



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

**GUÍA TÉCNICA
CULTIVO CAÑA DE AZÚCAR
REGIÓN: TURRIALBA**



**Gilberto Calderón Araya
Marco A. Chaves Solera**

**San José, Costa Rica
Diciembre 2020**

INDICE

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
3.3 Ubicación geográfica de plantaciones	14
3.4 Socioeconomía de la actividad cañera en la región	15
4. Producción de materia prima	16
5. Ciclo vegetativo	17
6. Zona de cultivo y producción	18
7. Clima del lugar	20
8. Suelos predominantes	23
8.1 Taxonomía del suelo	23
8.2 Relieve	24
9. Variedades de uso comercial	25
9.1 Caracterización de variedades comerciales	26
9.2 Variedades promisorias	30
10. Propagación	35
10.1 Semilla y semilleros (básicos y comerciales)	35
11. Preparación del terreno	36
11.1 Selección del terreno y ubicación	36
11.2 Levantamiento topográfico	37
11.3 Limpieza y descepado	37
11.4 Definición de lotes y accesos	37
11.5 Nivelación	38
11.6 Subsulado	38
11.7 Pase de arado	39

11.8 Paso de rastra	39
11.9 Surcado	40
12. Siembra de la plantación	41
12.1 Sistema de siembra	41
12.2 Distancia	41
12.3 Densidad	41
12.4 Construcción de surcos y lomillos	41
12.5 Profundidad	42
12.6 Resiembra	42
13. Manejo de la plantación	43
13.1 Acondicionamiento del suelo	43
13.2 Muestreo y caracterización	43
13.3 Control de pH	45
13.4 Encalado	45
13.4.1 Ventajas	45
13.4.2 Requerimientos	46
13.4.3 Época	46
13.4.4 Formas de aplicación	47
13.4.5 Fuentes	47
13.4.6 Recomendaciones	48
13.5 Uso de materia orgánica	48
14. Nutrición y fertilización	48
14.1 Requerimientos	49
14.2 Época de aplicación	49
14.3 Formas de aplicación	50
14.4 Fuentes (química-física-orgánica)	50
14.5 Recomendación	51
15. Malezas	52
15.1 Requerimientos de control	52
15.2 Época de aplicación	53

15.3 Forma de aplicación	53
15.4 Control químico: productos y recomendación	53
15.5 Calibración y equipo de protección	54
15.6 Control manual y mecánico	55
16. Prácticas preventivas de manejo	55
16.1 Manejo de drenajes y limpieza de canales	55
16.2 Desaporca y aporca	56
16.3 Labranza mínima	56
16.4 Prácticas de conservación de suelos	57
16.5 Cultivos asociados	58
16.6 Rotación de cultivos	59
17. Plagas	59
17.1 Insectiles	60
18. Enfermedades	61
18.1 Enfermedades fungosas	62
18.1.1 Carbón (<i>Sporisorium scitamineum</i>).	62
18.1.2 Roya naranja (<i>Puccinia kuehni</i>).	62
18.1.3 Cogollo Retorcido o Pokkah Boeng (<i>Fusarium moniliforme</i>).	63
18.1.4 Mancha ojival (<i>Bipolaris Sacchari</i>).	64
18.2 Enfermedades bacteriales	64
18.2.1 Raquitismo del retoño o de las socas (<i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i> (RSD)).....	64
18.2.2 Escaldadura foliar (<i>Xanthomonas albilineas</i>).	65
18.3 Enfermedades virosas	66
18.3.1 Virus del mosaico de la caña (SCMV).	66
18.3.2 Virus de la hoja amarilla (SCYLV).	67
19. Cosecha	67
19.1 Floración	67
19.2 Maduración (natural-química)	69
19.3 Control de madurez	70
19.3.1 Programación por Brix	71

19.3.2 Método basado en el sistema de pago de la caña por calidad	72
19.4 Quema	73
19.5 Cosecha oportuna	75
19.6 Corta	76
19.7 Destronque	77
19.8 Remanga	77
19.9 Transporte	78
19.10 Molienda	79
20. Problemas y limitantes	80
21. Materia prima de alta calidad	83
22. Entrega y recibo de caña	84
23. Expectativa de producción potencial	84
24. Estructura de costos agrícolas	84
25. Cronograma de actividades	87
26. Literatura citada	90

1. Presentación.

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

La publicación diseñada y formulada bajo la figura de **Guía de Cultivo** está destinada y orientada esencialmente virtud de su contenido, a coadyuvar y apoyar las actividades de información y capacitación de técnicos y agricultores, interesados en promover y enriquecer su crecimiento personal para que este contribuya a su vez, con el mejoramiento continuo y sostenible del cultivo y la actividad productiva vinculada con la caña de azúcar.

