro 9. Caracterización química aproximada de los suelos cultivados comercialmente con caña de azúcar en la ZONA NORTE.																			
Región	N° Muestras	pH	cmol (+) / l						µg / ml					% MO	Saturación (%) Acidez	Relación			Categoría Fertilidad
			Acidez	CICE	Ca	Mg	K	Σ Bases	P	Zn	Cu	Mn	Fe			Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
ZONA NORTE	317	5,4	0,46	10,04	6	2,7	0,83	9,58	4	5	13	55	91	6,6	4,58	2,2	7,2	3,2	Alta
Nivel Crítico *		< 5,5	< 0,50	5,01-25	< 4	< 1	< 0,20	< 5	< 10	< 2	< 2	< 5	< 10		< 10	< 2	< 5	< 2,5	
Fuente: Chaves (1999b, 2017c); Méndez y Bertch (2012) .																			
* Concentración sobre la cual existe una alta probabilidad de no tener incrementos productivos con su adición, y bajo la cual estas son pobres.																			

En el Cuadro 9 se presenta el resultado integral promedio por indicador del análisis químico de los suelos de la Zona Norte, ratificando lo indicado anteriormente en torno a la condición nutricional y de fertilidad prevaleciente en los suelos de la región, con presencia de algunas limitantes en algunas variables importantes (Cuadro 5). Cabe señalar que la condición física de los suelos no parece ser un problema serio en el lugar, pues los mismos poseen una buena capacidad de lixiviación favorecida por su condición textural (franca y franco-arcillosa) propia de su taxonomía; la cual es comparativamente y en términos relativos, poco propensa a sufrir problemas de compactación y adensamiento como si sucede con otros ordenes (Vertisol), en consideración del tipo de arcillas y minerales predominantes. Pueden ocurrir sin embargo si no se adoptan las medidas pertinentes, fuertes pérdidas de suelo por causa de la escorrentía favorecida por las intensas lluvias del lugar, pese al relieve ondulado prevaleciente, con las consecuencias correspondientes en términos de pérdida de la frágil capa fértil y arable.

Se infiere a partir del análisis de suelos expuesto, que la región posee un substrato particular de características muy variables, con una condición media-baja de Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^{+}$) que no alcanza grados de saturación elevados, con pH ligeramente ácido, aunque paradójicamente contenidos de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} presentes en algunos casos en niveles suficientes y en una condición que pareciera en principio no justificar ni requerir su incorporación. Esa condición marca un adecuado balance catiónico entre los mismos como se anota en el Cuadro 9; pese a lo cual, hay evidencia de localidades cañeras con problemas de insuficiencia catiónica, especialmente en la zona de Los Chiles. Esos resultados son sin embargo un tanto confusos al interpretarse integralmente virtud del origen, características y taxonomía de los suelos del lugar, la cual, al segregarla, evidencia que en el caso de Los Chiles la condición prevaleciente es más acidificante que en San Carlos, como lo demuestran Méndez y Bertsch (2012).

La necesidad del uso de enmiendas calcáreas pareciera que resulta obvia y necesaria en esta región, con base y fundamento en cuatro criterios inexcusables, como son: 1) el persistente lavado a que están sometidas las bases del suelo (Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+}) por causa de la alta precipitación prevaleciente, 2) el uso constante durante muchos años de abonos de reacción ácida, 3) la taxonomía propia de

los suelos del orden Ultisol predominantes en la zona (47,3%), que son por su naturaleza ácidos y 4) la elevada extracción de nutrimentos a que la caña de azúcar somete al suelo para sustentar su producción, provocando y creado un estado sistemático de desabasto e infertilidad severa, como lo expone con amplitud Chaves (1999bc).

En torno al contenido de P no cabe la menor duda que el mismo es muy bajo en toda la región y su adición resulta indiscutible y obligada; en tanto que las concentraciones de Hierro (Fe) se tornan altas en Los Chiles requiriendo de su inactivación por manejo del drenaje y encalamiento del suelo. La neutralización de la acidez prevaleciente, aunque relativamente baja, y el acondicionamiento de los suelos mediante encalamiento y empleo de materia orgánica, es obligada e inexcusable (Chaves 2020jk).

Con fundamento en lo expuesto anteriormente, queda claro que los suelos sembrados con caña de azúcar en la Zona Norte presentan gran desuniformidad en su condición química asociada directamente con su grado de fertilidad natural; lo cual justifica y obliga realizar análisis específicos que permitan tener una correcta lectura de cada situación particular, motivo por el cual no caben las generalizaciones ni suposiciones basadas en criterios subjetivos carentes de validación analítica.

13.3 Control del pH.

Con base en la gran diferenciación edáfica y de manejo agronómico que como está demostrado predomina en la región, es recomendable realizar el análisis del suelo de la finca al menos cada dos años para medir los cambios acontecidos en indicadores reveladores de su estado químico, como son la Acidez Intercambiable, el índice de acidez o pH, el contenido de nutrimentos esenciales, la relación de los balances catiónicos y el contenido de micronutrimentos. Con esto, es viable poder interpretar de manera integral y objetiva la condición de fertilidad transcurrida entre periodos; lo cual favorece poder valorar oportunamente los mismos de acuerdo a las prácticas de manejo que se realicen en la plantación. Con esa información, es posible determinar si hay necesidad de encalar y efectuar medidas correctivas en la fertilización.

13.4 Encalado.

La conocida y difundida práctica agrícola del “encalamiento de los suelos” va referida a la aplicación e incorporación de alguna enmienda apropiada, destinada en primera instancia a corregir por neutralización la condición de acidez presente en un suelo de uso agrícola y, adecuar y mejorar con ello, la situación del medio para el establecimiento y desarrollo óptimo del cultivo. Para satisfacer ese objetivo, se utilizan productos de diferente naturaleza, calidad, capacidad, pureza, granulometría y poder correctivo. La práctica implica entonces tener que conocer la condición y naturaleza química del suelo, seleccionar y utilizar el producto más adecuado en cuanto a Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT), granulometría de su particulado, calidad integral del insumo, cantidad requerida (kg/ha), forma y momento más oportuno para su adición (Figura 36). El tema es muy amplio en contenido y diverso en cuanto a los factores y variables interventoras y efectos inducidos por los mismos, como lo ha señalado Chaves (1988, 1993, 1999ab, 2002, 2017bc, 2020j), materia que puede ser ampliada en esas publicaciones. La acidez es una condición que dependiendo de su magnitud puede convertirse en indeseable en un suelo, debiendo por ello ser corregida, atenuada o contrarrestada para evitar sufrir sus efectos detrimentales para el desarrollo normal del cultivo, como lo anotara Chaves (2020hjkn).



Figura 36. Encalado de suelos ácidos.

13.4.1 Ventajas.

Como otras, la práctica ofrece a criterio de Calderón y Chaves (2020), *“...incuestionables ventajas que resultan además obligadas de incorporar a los suelos de esta región, virtud de las limitantes que presentan los mismos por condiciones propias y naturales de origen, entre las que pueden mencionarse entre otras, las siguientes:*

- *Se favorece la formación de una estructura granular, lo que beneficia la infiltración de agua*
- *La reduce la Acidez Intercambiable del suelo*
- *Hay un aumento en el valor del pH*
- *La cal estimula el metabolismo general de los microorganismos del suelo*
- *Aumenta la actividad microbiana especialmente aquella relacionada con los procesos de mineralización de la materia orgánica y fijación bacteriana del Nitrógeno.*
- *Se estimula la biota del suelo, especialmente la presencia y actividad de las lombrices de tierra*
- *Hay abastecimiento de Calcio y Magnesio en caso de utilizar Dolomita, favoreciendo sus balances*
- *Ocurre disminución de la solubilidad por Aluminio, Hierro y Manganeso, lo que elimina y/o mitiga posibles toxicidades al sistema radicular*
- *Se da un aumento en la asimilación y disponibilidad de Fósforo, Magnesio, Calcio y Molibdeno*
- *El porcentaje de Saturación de Bases se incrementa significativamente*
- *El aprovechamiento del Potasio podría aumentar según las condiciones presentes”*

13.4.2 Requerimientos.

Las necesidades de encalado dependen y están directamente asociadas con el grado y naturaleza de la acidez que exista en el suelo, motivo por el cual es imperativo y obligado realizar el análisis químico previo, con el fin de conocer y cuantificar la magnitud de la Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^{+}$) presente, el valor de pH y el Porcentaje de Saturación por Acidez existente en el suelo.

En la actualidad el método más utilizado en Costa Rica para calcular y estimar la Necesidad de Calcario (NC) opera por medio de la siguiente fórmula, como lo detallara y desarrollara de manera simple y completa Chaves (1993):

$$NC = \frac{1,5 (AI - RAS) \times (CICE) \times f}{100} = \text{toneladas de CaCO}_3 \text{ por hectárea.}$$

Donde:

NC = Necesidad de Calcáreo

AI = Porcentaje de Saturación por Acidez Intercambiable del suelo, según análisis químico

RAS = Porcentaje de Saturación de Acidez deseada alcanzar (teórica) en la condición particular

CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (Ca + Mg + K + Al)

1,5 = Factor de Corrección, cuyo índice varía entre 1 y 3 según cultivo y contenido de Materia Orgánica. Para caña aplica el valor 1,5

f = 1/PRNT.

PRNT= Poder Relativo de Neutralización Total, que revela la calidad del producto previsto utilizar.

13.4.3 Época.

El momento oportuno en que se realice la aplicación de la enmienda al suelo resulta determinante en su accionar y resultados obtenidos, siendo por ello, esta, una decisión determinante para el correcto empleo del encalado y la corrección de la acidez. La decisión del momento oportuno debe fundamentarse en criterios estrictamente técnicos basados en el resultado del análisis físico-químico y las condiciones del clima prevaleciente. La adición de la enmienda calcárea debe realizarse necesariamente con presencia de humedad en el suelo para inducir y favorecer su reacción química correctiva, lo que, en las regiones de buen régimen hídrico como la Zona Norte no es ningún problema. La relación de fijación Cal-P (Calcio-Fósforo) es directa y muy estrecha, por lo que se recomienda para lograr una sinergia conveniente entre ambos elementos, distanciar ambas aplicaciones al menos un mes una de otra, incorporando primeramente la cal con el fin de acondicionar el suelo para la posterior acción del P (Chaves 1993, 1999ab).

La adición de la cal debe ser obligadamente previa a la aplicación de los fertilizantes al suelo, pues se procura precisamente corregir y acondicionar el medio para que los nutrimentos contenidos y adicionados con el fertilizante, estén disponibles para ser absorbidos por las raíces de la planta y no fijados y perdidos en el medio. En los ciclos de caña planta se recomienda aplicarla luego de la primera rastreada, colocando una capa uniforme del material encalante sobre la superficie del suelo, para ser incorporado con el segundo pase de rastra.

13.4.4 Formas de aplicación.

La forma de aplicar la cal depende de diferentes factores, entre ellos la topografía del terreno, las condiciones de clima imperantes, el tiempo de duración del ciclo vegetativo del cultivo, el área de terreno por cubrir, la cantidad de producto (kg/ha) por aplicar y la viabilidad y posibilidad de poder mecanizar la práctica. La aplicación mecanizada es viable cuando la topografía y el equipo disponible lo permitan. Se usan espolvoreadoras que distribuyen la cal al “voleo” o también en bandas por toda la superficie del terreno, la cual se puede incorporar y mezclar posteriormente con la rastra. En terrenos con topografía plana-ondulada como los que se tienen en la región de San Carlos y Los

Chiles, se usa mayoritariamente el método manual. La localización de la cal se practica colocarla en la siguiente forma: 1) Superficialmente al voleo distribuida en todo el terreno al preparar el terreno para la siembra, 2) Fondo del surco durante la siembra, 3) Banda de plantas en crecimiento, 4) Entrecalle y 5) Combinación de criterios 3) y 4). Como principio básico, debe siempre primar la necesidad de acondicionar aquella área del terreno donde llegaran y habrá acción radicular.

13.4.5 Efectos en el suelo.

Los efectos provocados e inducidos por el calcario sobre el substrato son diversos, como indicara Chaves (1999a) al manifestar que:

“Al incorporar la Cal en el suelo y disponiendo el nivel del nivel de humedad adecuado, se favorece una rápida reacción de hidrólisis y disociación del producto (CaCO_3 en este caso) en sus dos componentes básicos (Ca^{2+} y CO_3), a través de la cual ocurre la neutralización de los elementos tóxicos provocando su insolubilización y posterior precipitación.

La insolubilización de esos elementos deja abierto el espacio y las condiciones para que el resto de nutrimentos puedan ser absorbidos por las raíces.

La cal viene en realidad a actuar como un “cebo” que corrige la condición negativa y acondiciona el medio, favoreciendo la solubilidad de los elementos nutricionales esenciales poniéndolos en condición de ser utilizados por el vegetal.

Se requiere por tanto que el suelo posea humedad suficiente, aunque no excesiva, por lo que el aplicar Cal en condiciones secas resulta inútil y técnicamente deficiente, además de económicamente improductivo y no rentable. Resulta suficiente que el suelo este mojado y humedecido no necesariamente saturado para que la reacción química ocurra.”

13.4.6 Fuentes comerciales.

Entre las fuentes de encalado de mayor uso en el país Calderón y Chaves (2020) mencionan las siguientes:

- **“Carbonato de Calcio (CaCO_3):** es el material más utilizado en el país debido a sus ventajas de disponibilidad, aplicación y precio. Las presentaciones comerciales disponibles en el mercado difieren en cuanto a su grado de molienda, pureza y capacidad correctiva. Su capacidad de neutralización de la acidez es del 100% en su forma pura, por lo cual opera como referente comparativo para las otras.
- **Óxido de Calcio o Cal Viva (CaO):** se considera como la fuente más eficiente y de más rápido efecto neutralizante de acidez; sin embargo, tiene la desventaja de difícil manejo por sus características quemantes y de fácil hidratación. Deben cuidarse los ojos. Presenta la mayor capacidad de neutralización ($\approx 178\%$). Se emplea cuando se requieren cambios drásticos en el corto tiempo.

- **Hidróxido de Calcio o Cal Apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$):** es el Óxido de Calcio hidratado; presenta dificultad para su transporte y distribución en el campo por su alta hidratación y peso; su capacidad de neutralización es cercana al 136%.
- **Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):** esta fuente es utilizada en algunas ocasiones por su fácil manejo. No posee por su naturaleza química capacidad correctora de acidez, por lo que no califica como tal, pero tiene una buena condición para emplearse en suelos de menor acidez y la ventaja por ser más soluble para penetrar y accionar vía intercambio iónico a mayor profundidad. Es muy utilizada para incorporar Calcio. Se recomienda, preferentemente, en aquellos suelos de características sódicas (Chaves 1988).
- **Roca Cálcica Dolomítica:** virtud de su gran ventaja de poder incorporar además del Calcio otro elemento esencial como es el Magnesio, la convierten en una de las fuentes más idóneas, recomendadas y procuradas; además de que su poder neutralizante es alto. Su precio es mayor.

Importante señalar que en la actualidad hay fuentes calcáreas de diferente presentación física, tanto las tradicionales granuladas; como también en presentación como polvos finos y hasta "floables". Esta última es una presentación moderna que corresponde a un concepto más ajustado al de "suspensión concentrada-SC", lo cual ofrece importantes ventajas en consideración de que las cantidades empleadas son menores (200-300 kg), generando un ahorro significativo en transporte y aplicación. La consulta técnica para seleccionar la mejor fuente resulta obligada."

13.4.7 Recomendación.

Pese a ser relativamente escasa la investigación sobre encalamiento desarrollada en los suelos cultivados con caña de azúcar en esta región, como se ha comentado y justificado con antelación, debido presuntamente a que el problema es menos grave en relación al observado en otras localidades agrícolas; hay una apreciable experiencia comercial un tanto empírica en el manejo de la cal en el lugar. Basados en ese conocimiento es factible recomendar con bastante confianza una dosis ubicada en el rango de 0,50 a 1,50 toneladas de CaCO_3 /ha; lo que obviamente considera la no aplicación por no existir necesidad. En la zona es de uso común la adición de 1,0 t/ha de CaCO_3 o de 0,75 t/ha de Cal Dolomítica. Esta recomendación es para uso genérico referencial, debiendo, como se indicó, adoptar sin objeción el criterio final con base en el resultado del análisis químico del suelo.

Barquero (1989) desarrolló un estudio de campo en un suelo del orden Inceptisol de características ligeramente ácidas de Arenal de San Carlos, empleando como material de siembra la variedad PINDAR y donde se aplicaron tres dosis de Carbonato de Calcio: 0, 750 y 1.500 kg/ha, antes del trazado de los surcos, incorporándola con rastra liviana en toda el área de la parcela. El análisis estadístico de los resultados, no alcanzó significancia estadística de los tratamientos de carbonato sobre las variables estudiadas. Sin embargo, se observó luego de dos cosechas, una respuesta positiva tanto en caña como en azúcar con la dosis de 750 kg de CaCO_3 , en los ciclos de caña planta y soca, como se aprecia en el Cuadro 10. El resultado demuestra que no siempre son requeridas grandes cantidades de la enmienda correctora comercial, pues la necesidad corre no apenas por la corrección de la acidez presente; sino también por la incorporación de Calcio (Ca).

Cuadro 10.						
Resultado de la aplicación de Cal en un suelo de Arenal, San Carlos.						
CaCO ₃ (kg/ha)	Caña (t/ha)			Azúcar (t/ha)		
	Planta	Soca	Promedio	Planta	Soca	Promedio
0	111,8	96,5	104,1	9,6	10,6	10,1
750	118,7	107,8	113,2	10,1	11,7	10,9
1.500	123,4	104,7	114,1	10,7	10,2	10,4
Fuente: Barquero (1989).						
Orden Taxonómico del suelo: Inceptisol.						

Si por acaso el análisis determina que existen limitantes con la acidez, pero no hay problemas de Magnesio, se recomienda entonces la aplicación del Carbonato de Calcio tal como se indicó con anterioridad; sin embargo, en caso de encontrarse acidez e insuficiencia de Calcio y Magnesio en el análisis de suelo, se recomienda entonces el uso de Cal Dolomita, la cual posee incorporados en su estructura Carbonatos de Calcio y de Magnesio, solucionando con ello los dos problemas. La dosis a recomendar en este caso no es necesariamente la misma que la usada con el Carbonato de Calcio, por lo que implica es tener que realizar el cálculo respectivo mediante la fórmula anotada anteriormente, como lo señala y desarrolla pragmáticamente Chaves (1993).

Como se ha demostrado con creces en el campo, *“Resulta en la práctica agrícola muy difícil esperar rendimientos agroindustriales importantes, rentables y competitivos de caña, si no se corrigen, adecuan y acondicionan los suelos, lo cual obliga a su debido, eficiente y oportuno encalamiento.”*

13.5 Uso de Materia Orgánica.

Por su particular condición edafoclimática, la Región Norte presenta contenidos de materia orgánica considerados importantes y comparativamente superiores a los presentes en otras regiones cañeras del país, donde el proceso natural de acúmulo de biomasa es menor, o en su caso, la actividad asociada con la mineralización y degradación del componente orgánico es más dinámica. El uso de abono orgánico formulado con productos apropiados, salvo algunas excepciones, no es una práctica común y menos aún, generalizada en la región, como si acontece por ejemplo en la Zona Sur (Barrantes y Chaves 2020). La fertilización orgánica es sin objeciones ni restricciones, muy importante en la sostenibilidad de la productividad del cultivo. No cabe la menor duda que el empleo y posible adición de productos de alta calidad y contenido orgánico apropiado, resultan de gran valor para acondicionar el medio de cultivo e incrementar la nutrición de las plantaciones. Caso se disponga y puedan emplear productos de esta naturaleza, se recomienda incorporar el mismo preferiblemente al fondo del surco al momento de realizar la siembra de las plantaciones; como también, puede incorporarse durante la segunda soca o retoño en el área próxima a la banda de plantas en la etapa de macollamiento, a razón de 1 kg de compost por metro lineal de surco.

Como está suficientemente demostrado, la adición de componentes orgánicos favorece la estructura física del suelo; como también, permite disponer nutrientes esenciales y básicos a las raíces; pero, sobre todo, incrementa, promueve y dinamiza la actividad biológica en beneficio de todo el sistema agro productivo (Chaves 2019a, 2020hkl). La fertilización orgánica ayuda a preservar la materia orgánica del suelo, esencial y determinante en los aumentos de productividad agrícola e industrial y la reducción que se da por causa de la fijación de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La escasa disponibilidad de abonos orgánicos o compost en la región, limita ostensiblemente su uso

generalizado, por lo que se debe aplicar preferentemente en los lotes con suelos de baja fertilidad natural, donde la respuesta positiva es muy notoria y evidente. Ese producto promueve, además, una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los abonos químicos. Por estas razones, lo técnicamente recomendado es hacer primero la abonada orgánica y seguir posteriormente con la química en el momento requerido. Los resultados obtenidos por Angulo y Chaves (1999) en Guanacaste en torno a este tema, son reveladores y orientadores sobre el manejo integral del concepto y relación químico-orgánico aplicada en la nutrición de la caña de azúcar. La secuencia nutricional ampliada y recomendada de labores a seguir, es primero realizar el encalado y acondicionamiento del suelo; luego la enmienda orgánica (compost, gallinaza, cachaza, etc.) y finalizar con la fertilización mineral (Figura 37). No puede omitirse ni dejar de mencionar y reconocer virtud de sus implicaciones, que el costo de incorporar abono orgánico al cultivo es elevado, pero los beneficios complementarios generados y logrados con la práctica en el tiempo justifican y aprueban la inversión.



Figura 37. Uso de abono orgánico en plantaciones de caña.

14. Nutrición y fertilización.

Este determinante e influyente factor de la producción siempre es de gran interés y grandes expectativas para los agricultores, en consideración de su relación directa con la producción y la oportunidad que ofrece de poder orientarlo y operarlo, de acuerdo con las condiciones, necesidades y expectativas particulares que se tengan. Es por ello fundamental conceptualizar correctamente y discriminar las **diferencias de fondo que existen entre nutrir y fertilizar una plantación comercial de caña de azúcar**; pues el primer concepto es de alcance integral e incorpora balances y equilibrios, en tanto que el segundo es más de carácter operativo, y va referido a la labor de aplicar el producto fertilizante en el campo, lo cual no implica necesariamente que cumpla a cabalidad con el principio nutricional deseado y requerido.

La nutrición viene estrechamente asociada a varios factores y elementos que la determinan, como son: tipo (orden taxonómico) de suelo, requerimientos particulares de la planta durante su desarrollo fenológico, variedad sembrada, ciclo vegetativo de la plantación (11-24 meses), grado de fertilidad natural actual y potencial del suelo, antecedentes de fertilización comercial, extracción nutricional determinada por la productividad esperada, condiciones climáticas de la localidad, características de los productos por emplear, entre otros (Chaves 1999bc, 2017bc). Fertilizar una plantación de caña es un acto integral que debe ser operado en su conveniente y real dimensión.

14.1 Requerimientos.

La planta de caña de azúcar, al igual que acontece con cualquier ser vivo, tiene necesidades y exigencias nutricionales propias y muy particulares que requiere necesariamente satisfacer, para poder expresar todo su excepcional potencial genético de producción agroindustrial (Chaves 2020i). Sucede que, si por acaso dichas necesidades no son satisfechas en cantidad, calidad y oportunidad, las expectativas de pretender alcanzar altos índices de productividad de caña y azúcar, no pueden ser satisfechas en niveles comerciales rentables, sostenibles y competitivos. Cuando el suelo por su condición de fertilidad natural no puede satisfacerlos a cabalidad, es necesario entonces proveerlos por medio de los fertilizantes. Como es conocido y ha sido demostrado, la planta de caña dispone de una enorme capacidad extractora de nutrientes del suelo, como lo evidencia Chaves (1999bc), lo que conduce a su rápida infertilidad y necesidad de reincorporarlos mediante la fertilización comercial. Cabe reiterar en este asunto lo expresado por Barrantes y Chaves (2020) al respecto, al manifestar, que *“La caña de azúcar demanda por sus características y alta producción de biomasa, una gran cantidad y diversidad de nutrientes que deben ser incorporados, reintegrados y suplidos al sistema suelo por medio de fertilizantes orgánicos y/o químicos.”*

El Cuadro 11 presenta con detalle de acuerdo con el ciclo vegetativo implicado y el nutrimento particular de interés, las cantidades (superficies de respuesta) de nutrientes esenciales requeridos y utilizados de manera genérica por la caña de azúcar en esta región particular. Dichos valores fueron recabados y estimados a partir de los antecedentes de investigación y experiencias productivas desarrollados en la zona durante muchos años. En dichos rangos se anota el ámbito mínimo-máximo de las dosis recomendadas y empleadas por los programas de nutrición y fertilización de plantaciones comerciales de caña en la Región Norte, de acuerdo a cada condición particular. Es en ese ámbito donde deben ubicarse las dosis más convenientes por emplear para cada situación y unidad productiva particular, basados en el análisis químico y los antecedentes y experiencias productivas desarrolladas en el lugar. Las dosis pueden movilizarse a cantidades superiores o inferiores dependiendo de la calidad e intensidad de los factores interventores.

Cuadro 11. Respuesta de la caña de azúcar a la adición de nutrimentos esenciales aplicados al suelo en la región productora de SAN CARLOS - LOS CHILES.							
Región	Ciclo Vegetativo	Superficie de Respuesta (kg/ha)					t/ha
		N	P2O5	K2O	MgO	S-SO4	CaCO3
ZONA NORTE	P	110 - 150	120 - 200	130 - 180	40	40	0 - 1,5
	S	120 - 150	100 - 150	130 - 160	40	40	0 - 1,5
Fuente: Chaves (1999b; 2017c); adaptado y actualizado por los autores.							
P = Ciclo Caña Planta S = Ciclo Caña Soca o Retoño							

14.2 Programa de fertilización propuesto y recomendado.

Buscando ser consecuentes entre lo que la planta nutricionalmente requiere y lo que debe y se recomienda técnicamente aplicar, considerando que comercialmente no se pueden por razones fundamentalmente económicas, satisfacer a plenitud todas las necesidades fisiológicas y metabólicas que la exigente planta de caña demanda; se presenta en el Cuadro 12 una propuesta

programática de fertilización para plantaciones comerciales de la Región Norte, proyectada para los ciclos vegetativos de caña planta y soca o retoño.

Como es comprensible entender, dicha propuesta debe ser considerada prudentemente por razones obvias, apenas como una sugerencia o recomendación técnica que debe ser necesariamente ajustada y adaptada a las condiciones particulares del entorno agro productivo particular donde se desee implementar. Se anotan en dicho cuadro las fórmulas fertilizantes sugeridas utilizar, la cantidad total de nutrimentos incorporada (kg/ha) por aplicación de las mismas en cada ciclo vegetativo; así como la época sugerida de aplicación. Se busca incorporar el fertilizante en el momento fisiológico y metabólico más oportuno y necesario, basado en las experiencias de investigación y producción comercial realizadas en la zona; considerando, además, la demanda de macro nutrimentos y la condición de fertilidad actual de los suelos de la región.