La información contenida y comentada en la presente Guía se expone para facilidad y mejor entendimiento del lector de manera genérica, sencilla y muy comprensible, por cuanto involucra tecnologías mayoritariamente de grado intermedio con proyección hacia prácticas tecnológicas más sofisticadas, y de uso más reciente por parte de algunos segmentos muy particulares de agricultores más avanzados en el uso de esas técnicas. Por esta razón, las recomendaciones, sugerencias y orientaciones aquí contenidas pueden ser aprovechadas por agricultores de la caña de diferentes características que conforman la organización canero-azucarera en esta región tan especial y tradicional, nombrada y reconocida por atributos y méritos propios como la *“campaña azucarera”*.

No resulta la verdad nada fácil pretender abordar, contextualizar y desarrollar con el detalle y la profundidad requerida y deseada, el componente tecnológico en una región agrícola tan variada y heterogénea en lo concerniente a condiciones edafoclimáticas y entornos agro productivos como los existentes en esta localidad; donde la presencia de un ambiente característico de altura (>1.000 msnm), como lo han señalado y ampliado Chaves *et al* (2018) y Chaves (1997, 2019ac), incorpora variaciones de fondo en las particularidades del cultivo y el manejo habitual de las plantaciones comerciales. El hecho de estar presente y dominar la típica unidad agro productiva característica del agricultor independiente, le imprime adicionalmente por su estructura de tenencia de la tierra con áreas de poco tamaño, una condición casi única en el país; como lo demuestra el hecho de poseer ciclos vegetativos bianuales y trabajar en agricultura de ladera. Esta circunstancia tan especial y particular de esta región cañera, obliga 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 altitud, los aspectos básicos y elementales que caracterizan la agroindustria, aplicados exclusivamente a esta región tan singular.

Es importante señalar y dejar constancia para evitar interpretaciones equivocadas, 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 informarse de manera específica, rápida y comprensible, pero sobre todo, muy pragmática, 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 región turrialbeña y la alta de Juan Viñas. La presente publicación se integra a dos similares ya hechas públicas como refieren Angulo, Rodríguez y Chaves (2020) y Barrantes y Chaves (2020).

2. Importancia.

Como es de todos conocido, la agroindustria azucarera representa una actividad productiva muy importante para Costa Rica, en consideración de que aporta grandes y significativos beneficios en varios conceptos como son económico, laboral, social, alimentario, energético, tecnológico y hasta cultural por su arraigo rural y larga data de gestión continua. Representa de igual manera, una fuente generadora de riqueza y empleo familiar permanente y también ocasional, que involucra y participa varias fases de la amplia y diversa cadena agrícola, industrial y de comercialización de sus productos y derivados (Chaves 2015a; Chaves y Bermúdez 2020a).

La región cañera nominada y reconocida para los fines del presente documento como Turrialba-Juan Viñas, destaca por contar con características muy peculiares que la tipifican y diferencian de otras localidades cañeras del país. La zona posee actualmente una única empresa azucarera (Ingenio Juan Viñas) con buena capacidad de procesamiento de materia prima (\approx 1.600-1.800 toneladas por día) y fabricación de azúcar; a lo cual se agrega el hecho de poseer una importante cantidad de Productores Independientes, tipificados en una estructura de tenencia de la tierra característica del pequeño agricultor, lo que visualiza su relevancia social en el lugar.

La importancia de la zona se demuestra al comprobar que durante las últimas cinco zafas realizadas en el periodo 2015-2020, como se expone en el Cuadro 1, los dos ingenios que operaron en la zona hasta el periodo 2017-2018 procesaron en promedio el 5,39% correspondiente a 225.438 toneladas métricas de caña, con la cual se fabricó también el 5,39% de toda el azúcar costarricense, equivalente a 23.860,2 toneladas métricas; además de proveer el 4,64% (7.965,2 toneladas) de la melaza extraída y recuperada en dichas unidades fabriles. Importante mencionar que parte de la caña que se molía en el Ingenio Atirro se trasladó y procesó en los dos últimos periodos (2018-2020) en el Valle Central. En dicho aporte contribuyeron en promedio 393 Productores Independientes reportados como entregadores de materia prima en el mismo periodo para una representatividad nacional media del 6,23%. Toda la gestión productiva está sustentada en la siembra y disponibilidad promedio de 4.721 hectáreas de caña de las cuales el 65,79% es cosechado anualmente, correspondiente a 3.106 ha. La región posee en promedio el 7,49% de toda el área nacional (62.994 ha) cultivada comercialmente con caña de azúcar destinada a la fabricación de azúcar en el tiempo evaluado.

Zafas	Área		Caña Procesada (t) *	Azúcar Fabricada (t) *	Rendimientos (96° Pol)				Relación Caña/Azúcar	Entregadores N° **
	Sembrada	Cosechada			Industrial (kg/t)	Agrícola (t/ha)	Agroindustrial (t/ha)	Melaza (kg/t)		
2015/2016	4 905	3 900	239 129	25 078,3	104,87	61,32	6,43	33,63	9,5	515
2016/2017	4 908	3 050	255 357	27 498,9	107,69	83,72	9,02	33,32	9,3	537
2017/2018	4 697	2 957	243 360	25 854,4	106,24	82,30	8,74	33,75	9,4	443
2018/2019	4 615	2 664	189 681	19 469,5	102,64	71,20	7,31	39,24	9,7	313
2019/2020	4 482	2 958	199 663	21 400,0	107,18	67,50	7,23	38,16	9,3	158
Promedio	4 721	3 106	225 438	23 860,2	105,72	72,59	7,67	35,62	9,4	393

Fuente: DIECA-Departamento Técnico LAICA (diciembre 2020)

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 Atirro y Juan Viñas. El primero operó hasta la Zafra 2017-2018.

** Corresponde a entregadores de caña independientes.

3. Generalidades de la agroindustria en la región.

3.1 Reseña histórica.

Una de las regiones productoras de caña que mayor identificación, arraigo y antigüedad posee con la agroindustria del azúcar en Costa Rica, no hay duda alguna, es el territorio de la actual provincia de Cartago, como lo demuestran fehacientemente los antecedentes y documentos históricos existentes. Una revisión sinóptica de hechos ubica la planta desde épocas muy tempranas de la conquista en la localidad de Ujarrás y la actual Orosi, a partir de donde se movilizó luego de manera lenta con las corrientes de colonización que se dieron en el lugar con orientación hacia la zona atlántica, lo que involucró Turrialba y poblaciones aledañas, destacando entre ellas la localidad de Atirro y la zona alta del cantón de Jiménez, propiamente el distrito de la actual Juan Viñas.

El desarrollo e importancia adquiridos por la región con la llegada y operación del Ferrocarril al Atlántico durante el gobierno de José Joaquín Rodríguez Zeledón, se intensificó luego del año 1890 cuando se terminó en definitiva la conexión del ferrocarril entre San José y Limón para el transporte de banano; lo que promovió de manera dinámica la dispersión del cultivo de la caña por toda la región. 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 asentaron 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). El arraigo y vínculo del cultivo con la región ha sido tan fuerte que la zona se reconoce por mérito propio como la *“campiña azucarera”*.