Cuadro 12. Propuesta de fertilización comercial para plantaciones de caña en la ZONA NORTE.										
Ciclo Vegetativo	Momento	Opciones	Fórmulas comerciales	Sacos #/ha	Dosis PC (kg/ha)	Método	Dosis (kg/ha)			
							N	P2O5	K2O	MgO
Planta	Siembra	1	8-40-12	6	270	Fondo de surco	21,6	108	32,4	
		2	10-30-10	8	360		36	108	36	
Planta	60 DDS	1	22-0-7-11	5	225	Voleo antes de la aporca	49,5		15,7	24,7
		2	28-0-4-6	5	225		63		9	13,5
Planta	Antes del cierre	1	17-5-20-2	5	225	Voleo antes del cierre	38,2	11,2	45	4,5
		2	20-8-25-4	5	225		45	18	56,2	9
Soca	60 DDS	1	17-5-20-2	6	270	Voleo antes de la aporca	45,9	13,5	54	5,4
		2	20-8-25-4	7	315		63	25,2	78,7	12,6
Soca	Antes del cierre	1	17-5-20-2	8	360	Voleo antes del cierre	61,2	18	72	7,2
		2	20-8-25-4	8	360		72	28,8	90	14,4
Fuente: Los autores (diciembre 2020)										
DDS = Días Después de la Siembra.										
PC = Producto Comercial. Sacos de 45 kg.										
La propuesta debe ajustarse necesariamente a las condiciones particulares de fertilidad de cada unidad productiva.										

Como se infiere a partir del contenido de los Cuadros 12 y 13, el programa propuesto se ajusta en alto grado al ámbito de los requerimientos anotados en el Cuadro 11, con lo cual resulta esperable en primera instancia, lograr una respuesta agroindustrial muy satisfactoria de la plantación. Debe tenerse presente, sin embargo, que la propuesta es básica y ajustada a las condiciones del entorno comercial actual del lugar, motivo por el cual puede ser perfectamente incrementada o disminuida según corresponda en sus dosis, particularmente en lo que respecta a Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Magnesio (Mg); complementados con la adición de Azufre (S), Boro (B) y Zinc (Zn), los que quedan habilitados como opciones adicionales. De igual manera, la recomendación supone y considera la obligada e insoslayable corrección previa del suelo cuando sea necesaria; como también, la posibilidad de empleo de abono orgánico. Supone, asimismo, que la aplicación del fertilizante se realizara en la zona más próxima al sistema radical del cultivo, facilitando y favoreciendo con ello su rápida absorción, pues de lo contrario puede haber problemas.

La fertilización constituida a base de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio, preferiblemente acompañada de ser viable por micronutrimentos como Zinc (Zn) y Boro (B), resulta determinante como estímulo productivo; el empleo del Azufre es también deseable cuando la economía lo permita. El factor económico y la disponibilidad de capital de trabajo es definitorio en la

implementación del programa de fertilización, cualquiera sea este; pues es claro que no puede aplicarse lo que se desea y la planta requiere, sino lo que se puede.

14.3 Dosis de nutrimentos incorporada.

El Cuadro 13 detalla las cantidades (kg/ha) individuales de nutrimentos incorporadas en el suelo en los dos ciclos vegetativos considerados (planta-soca), discriminando de acuerdo con la opción propuesta (1-2) y el fraccionamiento recomendado en la adición de cada una de ellas; lo cual corresponde a tres aplicaciones en ciclo planta y dos en soca. Como se infiere de esa información, las propuestas incorporan Mg como nutriente opcional sin que ello implique más costo, pero no micronutrimentos, lo cual puede resolverse cambiando el contenido de la fórmula comercial empleada, no así los contenidos de N-P-K aplicadas pues resulta inconveniente.

Cuadro 13. Nutrimentos aportados (kg/ha) según programa de fertilización recomendado en ciclo de caña planta y soca, para la Zona Norte.						
Ciclo Vegetativo	Opción	Momento	Dosis incorporada (kg/ha)			
			N	P2O5	K2O	MgO
PLANTA	1	Siembra	21,6	108	32,4	
		60 DDS	49,5		15,7	24,7
		Antes Cierre	38,2	11,2	45	4,5
		Total	109,3	119,2	93,1	29,2
	2	Siembra	36	108	36	
		60 DDS	63		9	13,5
		Antes Cierre	45	18	56,2	9
		Total	144	126	101,2	22,5
SOCA	1	60 DDS	45,9	13,5	54	5,4
		Antes Cierre	61,2	18	72	7,2
		Total	107,1	31,5	126	12,6
	2	60 DDS	63	25,2	78,7	12,6
		Antes Cierre	72	28,8	90	14,4
		Total	135	54	168,7	27

Fuente: Los autores (diciembre 2020).

La propuesta debe ajustarse necesariamente a las condiciones particulares de fertilidad de cada unidad productiva.

El Cuadro 14 establece por su parte, la relación surgida entre los antecedentes obtenidos por la investigación expuestos en el Cuadro 11, respecto a las dosis incorporadas por las dos propuestas de recomendación sugeridas y anotadas en el Cuadro 13; a partir de lo cual puede inferirse y concluirse lo siguiente:

- En lo básico y esencial, la propuesta N° 2 eleva de manera significativa las dosis incorporadas, principalmente de N, buscando con ello incrementar la productividad de caña (t/ha), lo que se traduce consecuentemente en un mayor costo implícito.
- El contenido de N recomendado se ubica en el ámbito generado por la investigación en ambas opciones; en tanto que el P se ajusta perfectamente en el ciclo planta, no así en soca.
- Como es bien sabido, el P es el nutriente que más costo le genera e incorpora a una fórmula comercial de fertilizante, razón por la cual, su aumento en la dosis corre paralelo con el costo de la aplicación. Dicho de otra forma, a más P más costo, pero más producción.
- La dosis de K incorporada en planta es bajo, no así en soca donde es suficiente. Cabe la opción y oportunidad de revisar y elevar la cantidad de este importante nutriente en el

caso del ciclo planta, si el contenido en el suelo fuera limitante. El cambio de fórmula lo viabiliza.

- La cantidad de Mg debería complementarse y ajustarse con el corrector de acidez (Dolomita) donde sea necesario y las concentraciones en el suelo lo justifiquen y ameriten.
- Las dos propuestas sugeridas incorporan y consideran virtud de su realidad, un criterio económico de oportunidad, determinado por la situación de los costos vigentes y los precios pagados actualmente al productor por el azúcar recuperado y extraído en la fábrica.
- Un cambio coyuntural ($\pm$) en la situación económica de precios e ingresos puede modificar significativamente los contenidos de las dos propuestas de fertilización planteadas.
- Es definitivo que será el análisis físico-químico del suelo, el que oriente y defina con mejor criterio la calidad y cantidad de los nutrimentos por aplicar; cualquier otro criterio de recomendación es meramente especulativo y sujeto a error (Chaves 2015b).

Cuadro 14. Relación Resultado Investigación Vs Adición de Nutrimentos Programa de Fertilización sugerido (opciones 1 y 2).							
Ciclo Vegetativo	Propuesta	Superficie de Respuesta (kg/ha)					t/ha
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S-SO ₄	
P	Respuesta	110 - 150	120 - 200	130 - 180	40	40	0 - 1,5
	Programa 1	109,3	119,2	93,1	29,2		
	Programa 2	144	126	101,2	22,5		
S	Respuesta	120 - 150	100 - 150	130 - 160	40	40	0 - 1,5
	Programa 1	107,1	31,5	126	12,6		
	Programa 2	135	54	168,7	27		
P = Ciclo Caña Planta S = Ciclo Caña Soca o Retoño.							
Propuesta: 1) Respuesta Investigación (Cuadro 11), b) Propuesta N° 1 Programa y c) Propuesta N° 2 Programa (Cuadro 13).							

Siempre la adición de N-P-K centra el interés y la atención de los agricultores durante la fertilización, lo cual es entendible y razonable virtud de la incuestionable importancia demostrada que esos nutrimentos tienen sobre la producción de biomasa (tonelaje), el desarrollo radicular y la calidad de los jugos y concentración de sacarosa en los tallos, respectivamente. Entre ellos, el P es sin lugar a dudas uno de máxima atención no apenas por su influencia sobre la producción, sino también por la implicación económica que su adición conlleva, virtud de su alto costo implícito. El Cuadro 15 expone el resultado logrado por Barquero (1999), luego de dos cosechas de la variedad PINDAR sembrada en un suelo cañero del orden Inceptisol de la región, mostrando la respuesta lineal que la adición de P al suelo implica sobre la productividad agroindustrial de caña y azúcar (t/ha); lo que no deja dudas sobre la importancia del elemento en la nutrición general de la planta. Hubo efecto significativo, el cual, con base en el análisis estadístico y económico, determinó que la dosis de 200 kg de P₂O₅ /ha era la mejor.

Cuadro 15.						
Resultado de la aplicación de Fósforo en un suelo de Arenal, San Carlos.						
P ₂ O ₅ (kg/ha)	Caña (t/ha)			Azúcar (t/ha)		
	Planta	Soca	Promedio	Planta	Soca	Promedio
0	80,5	83,8	82,1	6,26	9,33	7,79
100	107,7	103,5	105,6	6,96	11,91	9,43
200	126,4	107,8	117,1	10,94	11,70	11,32
300	136,6	109,5	123,0	12,12	11,83	11,97
400	138,2	110,0	124,1	12,50	11,83	12,16
Fuente: Barquero (1989).						
Orden Taxonómico del suelo: Inceptisol.						

14.4 Época de aplicación.

Al practicar una renovación (ciclo soca) o una nueva siembra (ciclo planta) de una plantación, el fertilizante a base de P se debe aplicar en consideración a su limitada capacidad de movilización, en el momento mismo de la siembra en el fondo del surco. No hay problema serio de quema o afectación de que el fertilizante quede en contacto directo con los esquejes o trozos de la semilla vegetativa. Este P es en su función como fertilizante muy importante porque coadyuva al desarrollo y distribución de un buen sistema radical, el cual viene a constituirse pragmáticamente en la “*boca de la planta*”; pues por ahí es donde ingresarán todos los nutrimentos esenciales diluísos en el agua absorbida, que participarán luego de los procesos fisiológicos vinculados con el crecimiento y desarrollo general del cultivo.

14.5 Formas de aplicación.

Lo más recomendable y práctico con respecto a la forma de realizar la fertilización en la caña de azúcar, es la aplicación del producto al suelo en su presentación granular. Los nutrimentos deben ser ubicados y contextualizados de acuerdo con su función y funcionabilidad en el suelo y la planta; motivo por el cual, es prudente y necesario conocer y respetar esos principios químicos y fisiológicos, como lo ha señalado Chaves (1999bc, 2017b). Al momento de realizar la siembra, el fertilizante fosforado se coloca en el fondo del surco, tal como se indicó anteriormente, en proximidad con la semilla debido a la baja movilidad que este posee en el suelo. El principal nutrimento que se requiere aplicar en esta etapa es el P, el cual se acompaña con N preferiblemente en una fórmula concentrada como la 18-46-0 o 10-50-0, lo que genera un ahorro importante en los gastos implicados. Por su dinámica, el nutrimento K no es tan relevante de adicionar en esta fase vegetativa, aunque muchos productores lo incorporan parcialmente en fórmulas como la 10-30-10.

El fertilizante que debe adicionarse luego de efectuada la siembra y ya emergidas (germinadas) las plántulas, se recomienda aplicarlo al voleo tanto en el ciclo planta como en ciclo soca sobre la banda de plantas y surco del cultivo, no en la entrecalle, dos meses (60 días) después de realizada la siembra (DDS). La tercera aplicación se recomienda efectuarla antes del cierre de la plantación (160-180 DDS). En el ciclo soca o retoño, la primera fertilización se sugiere realizarla entre los 2 y 3,5 meses después de la cosecha (60-105 DDC) y, la segunda, entre los 3,5 y 4,5 (105-135 DDC). Hay que tener siempre muy presente y no perder nunca de perspectiva, que dichas fechas las fija y determina la duración del ciclo vegetativo, el momento fenológico del cultivo y las facilidades ambientales que prevalezcan en el lugar (Cuadro 12).

El fraccionamiento de la fertilización se torna una realidad motivada básicamente por la alta precipitación del lugar y el riesgo potencial que surge de pérdida del producto por lavado, lixiviación o volatilización; debiendo considerar en esta decisión el incremento de costos generado que implica una adición extra. Estudios en la región no han demostrado, sin embargo, diferencias importantes en productividad agroindustrial al fraccionar o no la dosis de N - K; la prudencia y prevención justifican pese a ello, fraccionar, es decisión del agricultor. Cuando exista posibilidad de mecanización, la incorporación y tapado del fertilizante en el suelo es de gran importancia, por cuanto se reduce la posibilidad de generar pérdidas. La relación y balance N - K en suelo y planta es muy importante de considerar por su carácter sinérgico, por lo que ambos nutrientes deben complementarse, ya que por su función y funcionabilidad influyen de manera determinante en la producción de biomasa y la concentración de sacarosa en los tallos (Chaves 1999bc, 2017c).

14.6 Fuentes (química - física).

El comercio ofrece actualmente amplias e interesantes opciones de fertilizante para que los agricultores puedan con solvencia y facilidad realizar su labor. Los productos de uso más extendido actualmente en la zona son los que están en presentación como fórmulas físicas; pese a que, desde la perspectiva teórica, se indica que las fórmulas químicas tienen más ventajas con respecto a las físicas. En lo práctico del campo, no se han encontrado sin embargo diferencias significativas ni tampoco problemas de impacto productivo con el uso de estas últimas fórmulas, lo que habilita su empleo. Debe tenerse presente en este caso el factor “relleno” por lo que lo recomendable es usar formulaciones concentradas. El factor económico vinculado con el costo del fertilizante, es un criterio de importancia para decidir si usar una formulación química o una física (más barata). Por supuesto que el contenido, el balance nutricional y la fuente de los nutrimentos que componen la fórmula, son los elementos decisivos a considerar al momento de adquirir un fertilizante comercial. Se debe ser en esta materia muy prudente y cuidadoso en la decisión adoptada, pues lo más barato o en su caso la fórmula que mayor contenido nutricional tenga (más números), no siempre es lo que se necesita; motivo por el cual es recomendable consultar al técnico de DIECA del lugar.

14.7 Recomendación.

En este acápite cabe rescatar y reiterar lo que Calderón y Chaves (2020), con buen criterio técnico expresaran al manifestar, que *“No puede omitirse dejar de mencionar la prudencia y cuidado que implica fertilizar un cultivo tan rústico, pero a la vez sensible como la caña de azúcar, pues si las dosis incorporadas son bajas, la expectativa de incrementar la productividad agroindustrial se reduce; afectando también la vida comercial útil de la plantación, lo que se manifiesta en menos cosechas rentables. Si, por el contrario, las dosis son altas o desequilibradas, se tendrá igualmente un efecto indeseable por los antagonismos y competencia que se genera entre los nutrimentos; además del costo implícito generado traducido en menos producción. Esta situación obliga a tener prudencia y procurar articular y armonizar los factores bióticos y abióticos que intervienen en la decisión, pues son los que al final construyen y determinan la producción en el campo.”*

De igual manera no se puede omitir ni desconocer que la nutrición del cultivo de la caña de azúcar es un concepto complejo de alcance y naturaleza integral, implementado y operado mediante la capacidad y opción de poder potenciar sinergias y evitar o superar antagonismos, que lo hacen conceptualmente intensivo en su práctica normal de campo. Como se indicó con anterioridad, **la fertilización es apenas el instrumento práctico, la vía operativa utilizada para nutrir la planta de**

manera suficiente y equilibrada, siendo este el objetivo a satisfacer, motivo por el cual lo correcto es pensar en nutrir y no apenas en aplicar, distribuir y tapar fertilizante como erróneamente muchas veces se concibe (Chaves 2015b).

Como corolario, vale anotar que el alto costo de los correctivos de acidez, las enmiendas orgánicas aplicadas al suelo y los fertilizantes, exige insoslayablemente incorporar en su manejo, el mayor y mejor criterio técnico al momento de definir, estructurar y operar el programa nutricional del cultivo. Por lo tanto, es básico realizar de previo un análisis representativo del suelo, aplicar los nutrimentos necesarios de manera equilibrada y ejecutar las prácticas requeridas en el momento oportuno de acuerdo con la fenología de la caña y las características particulares de la localidad. Es imperativo, además, seleccionar correctamente la fórmula adecuada y aplicar la dosis justa en el momento oportuno, lo cual es fundamental para obtener la máxima efectividad, el mayor beneficio y la más alta tasa de retorno. En la región además de la fertilización mineral, se emplean los abonos verdes.

15. Malezas (arvenses) presentes.

Esta región al igual que otras que se ubican en la vertiente atlántica del país, presenta un desarrollo vegetal muy variado y dinámico, que para los efectos agrícolas representa un serio problema en consideración de que la competencia por espacio físico, luz, nutrientes y agua se torna alto, provocando un desgaste energético innecesario a la planta de caña, que luego se expresa en afectación de la productividad agroindustrial y rentabilidad de la empresa. Las condiciones climáticas de la Zona Norte por sus elevados niveles de precipitación, humedad ambiental (suelo-atmósfera), alta temperatura y luminosidad en algunas áreas, particularmente las más bajas, se torna muy favorable para el desarrollo de malas hierbas, algunas de ellas agresivas y con muy alta capacidad competitiva. Esa condición ambiental tan particular, se traduce en una sucesión continua de plantas de diferentes géneros y especies, algunas de las cuales ofrecen fuerte competencia al cultivo de la caña, tornándose por ello en indeseables y necesarias de controlar y/o eliminar.

En esta región las malezas tipo gramíneas son dominantes, existiendo especies agresivas y de gran impacto sobre la productividad agroindustrial del cultivo de la caña. Algunas de las más importantes reconocidas en la zona cañera de San Carlos y Los Chiles por su amplia distribución y difícil control, son entre otras: *arrocillo (Rottboellia cochinchinensis)*, *azulillo o alambriillo (Digitaria spp)*, el *pasto güinea (Panicum maximum)*, *gamalote (Paspalum fasciculatum)*, *lágrima de san pedro (Coix lacrymajobi)* y *pata de gallina (Eleusine indica)*. De las hojas anchas es común la presencia de *bejucos* como el *churristate (Ipomoea spp)*, el *sorosí (Momordica charantia)*, *cangrejillo (Murdania nudiflora)*, *cinco hojas (Merremia quinquefolia)*, y otras como *Borreria spp*, *Emilia sonchifolia*, *Phyllanthus niruri*, *Amaranthus spinosus*, *Bidens pilosa*, y la *arácea Xanthosoma spp*, dentro de las más comunes. De la familia de las ciperáceas el *coyolillo (Cyperus rotundus y Cyperus ferax)*, que aparecen con menor frecuencia en los cañales.



Figura 38. *Rottboellia cochinchinensis*, mayor problema en Zona Norte.

La meta y el reto técnico y empresarial de los productores de caña de la región en esta materia, es realizar un manejo estratégico, efectivo y rentable de todas las malezas presentes en sus plantaciones y que atentan contra la estabilidad y rentabilidad de su producción; orientando la gestión a atacar preferencialmente el banco de semillas presente en el suelo para detener su reproducción, mediante el empleo racional y prudente de herbicidas pre-emergentes como vía de acción inicial. Es indispensable e inobjetable asegurar el correcto y adecuado manejo de los agroquímicos utilizados en el control químico de las malezas; así como la adopción de protocolos y medidas que dispongan el uso de implementos de seguridad y protección del aplicador, para cumplir con las regulaciones establecidas en las normas de seguridad ocupacional vigentes.

15.1 Requerimientos de control.

En zonas como la analizada donde las condiciones climáticas son agrestes y promotoras de condiciones que generan y favorecen la presencia de elementos no deseables como las malezas, la adopción de medidas prudenciales basadas y sustentadas en criterios técnicos válidos resulta de trascendental importancia. Entre esos criterios, todos aquellos orientados al control temprano y oportuno resulta esencial virtud de que facilitan labores, optimizan eficiencias y reducen costos. Es por ello, que labores con visión técnica estratégica que tengan como marco de acción el denominado “**periodo crítico de competencia**”, resultan muy efectivas en todos los sentidos.

El manejo técnico moderno de plantaciones de caña establece que muchos de los esfuerzos que se realizan en materia de control efectivo y rentable de las malezas, sean orientados y se concentren fundamentalmente en el denominado “**período crítico de competencia**”. Este periodo corresponde al tiempo en el cual la plantación de caña de azúcar debe estar libre de malezas en niveles competitivos, lo que contribuye a que la variedad sembrada logre expresar su potencial de productividad traducido en la obtención de rendimientos agrícolas e industriales satisfactorios (Figura 39). Dicho de otra forma, para lograr que los rendimientos de caña y sacarosa no se impacten y reduzcan significativamente, es necesario mantener libre de competencia de malezas la plantación, especialmente en aquellas etapas fenológicas donde la planta tiene mayor sensibilidad

a sufrir afectación. Este período se extiende aproximadamente entre los 30 y los 120 días en ciclo planta, y entre los 30 y 90 días para los retoños (socas) en plantaciones con ciclos de 12 meses. Por lo general, este período finaliza en el campo con el cierre del entresurco por el sistema foliar de la caña, lo que impide el paso de luz, afectando con ello el crecimiento y desarrollo de las malezas.



Figura 39. Plantación con un problema serio de competencia por *Rottboellia* spp.

En torno a este tema tan trascendente, menciona Chaves (2019a), que Arias (1999) en su estudio *“...determinó empleando la variedad PINDAR en la difícil Zona Norte, que el periodo crítico se encontraba entre 20 y 40 días posteriores a la siembra de la plantación, estimando que luego de ese periodo se pueden afectar los rendimientos de campo hasta en un 20,5%. Caso de realizar el control antes de 20 días, no se encontró efecto significativo favorable ni negativo sobre la productividad. Sobre este tema, Alfaro Portugués (Comunicación Personal, 11 octubre 2019) considera que actualmente el periodo crítico puede ubicarse en el país entre 30 y 90 días, luego de lo cual el impacto sufrido por las plantaciones por la presencia de las malezas es importante, lo que depende mucho de la condición local, las malezas presentes y dominantes y la variedad de caña sembrada, expresa.”*

En términos generales puede asegurarse que el periodo crítico de competencia de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar, acontece durante los primeros 120 días y siendo aún más estricto, antes de los 90 días posteriores a la cosecha o siembra de la plantación. Por esta razón, en la Región Norte se recomienda aplicar herbicidas pre-emergentes y post-emergentes como fundamento técnico-administrativo para operar apropiadamente el control de las malezas; también, aplica el control mecánico cuando es necesario y pertinente para ampliar el rango de días control en las plantaciones.

15.2 Época de aplicación.

Como se indicó anteriormente y con fundamento en los principios del *“periodo crítico”*, la recomendación para realizar un buen y efectivo manejo y control de las malezas, inicia con la aplicación de herbicidas pre-emergentes en el momento oportuno, establecido inmediatamente después de efectuada la siembra en caña planta; o luego de finalizada la cosecha de la plantación en el ciclo soca, preferiblemente entre 8 y 10 días después. Se debe tener presente, que una vez que se rompe el sello o pierde el efecto del herbicida pre-emergente 45-60 después de la siembra o cosecha de la plantación; se debe realizar un segundo ciclo de aplicación dirigido a las malezas empleando una mezcla herbicida en post-emergencia temprana, que sea capaz de controlar las mismas hasta que la biomasa foliar del cultivo cierre el entresurco, terminando con ello la fase más crítica de competencia.

15.3 Forma de aplicación.

En una zona de condiciones tan heterogéneas y variables, la topografía y las condiciones del clima determinan que cuando sea posible y se cuente además con las herramientas y el equipo apropiado, es muy conveniente utilizar un “boom” acoplado a un tractor de llantas para realizar la aplicación del herbicida pre-emergente; lo cual como condicionante implica, que dicho equipo debe obligatoriamente calibrarse previamente de manera correcta para aplicar justamente la dosis recomendada. Con este tipo de aplicación se reducen considerablemente los costos asociados; además de que una buena calibración es muy efectiva en el control porque reduce las variaciones en el volumen de aplicación del agua, limitante muy común en la modalidad manual.

La modalidad de aplicar los herbicidas en forma manual empleando bombas de espalda es el método tradicional más utilizado por la mayoría de los Productores Independientes de caña en San Carlos y Los Chiles; sobre todo los más pequeños con unidades productivas inferiores a 10 hectáreas. En este método tradicional de aplicación es importante y resulta obligado capacitar y calibrar a los aplicadores, de previo a ejecutar la labor en el campo; así como también, seleccionar y conformar equipos de trabajo que gusten, tengan habilidad y destreza para la riega de herbicidas. Los productores con mayor hectareaje emplean habitualmente tractores agrícolas con *spray boom* cuya descarga de agua por hectárea varía entre 300 y 400 litros, dependiendo de la condición en que se encuentre la maleza.

Independientemente de la modalidad y recursos disponibles, todos los aplicadores de agroquímicos deben cumplir sin atenuantes ni condicionantes de ninguna especie, con el uso correcto de los equipos de protección apropiados; y respetar irrestrictamente, todas las normas y protocolos de seguridad y salud ocupacional requeridos y establecidos para la labor, como lo describieran Barrantes y Chaves (2020) y Calderón y Chaves (2020). Los envases y empaques residuales se deben disponer y eliminar de manera segura y oportuna. Estos principios resultan de especial interés, importancia y actualidad cuando constatamos que en la región ha cobrado mucho interés la producción de caña orgánica y la consecuente certificación de procesos y productos.



Figura 40. Uso del spray boom en el control de mala hierba.

La aplicación manual confrontada con los altos costos vinculados, la limitada cobertura territorial alcanzada y la relativa baja eficiencia de aplicación obtenida, son solo algunas de las limitantes que puede presentar este método tradicional de aplicación, en comparación con otros de uso también viable y accesible; todo lo cual resulta determinante en la obtención de utilidades satisfactorias en

el negocio cañero, motivo por el cual, esos temas deben ser insoslayablemente abordados y tenidos siempre en consideración. Por esta razón, es recomendable, necesario e imperativo realizar mantenimiento y verificaciones, ajustes y cambios en los equipos manuales empleados cuando resulte necesario; por ejemplo, utilizar bombas de motor aptas y boquillas apropiadas para la aplicación de herbicidas, mejoran significativamente la eficiencia de la aplicación y su control.

15.4 Control químico: productos y recomendación.

Procurando ayudar y orientar al productor de caña de azúcar en su ardua y exigente labor de campo, se proponen en el Cuadro 16 varias opciones comerciales viables y accesibles para realizar el control químico de las malezas en el **ciclo de caña planta**; esto entre otras alternativas también existentes en el mercado. Se expone en dicho cuadro un detalle de los productos sugeridos para realizar el control químico de las malezas, las cuales conciernen a mezclas investigadas, experimentadas pragmáticamente y recomendadas con base en la experiencia y los resultados comerciales obtenidos, tanto en caña planta como en ciclo de soca en la zona. Se anota adicionalmente el momento idóneo para realizar la aplicación de los productos y mezclas, con el objetivo de lograr su mayor eficiencia de control (Figura 41).