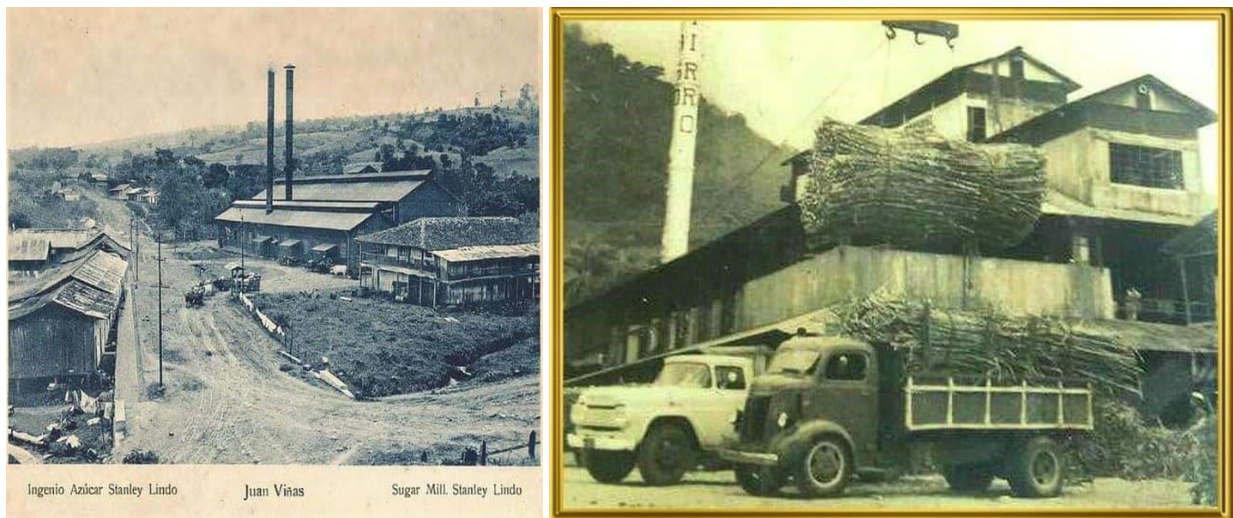


Figura 1. Ingenios Juan Viñas y Atirro en sus albores.

Para dimensionar la relevancia de la caña en la región, se anotan en el Cuadro 2 algunos de los ingenios azucareros que existían y operaban desde inicios del siglo XX, citando sus respectivos propietarios (Figura 1). En el año 1908 los ingenios ubicados en el conocido *“alto Valle del Reventazón”*, representaban casi la mitad (47,7%) de la capacidad de producción total del país (2.380 toneladas métricas), pues fabricaban cerca de 1.136 t de azúcar (León y Arroyo 2012). Los principales ingenios para la mitad de los años 30 se ubicaban en dicho Valle, propiamente en los cantones de Juan Viñas y Turrialba, motivo y razón de la cual deriva su nombre de campiña azucarera.

En una revisión de antecedentes más actualizada, se expone en el Cuadro 3 la información oficial correspondiente a la actividad azucarera desarrollada en la región atlántica, referida en este caso a lo actuado luego del año 1940 y por los últimos 80 años, cuando se aprobó 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, como lo indica Chaves (1997, 2015a) y amplían Chaves y Bermúdez (2020a).

Cuadro 2. Producción de azúcar e Ingenios existentes en la región atlántica.

Nombre	Ubicación	Producción (t)/Año						Propietario
		1908	1915	1918	1933-34	1943-44	1955-56	
El Descanso	Orosi	90	83	46				Luis D. Tinoco
Los Ángeles	Juan Viñas	320	2.077	921				Lindo y Cochenour
El Naranjo	Juan Viñas	523	(?)	(?)				Lindo y Cochenour
Juan Viñas Sugar Co.	Juan Viñas				2.030	1.110	3.220	Lindo Bros.
El Congo	Juan Viñas				180	90	410	Manuel F. Jiménez
Birris	Juan Viñas						870	
Las Vueltas	Tucurrique		333	249				Rohmoser Hnos
Aragón	Turrialba	203	1.113	1.539	1-330	1.900	1.490	G. Niehaus
Santa Cruz	Turrialba						270	
Florencia	Turrialba		276				1.850	A. Pinto
Atirro	Turrialba					1.280	1.150	

Fuente: León y Arroyo (2012).

Como se infiere de la información expuesta, en la región han operado durante los últimos 80 años un total de 10 unidades industriales de diferente capacidad de procesamiento y fabricación, siendo por cantidad, la segunda zona donde más fábricas de azúcar (10) han existido en el país; antecedida solo por el Valle Central donde se reportan 20 de un total de 48 ingenios operativos en ese periodo, lo que representa un 20,8% y 41,7%, respectivamente. Solo esas dos regiones han mantenido en operación el 62,5% de todas las unidades industriales de elaboración de azúcar de Costa Rica, lo que denota su incuestionable relevancia. Es interesante verificar que, en los últimos 80 años, el Ingenio Juan Viñas ha operado de manera continuada por todo el periodo; seguido por el Ingenio Atirro que fabricó azúcar por 77 años, Florencia por 45 y Aragón por 44 años como lo muestra el Cuadro 3. Esos 10 ingenios se instalaron y operaron en los cantones de Turrialba (60%), Jiménez (30%) y Siquirres (10%) de Limón, como demostración de la internalización y expansión que tuvo la agroindustria en el lugar. Hoy día solo queda vigente y en actividad pujante el Ingenio Juan Viñas (Figura 1).

Cuadro 3. Detalle de las Zafras en que operaron los Ingenios Azucareros (10) ubicados en la región de Turrialba. Periodo 1940-2020 (80 Años).

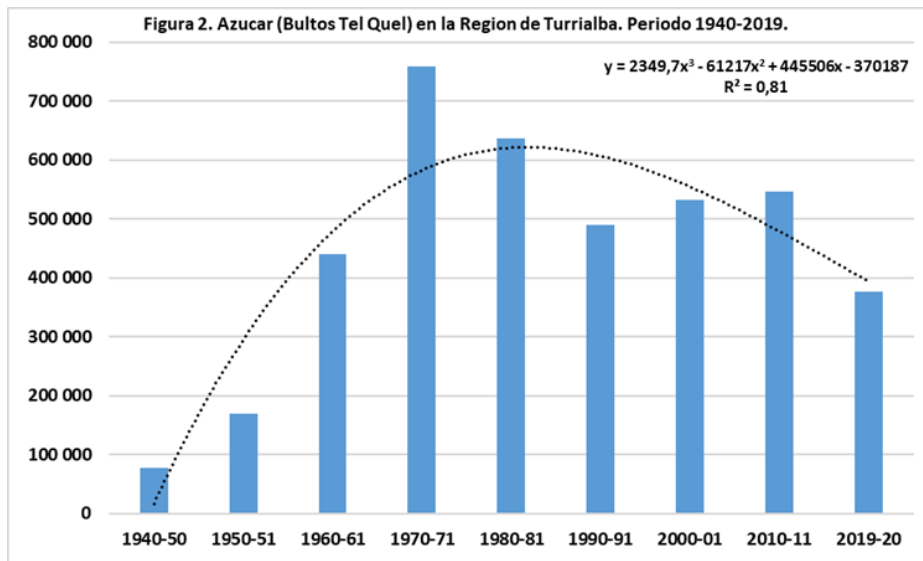
N°	Nombre Ingenio	Cantón	Zafra		
			Inicial	Final	N°
1	Aragón	Turrialba	1940/41	1983/84	44
2	Atirro	Turrialba	1941/42	2017/18	77
3	Birris	Jiménez	1951/52	1974/75	24
4	Caribe	Siquirres	1957/58	1961/62	5
5	Chitaria	Turrialba	1960/61	1962/63	3
6	El Congo	Jiménez	1940/41	1968/69	29
7	Florencia *	Turrialba	1950/51	1996/97	45
8	Juan Viñas	Jiménez	1940/41	2019/20	80
9	Pilón de Azúcar	Turrialba	1943/44	1944/45	2
10	Santa Cruz	Turrialba	1952/53	1961/62	10

Fuente: Chaves y Bermúdez (2020a).

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

3.2 Antecedentes agroindustriales.

La región como se demostró anteriormente, ha mantenido a lo largo de la historia una intensa actividad agroindustrial vinculada con la caña, sea por la elaboración de dulce o la fabricación de azúcar; pese a lo cual, la capacidad productiva ha sido relativamente baja en cuanto a volumen procesado y fabricado. La región ha venido sistemáticamente perdiendo representatividad nacional con el paso de los años, como se aprecia en la Figura 2, la notoria reducción sufrida en la zona en cuanto a azúcar elaborado.