Cuadro 16. Recomendación para control químico de malezas en CANA PLANTA en la Zona Norte.		
Opción	Herbicida o mezcla, dosis/ha	Momento de aplicación *
1	Pendimetalina 50 EC (3,0 l)	Pre emergencia total
2	Hexazinona 75 WG (0,75 kg)	Pre emergencia total
1	Pendimetalina 50 EC + MSMA 72 SL (3,0 l + 1,0 l)	Post emergencia temprana
2	Hexazinona 75 WG + Diurón 80 WG + 2,4-D 60 SL (0,6 kg + 2 kg + 2,0 l)	Post emergencia temprana
Opciones comerciales: 1 y 2.		
* Referenciados a Pre y Post emergencia.		

El uso de herbicidas pre-emergentes predomina en caña planta, ya que prácticamente el 100% de las plantaciones son aplicadas usando herbicidas como Pendimetalina o Hexazinona; además de sus mezclas y otros ingredientes activos.



Figura 41. Control eficiente de malezas en plantaciones de caña.

Para desarrollar el control en los **ciclos de caña soca o retoño** se dispone de varios herbicidas comerciales empleados en la confección de las mezclas aplicadas en post-emergencia temprana, intermedia y tardía, según sea la condición de la maleza y la plantación. Se ha encontrado que la mayor efectividad de control en aplicaciones Post-emergentes se logra cuando la adición se hace en

malezas que cuentan con un máximo de 15 centímetros de altura; una vez superada ésta altura, se debe valorar para lograr un control exitoso, la necesidad de aumentar la dosis y en algunos casos elevar la descarga de agua por hectárea. Los productos más usados son: Hexazinona, Terbutrina, Diurón, MSMA, 2,4-D, Metsulfurón Metil y Triclopyr. El Cuadro 17 presenta los tratamientos (mezclas y productos) de uso más común y difundido actualmente en la región.

Cuadro 17.		
Recomendación para control químico de malezas en CANA SOCA en la Zona Norte.		
Opción	Herbicida o mezcla, dosis/ha	Momento de aplicación *
1	Pendimetalina 50 EC + MSMA 72 SL (3,0 + 1,5 l)	Pre emergencia
1	Hexazinona 75 WG + 2,4-D 60 SL (0,66 kg + 2,0 l)	Post emergencia temprana
1	Terbutrina 50 SC + Diurón 80 WG + 2,4-D 60 SL (3,0 l + 2 kg + 2,0 l)	Post emergencia intermedia o tardía
1	Hexazinona 75WG + Triclopyr 48 EC (0,66 kg + 0,5 l)	Post emergencia temprana o intermedia
1	Hexazinona 75 WG + 2,4-D 60 SL (0,75 kg + 2,0 l)	Post emergencia intermedia o tardía
* Referenciados a Pre y Post Emergencia Temprana, Intermedia y Tardía.		

Para el control de malas hierbas en rondas y canales de drenaje se sugiere utilizar Imazapir a razón de 2,0 cc/litro de agua; además es opcional la mezcla de MSMA + Diurón en dosis de 2,0 l y 2,0 kg por 200 litros de agua, cuando hay presencia de especies difíciles como *gamalote* y *murdania*. Se recomienda realizar chapia mecánica en los callejones y caminos, para permitir la sobrevivencia y reproducción de insectos benéficos en esas áreas.

Durante la fase de formulación y preparación de la mezcla resulta muy importante prestarle toda la atención y prioridad debida a dos elementos fundamentales que muchas veces pasan inadvertidos, son erróneamente conducidos o son menospreciados (Chaves 2015b), pero que resultan determinantes en la efectividad de la aplicación y la calidad de control logrado, ellos son: a) calidad del agua empleada: se debe tener certeza de su pureza e idoneidad, lo que implica conocer su pH, presencia de sólidos en solución, coloides orgánicos u otros contaminantes, y b) coadyuvantes: no cabe la menor duda que este factor influye sobre el efecto final del control alcanzado, lo que obliga necesariamente revisar y seleccionar la mejor opción comercial de acuerdo con la necesidad particular que se tenga, las cuales en esta región son muy diversas virtud de sus condiciones climáticas. Lo cierto y comprobado, es que no es cualquier coadyuvante la mejor opción por utilizar, como lo han señalado y desarrollado con gran detalle y profundidad Chaves (1995) y Alfaro (2019).

No hay duda en aceptar que el complemento perfecto de una buena mezcla de herbicidas es el coadyuvante utilizado, existiendo en el mercado una gran cantidad de opciones técnicas con factibilidad económica y comercial. En la región los más usados son: WK, Pass 80, Cosmoin y Kaytar, incorporados a razón de 1,0 cc por litro de agua. Es muy importante leer, comprender y practicar las recomendaciones anotadas y adjuntas a los productos, respetando su cumplimiento.

15.5 Calibración y equipo de protección.

La agricultura actual ha establecido en su ejercicio nuevos y modernos principios fundamentales que deben de manera inapelable respetarse, algunos de los cuales van alineados con la eco eficiencia, el respeto al ambiente y la seguridad de productores y consumidores. Por estas razones y en consideración a su incuestionable importancia, relevancia y trascendencia para la salud, el

ecosistema, los objetivos y metas agro productivas y empresariales establecidas, resulta válido, prudente y oportuno transcribir y reseñar lo señalado por Calderón y Chaves (2020) y Barrantes y Chaves (2020), en torno a las medidas de protección necesario implementar, al manifestar, que:

“Para realizar una adecuada calibración y aplicación de herbicidas, se deben considerar aspectos como los siguientes:

- a. Conocer las condiciones particulares y el área de terreno donde se va a realizar la aplicación, con el fin de estimar correctamente la cantidad de ingrediente activo del herbicida que se debe distribuir en ese espacio.*
- b. Debe leerse con actitud comprensiva y asimilarse, las recomendaciones y sugerencias técnicas anotadas en la etiqueta de los productos que serán empleados.*
- c. Es imperativo conocer con certeza la dosis del/o los producto(s) por aplicar.*
- d. Se debe considerar y disponer el volumen de agua requerida en el área de terreno por cubrir. El mismo depende de las condiciones particulares y específicas de la unidad productiva, las características del equipo de aplicación y velocidad de aplicación. Es por estas razones, necesario ajustar la dosis del herbicida según el volumen de agua que se consume en cada caso.*
- e. Además, es indispensable y obligatorio contar y asegurar el adecuado manejo de los implementos de seguridad y protección del aplicador de agroquímicos, con el objeto de asegurar su protección personal, y cumplir con las regulaciones y protocolos de seguridad ocupacional establecidas (Figura 42).”*



Figura 42. Equipo de protección para la aplicación de herbicidas.

15.6 Control manual y mecánico.

Teniendo en consideración la amplia extensión sembrada con caña, la segunda mayor del país, lo concerniente a la topografía variable que presentan algunas localidades de la región cobra relevancia, esto pese a que el relieve quebrado no es la mayoría. Como puede constatarse en el campo, es interesante encontrar en algunas fincas del lugar, la práctica de no emplear agroquímicos para controlar las malezas, la cual es alternativamente efectuada por medios manuales y mecánicos.

En el primer caso el uso es ocasional y muy circunstancial para algunas áreas donde la práctica es necesaria y permisible; siendo como está demostrado, su costo muy oneroso y la residualidad del control muy baja por razones obvias, lo que lo torna inconveniente y poco rentable.

El control mecánico como es comprensible entender, requiere necesariamente contar con las condiciones de topografía apropiadas y necesarias que lo faciliten y habiliten, lo cual no siempre ocurre, por lo que su empleo es también muy circunstancial. Resulta sin embargo importante anotar, que los terrenos con ondulación de baja a media, de los cuales existe un área muy importante y significativa en la región, favorecen mecanizar algunas labores, inclusive la cosecha. Resulta aplicable lo que se ha anotado en otras zonas cañeras similares, como expresaran Barrantes y Chaves (2020) para la Zona Sur, al señalar, que *“Es necesario que el control en este caso sea homogéneo, evitando tener que incurrir en la combinación de métodos químico-mecánico, que tornan la labor administrativamente más compleja. El método mecánico se realiza mediante diferentes implementos que se incorporan al tractor para realizar la labor, como pueden ser arados o escardillos. Es imperativo que el paso del equipo se dé antes que la plantación tenga tallos formados o que por su estado de crecimiento pueda dañar la biomasa en desarrollo.”*

16. Prácticas preventivas de manejo.

16.1 Manejo de drenajes y limpieza de canales.

En una región como la norte con los altos índices de precipitación que presenta, ubicados de acuerdo con el Cuadro 6 en el ámbito de 2.500 a 3.100 mm anuales, obliga a prestar extrema atención sin objeción alguna, al tema del drenaje y evacuación de las aguas de las plantaciones (Figura 43). El problema se torna grave en lotes bajos y en áreas de topografía plana, donde es común encontrar saturación por humedad en los suelos. Esta realidad provoca que labores orientadas al manejo de los drenajes y la limpieza de los canales en las plantaciones comerciales de caña de azúcar del lugar, sean prácticas formales y habituales del cronograma ordinario de manutención del campo; caso contrario, la posibilidad de tener pérdidas elevadas y, lo más grave, no recuperables de recursos naturales valiosos e insustituibles, entre ellos el suelo, se torna casi segura con las graves consecuencias que ello implica (Chaves 2020d).

Está comprobado que un drenaje insuficiente o la presencia de condiciones de encharcamiento o inundación por un tiempo prolongado, provocan deficiencia de vigor en el crecimiento vegetal, que hace que las hojas se tornen de color amarillento, debido a que las raíces de caña no pueden respirar, se pudren con facilidad por la ausencia de oxígeno en el suelo (anoxia), como lo indicara Chaves (2019ae, 2020ahm). Para fines productivos está demostrado que una inundación resulta tan perjudicial y dañina como una condición de sequía extrema.



Figura 43. Drenaje superficial abierto para evacuación de aguas. Uso de mucuna.

Las operaciones por implementar deben facilitar conducir y evacuar el agua de escorrentía no asimilable, mejorando el drenaje y evitando el arrastre de materiales (suelo, semilla, fertilizantes, piedras) y la erosión innecesaria; para lo cual el trazo de curvas a nivel resulta muy efectiva, viable y apropiada (Chaves 1987). Las mejoras por implementar implican remover cualquier obstrucción que permanezca en el lugar y limite el libre recorrido del agua, sean residuos de suelo, vegetación o biomasa generada con la cosecha. Se busca que el agua fluya pasivamente con facilidad y sin fuerza de arrastre. Muchas veces por descuido, desinterés o cálculo de ahorro equivocado, los canales conductores de agua en las plantaciones de caña, sean naturales o conformados con ese fin, se convierten en áreas de crecimiento vegetal de diversas especies, que se transforman en verdaderos semilleros de malezas que contaminan los lotes vecinos y adyacentes con plantas indeseables que luego demandan onerosos gastos para su control; así como también, en criaderos de plagas de importancia por su capacidad de afectación al cultivo, que luego demandan una sustancial inversión económica para su control. Resulta necesario prestar mucha atención a estas áreas para evitar que las malezas floreen y se conviertan en semilleros contaminantes de difícil y dispendioso control.

16.2 Desaporca y aporca.

Ambas prácticas de campo son tradicionales y de muy larga data en la agroindustria cañera costarricense, las cuales se han mantenido vigentes virtud de los innegables beneficios y ventajas que aportan. La desaporca (Figura 44) consiste en tomar suelo del lomo o el surco de cultivo mediante equipos mecánicos apropiados o, en forma manual (pala, azadón), y colocarlo en el entresurco con varios fines, como son: combatir malezas; exponer plagas; podar, estimular y activar raíces, entre otros. En sentido contrario y sucesorio, la aporca consiste en retirar la tierra que fue ubicada en el entresurco, colocándola de nuevo en el surco de siembra formando un lomillo; con lo cual se generan ventajas importantes, como son:

- a) Contribuir a evitar la compactación y el endurecimiento del suelo en el área de desarrollo radicular, retoñamiento y emergencia de nuevas plántulas.
- b) Elimina los excesos de agua creados por encharcamiento, manteniendo la cepa alejada de los inconvenientes provocados por la humedad presente en el suelo.
- c) Da anclaje y soporte mecánico a las plantas evitando su volcamiento.
- d) Mantiene el alineamiento de las plantas en los surcos, lo que es vital en la cosecha mecánica.
- e) Favorece el control mecánico de malezas sin empleo de agroquímicos.

- f) Puede aprovecharse para incorporar y tapar el fertilizante, lo cual reduce sus pérdidas e incrementa su exposición y contacto con el suelo.
- g) Contribuye a prolongar la vida útil del cañal.
- h) Genera un estímulo general a las plantas que dinamiza su metabolismo.

Expresado en términos coloquiales, *“la aporca consiste en arrimar tierra al surco donde se sitúan las plantas de caña”*, lo que se recomienda realizar entre los 90 y 120 días después de la siembra, dependiendo de la variedad cultivada. En esta región en particular, la labor se realiza regularmente en caña planta y con menos frecuencia en caña soca, usualmente de forma mecánica. La aporca manual es poco usada por el alto costo y largo tiempo que implica. Lo común es aprovechar y realizar junto con la aporca la segunda fertilización, consiguiendo con ello su incorporación al suelo.



Figura 44. Desaporca de plantación y desarrollo radicular.

16.3 Labranza mínima.

Las nuevas tendencias y modalidades observadas en el manejo de las plantaciones comerciales de caña de azúcar que se vienen promocionando aceleradamente en los últimos tiempos en el mundo y en el país, vienen sustentadas y promovidas en varias circunstancias básicas que han adquirido gran relevancia, como son entre otras:

- ❖ Incursión en los mercados de producción orgánica.
- ❖ Adopción de certificaciones de calidad de procesos y productos.
- ❖ Conciencia y mentalidad ambientalista aplicada al manejo de las plantaciones.
- ❖ Razones económicas fundamentadas en baja rentabilidad y carencia de recursos de inversión para acompañar el manejo tecnológico.

En esta orientación, la denominada *“labranza mínima”* es una modalidad muy particular de cultivo empleada en el manejo de plantaciones agrícolas que poseen condiciones especiales, cuyo objetivo primordial es minimizar y utilizar el menor número de operaciones mecánicas dentro del campo previo a la siembra. Expresa Chaves (2020d) en referencia puntual al tema, que *“...en terrenos de ladera, esta práctica consiste en trazar curvas a nivel a las distancias que requieren las hileras del cultivo a sembrarse. Luego, el suelo se remueve sólo sobre esas líneas trazadas, para mezclarlo con abono orgánico y sembrar en ella. También se entiende como la labranza en que se emplea maquinaria, que realiza varias labores simultáneas (arada, graderío y surcado), reduciendo al mínimo*

el paso de la misma.” Asegura, asimismo el autor, que “El grado de pendiente existente es definitorio en la posible implementación de esta modalidad.”

A esta interesante modalidad de manejo de plantaciones se le han atribuido varias ventajas atractivas, como son entre otras las siguientes:

- a) Limita, ordena y regula el tránsito de la maquinaria y los equipos mecánicos por el área cultivada, lo que consecuentemente reduce la compactación del suelo.
- b) No se modifica ni altera la estructura del suelo.
- c) El suelo no queda completamente libre y desprovisto de vegetación, lo que disminuye la erosión hídrica y eólica.
- d) Contribuye ostensiblemente a la conservación del suelo, pues los residuos vegetales se incorporan como materia orgánica.
- e) El costo de siembra es comparativamente muy inferior respecto al convencional.
- f) Se obtienen comparativamente si las condiciones son apropiadas, rendimientos similares o mayores al logrado con métodos tradicionales.
- g) La pérdida de Carbono Orgánico del Suelo (COS) se reduce significativamente, lo que contribuye con la Carbonización y la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- h) Es muy apropiada para la “agricultura de ladera” y condiciones topográficas difíciles.

En la práctica agrícola existen dos modalidades de labranza mínima: a) una que busca disminuir el número de operaciones realizadas con maquinaria y equipo mecánico en el campo, eliminando los retoños de la cepa vieja en forma mecánica y, b) la otra tiene el mismo fin, pero elimina la plantación vieja emergente aplicando herbicidas sistémicos. Para las localidades donde es viable y factible mecanizar, se recomienda la primera modalidad, realizando las siguientes operaciones en forma sistemática, secuencial y moderada:

- Pase del subsolador de 2 picos (dos veces) en forma cruzada (de X).
- Se realiza luego la surcada del terreno.
- Se riega y pica la semilla en el surco, aplica de ser estrictamente necesario insecticida, el fertilizante y luego se tapa la semilla.

Se recomienda para aquellas localidades de la Zona Norte donde la topografía es limitante y no permite o facilita la mecanización, incorporar la segunda modalidad, pues se ajusta a las necesidades. Las fases operativas a seguir en este caso son las siguientes:

- ◆ Aplicación a la cepa vieja de caña el herbicida Glifosato 5,7 SG en una dosis de 6 kg/ha (la altura ideal de la cepa es de 40 a 60 cm).
- ◆ Surcada del terreno empleando tracción animal con una distancia de 1,5 m entre surcos (dos pases de surcador “*pico de zoncho*”); esto una vez que el follaje de la caña esté amarillo por efecto del herbicida (aproximadamente de 8 a 10 días después de aplicado).
- ◆ Riega y pica de la semilla en el surco, aplicación de insecticida de ser estrictamente necesario, fertilizante fosforado y tapa con una capa de 5 cm de tierra.
- ◆ Si luego emergen plantas de la cepa vieja se recomienda aplicar el mismo producto en forma dirigida; o en su caso de ser viable, practicar en alguna medida el entresaque.

16.4 Prácticas de Conservación de Suelos.

Son muy diversas en cuanto a forma, oportunidad, tiempo implicado y costo las prácticas existentes destinadas a procurar conservar los recursos naturales existentes en una unidad agrícola productora de caña, las cuales como se comprenderá, van y están condicionadas a diversos factores y características propias y particulares de cada explotación. Por su especificidad, la valoración y recomendación va en sentido particular exclusivo y no general para una zona o región. Sin embargo, entre las prácticas más habituales y recomendables de conservación de suelos con posibilidades de implementarse en esta región para el manejo de plantaciones de caña de azúcar, están entre otras las siguientes: *siembra en contorno, construcción de canales de ladera, vías de desagüe y barreras vegetativas.*

- **Siembra en contorno.**

El elevado régimen de precipitación prevaleciente en esta región obliga procurar implementar medidas viables y factibles, muy pragmáticas, que aseguren la rápida evacuación de los excesos de agua; entre las cuales la siembra en contorno es una práctica tradicional y muy efectiva que consiste en sembrar la plantación en surcos de forma transversal a la pendiente mediante el trazado de curvas a nivel. En una “curva a nivel” todos sus puntos se encuentran ubicados a la misma altura; o en su caso, con una ligera pendiente (curva a desnivel) que facilite el drenaje y la reducción de la escorrentía del agua y el arrastre de suelo (Chaves 1987). De acuerdo con Chaves (2020d), en el caso de la caña de azúcar, *“...las plantaciones con presencia de pendientes se conducen y manejan en curvas a nivel, construidas en sentido transversal a la pendiente máxima del terreno. Se usan principalmente para conservar el agua, favorecen la infiltración y evitan o reducen las pérdidas de suelo por escorrentía. Su empleo es muy común en caña de azúcar.”*

En lo operativo, para realizar el trazo de los surcos a contorno en el campo, se diseñan en primera instancia “líneas maestras” con la ayuda de un codal o equipo apropiado, y marcajes en distanciamientos cada 15 metros. Estas líneas representan los puntos de partida que servirán de guía y referencia para proseguir el señalamiento posterior de los surcos de siembra sucesivos, en forma paralela a las mismas (Chaves 1987). Por razones obvias y favorecido por su facilidad, bajo costo y efectividad para lograr el objetivo de conservación procurado, resulta la verdad casi impensable no incorporar esta práctica tan sencilla en la región.

- **Canales de ladera y vías de desagüe.**

Los canales de ladera se construyen siguiendo curvas a desnivel que cortan el flujo del agua que circula hacia la sección baja de la pendiente, evitando con ello que adquiera velocidad e incremente el volumen de arrastre físico de materiales; disminuyendo con ello la pérdida de suelo y semilla en el caso de siembras nuevas. El agua recolectada en esos canales es conducida posteriormente a desagües bien conformados y protegidos, que la trasladan donde no genere daño ni riesgo evidente. Esta práctica es muy conveniente para localidades cuya pendiente es alta, sugiriendo sea incorporada como práctica habitual de manejo de la plantación, asegurando su mantenimiento permanente.

- **Barreras vegetativas.**

En el caso particular y específico de la caña de azúcar esta medida resulta más complicada de implementar genéricamente por las características propias de la actividad; sin embargo, en unidades productivas pequeñas, condiciones y secciones de la finca con alta erosión la misma se torna necesaria. Las barreras vivas son plantas perennes de crecimiento denso, colocadas sobre hileras en curvas a nivel, que protegen tanto el cultivo como el suelo; ejemplo, zacate vetiver. Expresa Chaves (2020d) al respecto, que *“...consiste en hileras de contención con plantas herbáceas, idealmente perennes, o arbustos de crecimiento denso y resistente a la fuerza de la escorrentía, las cuales se siembran siguiendo las curvas a nivel, para que sus raíces retengan el suelo y eviten el desmoronamiento del terreno. Son muy efectivas, sin embargo, en laderas pronunciadas deben combinarse con la construcción de algún tipo de obras físicas, como barreras, terrazas o zanjas.”*

16.5 Cultivos asociados.

Como aseguran Calderón y Chaves (2020), *“La asociación de cultivos es una sana y antigua práctica agrícola empleada por los agricultores nacionales, sobre todo los que poseen unidades productivas pequeñas, para aprovechar el limitado terreno disponible y generar algún recurso económico adicional y extraordinario que complementa sus ingresos”*. Según Chaves (2020l), la práctica *“consiste en el cultivo asociado, conjunto o intercalado de plantas. Es un sistema de cultivo mediante el cual se siembran diferentes especies vegetales al mismo tiempo y en la misma superficie de tierra. Es un ejemplo de lo que podríamos llamar policultivo.”*

Como práctica antigua y basados en la experiencia nacional, está claro y demostrado que la mejor asociación o consociación de la caña de azúcar con otro cultivo, se da con las leguminosas fijadoras de N, como acontece con el frijol común, la vainica; adicionalmente con el maní, a partir de los cuales se generan complementariamente beneficios económicos. Existen opciones vegetales que por su naturaleza son poco recomendables pese a que su práctica esta difundida en el país, como acontece con el cultivo intercalado de caña-maíz (*Zea mays*), por la competencia que esa gramínea le genera a la primera. En este tema la velocidad de crecimiento entre las plantas asociadas es fundamental, razón por la cual la mejor recomendación es hacerlo en ciclo planta o con variedades de caña de crecimiento lento.

16.5.1. Abonos verdes.

El agrosistema caña ha padecido históricamente del abuso y los excesos provocados por la fertilización mineral como instrumento preferencial y dominante para atender y resolver lo atinente a la nutrición y la productividad del cultivo; a lo cual se suman además los problemas vinculados con la mecanización y la sobreexplotación del suelo, lo que ha conducido inevitablemente a su rápido y sistemático agotamiento y degradación. Cuando el suelo se agota y poco responde a las prácticas de manejo, la medida usual adoptada es por lo general abonar más, en lugar de proceder a tratar de recuperar el suelo mediante el empleo de otras estrategias menos degradantes.

Asegura Chaves (2020n) en torno a este mal, que *“En la caña de azúcar es una realidad que en Costa Rica la pérdida de potencial productivo de los suelos viene sucediendo y afectando, aunque algunos no quieran reconocerlo, lo cual se visualiza en la pérdida sistemática de productividad agrícola y acortamiento de la vida comercial utilitaria de las plantaciones, principalmente, y el aumento*

complementario de los costos asociados vinculados a gastos que buscan restituirla por medio del uso de insumos e intensificación del laboreo. El problema es serio y muy real y no imaginario, mediático o coyuntural.”

Sobre el origen y percepción del problema, expresa con vehemencia el mismo autor, que *“Para muchos persiste la creencia y hasta convencimiento de que el suelo es infinito y con la aplicación de fertilizantes y el uso de sofisticada maquinaria todo se resuelve y pronto recupera y habilita de nuevo. Que como factores naturales el clima no lo perjudica. Que el suelo es un factor que permanentemente se rejuvenece y rehabilita solo. Que los suelos son entes estáticos que no cambian. En fin, son muchos los prejuicios, preconceptos y errores conceptuales que existen en torno al factor edáfico, que lamentablemente conducen a su rápido deterioro y degradación. Desconocen sin embargo esos detractores y conspiradores del suelo, que este es un ente vivo y muy sensible con presencia de una inmensa actividad biológica y microbiológica que lo enriquece y mantiene fértil y activo, que caso no mantenerse y estimularse lo vuelve estéril, infértil, improductivo e inviable para la actividad agrícola. De igual manera, se debe tener presente que como entes vivos los suelos pasan por etapas juveniles, maduras y seniles donde pierden muchas de sus capacidades básicas primarias y potenciales.”*

En esta materia DIECA viene investigando alternativas más sostenibles de manejo de plantaciones, procurando mejorar la condición de los suelos cultivados con caña y con ello su fertilidad y productividad agroindustrial. Los abonos verdes son en este sentido insumos de gran beneficio para los sistemas agrícolas, aún los más tradicionales como la caña, pues procuran producir biomasa de alta calidad nutricional para incorporarla al suelo, favoreciendo adicionalmente el incremento en el contenido de Materia y Carbono Orgánico (COS) y una mayor actividad biológica. En términos generales, con los abonos verdes se obtiene un efecto muy positivo en la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, como se ha mundialmente demostrado. En la Región Norte, dos leguminosas son preferencialmente utilizadas en rotación o en asocio con el cultivo con ese fin, el frijol mucuna (*Mucuna pruriens*) y el frijol caupí (*Vigna unguiculata*) como se aprecia en las Figuras 45 y 46.



Figura 45. Asocio caña con mucuna (*Mucuna pruriens*).



Figura 46. Asocio caña con frijol caupí (*Vigna unguiculata*).

La zona cuenta ya con una vasta experiencia en el uso de la *Mucuna pruriens* utilizada como abono verde mejorador del suelo, y también como cobertura para el control de las malezas (Figura 47); como lo señala y complementa con alguna amplitud Chaves (2019a, 2020I) en los casos particulares de las experiencias comerciales desarrolladas en Juan Viñas y San Carlos.



Figura 47. Mucuna empleada en el control de malezas en caña.

El aporte de Nitrógeno al suelo en forma biológica, mejora la fertilidad del mismo, contribuye a la mitigación de los problemas provocados por los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la aplicación de fertilizantes químicos; además, genera un ingreso económico adicional y un aporte importante en la alimentación del productor cañero. El mejor momento para establecer esta asociación es durante el ciclo de caña planta.

16.6 Rotación de cultivos.

La rotación de cultivos consiste en alternar en el tiempo diferentes cultivos en una misma área de siembra. Indica Chaves (2020I) al respecto, que “...la práctica radica en sembrar en forma alterna plantas de diferentes especies y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante varios ciclos vegetativos, evitando con ello que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un determinado tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado.”

En la Región Cañera Norte la rotación no es una práctica de cultivo que se ejecute de manera habitual y casi tampoco de forma aislada; lo más cercano a sido el cambio temporal de actividad comercial hacia la piña, motivado por razones económicas más que técnicas. Sin embargo, no cabe la menor duda que rotar el terreno es siempre una medida conveniente para darle “descanso al suelo” y mejorar por reposición la fertilidad del mismo, principalmente, por tratarse de una gramínea tan extractora y exigente como la caña de azúcar (Chaves 1999b).

En referencia a esta práctica agrícola, expresan y sugieren Calderón y Chaves (2020) para tomar en cuenta, que *“Se recomienda como medida saludable incluir, caso se practique, una leguminosa entre los cultivos a utilizar en la rotación; por ejemplo, frijol y vainica, son dos opciones interesantes. Desde el punto de vista pragmático, la rotación se explica de la siguiente manera: una plantación de caña que debe entrar en renovación virtud de su agotamiento y baja rentabilidad, termina su ciclo y en lugar de sembrarse nuevamente caña, se cultiva en su lugar de vainica o frijol, durante dos ciclos continuos. Al término de los mismos, incluso puede no sembrarse ningún cultivo para dejar en descanso (barbecho) el suelo por un período de 6 a 12 meses. Pasado ese período, se vuelve a establecer la nueva plantación de caña, con un terreno en condiciones mucho más favorables. En la región de Guanacaste hay una importante y sobre todo rentable asociación, con la rotación caña-arroz, como lo han descrito con algún detalle Angulo, Rodríguez y Chaves (2020).”*

17. Plagas y enfermedades.

La heterogeneidad geográfica expresada por la alta humedad combinada con las temperaturas altas presentes en la región, favorece el desarrollo no solo vegetal (malezas), sino también biológico de plagas y enfermedades; lo cual define y condiciona el estado y la estabilidad fitosanitaria de las plantaciones agrícolas del lugar. Esta circunstancia motiva y obliga prestar especial atención de manera continua y permanente, a este factor tan dinámico y determinante para el futuro productivo de una explotación comercial de caña.

17.1 Plagas.

La amplia y dinámica actividad desarrollada por muchos años en el mundo y en el país alrededor del cultivo de la caña de azúcar, ha demostrado con creces, que la planta pese a poseer características genéticas, anatómicas y fisiológicas excepcionales que le proveen una alta rusticidad y capacidad de adaptación a condiciones agrestes, como lo anotara Chaves (2020i); es sin embargo susceptible a sufrir la afectación por numerosos y diversos agentes biológicos que la perjudican, algunos de los cuales presentan fuerte impacto económico que se traduce en menores producciones de caña y azúcar, y lo más grave, en un acortamiento significativo de la vida útil comercial de la plantación, como lo indicaran Salazar (2017) y Salazar *et al* (2017).

En el caso particular y específico de las plagas acontece que cada región, zona y localidad pueden, de acuerdo con las características de su entorno productivo, poseer plagas que la impactan con mayor o menor intensidad; motivo por el cual resulta importante conocer con algún detalle respecto a las plagas de mayor importancia que afectan el cultivo.

17.1.1 Insectiles.

Los antecedentes de la región revelan y dictaminan que las plagas que califican como de mayor importancia por su grado de afectación e impacto agroproductivo, son las siguientes: barrenador común del tallo (*Diatraea* spp), salivazo (*Aeneolamia* spp) y barrenador gigante (*Telchin atymnius*). Con menos frecuencia, aunque no menos relevancia, aparecen los jobotos (*Phyllophaga menetriesi*), el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), la cigarrita antillana (*Saccharicoccus sacchari*), el chinche de encaje (*Leptodictya tabida*), áfidos y pulgones (*Sipha flava*, *Melanaphis sacchari*), el barrenador (*Elasmopalpus lignosellus*) y muy ocasionalmente la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*), algunas de ellas con presencia local y hasta circunstancial. Dichas plagas mantienen relevancia diferenciada según localidad geográfica en la región, como muestra el Cuadro 18.

Cuadro 18. Principales plagas presentes en las plantaciones comerciales de caña de azúcar en la Zona Norte de Costa Rica.			
Nombre común	Nombre científico	Cantón	
		San Carlos	Los Chiles
Barrenador común del tallo	<i>Diatraea</i> spp.	XX	XX
Barrenador gigante	<i>Telchin atymnius</i>	XX	XX
Barrenador de verano	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>		X
Picudo de la caña de azúcar	<i>Metamasius hemipterus</i>	X	
Salivazo	<i>Aeneolamia albofasciata</i> , <i>Prosapia</i> spp., <i>Zulia vilior</i>	XX	XX
Chinche de encaje	<i>Leptodictya tabida</i>		X
Áfidos o pulgones	<i>Sipha flava</i> , <i>Melanaphis sacchari</i>	X	X
Cigarrita antillana	<i>Saccharicoccus sacchari</i>	X	X
Rata cañera	<i>Sigmodon hirsutus</i>	X	X
Fuente: Chaves (2019a); Salazar Blanco, J.D. Setiembre 2019; Salazar (2017); Salazar et al (2017).			
X - Importante : XX muy importante.			

Por su significado y trascendencia técnica e institucional resulta válido y correcto señalar como hecho meritorio, que Costa Rica ha logrado generar, implementar y consolidar luego de muchos años de labor continua de investigación y ejecución, un sofisticado, funcional y efectivo sistema operativo de campo y laboratorio para el efectuar el control y combate de las plagas que afectan el cultivo. Lo más satisfactorio de toda la iniciativa, es el empleo de medios no degradantes ni contaminantes, fundamentados en el control biológico mediante el uso de parasitoides, hongos entomopatógenos e instrumentos etológicos. Como señalara Chaves (2020f), *"Este sobresaliente logro tecnológico no es mediático ni circunstancial, sino parte de toda una estrategia institucional concebida, practicada y consolidada con el trabajo de muchos años desarrollado con gran acierto por DIECA.*

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

No cabe la menor duda en reconocer que esta plaga es posiblemente la que más daño le genera a la agroindustria cañero-azucarera mundial y nacional, lo que ha motivado su atención y estudio de manera muy profusa y específica, tal como lo demuestra la gestión tecnológica desarrollada y resultados obtenidos en torno a la misma. Como daños se tiene que la larva perfora y hace túneles tanto en la planta como en los tallos, provoca el síntoma conocido como *"corazón muerto"* en las plantas más jóvenes; los tallos además se quiebran debido a las galerías creadas donde se desarrolla la *"pudrición roja del tallo"* que produce la inversión de sacarosa. Favorece además el ingreso de plagas secundarias. El perjuicio agroindustrial se traduce en pérdida de tonelaje y afección severa

de la calidad de la materia prima por la infección por hongos y bacterias, que provocan como se anotó, la inversión de la sacarosa, como lo ha señalado Chaves (2019aef, 2020a).

El problema con esta plaga inicia y agrava por el hecho de estar presente en el campo prácticamente durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, esto es, desde la fase inicial de macollamiento hasta la etapa final de cosecha de la plantación, lo que implica mantenerse por un largo periodo bajo riesgo potencial de sufrir daño. En principio y como medida preventiva es necesario cultivar variedades tolerantes, usar semilla sana y hacer un control oportuno de las malezas y la plaga. Asimismo, se recomienda realizar recorridos oportunos y muestreos representativos de campo para comprobar e identificar la presencia de larvas de la plaga, los cuales se sugiere efectuar entre 1 y 4 meses después de efectuada la siembra o la cosecha (Figura 48). Dichos recorridos aplican también para conocer el estado fitosanitario de la plantación, por lo que son muy reveladoras y necesarias.

Con los resultados obtenidos en el muestreo de campo se procede con la estimación y proyección de la población de plaga presuntamente presente en el cañal, a partir de lo cual se determina la cantidad de avispas (*Cotesia flavipes*) necesario liberar para controlar por la vía biológica las larvas de barrenador existentes en la plantación. En el muestreo se identifican en primera instancia los tallos dañados (corazón muerto), luego se entresacan, cortan longitudinalmente y revisan para verificar la presencia de larvas del barrenador; contabilizando, además, los entrenudos afectados por tallo dañado. Cuando la población de larvas supera las 1.500 unidades/ha se liberan las avispas en una relación de 4:1 por larva de plaga presente (6.000/ha). Es muy importante que el agricultor supere la dependencia, se capacite y adiestre en las materias que le permitan poder realizar personalmente el muestreo y diagnosticar la condición de su plantación en relación a esta plaga tan problemática; la disposición y colaboración de DIECA en torno a esta iniciativa es máxima.



Figura 48. Daño provocado por taladrador del tallo (*Diatraea* spp).

17.1.1.2 Salivazo (*Aeneolamia* spp, *Prosapia* spp, *Zulia vilior*).

Es un insecto muy conocido afectando pastos, por lo que fue hasta el año 1982 cuando el Salivazo fue reconocido en Costa Rica como plaga en el cultivo de la caña de azúcar, alcanzado luego una amplia difusión en el país, particularmente en las regiones de San Carlos y Guanacaste. En la Zona Norte su reproducción fue atribuida a varios factores actuando de manera simultánea, entre ellos: la drástica sustitución de 5.900 hectáreas sembradas con pasto por siembras de cítricos; ampliación de la frontera agrícola con otras actividades agropecuarias, entre ellas el área cañera y razones de carácter ambiental, entre otras (Sáenz *et al* 1999).

Las gramíneas en general, sean pasturas o cultivos, son atractivas y susceptibles al ataque de esta plaga, lo que se agudiza por el manejo inadecuado o en su caso la omisión del mismo. Los insectos se alimentan de la savia provocando la muerte del tejido foliar por obstrucción vascular, teniendo que los ataques severos en estado joven de la planta pueden provocar la muerte (Figura 49). El síntoma típico y más reconocible en el campo, de ataque, se manifiesta por la intoxicación sistemática que sufren las hojas, mejor conocida como “quema foliar o quema de hojas”.

De acuerdo con Sáenz et al (1999), *“Los adultos que de hábitos crepusculares nocturnos, permanecen escondidos dentro del cogollo y las vainas de las hojas durante parte del día, presentan fototropismo positivo a luces artificiales. Son voladores de poco alcance y tienden a saltar entre las hojas sin superar grandes distancias. Durante su alimentación chupan la savia de la epidermis foliar hasta alcanzar el tejido parenquimatoso, más rico en cloroplastos. Para facilitar el flujo de líquidos o para mejorar su digestión, inyectan algunas enzimas (amilasas y oxidasas) y aminoácidos que destruyen los cloroplastos, causando la obstrucción de los elementos vasculares del floema y una necrosis gradual.”*

Según esos mismos autores en referencia directa a los síntomas expuestos, expresan, que *“La “quema de las hojas” reduce el proceso de fotosintético, interfiere en el proceso de maduración, acorta los internudos y aumenta el contenido de fibra. La cana joven en el proceso de crecimiento se “quema” notable y rápidamente, lo que ocasiona un estado de debilidad general en la plantación. Este proceso toxico en casos extremos puede causar la perdida de lotes completos.”*



Figura 49. Plaga de Salivazo afectando plantaciones de caña.

En lo concerniente al control del insecto, DIECA ha desarrollado y consolidado durante una gestión investigativa de muchos años, un ejemplar y efectivo sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que limita apenas a lo necesario y solo cuando es imperativo, el uso de agroquímicos, lo que lo hace ambientalmente muy sostenible y poco degradante. Dicha estrategia institucional incorpora varias acciones de carácter cultural, físico, químico y biológico, entre las cuales están en lo específico las siguientes: cuantificación de densidad de huevos, desaporca y aporca, eliminación de rastros, control oportuno de malas hierbas, uso de trampas amarillas adhesivas, labranza del suelo y control biológico mediante uso de hongos entomopatógenos (*Metarhizium* spp), sobre lo cual hay una amplia y rica experiencia acumulada. Como se anotó, el uso de plaguicidas se recomienda solo en casos excepcionales muy calificados.

17.1.1.3 Barrenador gigante (*Telchin atymnius*).

La presencia de esta plaga es reportada en Costa Rica desde finales de la década de los años 90. El insecto fue recientemente recalificado taxonómicamente de *Castnia licus* a *Telchin atymnius*. Ha sido calificado como uno de los barrenadores más devastadores del cultivo de la caña por sus hábitos particulares de vida y alimentación. El largo periodo de vida (≈ 177 días) que mantiene el estadio de larva, que varía entre 60 y 90 días, su alojamiento, permanencia y la formación de galerías en el interior de la cepa provocan una reducción importante en la vida útil comercial de las plantaciones. En cañas jóvenes se introduce en el retoño provocando un amarillamiento progresivo. Asimismo, las cavidades que forma en el interior de los tallos producen la muerte de los retoños (*corazón muerto*), el volcamiento del tallo y afectan la calidad de la materia prima; lo cual hace de esta, una plaga muy limitante para la agroindustria azucarera. El gran tamaño de la larva resulta ser un distintivo inconfundible para identificar la plaga (Figura 50).



Figura 50. Larvas de taladrador gigante (*Telchin atymnius*).

Previo a establecer estrategias de control, resulta importante y muy revelador conocer, tener presente y procurar superar o mitigar algunos de los factores que influyen en la presencia e incremento de las poblaciones de esta plaga, como son entre otros los siguientes: clima, uso de riego, quema de plantaciones, deficiente preparación de suelos, lotes con diferentes estados fenológicos, destrucción de nichos, siembras realizadas en época de verano, presencia de humedad del suelo adecuada (riego), uso de semilla contaminada, alta luminosidad y temperatura.

Como métodos de control efectivos se han sugerido diversas acciones como son: la renovación de plantaciones cuando el daño es muy severo, asegurando la destrucción de la cepa vieja; recorrido y muestreo periódico de poblaciones en el campo; cosecha de la caña en verde; evitar el uso y traslado de semilla infestada entre fincas o regiones, la misma se debe tratar de manera química o por hidrotermoterapia; practicar el manejo agronómico preventivo y correctivo de las plantaciones; hacer uso del recurso químico solo en casos de ser estrictamente necesario; control mecánico de larvas y crisálidas por medio de la introducción de un “punzón o lanza” en los tocones afectados y, preferencialmente el método biológico mediante la aplicación de hongos entomopatógenos como *Beauveria* y *Metarhizium* o parasitoides (*Palpozenillia palpalis* Dip: *Tachinidae*). La colocación de trampas amarillas atrayentes con sustancias adhesivas es muy recomendable y efectivo en la captura de adultos, cortando el ciclo biológico de reproducción. Es importante tener presente que el control químico mediante plaguicidas no es muy efectivo.

Salazar *et al* (2018) manifestaron en su estudio, que “Se considera que la presencia y daños que provoca esta plaga en las plantaciones de caña de azúcar tienen un carácter relevante; ya que por cada unidad porcentual de intensidad de infestación se genera una pérdida de 1,03 kg de azúcar por tonelada de caña de azúcar.” Recomiendan, asimismo como medida de control, que “El uso de trampas adhesivas de color amarillo o anaranjado a una altura de 0,8 m, instaladas tanto en el borde del cultivo como a 15 metros del mismo y distanciadas entre sí por 10 a 20 surcos es una estrategia viable para el monitorio y posible control del estadio adulto en las épocas de picos poblaciones (agosto-octubre).”

17. 2 Enfermedades.

La amplia, heterogénea y muy dispersa actividad desarrollada en el mundo alrededor de la caña de azúcar, ha demostrado que al igual que sucede con cualquier otro vegetal, sobre todo los de uso comercial; la planta de caña posee una alta susceptibilidad y es por ello afectada por numerosos patógenos que la impactan de diferente forma e intensidad. La variabilidad y diversidad de enfermedades patogénicas que afectan el cultivo de la caña es muy dinámica virtud de los agentes fungos, bacteriales y virales que se han identificado como dañinos, como lo señalaran con gran detalle Koike (1988), Chavarría (2017a) y Ovalle (2018).

Resulta apropiado y oportuno recordar que el control de enfermedades, aún las más graves e impactantes, se realiza en el caso de la caña por medio del cambio y sustitución de las variedades susceptibles, por otras con reconocida y demostrada tolerancia a las mismas; siempre ha sido así por razones económicas y otras atinentes a las características intrínsecas del cultivo. Por esta razón, la búsqueda de opciones viables y factibles de solución al control patogénico, se opera pragmáticamente en el sector azucarero nacional mediante la obtención de nuevas y mejores variedades por la vía genética, lo que establece un vínculo muy estrecho, inalienable y directo, entre el mejoramiento genético de variedades y la fitosanidad del cultivo. Como se comentó oportunamente, la agroindustria azucarera costarricense trabaja activa y eficientemente en la fabricación de sus propias variedades nacionales, reconocidas por la sigla LAICA y que ocuparon en el año 2019 un 11,4% de toda el área sembrada caña en el país (Chaves *et al* 2020).

Por antecedente conocido las enfermedades más comunes encontradas en la Región Norte, son por su importancia: la roya café (*Puccinia melanocephala*), roya naranja (*Puccinia kuehnii*), el carbón (*Sporisorium scitamineum*), escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*), el cogollo retorcido o pokkah boeng (*Fusarium moniliforme*), la mancha Parda (*Cercospora longipes*), la mancha purpura (*Dimeriella sacchari*), la peca amarilla (*Mycovellosiella koepkei*) y la mancha de anillo (*Leptosphaeria sacchari*), las cuales tienen en común ser originadas por un hongo como agente causal. El reporte de la presencia de enfermedades virosas en grados impactantes es limitado lo que resulta muy satisfactorio. Las bacterias son por su parte el agente causal de dos enfermedades de importancia, como son el raquitismo de las socas o RSD (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*). Como se infiere el problema fitosanitario es mayoritariamente de carácter fungoso.

De acuerdo con lo señalado por Chavarría (2017a) y refrendado luego por Chaves (2019a), las enfermedades de mayor incidencia actualmente en la Zona Norte son el cogollo retorcido, la roya naranja, escaldadura foliar, raquitismo del retoño y en menor grado carbón, roya café y virus del mosaico (SCMV), como indica el Cuadro 19. Dichos patógenos presentan presencia y relevancia diferenciada según localidad geográfica en la región.

Cuadro 19. Principales enfermedades presentes en las plantaciones comerciales de caña de azúcar en la Zona Norte.			
Nombre común	Nombre científico	Cantón	
		San Carlos	Los Chiles
Pokkah boeng	<i>Fusarium moniliforme</i>	X	X
Carbón	<i>Sporisorium scitamineum</i>	X	
Roya café	<i>Puccinia melanocephala</i>	X	
Roya naranja	<i>Puccinia kuehnii</i>	X	X
Escaldadura foliar	<i>Xanthomonas albilineans</i>	X	XX
Raquitismo del retoño	<i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i>	X	X
Virus del mosaico	SCMV	X	
Fuente: Chavarria Soto, Erick. Setiembre 2019; Chavarria (2017a); Chaves (2019a).			
X - Importante : XX muy importante.			

18.1 Enfermedades fungosas.

18.1.1 Cogollo retorcido (*Fusarium moniliforme*).

Esta enfermedad tan generalizada en el país encuentra en la Zona Norte las condiciones ideales que favorecen su presencia y reproducción, como son las altas temperaturas, humedad ambiente y un grado de precipitación significativamente alto como el prevalecientes en el lugar; la misma se asocia directamente con la fertilización nitrogenada y el uso de abonos orgánicos incorporados en las plantaciones. La enfermedad pese a su presencia, en el campo no manifiesta una severidad extrema que impacte las plantaciones de manera significativa por lo que se cataloga como de importancia secundaria, pues las variedades comerciales sembradas actualmente mantienen tolerancia a la misma, a excepción de clones locales como PR 80-2038, Q 96, Mex 79-431 y RB 86-7515 que presentan alguna susceptibilidad; lo cual no debe impedir tomar las previsiones necesarias y mantener un monitoreo permanente con recorridos de observación en el campo. Los dinámicos e inesperados cambios y desajustes climáticos de la región, favorecen la presencia del patógeno.

De acuerdo con lo señalado por Calderón y Chaves (2020) en relación a este patógeno, “*Su nombre hace referencia a la malformación o distorsión tan particular de corrugamiento que se da en el extremo del tallo, como lo muestra la Figura 51. Cuando se presentan ataques fuertes provoca el retorcimiento del cogollo y corrugamiento de las hojas; en casos más severos causa la muerte del meristemo apical con la consecuente activación de las yemas laterales superiores afectando la concentración de sacarosa. Lo más común es observar lesiones que presentan un amarillamiento en la base de las hojas, que luego pueden necrosarse en estados más avanzados. Las plantas jóvenes de 3 a 7 meses que se encuentran en pleno desarrollo, son más susceptibles a la infección, si se comparan con la caña que se encuentra en un estado de desarrollo más avanzado. La enfermedad ha sido vinculada y confundida por sus síntomas con la deficiencia de Boro (B).*”



Figura 51. Enfermedad cogollo retorcido o pokkah boeng (*Fusarium moniliforme*).

Por su semejanza, similitud y confusión con la deficiencia de Boro, la misma ha sido denominada como “falso pokkah boeng”; asegurando Chavarría (2017a) que la diferencia fundamental entre ambas, estriba en que la deficiencia nutricional produce deformaciones, pero no necrosis de los tejidos, lo que puede ser además resuelto por los análisis químicos foliares y de suelo.

Ovalle (2018) al mencionar y referirse a la sintomatología expresa, que *“El síntoma característico se presenta como un anudamiento de las hojas apicales, las cuales presentan muchas veces un aspecto clorótico. En la mayoría de los casos el anudamiento se rompe y continúa el crecimiento normal, quedando solamente como señal de la infección una zona de hojas incompletas, ligeramente arrugadas y de tamaño menor al normal. Durante periodos de alta humedad relativa, la base de las hojas apicales puede presentar áreas de tejidos necróticos de color café rojizo y en esta área pueden encontrarse las estructuras de reproducción asexual (conidios) del hongo causante. En ocasiones la infección provoca malformaciones del tallo, que varían en intensidad, y en casos severos el tallo llega a tomar la forma de mango de bastón. También pueden ocurrir rajaduras en la corteza que en algunos casos se asemejan a cortes hechos con cuchillo o navaja. Cuando el ambiente es favorable y la variedad es susceptible, el patógeno provoca necrosis apical (muerte del meristemo) y el tallo en su crecimiento; posteriormente ocurre brotación de yemas laterales (lalas).”*

La transmisión y diseminación de la enfermedad se puede dar presuntamente por uso de semilla contaminada, el viento y el agua, lo cual no está, sin embargo, claramente dilucidado. La mejor medida de control es el empleo de variedades tolerantes.

18.1.2 Roya naranja (*Puccinia kuehnii*).

Alrededor de este patógeno muchos eventos de preocupación y hasta crisis se han padecido en los últimos 14 años en el país, debido al fuerte impacto que provocó la enfermedad movilizándolo el recurso tecnológico disponible y provocando el cambio radical del esquema genético nacional; hay en definitiva un antes y un después con la llegada sorpresiva e inesperada de esta enfermedad a Costa Rica. La información recabada sugiere con buen fundamento, que la enfermedad ingresó al país en julio del 2007, afectando principalmente las variedades comerciales SP 71-5574 en la Región Sur y SP 79-2233 en San Carlos. La evidencia y experiencia de campo demuestra que es una enfermedad agresiva, como refieren los antecedentes del impacto agroindustrial provocado en la Región Sur del país, donde redujo la productividad en más de un 47% (Barrantes y Chaves 2020).

En torno a la sintomatología asociada a la enfermedad, Chavarría (2017a) anota y detalla, que se caracterizan por presentar *“Lesiones alargadas en las hojas, de color café claro con un borde clorótico (amarillo), se pueden fusionar entre sí para formar áreas necrosadas. En la parte de debajo de la hoja (envés) las lesiones pueden tener una textura aterciopelada con un color naranja que corresponden a las esporas (uredósporas) del hongo y que al liberarse se asemeja a un polvo color naranja.”*; como se aprecia en la Figura 52 adjunta.



Figura 52. Roya naranja (*Puccinia kuehnii*).

Por su parte, Ovalle (2018) los describe, como *“...lesiones amarillentas, pequeñas y alargadas, que desarrollan un halo verde-amarillento pálido cuando aumentan de tamaño.”*; agrega que las mismas *“Después se tornan de color naranja a café-naranja cuando las pústulas abren para liberar las esporas. Las pústulas tienden a ocurrir en grupos o manchas en el envés de las hojas y son más abundantes en la zona apical de las hojas.”*

Sobre esta enfermedad siempre surge la válida inquietud sobre como diferenciar la roya naranja de la roya café o marrón, pues por origen y naturaleza hay similitudes y también diferencias. Al respecto, se ha observado que la roya naranja produce infecciones en la sección media y basal de las hojas formando pústulas en agrupaciones. Adicionalmente, las lesiones son de mayor tamaño y más alargadas en el caso de la roya café. La coloración de la lesión no representa sin embargo, como podría creerse, un criterio certero y seguro de diferenciación, pudiendo las más viejas de roya naranja adquirir un color marrón. La roya café ataca principalmente en estados jóvenes (5-6 meses) cuyos síntomas luego desaparecen; la naranja presenta por su parte, afección en estado maduro donde hay presencia de esporulación, aún en tejido necrosado.

La diseminación y transmisión de la enfermedad se da cuando las pústulas de la epidermis se rompen liberando las esporas al medio, las cuales son diseminadas por el viento, el agua y también por contacto y traslado físico. Para su germinación las esporas requieren contar con una alta humedad relativa, según Ovalle (2018), superior al 98% para germinar de manera óptima; adicionalmente, la temperatura se indica, debería ser próxima a 21°C. Entre las variedades cultivadas en esta región que han mostrado susceptibilidad al patógeno, pueden citarse entre otras: Q 96, SP 79-2233, B 82-333, Mex 79-431 y LAICA 04-809, como lo indicara Chavarría (2017a).

En relación con las medidas de control por adoptar y teniendo por demostrado que no resulta práctico, efectivo, económico ni recomendable, la aplicación de fungicidas cuando se tiene problemas con este hongo, Chavarría (2017a) recomienda al respecto, que *“Lo principal es la selección y escogencia de variedades resistentes. Se consideran niveles de severidad preocupantes los valores superiores a 15 % de área foliar afectada (AFA) estimados en la hoja +3 (tercera hoja de arriba hacia abajo contada a partir de la primera hoja con el collar visible). Como alternativa o*

complemento está la opción del combate químico con la mezcla ciproconazol + azoxistrobina (50 g + 100 g i.a./ha) o ciproconazol + azufre (50 g + 1,6 kg i.a./ha) en volúmenes totales de mezcla no mayores a 200 L/ha; los productos mantendrán su acción en el campo por un periodo de 3 semanas. El combate químico es efectivo en plantaciones de menos de 4 meses de edad y cuando los niveles de severidad alcancen el 30% del AFA en la hoja +3 por periodos de no menos de 45 días consecutivos, menos de esto la respuesta al combate será errática.”