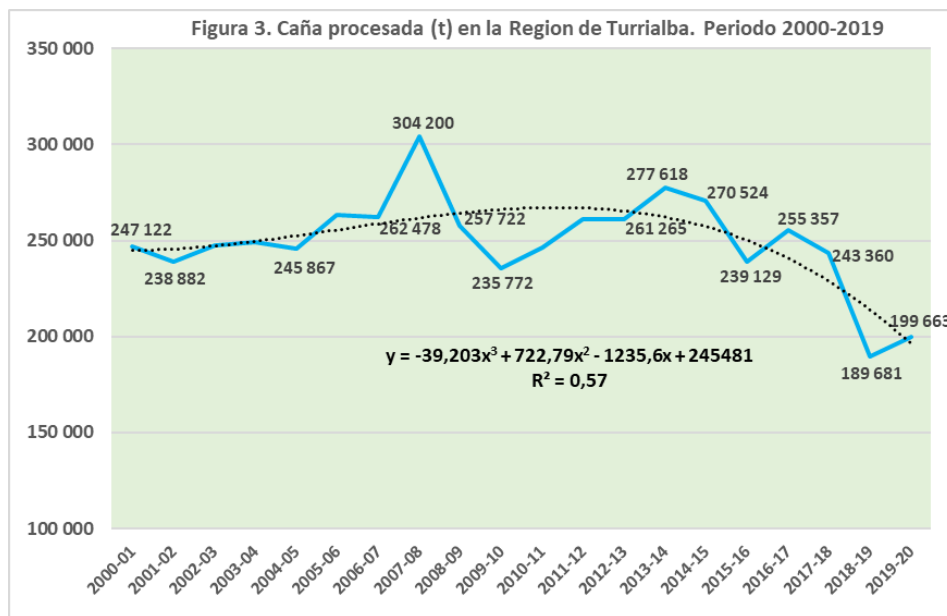


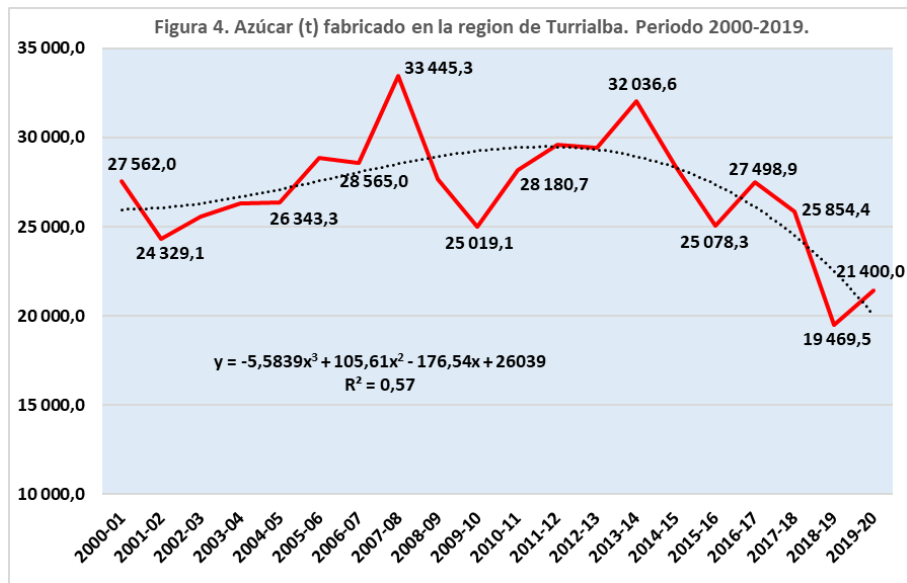
La zona mantuvo por varios años un activo y muy dinámico ritmo de crecimiento productivo hasta la década de los años 70, luego de la cual inicio una declinación acelerada de ritmo variable que la ha llevado a contar actualmente con apenas un ingenio en actividad y una producción disminuida. La representatividad ha fluctuado desde un significativo 39,94% logrado en la zafra 1950-1951 de toda el azúcar (*Tel-Quel*) fabricado en el país, hasta apenas un 4,40% en el periodo 2019-2020. Esa disminución es debida no solo y exclusivamente a la reducción acaecida en la zona, sino principalmente al significativo incremento en capacidad agroindustrial que han observado proporcionalmente otras regiones, sobre todo en el Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas) en años recientes.

La cosecha de plantaciones y por ende el período de molienda de materia prima en esta región es muy amplio, extendiéndose por hasta seis meses de enero a junio lo que coincide con parte de la época más lluviosa y húmeda del lugar. Durante las últimas 10 zafras de acuerdo con lo señalado por Chaves (2020b), la zafra se ha extendido entre el 19 de enero y el 28 de junio y por un máximo de hasta 153 días, lo que la hace excepcional en el país. Esta distintiva condición la impone la particular duración del ciclo vegetativo que mantienen las plantaciones de caña desde su siembra o rebrote hasta su cosecha, el cual va de 12 a 24 meses en caña planta y soca o retoño (Chaves *et al* 2018; Chaves 2019ac).