18.1.3 Carbón (*Sporisorium scitamineum*).

Se ha calificado como una enfermedad clásica y de amplio conocimiento en el país por los daños e incertidumbre que provocó principalmente a inicios de la década de los años 80. Pese al largo tiempo transcurrido, la enfermedad viene mostrando un repunte en los últimos años que merece atención y cuidado. Para fines de trazabilidad vale señalar que la enfermedad fue recientemente reclasificada de *Ustilago scitaminea* sydow a *Sporisorium scitamineum*. En la Zona Norte sus consecuencias no fueron tan dramáticas como ocurriera en Guanacaste, Valle central y Turrialba, donde fue la responsable de afectar y hasta retirar de uso comercial algunas variedades importantes de amplio uso comercial en ese entonces, como fueron: B 47-44, L 60-14, NCo 310 y B 50-135. Actualmente hay clones en la zona que presentan susceptibilidad, como B 76-259 y RB 86-7515.

El síntoma clásico e inconfundible que caracteriza y tipifica esta enfermedad, es la presencia de una estructura (verticilo) en forma de látigo que surge en el ápice del tallo afectado. En principio la estructura está cubierta por una membrana delgada y brillante que cuando se rompe, libera al medio una gran cantidad de esporas (teliosporas) de color negro, las cuales se dispersan muy fácilmente infectando las plantas circundantes. Esas esporas representan el material reproductivo del hongo. Una vez que el látigo pierde las esporas, la estructura y cubierta remanente se torna de color café claro (Figura 53).

Apunta Chavarría (2017a) respecto al tema, que *“Inicialmente se pueden observar cepas con alta proliferación de tallos cloróticos y muy delgados. El síntoma clásico es la emisión de un verticilo delgado y de color negro a partir del cogollo de la caña que popularmente se le conoce con el nombre de látigo. El látigo es de color negro y de aspecto polvoso debido a que está recubierto con las esporas del hongo”* Agrega, además, que *“Se considera que valores de incidencia mayores o iguales a 30% de tallos afectados, y densidades promedio menores a 9 tallos sanos/m lineal de surco ocasionan pérdidas sensibles de productividad.”*

El patógeno se transmite fácilmente por empleo de semilla contaminada; además, por el viento, el agua de riego y el transporte mecánico por contacto. El hongo puede persistir por mucho tiempo presente en el campo pues su estructura de reproducción se lo permite. La afección por la enfermedad disminuye significativamente el número, la longitud y el peso de los tallos industrializables, provocando la muerte prematura de muchos de ellos; lo cual impacta el tonelaje. La presencia del patógeno es por lo general mayor en los retoños, como resultado de las infecciones secundarias, las reinfecciones y el aumento de inóculo que ocurre al romperse los látigos.

No hay duda que la mejor estrategia de control es la prevención utilizando semilla sana y variedades tolerantes. El control de la humedad ambiente de la plantación es también un factor muy efectivo, lo que se logra habilitando el drenaje y evacuación rápida de las aguas; promoviendo además un apropiado y oportuno control de malezas. En una zona como la norte con grados de humedad tan elevados, el control del drenaje resulta esencial.



Figura 53. Carbón de la caña (*Sporisorium scitamineum*).

El entresaque de plantas infectadas es también una medida prudente y muy efectiva, la cual es válida cuando la infección no es severa. No se recomienda emplear control químico pues ha demostrado ser inefectivo, carente de residualidad, muy oneroso y difícil de implementar en el campo en plantaciones con edades mayores a cinco meses. Cuando la enfermedad presenta una alta severidad, se recomienda inevitablemente el cambio de variedad por un material genético resistente o al menos tolerante. Las plantaciones afectadas deben recibir una buena nutrición.

Sobre el tópico, amplía Chavarría (2017a) indicando que, en lo técnico, *“El elemento principal para el manejo de esta enfermedad es la selección de variedades resistentes, o en caso que no haya disponibilidad de estos materiales, lo más indicado es manejar la calidad de la semilla. Se recomienda el tratamiento de la semilla por inmersión en agua caliente a 52° C por una hora (hidrotermoterapia), y el tratamiento químico en frío por inmersión en una mezcla fungicida de carboxín + thiram (1 + 1 g i.a./l) para el establecimiento de semilleros. En zonas de alta presión de inóculo se puede recurrir a aplicaciones de la misma mezcla fungicida a una dosis de 400 + 400 g i.a./ha en forma dirigida al surco antes de tapar la semilla.”*

El grado de infección de una planta depende principalmente de la resistencia o tolerancia que tenga la variedad cultivada, del grado de humedad que haya en el suelo y también en el ambiente. Se recomienda por lo tanto, sembrar variedades cuya tolerancia a determinadas enfermedades como el carbón haya sido comprobada, así como mejorar el drenaje de los terrenos.

18.2 Enfermedades bacteriales.

18.2.1 Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*).

Esta es una enfermedad relativamente nueva en el país que generó mucha incertidumbre y controversia en sus inicios, por la dificultad para identificarla en el campo, medir las consecuencias y el daño agroindustrial provocado por su presencia. La enfermedad produce lesiones a lo largo de la hoja que pueden adoptar la forma de líneas o bandas cloróticas (amarillas o blancas); en casos severos se muestra quema del tejido de la hoja. La quema (escaldadura) de las hojas del ápice es la que da nombre a la enfermedad, las cuales se curvan hacia arriba y hacia dentro a partir de los bordes (Figura 54). El patógeno puede llegar a afectar al tallo produciendo muerte descendente; así como el estímulo y germinación de los brotes laterales o “lalas”. Los síntomas pueden confundirse con los provocados por algunos herbicidas, como por ejemplo Glifosato, algunas Triazinas y las Cloroacetanilidas (Chavarría 2017a).



Figura 54. Síntomas de Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*).

Se ha encontrado que los síntomas de esta enfermedad difieren si la misma se presenta y encuentra en su fase crónica o en su fase aguda. Ambas fases pueden presentarse de manera independiente o simultánea en una misma plantación, como lo ha señalado Ovalle (2018) y explican Calderón y Chaves (2020), como sigue:

“a) Fase crónica: Los síntomas en esta fase corresponde a líneas cloróticas, blanquecinas, amarillentas o rojizas a lo largo de la hoja, que frecuentemente inician en la nervadura central y que al alargarse hacia el ápice se van separando de la nervadura en ángulo cerrado. Otros síntomas son la emisión de brotes laterales (lalas) a partir de la base del tallo o sección media del mismo hacia arriba. El síntoma que da nombre a la enfermedad ocurre principalmente en las hojas del ápice, presentándose como una quemazón y frecuentemente esas hojas se curvan hacia arriba y hacia adentro, a partir de los bordes.

b) Fase aguda: En la fase aguda, los tallos pasan del color normal a un color café-rojizo (color óxido) y mueren sin presentar otros síntomas (Figura 55).”



Figura 55. Fase crónica y aguda de la enfermedad escaldadura foliar.

La escaldadura de la hoja se transmite por medio de los trozos de semilla y machetes infectados, o también por la maquinaria utilizada en la corta de tallos durante la cosecha. El mejor método de control por adoptar es el genético mediante la siembra de variedades tolerantes; ubicando como clones locales con alguna susceptibilidad los siguientes: Q 96, RB 86-7515, SP 79-2233 y Mex 79-431, entre otros. Como se anotó, el tratamiento hidrotérmico a la semilla también constituye una medida preventiva de control importante y muy efectiva; además de proceder con la desinfección de las herramientas de corte.

18.2.2 Raquitismo del retoño (*Leifsonia xyli* subsp. *Xyli* Davis)

Es una enfermedad que por muchos años fue señalada como presente en nuestros campos cañeros, pese a tener serias dificultades para su diagnóstico e identificación en el laboratorio, pues no muestra síntomas evidentes que den certeza de su presencia; a eso contribuyó también el hecho que en un principio se consideró que el agente patogénico causal era un virus. El nombre de la enfermedad va en relación directa con su presunta sintomatología, pues las plantas afectadas presentan un deterioro sistemático con reducción progresiva y muy notoria en su rendimiento agroindustrial, particularmente el agrícola, lo cual se designa como “raquitismo”; siendo su mayor impacto en los “retoños”.

De acuerdo con Calderón y Chaves (2020), *“Los indicios que hacen sospechar la infección de la enfermedad en la caña, son: presencia de pocos brotes en las cepas, desarrollo irregular, lento y apariencia raquítica de la planta, de ahí su nombre; los cuales inciden directamente sobre el rendimiento tanto de caña como en sacarosa. La reducción de la producción se debe a que en variedades susceptibles la bacteria obstruye los haces vasculares, dificultando la translocación interna de solutos, lo que genera consecuentemente un menor crecimiento (acortamiento de entrenudos y disminución de su diámetro); además se da una disminución significativa en la población de tallos presente por macolla, lo que impacta el tonelaje de materia prima.”*

Como se indicó, el reconocimiento del patógeno no es fácil de lograr, siendo la microscopía de auto fluorescencia el método de diagnóstico empleado para su certera identificación; para lo cual se emplea un reactivo que produce un cambio de color en los haces vasculares ante la presencia de la bacteria. Acontece que cuando los vasos de la xilema están sanos y funcionales adquieren un color rojo (tallo izquierdo, Figura 56), y cuando, por el contrario, están bloqueados o disfuncionales adquieren una coloración amarillenta opaca (tallo derecho, Figura 56). Asegura Chavarría (2017a), que plantaciones con incidencia superior al 20% de tallos infectados requieren de atención agronómica; afirmando a su vez, que la enfermedad está ampliamente distribuida en todo el país, no encontrando tampoco afinidad específica a variedades.



Figura 56. Tallo izquierdo sano, tallo derecho con haces vasculares bloqueados.

Como vía cercana para la detección rápida en el campo, puede practicarse en aquellas plantaciones donde hay presunción de posible afectación, un corte longitudinal en tallos representativos, pudiendo observar caso sea positiva, pequeñas líneas (1-2 mm) de color rojizo en la base de los entrenudos; así como también, una coloración rosada cerca del meristemo apical de los tallos jóvenes. Dichos síntomas pueden fácilmente confundirse con los provocados por otros patógenos.

En la práctica del campo se ha encontrado que la transmisión de la enfermedad ocurre principalmente por trozos de semilla infectada y herramientas de corte y laboreo infestadas. La dificultad para su diagnóstico e identificación, se ha trasladado y proyectado al campo genético, provocando no poder contar con la certeza deseada con variedades tolerantes. Por esta razón, las estrategias y actividades orientadas a procurar su control, deben concentrarse en utilizar semilla sana, de calidad y desinfectar las herramientas de laboreo, sobre todo durante la cosecha. Para tal efecto, es importante usar el tratamiento hidrotérmico sumergiendo la semilla por una hora a 51°C. Importante aplicar la desinfección de herramientas de cosecha con productos adecuados. Es imperativo profundizar y concentrar esfuerzos en la investigación y conocimiento de la enfermedad.

19. Cosecha.

La culminación de todo el esfuerzo técnico, administrativo y empresarial lleno de expectativas y riesgos, desarrollado por un largo periodo de al menos 11-14 meses, en los cuales se han debido atender necesidades, resolver limitantes y estar pendiente de los drásticos cambios del entorno que caracteriza una localidad tan heterogénea como la Región Norte, se concentra al final en la cosecha de la plantación. Es en este momento cuando se culmina y recoge todo el esfuerzo y sacrificio emprendido por procurar cumplir las metas fijadas. Con la llegada de la cosecha se finaliza la Fase Primaria de la agroindustria. La cosecha es un concepto amplio y complejo que no solo involucra las labores tradicionales de corta, carga y transporte de la materia prima; sino también, otros tres eventos directamente vinculados que determinan el resultado final del proceso, como son la floración, la maduración y la fase de molienda, los cuales se comentaran a continuación.

19.1 Floración.

Esta importante fase natural del ciclo vegetativo de la planta de caña, no puede por varias razones dejar de mencionarse, en consideración de que tiene consecuencias trascendentes en varios ámbitos. Como señalan Calderón y Chaves (2020) en referencia directa al tema, *“... desde una perspectiva estrictamente productiva y económica, no biológica, la floración es un estado natural pero indeseable y perjudicial de la planta para los fines empresariales procurados, pues el ritmo de crecimiento del cultivo se detiene por conversión del meristemo apical en floral. Con dicho cambio anatómico-fisiológico, se produce en los tallos un material parenquimatoso conocido como “corcho”, que implica un aumento en el contenido de fibra, una menor cantidad de jugo y menor concentración de sacarosa y, por consiguiente, menor peso de los tallos. Como se infiere, la afectación involucra el peso de la caña y la concentración de sacarosa en sus tallos, lo que se traduce en una menor cantidad de azúcar por unidad de área (t/ha), un costo mayor y una rentabilidad inferior.”*

La experiencia agro productiva nacional e internacional ha demostrado sin lugar a dudas, que la floración impacta de manera significativa y negativa los intereses comerciales al influir sobre los rendimientos agroindustriales del cultivo; lo cual la convierte en un factor a considerar y tener muy en cuenta en la gestión técnico-administrativa ordinaria y habitual. Por su naturaleza biológica, el estímulo y desarrollo del proceso está muy ligado al clima, la naturaleza genética y las características particulares de la variedad de caña cultivada (Figura 57). No resulta por ello extraño, que en una zona tropical como la nuestra, la explicación razonada del porqué de los bajos rendimientos agroindustriales que circunstancialmente se observan en algunas plantaciones comerciales de caña, puedan estar directamente asociados a esta propiedad natural, como lo indicaran Carvajal et al (2019) y Chaves (2017d, 2019ef, 2020a) con bastante amplitud y detalle.

En lo pragmático y técnicamente factible para que un productor de caña pueda intervenir y contrarrestar con alguna posibilidad de éxito parcial, los efectos contraproducentes provocados por la floración en las plantaciones comerciales de caña de azúcar, es mediante la siembra de variedades que presenten baja o ninguna floración, la manipulación de la humedad del suelo buscando generar una condición de estrés a la planta, lo cual en la Zona Norte resulta realmente difícil. También procurando que el grado de encorchamiento y presencia de fibra en los internudos de la sección superior del tallo de la materia prima cosechada sea bajo. Es interesante mencionar, que en la actualidad se utilizan con buenos resultados, algunos productos que inhiben la floración de las plantas de caña, como es el caso del Ethephon (2-3 l/ha, 240 g i.a/l) entre otros; aspecto sobre el cual se debe investigar.



Figura 57. Floración de la caña de azúcar.

En razón de su impacto y consecuencias productivas y económicas, resulta obligado incorporar y considerar durante la fase de planificación y programación de la cosecha, la floración, pues constituye sin lugar a dudas un indicador muy revelador y de alta prioridad que debe necesariamente revisarse, atenderse, vigilarse y de ser viable, controlarse. Por contar esta zona con un piso altitudinal medio-bajo (30-680 msnm) y características ambientales variables, inconsistentes y muy heterogéneas, algunas de ellas inductoras de floración como son la luz, temperaturas, humedad, nubosidad, es de gran interés valorar dicho tema con mayor especificidad en el lugar. En esa caracterización se deben ubicar y contextualizar los diferentes ambientes productivos con relación a las condiciones ambientales que favorecen floración, conocer cuáles son las variedades qué más intensidad (o no) presentan, determinar el período fenológico de la planta en que ocurre la inducción floral, estimar en cuanto se impacta el tonelaje y como se deteriora la calidad industrial de la materia prima, entre otros asuntos.

Se estima con buen criterio basados en las condiciones edafoclimáticas y productivas de la región, que el estímulo lumínico inductor de la floración podría estar ocurriendo en el mes de agosto, manifestándose luego por medio de la emergencia de la inflorescencia o panícula a partir del mes de setiembre y durante los últimos meses del año. Con base en lo investigado por Carvajal *et al* (2019), *“...se estima en principio con buen criterio, que el periodo de inducción de la floración de la caña de azúcar para Costa Rica, se presenta entre el 8 y el 20 de agosto”*; lo cual constituye una referencia muy importante que debe ser corroborada y contextualizada particularmente a esta región productora.

En la región cañera norte se ha encontrado que entre las variedades de uso comercial actual algunas tienen baja floración (<10%), como sucede con LAICA 08-390, LAICA 10-207, B76-259, B 77-95, PR 80-2038 y B 82-333; mientras que en el caso de las variedades RB 86-7515, B 76-385, LAICA 01-604, LAICA 12-340, PINDAR y Q 96, esta es significativamente más alta aunque en grados relativos. Reconociendo como se indicó al inicio, que la floración es un proceso enteramente biológico y natural difícil de intervenir, el mismo debe sin objeciones, considerarse y tenerse presente como factor a controlar en la medida de las posibilidades y capacidades; pues de lo contrario, el impacto que puede ocurrir sobre los indicadores agroindustriales básicos puede alcanzar grados realmente impresionantes. Esta acción implica y obliga programar, articular y conciliar perfectamente las fechas de siembra y cosecha, la edad esperada al corte, la variedad por cultivar, ubicar las características ambientales y entorno agro productivo del lugar.

19.2 Maduración natural.

Si hay una región donde este tema resulta prioritario y obligado de abordar es precisamente la Zona Norte, pues por antecedente conocido, es la que más limitaciones y menores concentraciones de sacarosa recupera de su materia prima en Costa Rica, como han valorado y demostrado Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019a). La madurez como proceso natural inherente a la planta, puede ser vista de manera simple como la acumulación sistemática de sacarosa en los tallos de la caña que se cortan durante la cosecha; o de manera integral, como un complejo proceso metabólico de cambios anatómicos y reacciones fisiológicas, donde la planta de caña de azúcar detiene su crecimiento e inicia un proceso activo, sistemático y continuo de acumulación de energía en forma de sacarosa en los entrenudos de los tallos, como lo ha señalado Chaves (1983, 2019defgh, 2020ae). En todo esto cabe reconocer que la fase activa de concentración de sacarosa en la planta de caña, se presenta durante la última fase de su ciclo vegetativo natural (Chaves 2019c).

En lo pragmático y más perceptible para el productor de caña, se tiene que la concentración del disacárido extraída de la materia prima cosechada y entregada, se mide y valora en el ingenio en términos de Rendimiento Industrial o de Fábrica, expresada por los kilogramos de sacarosa recuperada en la caña molida en la fábrica (kg/t). Es por medio de ese indicador fabril como se valora e interpreta comercialmente la calidad de la materia prima producida, cortada y entregada por los productores en un determinada zafra y período de cosecha, a partir del cual se realiza la compra y el pago de dicha materia prima por parte de los ingenios azucareros. Desde el punto de vista económico, se considera una caña madura, o en condiciones aptas para generar beneficio industrial, a partir del momento en que presenta un contenido mínimo de sacarosa, y un pol por encima de 13% con base en el peso de la caña.

En la práctica agrícola tradicional y conocida, se considera que la última fase o etapa final del ciclo vegetativo de la caña de azúcar, inicia aproximadamente tres meses antes de la corta (teórica) esperada por edad fenológica de la planta; la cual está influenciada de manera importante por los elementos edáficos y climáticos existentes en el entorno donde se ubica la plantación. Entre los elementos que inciden de manera determinante y concluyente en la maduración, están entre otros, la lluvia, la humedad, las temperaturas (máxima-mínima) y la luz (Chaves 2019ef, 2020ae).

Como es bien conocido, la lluvia, la disponibilidad y presencia de agua en el suelo resultan determinantes en el impulso e inducción de la división celular (que implica crecimiento), mantenimiento del balance hídrico interno de la planta, la apertura de estomas y la absorción

nutricional por las raíces, entre otros. Lo deseable para efectos de maduración y concentración, es tener una reducción sistemática, continua y significativa del agua y la humedad contenida en los tejidos previo a la cosecha de la plantación. Durante el transcurso de la zafra, las lluvias promueven y favorecen el crecimiento de la planta y, con ello, la presencia de azúcares reductores como Glucosa y Fructuosa, la cual es utilizada como fuente de energía vital en el crecimiento y la elongación de los tallos, influenciando negativamente los contenidos de sacarosa; la cual requiere en contrario para inducir su concentración, menos crecimiento y menos gasto energético para promover su acúmulo en los tallos como azúcares no reductores, cuyo mayor representante es la sacarosa.

En relación con este tópico tan específico, relevante y trascendente, Chaves (2019g) expresa, que *“La concentración o no del disacárido Sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) en la caña pasa genéricamente por un proceso metabólico activo de acúmulo, uso o no uso de energía metabólica (química), representada en este caso por los mono sacáridos Glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y Fructuosa ($C_6H_{12}O_6$) durante el periodo fenológico senescente final de su ciclo vegetativo. En esa fase, establecida de manera aproximada en los tres últimos meses posteriores a la floración y previos a la cosecha, la planta reduce significativamente la actividad de división celular y con ello su dinámica de crecimiento; provocando que la energía sintetizada como carbohidratos (Glucosa y Fructuosa) se transporte y acumule como Sacarosa al no ser requerida por la planta para ese fin, siendo por ello la Sacarosa, la reserva energética disponible en la planta para acompañar sus funciones vitales. El déficit o insuficiencia hídrica en el medio y las bajas temperaturas presentes en el mismo periodo, favorecen entonces el acúmulo de la sacarosa al limitar el crecimiento y el gasto de energía metabólica implicada. Déficit hídrico y golpe térmico pese a ser eventos diferentes, provocan el mismo impacto fisiológico, el cual es superior cuando ambos operan simultáneamente; esto traducido en periodos secos y noches frías. Por este motivo, como afirmara Chaves (2019h) con acierto, “Cualquier factor que favorezca y promueva el crecimiento, la división celular y requiera energía metabólica para acompañar algún proceso metabólico, resulta contraria para incrementar la concentración de sacarosa; tal es el caso de lluvias caídas durante el periodo de maduración, el uso excesivo de fertilizantes en particular Nitrógeno o la cosecha temprana (a menor edad). En dicho caso la energía se toma de la Glucosa, que, de no estar disponible, la planta la obtiene rompiendo (por inversión hidrolítica) la molécula de sacarosa presente en tejidos jóvenes por hidrólisis inducida por la invertasa ácida, en detrimento directo de la concentración de sacarosa.”*

Como se infiere de los señalamientos anteriores, hay factores que influyen, estimulan y determinan de manera significativa el acúmulo de sacarosa en los tallos de la caña, como acontece con la temperatura, la cual debe mantener en este periodo fenológico final, preferencialmente noches frías y días calientes, con una variación alta entre temperatura máxima-mínima. Las temperaturas favorecen la concentración cuando son bajas, pues inciden y reducen el crecimiento vegetal favoreciendo la acumulación de energía biológica en forma de sacarosa. La valoración y juzgamiento de la variable térmica para fines prospectivos no debe ser apenas individual e independiente, pues importa mucho el diferencial que se dé entre las temperaturas máxima-mínima, lo cual resulta definitorio para calificar con buena aproximación la presencia de una condición ambiental favorable de concentración; donde un valor alto de la relación, revela una situación estresante en favor del acúmulo, aunque no del crecimiento (tonelaje). Esta relación térmica aplica como un indicador importante de uso pragmático en el campo para estimar la disposición de la condición ambiente para la maduración, interpretada desde esta perspectiva; considerando que un diferencial ≥ 12 califica como un índice satisfactorio. La luz interviene de forma directa en el estímulo e inducción floral, y con ello, en la conversión anatómico-fisiológica del meristemo apical a floral, reduciendo el crecimiento del tallo y la producción de biomasa.

Cabe en todo esto preguntarse con sentido práctico ¿Qué otros factores intervienen y afectan positiva y negativamente la maduración de la caña? La literatura menciona que además de los señalados, participan también: el grado de nubosidad presente, el viento, la condición del suelo, las prácticas de cultivo implementadas, la evapotranspiración y, muy importante, la variedad de caña sembrada. Se infiere que una alta nubosidad provoca que la intensidad lumínica se vea intervenida y reducida, afectando tanto el fotoperíodo como la actividad fotosintética; y con ello, la formación de azúcares en especial la sacarosa y la pureza de los Jugos. Por dinámica, es conocido que el viento perturba la tasa de transpiración, la fotosíntesis y tiene efecto desecante; además de causar rajaduras en las hojas, condiciones que influyen el rendimiento agroindustrial final.

En relación a la importancia que ejerce el factor suelo mucho puede acotarse, pues se tiene comprobado que plantaciones con drenaje impedido y ubicadas en depresiones con presencia de alta humedad, como sucede en una región tan lluviosa como la norte, retardan la maduración. En lo específico, en los suelos de textura arenosa la maduración es más acentuada y homogénea en relación a la de los suelos arcillosos que retienen humedad. El contenido de materia orgánica marca diferencia en esta condición; además de que las aplicaciones excesivas y tardías de N como está demostrado, afectan en grado variable la maduración, pues ese nutrimento promueve y agiliza el crecimiento, lo cual, como se indicó, es contrario al proceso natural de concentración de sacarosa.

En sentido sinérgico positivo y contrario al efecto contraproducente del N adicionado en cantidades altas y tardías; se ha encontrado que las aplicaciones de P y K en cantidades suficientes, equilibradas y oportunas, aumentan la concentración de azúcar en los tallos de la caña, lo cual resulta de vital importancia optimizar para elevar la productividad de las fincas de la región, pues la viabilidad existe. Aunque parezca innecesario, es fundamental y básico programar las siembras de las plantaciones de manera que coincidan con el periodo de maduración y cosecha, pues en la realidad se han encontrado discrepancias que van en afectación directa de los rendimientos. Problemas provocados por plagas, principalmente barrenadores del tallo, se suman al grupo de factores que inciden directamente con el proceso de maduración de la caña y deterioro de la calidad de los jugos.

En consideración de la obligación y relativa facilidad de acción que se tiene en la actualidad, resulta imperativo e insoslayable para cualquier agricultor, conocer con detalle y profundidad las características, atributos y debilidades de la variedad comercial que cultiva. No cabe la menor duda que muchos de los problemas que se dan en el campo, son el resultado de la impericia, el desconocimiento y la desidia por ahondar en estos asuntos tan importantes (Chaves 2015b); donde no cabe la menor duda en reconocer la gran trascendencia y relevancia que tiene en la maduración y obtención de buenas concentraciones de azúcar, conocer con detalle el momento óptimo de cosecha de cada clon y lote cultivado, pues es una condición que varía significativamente con la variedad, fecha de corta o siembra y las condiciones de clima prevalecientes.

Para cumplir a cabalidad con este principio, es necesario comprobar y validar en el campo la curva de madurez particular, y determinar si la variedad sembrada es de maduración temprana, intermedia o tardía (considerando el período de cosecha de la región), lo que determina cosechar al inicio (enero-febrero), a mitad (marzo-abril) o al final (mayo-junio) del período de corta de las plantaciones (Chaves 2020b). Los meses más secos de febrero, marzo y abril son los de mejor concentración de sacarosa en la Zona Norte (Cuadro 6). Conocer esta condición resulta de gran relevancia comercial, productiva y económica, pues asegura que la sacarosa se encuentre en su punto óptimo o muy cercano al momento de cosechar la plantación; una mala programación de corta se traduce en cosechar con pérdidas innecesarias que pudieron evitarse o al menos minimizarse.