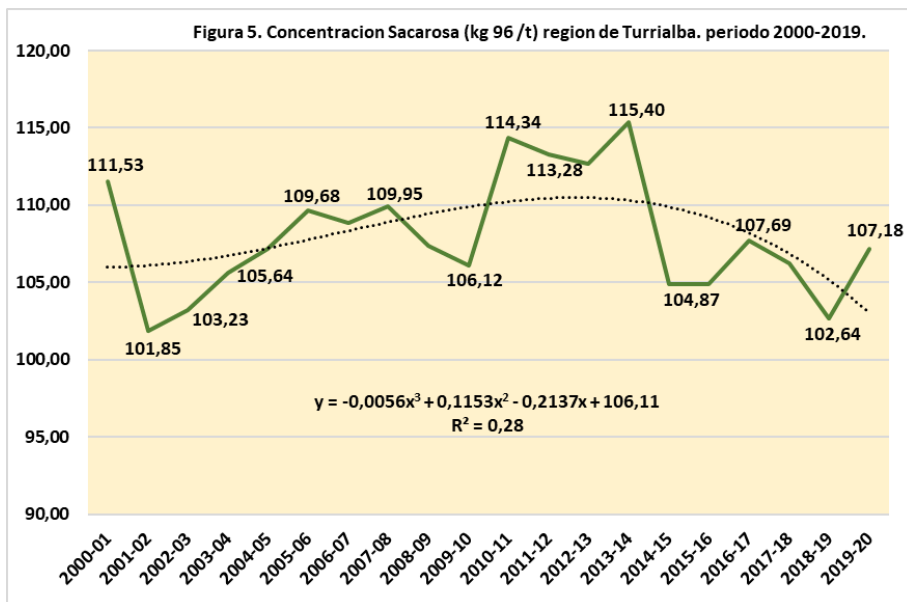
En el Cuadro 1 se presentan los indicadores agroindustriales más relevantes de las últimas cinco zafras, periodo 2015-2020, correspondientes a la Región Turrialba-Juan Viñas; verificándose que para ese período la región tuvo una molienda promedio anual de 225.438 toneladas métricas de materia prima, con un Rendimiento Industrial medio de 105,72 kg de azúcar 96°/t de caña molida; a partir de la cual se elaboraron en las fábricas del lugar 23.860,2 toneladas métricas de azúcar 96° Pol.

Es viable apreciar en esa información diferencias relevantes entre zafras en cuanto a indicadores agroindustriales de producción y productividad; lo cual es explicable no apenas por las distorsiones acontecidas con el clima inestable del lugar, sino también por la difícil situación interna que llevo al cierre operativo del Ingenio Atirro en la zafra 2017-2018, generando duda e incertidumbre entre los agricultores que inevitablemente se trasladó y reflejó en el manejo agronómico prestado a las plantaciones comerciales de caña en el campo. Como comprobación de esta inconveniente situación se aprecia en las Figuras 3 y 4, el sinuoso e inestable comportamiento seguido durante los últimos 20 años por la caña procesada y el azúcar (toneladas) fabricado (96°Pol) por los ingenios de la zona, con una muy significativa reducción productiva en las últimas zafras.



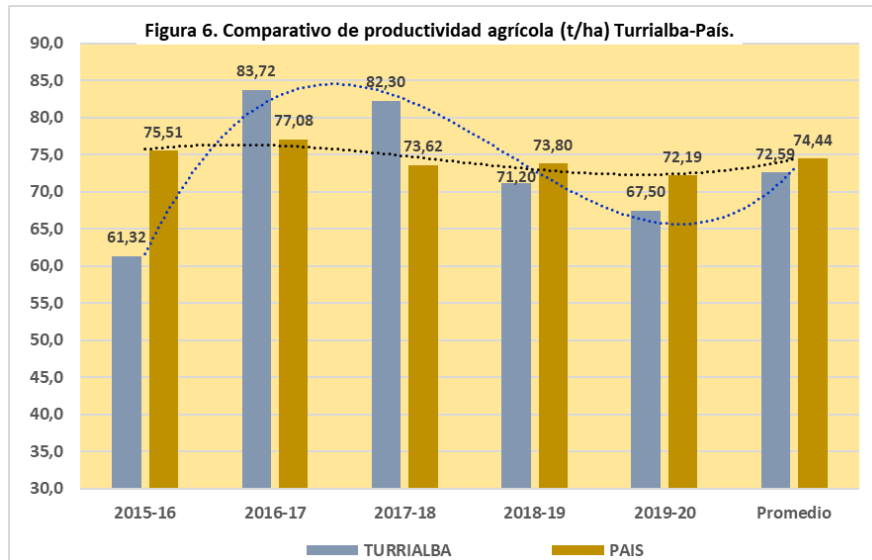


Como se muestra adicional y complementariamente en la Figura 5, la concentración de sacarosa de la región varió de igual forma de manera muy significativa en los últimos 20 años con valores extremos situados entre 101,85 y 115,40 kg 96° Pol/t, para un significativo margen de 13,55 kg/t correspondiente al 13,3%. Esta condición es preocupante, considerando que la maduración en la región es calificada en términos generales como buena y satisfactoria; además de ser enteramente natural y no inducida por uso de madurantes. Se considera con base técnica bien fundamentada y como lo demuestran los valores máximos logrados, que la región posee un potencial de concentración alto que no está siendo explotado y aprovechado como se debiera; lo cual debe ser revisado y abordado con criterio técnico juicioso y objetivo.