19.3 Maduración inducida (química).

En lugares de condiciones edafoclimáticas difíciles para lograr recuperaciones altas y satisfactorias de la sacarosa contenida en la materia prima producida y cosechada, como es el caso de la Zona Norte, y lo demuestran fehacientemente sus antecedentes industriales, como lo anotaran Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019a); es normal el uso complementario de sustancias que coadyuvan y contribuyen a inducir la maduración y elevar la concentración de azúcar en los tallos. Esas sustancias son denominadas y conocidas como “madurantes”, los cuales actúan como bioestimulantes.

Esas sustancias contribuyen a mejorar y optimizar los procesos fisiológicos de la planta y a mejorar la producción y la calidad de las cosechas. Son compuestos orgánicos que difieren de un nutrimento, porque en muy pequeñas dosis fomentan, inhiben y/o modifican en algún grado los procesos fisiológicos naturales de la planta. La función de un “madurador” es hacer que la planta madure en un menor tiempo y permita prolongar el almacenaje y acúmulo de energía en los tejidos vasculares del tallo, para que luego sea transformada en azúcar durante el proceso fabril. En su gran mayoría, los productos comerciales empleados como madurantes en caña de azúcar son herbicidas, aunque los hay también orgánicos no herbicidas.

Indica Vargas (2011) citando a Villegas y Arcila (1995), que *“La mayoría de los productos empleados como madurantes en caña de azúcar son herbicidas, postemergentes, sistémicos y de acción graminicida. El Glifosato: N (fosfonometil) glicina, es en la actualidad el madurante más utilizado a nivel mundial, principalmente con el nombre comercial de Roundup debido a su precio accesible, a la regularidad y magnitud de los efectos que provoca y porque permite un amplio período de cosecha después de su aplicación. El ingrediente activo de Glifosato parece reducir los niveles de invertasa ácida en cañas tratadas y, por consiguiente, también disminuye los niveles de glucosa y fructosa. Como resultado de lo anterior, menos sacarosa se desdobra para crecimiento y se almacena en las células, principalmente en las del tercio superior del tallo.”*

Como acontece con cualquier actividad productiva, la tecnología agrícola evoluciona de manera ágil y muy dinámica hacia la búsqueda de productos que se ajusten y acondicionen a las necesidades de la coyuntura comercial actual y futura, lo que visualiza mejoras en la acción, residualidad, toxicidad e impacto ambiental de los productos dispuestos para uso en el campo. En lo concerniente a madurantes de caña, actualmente se investiga y avanza en esa dirección, por lo cual la dinámica es grande y las opciones comerciales muy particulares para cada condición específica de producción.

Por lo anterior, se dispone en la actualidad de varias opciones de productos comerciales, algunos de los cuales se encuentran aún en fase de prueba y validación en la región. El Glifosato tiene una larga tradición y favorable aceptación al ser absorbido por las hojas y no por las raíces, posee gran aceptación virtud de la consistencia, uniformidad de su efecto, precio accesible y relación beneficio-costos favorables. A ese producto se suman otros como el DP-98 (PO_3), que es un bioestimulante “biológicamente activo”, basado en Fosfitos (PO_3), formulado con N y K; el Moddus CE 250 que consiste en un producto sistémico que actúa como regulador del crecimiento. También el Biqticon SC que es un fertilizante orgánico mineral formulado con nutrientes quelatados en aminoácidos de rápida asimilación. Hay actualmente en desarrollo, como se indicó, el uso complementario con buen suceso de productos no herbicidas, lo que torna interesante y muy prometedor su empleo.

Actualmente en la región los productores que poseen extensiones grandes de cultivo, que incluye a los dos ingenios del lugar, están utilizando madurantes en sus plantaciones comerciales, los cuales

prestan asimismo servicio a los entregadores que así lo deseen y soliciten. Las aplicaciones se realizan vía aérea empleando inclusive Drones, en periodos de tiempo variables previos, ajustados de acuerdo con la fecha de cosecha prevista entre 6 y 10 semanas de acuerdo con el modo de acción del producto empleado. En los Cuadros 20, 21 y 22 se presenta el contenido técnico de algunos de los programas de maduración utilizados en la Región Norte, entendiendo que las variaciones entre los mismos son debidas a condiciones propias y muy particulares de cada entorno agro productivo, por lo que las comparaciones resultan inconvenientes.

Cuadro 20.	
Uso de madurantes en Cutris.	
Producto	Dosis/ha
Moddus	0,8 l
Fosfito de Potasio	2,0 l
Boro al 14%	0,5 l
Fuente: Ing. Carlos Quesada. Ingenio Cutris, San Carlos.	
En Zafra 2020-21 se aplicaron cerca de 800 ha.	

Cuadro 21.		
Madurantes comerciales y en evaluación en Los Chiles.		
Producto	Ingrediente Activo	Semanas a Cosecha
Moddus	Trinexapac-Ethil	8
Round Up	Glifosato	6
Hoja Verde	Ethrel	7
Carboxi L	Ácidos Carboxílicos	8
Balanceador	B y Mo	10
Fuente: Ing. Ronald Fonseca. El Tremedal S.A.		
Notas:		
1. El Glifosato se utilizó solo en áreas de renovación.		
2. Balanceador y el Carboxi L esta en prueba (3 años), resultados no son sostenidos.		
3. Ethrel esta en investigación (primer año).		
4. Moddus sigue siendo al día de hoy luego de 6 años, el mejor producto con resultados consistentes .		
5. 100% de la maduración fue aplicada con DRONES.		
En Zafra 2020-21 se cubrieron cerca de 365 ha; 80% con Moddus.		

Cuadro 22.			
Programa control de madurez Ingenio Quebrada Azul, Florencia, San Carlos.			
Aplicación Madurantes No Herbicidas.		Aplicación Madurantes Herbicidas.	
Producto	Dosis/ha	Producto	Dosis/ha
Tracite	3,0 l	Round-Up	0,5 l
Boro	1,0 l	Agro-K	2,0 kg
Maxi Cover	10 cc	Regulador pH	120 cc
Mis Control	100 cc	Boro	0,5 l
Nota: Se aplica cumplidos 8 meses posteriores a la cosecha.		Maxi Cover	10 cc
Aplica con fines premadurantes.		Mis Control	100 cc
		Fuente: Ing. Alvaro Araya. Quebrada Azul.	
		Nota: Se aplica 10 semanas posteriores a la Pre-maduración.	
		Resultado de un estudio de 12 ensayos.	
		En Zafra 2020-21 se cubrió cerca de 430 ha.	

Señala Vargas (2011) como hecho destacable vinculado al tema genético, que *“Las variedades que no presentan efecto alguno por la aplicación de madurante, ni en la coloración del follaje ni en el contenido de sacarosa, se identifican como variedades resistentes al madurante y se deduce que la dosis aplicada no fue suficiente. En las variedades que presentan susceptibilidad o resistencia moderada al madurante, cuando la dosis aplicada es adecuada o cercana a la óptima se observa un amarillamiento ligero del follaje y una desaceleración en el crecimiento de los tallos que es suficiente para incrementar el nivel de sacarosa sin afectar la producción de caña.”*

Sobre esta materia hay muchos aspectos técnicos, genéticos y climáticos que conocer, vaticinar y de ser posible controlar para lograr un efecto acorde con las necesidades, evitando las inconvenientes sobredosis que además de afectar la plantación, pueden provocar problemas al retoño. No se puede ignorar ni olvidar en ningún momento, que los madurantes tienen una acción química que puede ser contraproducente para el objeto con que fueron concebidos y empleados; lo que obliga adoptar todas las medidas prudenciales y de salud pertinentes. En lo técnico es importante realizar durante la cosecha un corte y descogolle más alto de las cañas, con el objeto de maximizar la recuperación y el aumento inducido por el madurante sobre el contenido de azúcar en esos nudos, que de otra forma serían desechados y perdidos en el campo como cogollo.

19.4 Control de madurez.

El control de madurez de la caña consiste en un análisis practicado en campo o laboratorio a muestras representativas de tallos obtenidas de la plantación comercial, tomadas periódicamente (semanal o cada 15 días), con el fin de medir y conocer de manera continua, gradual y sistemática, el ritmo de concentración de sacarosa contenida en sus jugos, pudiendo determinar con ello su maduración en grado acumulativo. Con dicha información, es factible establecer la fecha más idónea de corta aprovechando el momento cuando la concentración de sacarosa está en su punto más alto. Los resultados del análisis periódico revelan el estado real de madurez de la caña. La valoración se debe hacer en varios periodos sucesivos de cosecha, lotes y fechas diferentes con el objeto de contar con una mayor consistencia y certeza de las inferencias que se generen. Existen varios métodos e indicadores del grado de madurez de la caña, como son entre otros los siguientes:

19.4.1 Programación por Brix.

Este método de procedimiento muy simple, se fundamenta en utilizar el estrecho vínculo y correlación que existe entre el Brix (azúcares totales) y el contenido de sacarosa (Pol %) presentes en el jugo de la caña; el cual establece, que al aumentar el contenido de Brix también lo hace el de Sacarosa en consideración de que forma parte de esos azúcares; aunque no necesariamente el incremento se da en la misma proporción.

El método que opera directamente en el campo, consiste en tomar una muestra representativa de jugo del tercio superior (cerca del cogollo) e inferior (próximo a la base) del tallo, extrayéndolo con un punzón apropiado, limpio y desinfectado. Las gotas de jugo así obtenidas se colocan en el Refractómetro Digital de mano, equipo que permite su fácil y rápida medición. Es muy importante y determinante para la representatividad y validez del resultado, que los tallos seleccionados reflejen la condición promedio general de la plantación, sin mostrar predilección hacia los mejores o peores; pues caso contrario la inferencia será errónea con las consecuencias indeseables del caso. La benevolencia del método está fundamentada por todo esto en la calidad de la muestra que se seleccione para análisis.

Lo recomendable es iniciar los muestreos al menos dos meses antes de iniciar la cosecha prevista y programada de las plantaciones, para lo cual se fijan 5 puntos representativos de muestreo en un lote determinado, que no sea en lo deseable mayor de 10 hectáreas; seleccionando las 4 esquinas y un punto cercano al centro del lote. En cada punto se toman al azar 10 cañas industrializables preferiblemente de cepas diferentes y se les extrae el jugo; totalizando 50 cañas por lote (Chaves 1983). De esa forma se determina si la planta está ya madura, en proceso activo y progresivo de maduración; o en su caso, aún inmadura requiriendo permanecer por más tiempo en el campo hasta lograr su punto óptimo.

Con esa información se calcula el **Índice de Madurez**, que es un cociente que vincula ambas mediciones, tal como se indica a continuación en la Figura 58 (Chaves 1983).

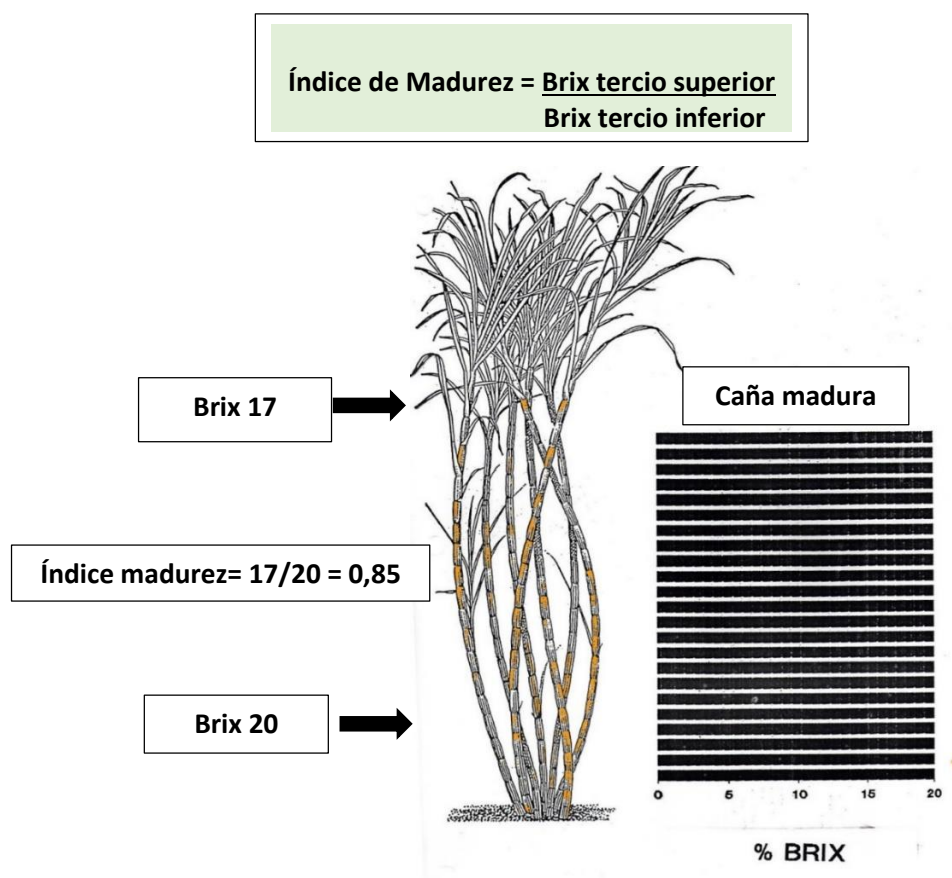


Figura 58. Ilustración gráfica para determinar el Índice de Madurez de la caña.

Por medio del Índice de Madurez es posible obtener un dato confiable, rápido, barato y de manera muy sencilla, de la resultante del cociente de las dos mediciones indicadas; sobre el cual, en el Cuadro 20 se muestran los posibles valores que se obtienen a partir de un muestreo representativo de campo con lecturas obtenidas por un Refractómetro Digital de mano, que determina y permite inferir con bastante certeza, tal como se indicó anteriormente, el grado de madurez de la caña permitiendo programar la secuencia de cosecha de los lotes de la plantación con base en su concentración en sacarosa.

Cuadro 23. Interpretación estado de maduración del cultivo con base en el índice de madurez.		
Valores	%	Estado de maduración
0,90 - 1,0	90 - 100	Caña madura
0,85 - 0,90	85 - 90	Caña en maduración
Menor 0,85	Menor de 85	Caña inmadura
Mayor de 1,0	Mayor de 100	Caña en declinio de madurez
Fuente: Calderón y Chaves (2020).		

19.4.2 Método basado en el sistema de pago de la caña por calidad.

Este método de características más sofisticadas, consiste en aprovechar el equipo e instrumental que posee el laboratorio de rutina empleado en la zona (ingenios Cutris, Quebrada Azul y Laboratorio Móvil de LAICA), para realizar la compra y el pago de la caña con base en la calidad de la materia prima durante el periodo de cosecha. Para ello, se establecen y muestrean al igual que en el método anterior, cinco puntos fijos en el lote, ubicando cuatro esquinas y otro cerca de la sección media. En cada uno de ellos se toman alrededor de cinco tallos por cepa o se corta toda una cepa (puede ser también una línea continua de plantas de 1-2 m del surco), de tal manera, que las muestras sean representativas del estado vegetativo en que se encuentra la plantación. Las muestras se identifican, anotando la procedencia y ubicación del lote; luego de lo cual, las mismas son enviadas al laboratorio para su análisis respectivo. Ahí son procesadas siguiendo la metodología oficial aprobada y exigida por LAICA (2000) con respecto al desfibrado, toma de la muestra (500 gr.), extracción del jugo y análisis del mismo; para tener así el análisis industrial expresado en kilogramos de azúcar y miel por tonelada de caña molida.

La investigación y la experiencia de campo han revelado que en la Región Norte se dispone de variedades que tienen un comportamiento de maduración con tendencia temprana, como acontece con Q 96, LAICA 01-604, LAICA 10-207, B 76-259 y B 77-95, por lo que son apropiadas para iniciar la corta; también se dispone de clones cuya maduración tiende a ser intermedia, como LAICA 08-390, LAICA 04-809 y LAICA 12-340, por lo que son convenientes para cortarse en la fase media del periodo de cosecha. Por su parte, las variedades PR 80-2038 y B 76-385, se estima que es mejor cortarlas en el tercio final de la cosecha, ya que son calificadas como de maduración tardía. Como se infiere, una estrategia administrativa visionaria, prudente y apropiada de cultivo, fundamentada estrictamente en principios técnicos, que seleccione y siembre variedades que puedan aportar estabilidad, sostenibilidad y consistencia en el tiempo a la concentración durante toda la cosecha, representa una ventaja y medida ganadora, para confrontar con éxito los bajos rendimientos de azúcar reportados en la zona. Es imperativo procurar extraer toda la sacarosa contenida en los tallos.

19.5 Quema.

La quema de las plantaciones comerciales de caña de azúcar es una práctica agrícola antigua que se torna cada vez más polémica y cuestionada, cuyo objetivo principal es eliminar follaje seco y basura (trash) en general, conocida y nombrada “materia extraña”. La práctica procura facilitar, agilizar y disminuir el costo implicado en la corta de los tallos industrializables que serán luego procesados en el ingenio; se ejecuta tanto cuando la cosecha se realiza en las modalidades manual y mecánica

(Figura 59). La misma incrementa la eficiencia de la labor, reduce los costos y favorece la calidad de la materia prima procesada.



Figura 59. Quema para cosecha de plantaciones, modalidades manual y mecánica.

En consideración de la controversia que el tema suscita, es prudente, sano y muy conveniente procurar ubicar y contextualizar la práctica en su verdadera dimensión, intentando exponer razones y circunstancias vinculantes que muchos desconocen, como señalara Chaves (2021), al manifestar, que *“El uso del fuego esta tutelado y regulado por varias normas jurídicas que desde diferentes enfoques establecen acciones y medidas regulatorias y/o sancionatorias en varios ámbitos (agrícola, infraestructura, habitacional, urbano, etc.), lo cual en el caso agropecuario, y no de otra índole, tiene que ver con su empleo regulado y controlado en el campo en diversas actividades y modalidades, o cuando, por el contrario afecta bosques, reservas, plantaciones forestales y recursos naturales en general. Como primer elemento a tener muy presente es que la legislación nacional vigente permite en materia legal el uso del fuego, por lo cual la práctica no está prohibida sino apenas regulada, lo que obliga inexcusablemente cumplir y satisfacer obligatoriamente varias exigencias de carácter administrativo, legal y técnico establecidas e impuestas.*

La legislación vigente actualmente corresponde al Reglamento para Quemadas Agrícolas Controladas, documentada bajo la figura del Decreto Ejecutivo N° 35368-MAG-S-MINAET, emitido el 6 de mayo y publicado en el Diario Oficial “La Gaceta” N° 147 del día jueves 30 de julio del 2009 (Costa Rica 2009; Chaves 2009). Dicha legislación es por su alcance de carácter general con cobertura a todo el sector agropecuario, por lo tanto, no exclusiva para la caña de azúcar como algunos erróneamente creen;

esto por cuanto la práctica de quemar restos vegetales aplica y se realiza también en otras actividades productivas...”

Una valoración puntual y específica de los vínculos que genera la práctica en el campo, revela que son numerosas y de alcance muy variable las ventajas que se le atribuyen a la quema, cuando es ejecutada en el caso particular de las plantaciones de caña de azúcar, entre las cuales Chaves (2009, 2013, 2017a, 2021), Chaves y Bermúdez (2006ab), mencionan las siguientes:

- 1) *“Facilita la corta de los tallos industrializables que irán a molienda en la fábrica de azúcar.*
- 2) *Favorece la cosecha de variedades cuyas características anatómicas y vegetativas dificultan el proceso de corta, carga y transporte, como acontece con clones con bajo despaje, presencia de pelos urticantes, hojas coriáceas, tallos con crecimiento rastrero, caña volcada, entre otros.*
- 3) *Agiliza y dinamiza la cosecha de la plantación al existir menos dificultad en el proceso de corta y carga.*
- 4) *Incrementa significativamente la eficiencia de los cortadores en el campo, al haber menos biomasa y consecuentemente un menor esfuerzo físico que realizar la misma labor. La relación caña cortada (toneladas)/tiempo (horas) se eleva.*
- 5) *Elimina basura y material vegetal no deseable categorizado como “materia extraña”, que tanto perjuicio provoca a los rendimientos industriales (kilogramos/tonelada de caña molida) al afectar la fórmula de cálculo por más cantidad de “torta residual (gramos)”.*
- 6) *Mejora sustantivamente la calidad de la materia prima que ingresa a molienda y extracción del jugo.*
- 7) *Favorece la cosecha mecánica y su eficiencia al existir menos obstáculos y lograr que los equipos de corta operen a más velocidad sin provocar “arranca” de la cepa.*
- 8) *Necesaria en condiciones de cosecha difícil por causas de clima adverso, relieve quebrado, alta pendiente, presencia de piedra, etc.*
- 9) *Necesaria ante la falta de mano de obra calificada, la cual es muy deficitaria actualmente en el país.*
- 10) *Protege contra mordeduras de serpientes y picaduras de arañas, las cuales han ido en incremento.*
- 11) *Reduce los accidentes laborales al favorecer una corta más limpia, lo cual está demostrado.*
- 12) *Elimina la presencia de malezas problemáticas en un momento difícil para su control.*
- 13) *Reduce significativamente los costos de producción agrícola y también industrial.*
- 14) *Favorece y facilita el retoñamiento y ahijamiento de la plantación.*
- 15) *Facilita la aplicación del riego, el cual se ve impedido por presencia de los residuos vegetales remanentes de la cosecha que impiden el libre recorrido del agua.*
- 16) *Favorece el drenaje de las plantaciones por la misma razón, evitando la erosión y pérdida de suelos por escorrentía.*
- 17) *Elimina plagas dañinas que impactan negativamente las plantaciones.*
- 18) *Incorpora algunos nutrimentos esenciales al suelo, como es el caso de las sales (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+).*
- 19) *Es en muchos casos impuesta por los cortadores, quienes se ven directamente favorecidos. Caso contrario el costo unitario se eleva.”*

Como acontece en cualquier actividad, la práctica de quemar presenta algunas desventajas cuando se realiza en forma desmedida, sin controles, de manera irresponsable e inconsciente de sus

posibles impactos; motivo por el cual se torna polémica, principalmente por sus repercusiones e impactos ambientales, entre las cuales se reconocen y citan seguidamente algunos:

- 1) Puede afectar la biodiversidad y el ecosistema
- 2) Genera Gases con Efecto Invernadero (GEI)
- 3) Disminuye la fertilidad natural del suelo
- 4) Interviene sobre la actividad microbiológica del suelo
- 5) Es factor importante para la degradación de los suelos
- 6) Puede ocasionar trastornos a la salud de las personas
- 7) Libera cenizas a la atmósfera que pueden afectar las poblaciones
- 8) Favorece el crecimiento de malezas
- 9) Aumenta y acelera el deterioro de la materia prima cosechada
- 10) Afecta al turismo y el paisaje

Para la Región Norte según investigación conducida con ese fin, se determinó que el deterioro post-corte es más acelerado en el caso de la caña quemada, en relación con la cruda o cortada en verde; como también, que la caña quemada en pie se deteriora más rápidamente, que cuando se procede con su corta de inmediato. En ambos casos se determinó que el plazo máximo de entrega, antes de que se inicie un deterioro acelerado, es de 48 horas.

La secuencia de labores, acciones y cuidados de índole técnico y administrativo que se deben adoptar según Chaves (2017a, 2021), cuando se pretende quemar un cañaveral, son los siguientes:

- Contar con un permiso previo de quema otorgado y aprobado por el MAG
- Elaborar un Plan o Protocolo previo de quema y cumplirlo a cabalidad
- Contar con un Plan Contingente y alternativo de emergencia, como prevención ante cualquier eventualidad que pudiera suceder. Deben tenerse contactos de acción inmediata.
- Disponer de un equipo humano idóneo, capacitado y experimentado (supervisores y ejecutores)
- Avisar de forma previa (2 días) a vecinos y autoridades sobre la intención de quemar
- Disponer en el lugar del equipo necesario (agua, bombas, herramientas) para realizar la quema
- Tener presente la ubicación de los lotes y quemar apenas lo que se va a cosechar durante el día
- Acatar y cumplir el horario para quemar (después de las 4:00 p.m. y antes de las 7:00 a.m.); en el caso de plantaciones ubicadas a menos de 200 m de escuelas, centros de salud y enseñanza, guarderías o albergues diurnos de asistencia social, la quema deberá iniciarse después de las 7:00 p.m. y finalizar sin objeción antes de las 4:00 a.m.
- Elaborar rondas cortafuego amplias, la cual debe medir como mínimo, de ancho, la altura del material que se va a quemar y que no puede ser menor de un metro de ancho
- La quema deberá ejecutarse sólo por los flancos dejando espacio suficiente libre en el terreno para la salida de especies silvestres que pudieran estar presentes en el lugar. Por esta razón no puede quemarse todo el perímetro del lote
- Eliminar obstáculos que pueden favorecer y dinamizar la quema (arbustos, ramas, plásticos, árboles caídos)
- No debe haber bajo ninguna circunstancia menores de edad en el lugar al momento de quemar
- Controlar el sentido y orientación del fuego (debe orientarse en contra del recorrido del viento)
- Para su control, el fuego debe seguir acciones y recomendaciones establecidas en el plan de quema
- Al final del fuego debe asegurarse y constatarse que el fuego quede totalmente apagado
- Para ingresar, los cortadores deben dar un espacio de tiempo prudencial entre final del fuego y corta.

Ese mismo autor menciona y cita que para evitar sufrir riesgos peligrosos e innecesarios, *“La primera y considerada mejor decisión de ser viable y factible es no quemar, pues definitivamente lo fresco y natural es lo preferible; pero si las condiciones lo exigen y en acopio de hacer valer su derecho decide hacerlo acogiéndose al marco legal, es obligado entonces adoptar y cumplir sin cuestionamiento alguno todas las medidas técnicas y reglamentarias pertinentes y exigidas.”*

Vale reconocer que la Zona Norte no es por antecedente conocido, una región que tenga, como otras, un empleo amplio de la quema como recurso para facilitar cosecha, como lo revela la experiencia comercial del lugar. Se estima con buena aproximación que cerca del 85% de la caña de la región se cosecha verde sin quemar (cruda), lo que representa un ejemplo de manejo biológico de las plantaciones comerciales.

Ésta feliz y afortunada decisión de los productores del lugar, viene siendo además complementada con el desarrollo de sendos programas de producción de caña y azúcar orgánica, como lo demuestran los emprendimientos empresariales desarrollados actualmente en las localidades de El Estero de Pocosol, San Josecito, Cutris, Platanar y Florencia en San Carlos; además de El Amparo y Arco Iris en el cantón de Los Chiles (Figura 60).



Figura 60. Producción de caña de azúcar orgánica en Los Chiles.

Sobre el tópico de las quemas se ha generado y dispone actualmente de mucha información técnica e institucional que está disponible y accesible a quien lo requiera en la dirección www.laica.co.cr/biblioteca, en torno al procedimiento administrativo que debe seguirse para formular la solicitud del Permiso de Quema; la misma involucra también los aspectos técnicos implicados en el desarrollo óptimo y prudente de la práctica, como lo indican Chaves y Bermúdez (2006ab) y Chaves (2009, 2013, 2017a, 2021). No puede obviarse que la quema es una práctica peligrosa y de muy alto riesgo, que debe manejarse con la prudencia y máxima responsabilidad posible, virtud de las consecuencias penales y civiles que pueden derivarse de su mal uso.

19.6 Cosecha correcta y oportuna.

Con el fin de consumir satisfactoriamente y llevar a buen término de cumplimiento todo el esfuerzo técnico, administrativo y empresarial realizado durante el período de tiempo transcurrido entre siembra y cosecha, en el cual han debido desarrollarse actividades muy diversas y complejas en las áreas de siembra, mantenimiento y renovación de plantaciones comerciales, donde intervienen de manera positiva y negativa factores bióticos y abióticos; es necesario considerar, integrar, articular

y armonizar las mismas buscando su optimización. Debe actuarse para ello de forma tal, que las inversiones realizadas aseguren un buen retorno económico, lo que obliga a planificar la cosecha para que las actividades se realicen de manera articulada y oportuna, permitiendo alcanzar las metas de productividad agroindustrial establecidas en un principio. Datos confiables revelan que en la Zona Norte cerca del 75% de la cosecha se realiza en forma mecánica y el 25% manual.

Para procurar satisfacer y cumplir a cabalidad con los planes, metas y objetivos previamente trazados, aplicados específicamente a la Región Norte, es imperativo y prudente considerar los siguientes elementos y trabajar sobre ellos:

- a) **Fijar metas y llevar registros:** Previo a realizar cualquier labor de campo es necesario y de mucho valor que se fijen metas de producción agroindustrial de cada lote por cosechar; lo cual crea una sana expectativa por cumplir. Resulta inaceptable no fijar metas de producción, pero, sobre todo, no trabajar por su cumplimiento. Dicha propuesta debe establecerse basada en antecedentes y proyecciones, empleando indicadores confiables y objetivos, concordantes con el manejo y estado vegetativo real de la plantación; evitando crear posibilidades fuera de posibilidad. Llevar registros detallados con indicadores reveladores siempre es valioso, pues permite proyectar la productividad y la rentabilidad, al traducirlos en costos e ingresos potenciales y reales. Las metas fijadas deben ser realistas y alcanzables, acordes con la condición de la plantación y el potencial disponible y accesible; no deben nunca salir de contexto.
- b) **Conocer la disponibilidad de mano de obra en el lugar:** Dado que en esta región parte de la cosecha es manual practicando también la mecánica en forma extensiva y mayoritaria, es de vital importancia conocer la cantidad y calidad de cortadores con que se cuenta para que la operación sea oportuna y los resultados agroindustriales sean los mejores.
- c) **Programar la época de inicio y final de cosecha:** Esta medida permitirá ubicar la cosecha de las plantaciones en el período y condiciones ambientales de mejores rendimientos agroindustriales (febrero-abril). Contraproducente sería arrancar o finalizar la cosecha cuando a la caña le falta madurez o las condiciones ambientales son inadecuadas. Este tema resulta de trascendencia en la zona, ya que es común encontrar plantaciones en transición o en fase de “enciclaje” entre periodos, debido a problemas surgidos con la cosecha, desfasándolas ($\pm$) de su periodo adecuado de cosecha.
- d) **Conocer la necesidad y capacidad de transporte:** La medida es importante porque asegura que la materia prima llegue al ingenio fresca y en condiciones óptimas de procesamiento; evitando, por el contrario, sufrir deterioro de su calidad por retraso en el transporte al ingenio. El deterioro en esta región es por razones climáticas, como fue explicado, muy dinámico. Mucho del esfuerzo en producir buena materia prima en el campo, se pierde lamentablemente por descuidos acontecidos en esta operación.
- e) **Establecer el ritmo sistemático de cosecha según grado de maduración:** Es imperativo ubicar las variedades que se cosecharán de acuerdo con su época más óptima de maduración, con el objeto de definir, articular y secuenciar las prioridades de corta según se trate de variedades de maduración temprana, intermedias o tardías. Debe definirse y planificarse un programa sistemático de cosecha ubicado por lote y variedad.
- f) **Disponer información de madurez veraz:** Para cosechar lotes en un estado de óptima concentración de sacarosa, es necesario no solo conocer su tendencia de madurez; sino también su condición real, para lo cual es recomendable llevar una medición y valoración

de campo del mismo. Esto se logra levantando y estableciendo su curva de maduración mediante muestreos oportunos y representativos de campo.

- g) **Conocer la edad y el estado fenológico de las plantaciones:** Dado que la edad está asociada directamente con el rendimiento agrícola potencial, su conocimiento resulta incuestionable. En la Zona Norte una plantación que se coseche a los 12-13 meses debe validarse y ubicarse estratégicamente, pues es una propiedad intrínseca y muy particular de cada variedad que no puede tampoco generalizarse a todos los clones. Resulta inconcebible e inaceptable perder sacarosa por irrespeto a un factor tan simple.
- h) **Disponer de información climática:** No cabe la menor duda que la región de San Carlos-Los Chiles presenta una condición climática heterogénea, inestable y muy variable aún en periodos de tiempo muy cortos, virtud de los cambios drásticos que se dan en sus elementos básicos, como son lluvia, temperatura, luz, viento, humedad ambiente, evapotranspiración. Esta particularidad merece en la medida de las posibilidades, conocerse de previo a desarrollar cualquier labor, muy particularmente la cosecha, involucrando entre ellas la posible quema de las plantaciones. Existen en el país y la región fuentes de información confiables que pueden ser consultadas oportunamente.

19.7 Corta.

La corta de la caña sea manual o mecánica es una labor muy importante que parece en principio fácil y muy sencilla, pero cuando es ejecutada con la calidad debida requiere implementar elementos de control que la hacen un tanto compleja, por cuanto intervienen dos factores fundamentales, como son: Programación y Fiscalización del proceso. La gestión va orientada a buscar maximizar beneficios, reducir y minimizar costos y pérdidas, promoviendo con ello una adecuada recuperación de la sacarosa en la fábrica (Figura 61). Para esto, deben cumplirse obligadamente varios requisitos, como son entre otros los siguientes:

- **Corte a ras de suelo:** La sección basal del tallo es la más rica en sacarosa, de manera que si el corte se hace alto dejando un tocón alto (trozo basal de caña) se van a tener pérdidas importantes del endulzante que queda desperdiciado en el campo; motivo por el cual lo obligado y recomendable es cortar el tallo a ras de suelo. Cuando se deja un tocón no sólo se pierde azúcar, sino también se favorece potencialmente el ataque de plagas como los taladradores, el picudo rayado y el desarrollo de los tallos futuros no es el mejor pues se muestran débiles y frágiles. Es recomendable siempre fiscalizar el proceso de corta.
- **Despunte o descogolle:** El cogollo debe eliminarse a una altura adecuada, pues como bien se sabe, esta sección del tallo posee un muy bajo contenido en sacarosa pues es un punto de crecimiento activo. Cuando se da la floración, el corcho que se forma como consecuencia de este estado biológico, debe eliminarse, pues no posee jugo, ni azúcar, siendo por ello parte de la denominada “materia extraña” no industrializable. El corte superior debe ser el más adecuado, procurando no sea muy alto pues introduce al ingenio material no azucarado; o, por el contrario, muy bajo, pues se deja en el campo parte del tallo conteniendo azúcar. Se dice que el punto de corte se establece donde la caña quiebra naturalmente al doblarla en su sección superior. Como se anotó oportunamente, cuando se aplican madurantes el corte superior debe elevarse unos nudos más, lo cual debe valorarse y ubicarse evitando dejar azúcar en el campo.
- **Eliminar “materia extraña”:** Los tallos cosechados deben quedar lo más limpios posible, sin hojas secas, hojas verdes, tallos secos, mamones, raíces, tierra, piedras, puntas de cogollo y malezas. Los mamones (tallos jóvenes inmaduros) deben permanecer en el cañal al igual que los tallos secos, pues no tienen interés industrial. Todo aquello que sea calificado como “basura

(trash)” o “materia extraña”, a la cual no se le pueda extraer sacarosa, debe evitarse enviarla a la fábrica de azúcar pues encarece el proceso y baja la calidad del material por moler. En el sistema de compra y pago de la caña por su calidad en Costa Rica, si el contenido de materia extraña es alto, el método castiga severamente el rendimiento industrial, por lo que es estrictamente necesario que la materia prima entregada tenga una excelente buena calidad, limpieza y frescura, como lo anotaran Chaves (1984) y Rivera y Chaves (2003).



Figura 61. Labores de cosecha de plantaciones de caña realizadas en la Zona Norte.

19.8 Destronque.

El destronque corresponde a la práctica por medio de la cual se procede con la eliminación de los “tocones” (trozos basales de tallo) que quedan en el campo luego de realizada la cosecha, debido a un mal corte (muy alto) de los tallos que no se efectuó a ras del suelo como correspondía. Esta práctica favorece una mejor brotación posterior de los tallos de la caña y reduce el ataque de plagas y enfermedades. Ocasionalmente esta labor debe realizarse en el caso de la cosecha mecánica, en plantaciones de caña planta, áreas sin nivelación o en terrenos donde hay presencia de piedra, debido a que se tienen que levantar las cuchillas de la cosechadora para efectuar el corte. En cosecha manual el destronque no es necesario excepto en casos muy calificados, donde el corte no ha sido bueno (muy alto) y la fiscalización de cosecha ha estado ausente. Por este motivo, es necesario contar con la supervisión y control permanente de los cortadores durante la cosecha, para asegurar que el corte de los tallos de la caña se haga correctamente, a ras de suelo.

19.9 Remanga.

Esta antigua práctica consiste en recoger los residuos de biomasa producto de la cosecha para acordarlos a lo largo del entresurco, o en su caso, ubicarla en puntos específicos (Figura 62). Es una práctica típica de caña soca. La labor se realiza para facilitar el brote de los nuevos retoños, facilitar y viabilizar las demás labores de cultivo que deben efectuarse posteriormente. La paja remanente que queda en el entresurco (hojas verdes, secas, mamones) se convierte en una barrera física para el desarrollo de malezas, retardando la emergencia de las mismas, retiene humedad, reduce la erosión y constituye un aporte importante de materia orgánica cuando ocurra la descomposición (mineralización) de este material. Se recomienda realizar esta labor a más tardar una semana después de ocurrida la cosecha de la plantación. En el caso de la caña cortada manualmente, la cantidad y calidad de los residuos es alta, lo que entorpece su manipulación en el

campo, motivado principalmente por dos razones que lo dificultan: 1) no poder usar equipo mecánico y 2) en zonas de alta humedad como la norte, el peso y la facilidad de arrastre del material se dificulta y obstaculiza sensiblemente.



Figura 62. Residuo biomásico post cosecha de plantación cortada en verde y quemada.

19.10 Transporte.

Uno de los aspectos fundamentales que debe cumplir el transporte utilizado en la actividad azucarera es que la movilización de la materia prima se efectúe lo más rápido posible, con lo cual se asegura la frescura y calidad de la misma y, que, por el contrario, no ocurran pérdidas por causa de inversión de los azúcares propia de la descomposición post cosecha, como lo anotara Chaves (2019fg, 2020a).

En la Región Norte existen al igual que acontece en otras regiones, dos sistemas o rutas tradicionales de recibo y transporte que condicionan de alguna manera la capacidad de las unidades de carga empleadas. Una de ellas es la ruta que inicia desde la plantación de caña al centro de acopio mejor conocido como “grúa” o punto de recibo; en cuyo caso la materia prima se moviliza comúnmente en tractores de llantas (chapulines) de 80 a 100 caballos de fuerza, utilizando carretas (trailers) conocidas como “cachonas” cuya capacidad varía de 3 a 4 toneladas métricas (Figura 63). La segunda ruta es la que transporta la materia prima desde el centro de acopio al ingenio. En esta ruta se utilizan camiones cuya capacidad de transporte es mayor, variando desde 10 a 25 toneladas métricas, los cuales permiten llevar un mayor volumen y alcanzar un ahorro importante en costos unitarios (\$/t). Este método es muy empleado por los ingenios y empresas grandes. Los medios de transporte de capacidad inferior correspondiente a camiones pequeños son empleados en localidades que tienen problemas de acceso y limitantes por vías angostas y topografía quebrada.

El transporte representa un rubro cuyo costo es alto en la estructura general de gastos, al significar aproximadamente un 10,4% y 19,6% de los costos totales (siembra, mantenimiento y cosecha) de la región en los ciclos de caña planta y soca, respectivamente. Asimismo, el acarreo de caña tiene una significativa representación del 35,5% exclusivamente en los costos de cosecha en ambos ciclos, como lo muestra el Cuadro 25. El uso de unidades de transporte con alta capacidad de carga influye positiva y significativamente en la reducción del costo vinculado, cuando comparado con respecto a la utilización de unidades pequeñas o medianas, sobre todo si las distancias son lejanas.



Figura 63. Transporte y recibo de la caña en el ingenio.

19.11 Molienda.

La molienda consiste en hacer pasar los tallos de la materia prima (caña) preparada para ese fin por masas grandes y pesadas, con el objeto de extraer por compresión el jugo contenido en los mismos. El conjunto de tres masas se llama molino (algunos ingenios modernos tienen incorporada una cuarta masa). La caña preparada pasa por varios molinos (cinco molinos), en cada uno de los cuales, excepto el primero, se adiciona al bagazo agua caliente o jugo residual de los últimos molinos, con la finalidad de embeber las células y poder extraer la mayor cantidad de jugo contenida en las mismas; proceso denominado imbibición. Se considera una buena extracción de sacarosa aquella en la cual durante la molienda es posible extraer el 95% o más del jugo que contiene la caña. Concluida la extracción, sale el bagazo residual del último molino, el cual mantiene una humedad entre el 47 y 50% y alguna cantidad de sacarosa que no pudo ser extraída pues se encuentra fuertemente retenida, y el costo involucrado para ese fin es alto y no resulta rentable recuperarla.

La molienda debe ser en su esencia un proceso continuo para que la fábrica sea eficiente y rentable, para lo cual, es imperativo y necesario que siempre se cuente con suficiente materia prima fresca de calidad y que la logística de cosecha y transporte permita el abastecimiento permanente del ingenio; lo que impedirá la inconveniente existencia de “tiempos perdidos” por falta de caña.

20. Problemas y limitantes.

Conocer con detalle los problemas, dificultades y limitantes que posee una región agrícola resulta incuestionablemente de elemental importancia y enorme trascendencia para la correcta y oportuna toma de decisiones, en consideración de que, a partir de ello, es viable establecer los vínculos, relaciones e interacciones que pueden explicar las razones de algunas actuaciones de los productores; por ejemplo ¿es la problemática y preocupación del agricultor de origen tecnológico o más de corte económico? ¿preocupa el tema climático y sus efectos en la región?

Con ese objetivo DIECA realizó en el año 2018 una consulta nacional en torno al tema cuyos resultados se exponen en el documento intitulado: **“Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: opinión del agricultor”**, como lo anotan Chaves y compañeros (2019). En el caso de la Región Norte se consultó directamente a 38 productores de caña de diversas características, que representaron un 3,71% del total de entregadores reportados en esa zafra (1.025), quienes emitieron criterio y respuesta libre y abierta a la pregunta ¿Cite 3 asuntos que limitan o impiden su actividad como productor de caña?

De acuerdo con las 114 respuestas recabadas se encontró que el 64,9% de las limitantes mencionadas por los agricultores consultados correspondió a tópicos de carácter Económico, el 28,9% a Institucionales, un 3,5% a limitantes de índole Tecnológico, un 0,88% a temas de contenido Ambiental, un 0,88% a los de naturaleza Industrial y el 0,88% restante a Asuntos Varios (diversos); ninguno de los consultados manifestó tener problemas asociados con Equipo y Maquinaria. Todas las respuestas se emitieron en grado de prioridad variable como lo determinó el estudio.

En lo específico y ordenados por su importancia, los 13 asuntos mencionados en dicha encuesta calificados como problemáticos, se presentan de manera genérica y por prioridad en el Cuadro 24. Como se infiere del mismo, los tópicos relacionados con temas estrictamente técnicos son bastante escasos, limitándose a los tres siguientes: 1) Problemas con plagas, 2) Problemas vinculados con la cosecha y 3) Falta semilla de calidad. De ellos no hubo ninguna mención con carácter de prioridad uno, lo que es muy revelador de la percepción y trascendencia para los agricultores consultados de los asuntos vinculados con la tecnología de campo. Solo el tema #1 fue citado como prioridad dos, el resto en la tercera. En sentido contrario pareciera concluirse que hay satisfacción con las variedades disponibles y no ser el clima tampoco un factor limitante como podría creerse.

Cuadro 24. Principales problemas y limitantes citados (13) por los agricultores de caña de azúcar de la ZONA NORTE según importancia y prioridad. Año 2018.							
N°	Problema / Limitante	Área Temática	Grado de Prioridad			Total	
			Primera	Segunda	Tercera	N°	%
1	Bajos predios pagados por el azúcar	ECONÓMICA	32	3	1	36	31,58
2	Problemas con cuota y extracuota	INSTITUCIONAL		8	21	29	25,44
3	Altos costos de producción agrícola	ECONÓMICA	1	18	5	24	21,05
4	Pagos a la CCSS	ECONÓMICA	2	6	4	12	10,53
5	Escasez y limitaciones de mano de obra	INSTITUCIONAL	2		1	3	2,63
6	Falta financiamiento, crédito, intereses, bancos	ECONÓMICA	1	1		2	1,75
7	Problemas con plagas	TECNOLOGICA		1	1	2	1,75
8	Efectos e impacto por clima	AMBIENTAL			1	1	0,88
9	Poca ayuda y apoyo del Estado	INSTITUCIONAL			1	1	0,88
10	Relación con los Ingenios	INDUSTRIAL		1		1	0,88
11	No Respondió la consulta	VARIOS			1	1	0,88
12	Problemas vinculados con la cosecha	TECNOLOGICA			1	1	0,88
13	Falta semilla de calidad	TECNOLOGICA			1	1	0,88
Total			38	38	38	114	100

Nota: El porcentaje va referido al total de citaciones de la encuesta que fue de 114.

Fuente: Chaves *et al* (2019).

Con el objeto de profundizar un poco en torno a los principales problemas y limitantes de la región, mencionados por los agricultores con carácter y mención prioritaria, seguidamente se comentan los tres asuntos más relevantes, de mayor impacto y que más aquejan al agricultor de la región.

- **Precio pagado por el azúcar.**

Representa según el criterio del propio agricultor el factor considerado de mayor impacto que limita la actividad cañera en la Región Norte, lo cual se expresa en el bajo precio pagado al productor por concepto de azúcar; el cual, señalan, no ha mostrado en las últimas zafas una tendencia hacia el alza como era justo y esperable, pues, por el contrario, va en disminución. El 31,6% de las respuestas apuntaron a este asunto, lo que es muy significativo. En la zafa 2013-2014 el precio de liquidación final fue \$188,13 por el kg de azúcar, en las siguientes zafas se tuvo ligeras disminuciones, hasta llegar siete años después en la zafa 2019-2020 a \$177,80, lo que representa una disminución del 5,5% en ese corto período. Esta situación repercute de forma negativa y directa sobre la utilidad y capacidad de pago del productor de caña, dejando por ello de invertir en el cultivo, lo cual incide y afecta a su vez la productividad de las plantaciones; sobre todo por ser un efecto de carácter sistemático y acumulativo. La limitante ha conducido en otros casos, a retirarse por desmotivación de la actividad por razones de baja rentabilidad.

- **Cuota y extracuota.**

Lamentablemente este añejo y preocupante tema mantiene vigencia y mucha actualidad en esta región, la cual conserva junto con la Zona Sur, la mayor cantidad de productores independientes afectados e impactados por esta grave distorsión; que sumada al punto anterior, generan una condición de baja rentabilidad que poco incentiva y motiva a invertir en tecnología y manutención de sus plantaciones. El productor de caña de la región reciente mucho esta situación, la cual pese a las diversas y creativas fórmulas institucionales que se practican para solventarlo, persiste y mentalmente distrae. No hay duda que mucho de la fuga y salida de agricultores de la actividad viene auspiciada y favorecida por esta distorsión.

- **Costos de producción.**

Si los costos aumentan, la lógica es que igualmente los ingresos tengan un mejor o al menos similar comportamiento logrando una compensación que conduzca a la estabilidad. Sin embargo, tal como se indicó, en el caso de la agroindustria azucarera no ocurre lo mismo. Durante los últimos tres años (2017 al 2020) el costo por establecimiento y asistencia técnica de una hectárea de caña en ciclo de caña planta, experimentó un aumento del 37,1%, pasando de \$1.679.105 a \$2.302.142. Igual comparación cabe en el caso del ciclo de caña soca, donde el costo se incrementó en un 15,8% pasando de \$1.055.276 a \$1.221.606. Este problema agregado a los dos anteriores genera una condición de rentabilidad muy limitada. Con esta realidad financiera, el escenario alternativo que tiene el productor de caña es bajar costos y tratar de aumentar o mantener la productividad, lo cual es difícil, aunque posible en casos lamentablemente extraordinarios y muy escasos.

Inequívocamente, la falta de rentabilidad económica de la actividad productiva genera y se traslada a situaciones preocupantes en el campo que es fácil observar en la región, como son entre otras: a) no renovación de las plantaciones ya agotadas y de bajo potencial productivo, manteniendo una vida útil más prolongada de lo aceptable, b) uso de semilla de muy baja calidad, c) nutrición y fertilización insuficiente y desequilibrada, d) control inadecuado y deficiente de malezas, e) uso y mantenimiento de variedades de bajo potencial agroindustrial, f) mala preparación de terrenos para la siembra, g) limitado manejo agronómico de las plantaciones, lo que en el caso de los drenajes resulta muy grave, h) control fitosanitario de las plantaciones sin respuesta, i) carencia de medidas

de conservación y j) ausencia de control de madurez de las plantaciones próximas a cosecha, lo que impide optimizar las limitadas concentraciones de sacarosa.

- **Problemas con plagas.**

Como se comentó en el capítulo donde se abordó específicamente el tópico entomológico, las condiciones edafoclimáticas variables e inestables prevalecientes en la región son favorables a la presencia, reproducción y afectación fitosanitaria por plagas y patógenos. El problema de salivazo y taladradores es muy alto, lo que, al encontrar variedades susceptibles y plantaciones debilitadas por viejas y manejo deficiente, agudizan su ataque e impacto. DIECA ofrece el control biológico como mecanismo de control, el cual debe para ser efectivo, requiere estar incorporado a una estrategia de Manejo Integrado de Plantaciones (MIP), pues de lo contrario resulta insuficiente. La situación económica limitada y poco habilita, como se ha indicado, poder tener plantaciones fuertes que permitan confrontar el problema con posibilidades reales de éxito.

- **Producción y uso de semilla de calidad.**

La cultura de producir semilla en las fincas de los productores para renovar las plantaciones de caña que se tornan improductivas por sus bajos rendimientos agrícolas, no se ha logrado generalizar (con la excepción grupos muy pequeños), a pesar de los ingentes esfuerzos y campañas realizadas por DIECA en esa dirección. Procurando ofrecer opciones y facilitar la gestión, DIECA ha desarrollado en la región una labor de reproducir semilla mejorada de calidad vendida a precio de costo y pagadera con facilidades, con lo cual se ha tenido problemas por el desinterés que muestra la mayoría de productores. Como bien se tiene por demostrado, esta limitante repercute directamente sobre la vida útil económica de las plantaciones comerciales y también sobre la productividad de las mismas.

21. Materia prima de alta calidad.

Materia prima de alta calidad agroindustrial es un concepto amplio y complejo que tiene vínculo con varios factores que lo determinan, entre ellos: la variedad cultivada, las prácticas de cultivo implementadas, el control de madurez operado, cosecha con quema o sin quema, mecánica o manual, la corta de la plantación, el transporte de la materia prima, el tiempo transcurrido entre corta-molienda, la eficiencia del proceso industrial y las condiciones ambientales prevalecientes durante el periodo de maduración y cosecha, como lo señalaran con detalle Chaves (1984, 2019afgh, 2020abe) y Rivera y Chaves (2003). En esta materia son muchas las falencias, errores y omisiones que ocurren antes, durante y posteriores al desarrollo del cultivo, que tienen incidencia directa sobre la calidad de la materia prima producida, cosechada y procesada, con las consecuencias correspondientes, como lo apuntara con mucho acierto Chaves (2015b).

En términos pragmáticos el concepto se materializa en producir y entregar al ingenio caña de una variedad con alta capacidad en concentración de azúcar, la cual ha recibido un adecuado manejo agronómico en el campo y ha sido cosechada en el momento óptimo de mayor rendimiento industrial; es decir, una caña madura, cuyos tallos molederos se muestran libres de materia extraña, están frescos, con un adecuado despunte y destronque. Esta materia prima al ser analizada en el laboratorio aplicando el sistema de compra y pago de la caña por su calidad, arrojará posiblemente valores satisfactorios en los indicadores industriales básicos (Brix, Sacarosa, Pureza, Fibra), lo que como consecuencia se traducirá en un alto valor en kilogramos de azúcar recuperada por tonelada molida; y más aún, en un alto rendimiento agroindustrial valorado en toneladas de azúcar/ha. El

contenido de basura varía significativamente con el sistema de cosecha empleado, estimándose que para corta y carga manual un 8% de materia extraña contenido en la entrega de caña, es un valor razonable.

Es un hecho comprobado que, en este escenario favorable, ganan el productor, el ingenio y la organización. Muy a tono con el tema vale rescatar y reiterar lo expresado por Chaves (2020e) al indicar, que *“El azúcar en el cultivo de la caña se produce en el campo y extrae en la fábrica; pues la fábrica no puede extraer más azúcar de la que contenga la planta de caña”*. Complementa el mismo autor con la verdad irrefutable de que *“Una excelente plantación de caña de azúcar que no cuente con un buen Ingenio para el procesamiento de su materia prima, representa simple maleza; de igual manera, un excelente Ingenio que no disponga de una materia prima de muy alta calidad procedente de una buena plantación de caña de azúcar, será simple chatarra.”*

22. Entrega y recibo de caña.

En la medida de lo posible hay que procurar que, en el periodo de tiempo transcurrido entre la cosecha y la entrega de caña al ingenio, se invierta y transcurra el menor tiempo posible, siendo deseable un máximo de 24 horas para garantizar la frescura y calidad de la materia prima; sobre todo si la misma procede de una plantación sometida a quema. Como bien se sabe, la caña al llegar a la fábrica debe cumplir y satisfacer el protocolo y proceso de valoración establecido por el sistema de pago de la caña por su calidad, para lo cual se realiza un muestreo empleando un equipo llamado *core sampler*. Dicho equipo mecánico extrae de dos puntos aleatorios de un royo (entrega) de caña una muestra uniforme y representativa, con un peso aproximado de 5 kg, la cual se desfibra, a partir de donde se toman 500 gr de material para extraerle el jugo en una prensa hidráulica. El jugo se analiza en el laboratorio midiendo los contenidos porcentuales de Brix, Pol, Pureza y Fibra o Torta Residual, con cuyos datos se calcula por fórmula el Rendimiento Industrial expresado en kilogramos de azúcar y miel por tonelada métrica de caña molida. Posteriormente, el ingenio debe confeccionar un documento, un recibo de caña con el nombre del productor y con los datos de esos indicadores industriales, más el peso (kg) de la caña entregada (Chaves *et al* 2018; Chaves 2019a).

23. Expectativa de producción potencial.

Con base en el contenido del Cuadro 1 y las Figuras 2, 3 y 4, se infiere que la región cañera de San Carlos y Los Chiles viene experimentando una situación algo inconsistente y errática de altibajos en sus índices de producción y productividad agroindustrial; con algunos leves incrementos, observados principalmente en la concentración de sacarosa (kg/t) y la caña cosechada (t/ha) que coadyuvaban al aumento en la productividad de azúcar (t/ha), Figuras 6, 7 y 8, tal como se puede apreciar en el historial productivo de las últimas 19 zafas (2000-01/2019-20). Es importante mencionar para fines interpretativos, que buena parte del incremento nominal observado en la producción, se ha debido más al aumento del área sembrada que a la mejora sustantiva en productividad. El área sembrada se incrementó en un 3,5% pasando de 8.934 a 9.248 hectáreas. En ese largo periodo de 19 zafas la producción, vale señalar, se aumentó en un impresionante +70,9% en cuanto a la cantidad de caña producida y procesada y +72,3% en el azúcar fabricado, lo que resulta satisfactorio y altamente significativo. En el capítulo inicial correspondiente se muestra la información requerida para establecer inferencias y conclusiones más específicas y puntuales. Es de esperar que la salida de caña de la región se incremente en los próximos años, auspiciada por la necesidad creciente de materia prima que mantienen los ingenios que operan en el Valle Central. El eventual ingreso del nuevo ingenio San Rafael marcará pauta en el futuro de la región.

24. Estructura de costos agrícolas.

El Cuadro 25 presenta un detalle de los costos promedio asociados con la siembra, mantenimiento y cosecha de una hectárea de caña de azúcar en la región media-baja de San Carlos y Los Chiles, aplicado para los ciclos vegetativos de caña planta y soca o retoño. Esta información es de gran importancia y valor para efectos de planificación y administración, pero también una referencia valiosa para identificar y controlar los gastos de las operaciones desarrolladas en cualquier iniciativa empresarial vinculada con la materia. Como es obvio entender, los valores son apenas referenciales de una propuesta productiva viable y factible de implementar en la región, que puede ser más elevada o por el contrario menos pretenciosa en cuanto a las expectativas de producción esperadas; a partir de lo cual se movilizan los valores considerados, pues a mayor intención y pretensión de productividad más se elevan los costos involucrados, aunque no necesariamente, vale señalarlo, de manera lineal y proporcional.

Como acontece con cualquier actividad empresarial, la orientación en esta determinante materia debe ir enfocada hacia dos objetivos primarios e inmediatos, como son: *bajar costos y elevar ingresos*; en cuya misión, *“...la reducción y optimización del gasto y el mejoramiento de los ingresos vía incremento de la productividad agroindustrial, constituye sin lugar a dudas la estrategia más practicable en la actualidad para procurar alcanzar altos réditos y utilidades”*, como anotaran Barrantes y Chaves (2021).

En torno a la estructura de costos agrícolas implicada y vinculada con la producción de caña de azúcar en esta localidad, es claro que la misma involucra y dispone costos que por su naturaleza pueden concebirse como fijos y otros como variables, pues están directamente asociados con actividades, labores y rubros muy diversos que intervienen e inciden directa o indirectamente con la producción de caña en el campo. En el caso de la Región Norte, la estructura de costos agrícolas para producir y cosechar caña se expone con algún detalle en el Cuadro 25. Se integran y anotan en dicha estructura las labores específicas realizadas durante la preparación de los suelos, destacando el valor que implica sembrar y establecer la plantación en el campo (49,6%), lo cual va en función de las características que presentan los suelos y el costo local pagado por las labores. El valor de la semilla no deja de ser importante al significar un 16% del costo total del primer corte; lo que sugiere ser prudente en su calidad con el fin de reducir la cantidad empleada (t/ha). Cabe señalar que el costo anotado por concepto de semilla aplica para el sistema tradicional, no el de “escalera” mencionado oportunamente, cuyo valor es significativamente inferior. La corrección de la acidez (4,8%) y la incorporación de nutrimentos mediante la fertilización química tienen una implicación financiera importante, pues significan el 12,3% de los gastos en caña planta y 10,7% en soca. Es destacable verificar el fuerte impacto que tienen los costos asociados con la cosecha de plantaciones, pues involucran en el ciclo planta un 29,4% y en ciclo de retoño un 55,3% del total de gastos estimados para la zona; en cuya determinación interviene e incide de manera significativa el tonelaje de caña producido y cosechado.

Con base en esta realidad económica y ante la imperiosa necesidad de incidir positiva y favorablemente sobre la rentabilidad y utilidad final generada; reducir y optimizar los costos de producción relacionados se convierte en la medida más viable de ajustar, ya que sobre el ingreso vía precio resulta muy difícil esperar cambios significativos en el corto plazo. Quedan por ello habilitadas solo las opciones de bajar y optimizar gastos y aumentar productividad agroindustrial para alcanzar esa ansiada meta; para lo cual se reiteran y recomiendan algunas medidas viables y factibles de ejecutar.

Cuadro 25.		
Costos agrícolas implicados en la siembra y manejo de una hectárea de caña de azúcar en la ZONA NORTE. Año 2020.		
Actividad	Costo (¢)	%
A. Establecimiento (Ciclo Planta)		
1. Preparación del terreno	296 000	12,86
2. Semilla (corta, alza y acarreo)	368 784	16,01
3. Siembra	214 008	9,29
4. Enmiendas (CaCO ₃)	111 000	4,82
5. Fertilización	153 150	6,65
Total Establecimiento	1 142 943	
Porcentaje (parcial)	49,65	
B. Primer Corte (Mantenimiento planta)		
6. Control de malezas	148 991	6,47
7. Aporca	30 000	1,30
8. Fertilización	130 951	5,68
9. Control de plagas	94 504	4,10
10. Mantenimiento de finca	78 753	3,42
11. Cosecha	676 000	29,36
Total Mantenimiento	1 159 199	
Porcentaje (parcial)	50,35	100
Total Primer Corte (¢)	2 302 142	
Total Primer Corte (US\$)	4 004	
Porcentaje (total)	100	
C. Segundo Corte (Ciclo Retoño)		
12. Remanga	47 252	3,86
13. Fertilización	130 951	10,71
14. Control de malezas	96 146	7,87
15. Control de plagas	162 504	13,31
16. Aporca	30 000	2,45
17. Mantenimiento de finca	78 753	6,45
18. Cosecha	676 000	55,35
Total Segundo Corte (¢)	1 221 606	100
Total Segundo Corte (US\$)	2 125	
Fuente: LAICA-DIECA (diciembre 2020).		
No incluye gastos financieros, herramientas, impuestos, depreciación, valor de tierra, mantenimiento de caminos, etc.		
Valor 1 (us\$) = ¢575.		

En torno a este tópico es oportuno mencionar que hasta donde sea posible, es imperativo renovar las plantaciones viejas y agotadas; pues es un contrasentido invertir en otras prácticas agrícolas de alto valor, que pocos beneficios generaran en esa situación particular. No puede productivamente reivindicarse y reconstituirse lo que ya está agotado. Otro aspecto de gran valor por atender y resolver, es utilizar variedades que posean una alta rusticidad, fitosanidad y capacidad potencial de concentración de sacarosa; asociado a la cosecha de materia prima de muy alta calidad. En lo que respecta a la productividad del cultivo, también es necesario y obligado concentrar esfuerzos técnicos y administrativos en aumentar el rendimiento agrícola (t caña/ha) que es bajo para el potencial de la zona; así como optimizar el rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha) con el fin de bajar el costo unitario de producción referenciado por tonelada métrica de azúcar fabricada. En lo concerniente al transporte de la materia prima se puede incidir mediante el empleo de unidades de carga de mayor capacidad, siempre y cuando las vías de acceso y las condiciones de infraestructura local lo permitan, pues el acarreo forma parte importante de la cosecha y su costo. La gestión técnica desarrollada en el campo debe tener siempre como referente la estructura de costos vinculada.

Con respecto a la semilla, es necesario virtud de su trascendencia bajar su costo utilizando una menor cantidad por hectárea sin afectar la germinación y la población de plantas; para lo cual surgen varias opciones ya validadas y comprobadas en la región, como es el sistema de siembra con esquejes colocados en posición horizontal (disposición de escalera) en el surco, separados cada 50 cm, el cual vale la pena implementar en la zona donde se pueda, pues se baja una cantidad considerable de semilla/ha y con ello su costo. La siembra con yemas vegetativas individuales pre brotadas, separadas también a 0,5 m entre plantas en la línea del surco de siembra, es otra modalidad interesante que reduce significativamente la cantidad de semilla a utilizar/ha, incidiendo consecuentemente sobre el costo implicado sin atentar sobre la calidad y la productividad.

Con respecto a la fertilización, es importante no pensar en reducir el costo bajando la cantidad y la calidad afectando la nutrición integral y equilibrada. Hay que pensar, por el contrario, en incorporar una nutrición balanceada y suficiente que eleve la productividad, para lo cual es necesario emplear fórmulas apropiadas en nutrimentos que aporten y satisfagan lo que el análisis de suelo indique. En el área de las malezas, es de vital importancia la implementación como criterio técnico y método de control efectivo en el campo, la utilización de herbicidas pre emergentes como la Pendimetalina; pues caso contrario, el costo de controlar las malezas se dispara y el rendimiento agroindustrial posiblemente se mantendrá en niveles bajos por la competencia. Reducir el banco de semillas de malezas es un reto de todos los cañeros, para lo cual el empleo del control pre emergente es la vía correcta para lograrlo. Finalmente, y aunque no forme parte de la estructura general de costos anotada en el Cuadro 25, la adopción e incorporación de medidas de conservación de recursos naturales resulta un sano y excelente negocio, cuyo beneficio se materializa en evitar pérdidas irrecuperables de suelos y biodiversidad, que constituyen parte del patrimonio inalienable e innegociable del agricultor.

25. Cronograma de actividades.

En la Figura 64 se expone un detalle gráfico (teórico) de las actividades más habituales y ordinarias desarrolladas en el campo en la zona medio-baja (30-680 msnm) de San Carlos y Los Chiles, contextualizadas y ubicadas secuencialmente en el tiempo, lo que facilita planificar, organizar y programar las acciones a desarrollar para su correcta y oportuna ejecución. La variación en los tiempos es marcada pues depende de varios factores que los determinan, como son entre otros: época de siembra y/o cosecha de la plantación, variedad sembrada, condiciones del clima prevalecientes, disponibilidad de equipo y maquinaria, características de madurez del clon, edad prevista para cosecha, tamaño del lote y la finca, fecha asignada para entrega de la caña al ingenio, entre otros.

Figura 64. Cronograma de actividades, labores y prácticas por ejecutar según mes en la ZONA NORTE.												
Labor / Práctica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<i>Preparación de Suelo</i>												
1er- Pase de Rastra												
Pase de subsolador												
2do. Pase de Rastra												
Aplicación de Enmienda calcarea												
Surcada												
<i>Siembra</i>												
Riega-Pica y Tapa de Semilla												
Aplicación abono orgánico												
Adición fertilizante Fosforado al surco												
<i>Mantenimiento de Plantación</i>												
1ª. Aplicación herbicidas (pre-emergente)												
I Fertilización complementaria												
II Fertilización complementaria												
2da. Aplicación herbicidas (parchoneo)												
Subsolada y aporca (3er Corte)												
Monitoreo de Plagas												
Control de Plagas												
<i>Cosecha y Transporte</i>												
Muestreos de madurez												
Corta, Carga y Transporte												
Remanga												

26. Literatura citada.

- 1) Alfaro Portugués, R. 2019. **Tensoactivos coadyuvantes en el control químico de malezas.** Grecia, Costa Rica. 54 p.
- 2) Angulo, A.; Chaves, M. 1999. **Interacción de la fertilización orgánica/inorgánica sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Promedio de cuatro cosechas. Cañas, Guanacaste.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 75. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 174. También en: Congreso de ATACORI “Randall E. Mora A.”, 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 101-102.
- 3) Angulo Marchena, A.; Rodríguez Rodríguez, M.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Guanacaste.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 78 p.
- 4) Araya Vindas, A. 2015. **Los Chiles, una zona nueva en la producción de caña de azúcar, Costa Rica.** Revista Entre Cañeros N° 1. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, agosto. p: 10-20.
- 5) Araya Vindas, A.; Oviedo Alfaro, M.; Durán, J.R. 2015. **Evaluación de 18 variedades de caña de azúcar durante tres cosechas en un suelo Ultisol en la Región de Los Chiles de Alajuela, Costa Rica.** En: Congreso Tecnológico DIECA 2015, 6, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 20 y 21 de agosto del 2015. 12 p.
- 6) Arcila Arias, J. 1986. **Maduración química de la caña de azúcar.** En: El cultivo de la caña de azúcar. Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). Memorias del curso dictado en Cali, Colombia, julio 28 a agosto 1. p: 323-347.
- 7) Arias Aguilar, GA. 1999. **Periodo crítico de interferencia por malezas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), ciclo planta, variedad PINDAR en el Ingenio Quebrada Azul, San Carlos, Costa Rica.** Tesis Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos, Departamento de Agronomía. 104 p.
- 8) Barquero Madrigal E. 1989. **Respuesta de la caña de azúcar cv Pindar, al encalado y la fertilización fosfórica, en Arenal de San Carlos.** Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 69 p.
- 9) Barrantes Mora, J.C.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Sur.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 75 p.
- 10) Calderón Araya, G.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Turrialba.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 95 p.
- 11) 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.
- 12) Chavarría Soto, E. 2017a. **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.
 - 13) Chavarría Soto, E. 2017b. **Brochure producción de semilla de caña de azúcar.** Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Grecia, Costa Rica. 4 p.
 - 14) Chaves Solera, M.A. 1983. **Es tiempo de iniciar el control de madurez de sus cañales.** Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 1, N° 3, San José, noviembre. p: 2-3. *También en:* Revista El Agricultor Costarricense 43(3-4): 41-42. 1985. *También en:* Boletín Informativo DIECA. N° 23. Año 4. 1986. 3 p.
 - 15) Chaves Solera, M.A. 1984. **La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales.** Boletín Informativo DIECA. Año 2, N° 7, San José, marzo. 3 p. *También en:* El Agricultor Costarricense 40(3-4):62-66, 1984.
 - 16) Chaves Solera, M.A. 1987. **Uso del codal en siembras al contorno de caña de azúcar.** En: Sumario. Programa de Divulgación, Información Técnica y Científica. IMPA, Córdoba, Veracruz, México. Mayo-agosto. p: 19-20.
 - 17) Chaves Solera, M.A. 1988. **Efeito de Relações Ca:Mg, utilizando Carbonatos e Sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar.** Tesis Magister Scientiae. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 186 p.
 - 18) Chaves Solera, M.A.; Aguilar Quirós, F. 1991. **Caña de azúcar (*Saccharum spp* gramineae).** San José, Costa Rica. CONITTA/MAG/UNED, Serie ITTA No. 4, San José. 33 p.
 - 19) Chaves Solera, M.A. 1993. **Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, junio. 41 p.
 - 20) Chaves Solera, M.A.; Alvarado H., A. 1994. **Manejo de la fertilización en plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de ladera de Costa Rica.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 41 p. *También en:* Memorias. 15th World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Volumen 7a. p: 353-372.
 - 21) Chaves Solera, M.A. 1995. **Los coadyuvantes: clave del éxito en la aplicación efectiva y eficiente de plaguicidas.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 161 p. *También en:* Seminario identificación, manejo y control de malezas en caña de azúcar, Coopevictoria, Grecia, Costa Rica, 2017. Memoria. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 161 p.
 - 22) 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.
 - 23) Chaves, M. 1999a. **La práctica del encalado de los suelos cañeros en Costa Rica.** En: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999.

- Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 216-223.
- 24) Chaves Solera, M. 1999b. **El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
 - 25) Chaves, M. 1999c. **Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 193-214. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 46-67.
 - 26) Chaves Solera, M. 2002. **Corrección de suelos ácidos para cultivar caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 8 p.
 - 27) Chaves Solera, M.; Bermúdez Loria, A.Z. 2006a. **Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 248-253. También en: Revista PROCAÑA, Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador. 2016. Edición Especial Año 5, Volumen 13, páginas 34-36.
 - 28) Chaves Solera, M.; Bermúdez Loria, A.Z. 2006b. **Consideraciones para la quema tecnificada de una plantación comercial de caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 254-260.
 - 29) Chaves Solera, M. 2009. **Solicitud del permiso y presentación del plan de quema controlada de una plantación comercial de caña de azúcar: desarrollo de un ejemplo práctico.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 16 p.
 - 30) Chaves Solera, M.; Chavarría Soto, E. 2011. **Programa nacional para la producción de semilla mejorada de caña de azúcar en Costa Rica.** LAICA-DIECA, San José, Costa Rica, agosto. 22 p.
 - 31) Chaves Solera, M. 2013. **Comentarios generales en torno a la práctica de quemar las plantaciones de caña de azúcar para su cosecha: el caso de Costa Rica.** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20, "MSc Marco A. Chaves Solera". Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 11-13 de setiembre. Tomo I. p: 165-178.
 - 32) Chaves Solera, M.A. 2014. **Dinámica de las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente en la región de Guanacaste, Costa Rica.** En: Congreso de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y El Caribe, 9, 2014, San José, Costa Rica. Memoria. Heredia, Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y El Caribe (ATALAC), agosto. p: 59-68.

- 33) Chaves Solera, M.A. 2015a. **1940: inicio de la historia institucional del sector azucarero costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. 28 p.
- 34) Chaves Solera, M.A. 2015b. **Errores y omisiones técnico-administrativas que sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 16 p.
- 35) Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2017. **Aproximación taxonómica y territorial de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. I. ORDENES DE SUELO**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 55 p.
- 36) Chaves Solera, M.A. 2017a. **Permiso para quemar cañaverales ¿Qué debo hacer? ¿Cómo debo actuar?** Revista Entre Cañeros N° 7. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, enero. p: 19-28.
- 37) 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.
- 38) Chaves Solera, M.A. 2017c. **Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- 39) Chaves Solera, M.A. 2017d. **Floración en la Caña de Azúcar**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.
- 40) Chaves Solera, M.A. 2017e. **La Caña de Azúcar en el Censo Nacional Agropecuario Costarricense Año 2014: presentación de resultados**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 41 p.
- 41) Chaves Solera, M.A. 2017f. **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.
- 42) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. **Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Período 2004-2016 (13 zafras)**. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 75 p. También en: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- 43) 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.

- 44) 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.
- 45) Chaves Solera, M.A. 2018c. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Región Norte (San Carlos-Los Chiles), Costa Rica, durante el periodo 1986-2016 (30 años)**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 24 p.
- 46) Chaves Solera, M.A.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Calderón Araya, G.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, M.; Barquero Madrigal, E. 2019. **Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: *opinión del agricultor***. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 122 p.
- 47) Chaves Solera, M.A. 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.
- 48) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en Los Chiles, Zona Norte, Costa Rica, durante el periodo 2000-2016 (17 años)**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 25 p.
- 49) Chaves Solera, M.A. 2019c. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- 50) Chaves Solera, M.A. 2019d. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
- 51) 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.
- 52) 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.
- 53) Chaves Solera, M.A. 2019g. **Incidencia de las bajas temperaturas en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar: *el caso de Costa Rica***. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(17): 6-10, noviembre-diciembre.
- 54) Chaves Solera, M.A. 2019h. **Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(16): 5-9, octubre-noviembre.
- 55) Chaves Solera, M.A. 2019i. **Humedad y compactación de suelos en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(6): 4-6, junio-julio.
- 56) Chaves Solera, M.A. 2019j. **Relación agua-suelo en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(10): 5-7, agosto-setiembre.
- 57) Chaves Solera, M.A. 2020a. **Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(1): 5-12, enero.

- 58) Chaves Solera, M.A. 2020b. **Arrancó la cosecha de caña y la fabricación de azúcar en Costa Rica ¡El tiempo, constituye un factor determinante a considerar y tener presente en esta operación agroindustrial!** Revista Entre Cañeros N° 14. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 4-19.
- 59) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.
- 60) Chaves Solera, M.A. 2020d. **Clima y erosión de suelos en caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(16): 7-16, agosto.
- 61) Chaves Solera, M.A. 2020e. **El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica: una verdad incuestionable.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(19): 6-13, setiembre.
- 62) Chaves Solera, M.A. 2020f. **Pasado, Presente y Futuro de DIECA. INFORME FINAL RENDICIÓN DE CUENTAS. Periodo 1990 - 2020 (30 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 133 p.
- 63) Chaves Solera, M.A. 2020g. **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.
- 64) Chaves Solera, M.A. 2020h. **Sistema radicular de la caña de azúcar y ambiente propicio para su desarrollo en el suelo.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(13): 6-18, junio. *También en:* Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 51-71.
- 65) Chaves Solera, M.A. 2020i. **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.
- 66) Chaves Solera, M.A. 2020j. **Clima, acidez del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(18): 8-17, agosto.
- 67) Chaves Solera, M.A. 2020k. **Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno para la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(21): 6-16, octubre.
- 68) Chaves Solera, M.A. 2020l. **Abono verde, consociación y rotación de cultivos en caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(22): 5-19, octubre.
- 69) Chaves Solera, M.A. 2020m. **Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- 70) Chaves Solera, M.A. 2020n. **Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(15): 5-13, julio.
- 71) 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.
- 72) 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.

- 73) Chaves Solera, M.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, A.; Barquero Madrigal, E.; Calderón Araya, G. 2020. **Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2019**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 166 p.
- 74) Chaves Solera, M.A. 2021. **Cuidados y prevenciones con la quema de plantaciones de caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(3): 5-14, febrero.
- 75) Costa Rica. 2009. **Decreto Ejecutivo N° 35368-MAG-S-MINAET. Reglamento para Quemadas Agrícolas Controladas**. Publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 147 del 30 de Julio de 2009. p: 2-5.
- 76) DIECA. 1990. **Recomendaciones técnicas para el cultivo de la caña de azúcar en la Región de San Carlos**. En: Recomendaciones Técnicas para el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica. San José. DIECA-LAICA, agosto. p: 12-17.
- 77) DIECA. 2020a. **Programa de variedades. Informe de resultados 2019**. San Jose, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. p: 51-55.
- 78) DIECA. 2020b. **VARIEDAD LAICA 12-340. Recomendada para la Región Norte**. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 11 p.
- 79) DIECA. 2020c. **VARIEDAD LAICA 08-390. Recomendada para la Región Norte**. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 9 p.
- 80) Durán Alfaro, J.R.; Oviedo Alfaro, M. 2012. **Catálogo de variedades de caña de azúcar cultivadas en algunas regiones cañeras de Costa Rica**. Grecia, Costa Rica. DIECA-LAICA, diciembre. 48 p.
- 81) Durán Alfaro, J.R.; Oviedo Alfaro, M.; Carvajal Quesada, P.; Araya Vindas, A.; Vargas Miranda, J.E.; Quesada Brenes, C.; Fonseca, R. 2018. **Desarrollo de Nuevas Variedades de Caña de Azúcar en la Región Norte**. 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. 23 p.
- 82) Koike, H. 1988. **Sugar-cane diseases: a guide for field identification**. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 127 p.
- 83) LAICA. 1998. **LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998**. San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- 84) LAICA. 2000. **DECRETO N° 28665 - MAG. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998**. Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.
- 85) León Sáenz, J.; Arroyo Blanco, N. 2012. **Desarrollo Histórico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar en el Siglo XX: Aspectos económicos, institucionales y tecnológicos**. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica: Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas. 256 p.
- 86) MAG. 1974. **Caña de Azúcar**. En: Manual de Recomendaciones: cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Boletín técnico N° 62. p: 115-125.

- 87) Méndez, J.C.; Bertsch H., F. 2012. **Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica**. 1ed. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 108 p.
- 88) Ovalle, W. 2018. **Guía para la identificación de enfermedades de la caña de azúcar** (en línea). Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICANA. Programa de variedades, área de fitopatología. Guatemala. 86 p. Consultado el 11 de oct. 2020. Disponible en <https://cenqicana.org/files/20180402164634311.pdf>.
- 89) Rivera Alfaro, D.; Chaves Solera, M.A. 2003. **Determinación de los contenidos de materia extraña en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. Cartago**. DIECA-Hacienda Juan Viñas S.A., setiembre. 109 p.
- 90) Rodríguez, J.M; Durán, J.R; Oviedo, M. 1999. **Estudio Comparativo de 14 Clones Comerciales de Caña de Azúcar en la Región de Los Chiles, Alajuela**. En: Congreso de ATACORI "*Randall E. Mora A.*", 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 38-40.
- 91) Sáenz Maroto, A. 1970. **Historia Agrícola de Costa Rica**. Universidad de Costa Rica, Publicaciones de la UCR, Serie Agronomía N° 12. p: 167-182.
- 92) Sáenz, C.; Salazar, J.D.; Rodríguez, A.; Alfaro, D.; Oviedo, R. 1999. **Manejo integrado del salivazo, *Aeneolamia sp* y *Prosapia sp* (HOM: CERCOPIDAE) en las regiones cañeras de Costa Rica**. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 155-159. *También en*: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 34-38.
- 93) 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.
- 94) 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.
- 95) Salazar Blanco, J.D.; Cadet Piedra, E.; Oviedo Alfaro, R.; Berrocal Kopper, R.; Araya Vindas, A. 2018. **Monitoreo y manejo del barrenador gigante del tallo de la caña de azúcar (*Telchin atymnius* Lepidóptera: Castniidae) en Costa Rica**. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y El Caribe (ATALAC), 11, y Congreso TECNICAÑA. Memoria Digital. 24-28 de setiembre 2018, Santiago de Cali, Colombia. 10 p.
- 96) Vargas, J. 2011. **Programa de Madurante: Comportamiento y análisis de 8 zafras en Central Azucarera Tempisque, S.A. CATSA. Guanacaste. Costa Rica**. En: Congreso Azucarero Nacional ATACORI "*MSc. Teresita Rodríguez Salas (†)*", 18, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 8 y 9 de setiembre del 2011. 16 p.
- 97) Villegas T., F.; Arcila A., J. 1995. **Uso de Madurantes**. En: El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Zona Azucarera de Colombia. Cassalet, C.; Torres, J.; Isaacs, C. (eds.). Cali, Colombia. p: 315-335.