La media en el cociente de la Relación Caña/Azúcar de 9,4 con límites extremos de 9,3 y 9,7, revela que es necesario moler 9,4 toneladas de caña para fabricar una tonelada de azúcar en el ingenio, lo que es comparativamente mayor en relación a otras regiones y económicamente poco conveniente, pues el factor interviene y afecta directamente los costos asociados. En la práctica siempre se busca tener un índice bajo que viene inducido por la buena concentración de sacarosa contenida en la materia prima empleada en la fábrica.

Conscientes de que la productividad de campo calificada e interpretada por medio de las toneladas de caña producidas, cosechadas por hectárea (t/ha) y procesadas en el ingenio, tiene un impacto determinante sobre la productividad agroindustrial, la competitividad, la rentabilidad y el éxito final de la agro empresa; se presentan en el Cuadro 1 y la Figura 6, los índices correspondientes a los últimos cinco periodos (2015-2019).

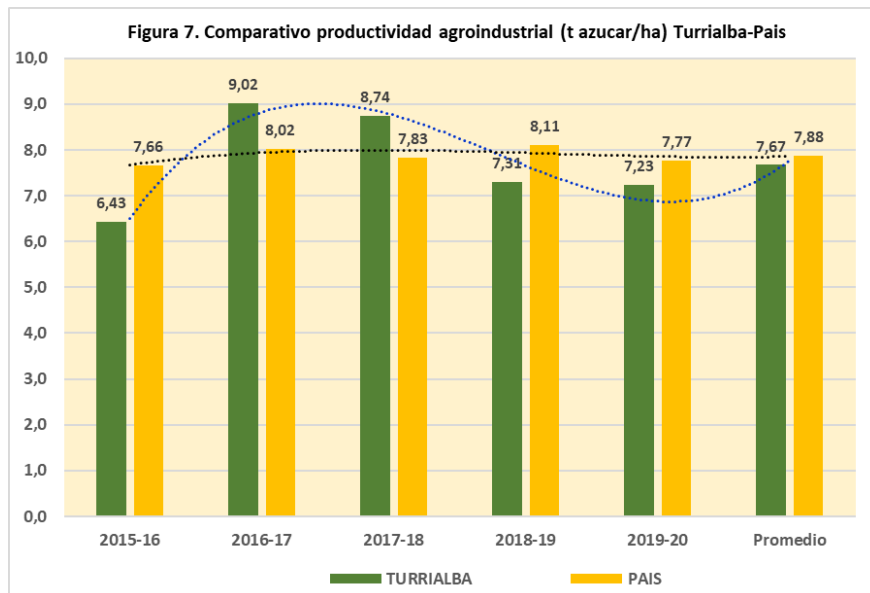


Al igual que aconteció con los indicadores anteriores, es evidente y notoria la inestabilidad imperante en esta región, caracterizada por un promedio regional del periodo de 72,59 t de caña/ha, inferior respecto al índice nacional de 74,44 t/ha para el mismo quinquenio, aunque en un poco trascendente -2,5% (-1,85 t/ha). Esa productividad agrícola varió sin embargo entre zafras en 61,32 y 83,72 t/ha para un significativo diferencial de 22,40 toneladas (36,5%), lo que es realmente impresionante, sobre todo por darse entre dos zafras sucesivas. Esta preocupante limitación en productividad de campo se atribuye en buena parte, aunque no exclusivamente al clima, el cambio en los tiempos (edad) de cosecha en plantaciones de ciclo prolongado de la zona alta (>1.000 msnm) y las limitantes surgidas con el manejo agronómico prestado a las plantaciones comerciales por razones de baja rentabilidad y organización asociadas al Ingenio Atirro, como lo señalaran los mismos agricultores (Chaves *et al* 2019). Nótese que en las Zafras 2016-17 y 2017-18 la región logró, como muestra de su potencial, mejor productividad que la reportada por el país. La región no es como otras localidades tan productoras de melaza o miel final, con una media de 35,62 kg/t de caña (Cuadro 1); lo cual se asocia con azúcares no cristalizados que estuvieron presentes y contenidos en la planta de caña y pudieron eventualmente aprovecharse, pero que pasaron a constituir la miel final.

En torno a este tema es fundamental tener presente que a diferencia de otras regiones y agroindustrias azucareras del mundo, en Costa Rica y propiamente en esta región, se cuenta con plantaciones cuyo ciclo vegetativo desde siembra hasta cosecha fluctúa entre 12 y 24 meses de edad, proyectando un ciclo bianual; lo cual incorpora diferencias de fondo no apenas en las características y propiedades de las variedades sembradas, sino también en el manejo agronómico de las mismas, como lo ha señalado y comentado Chaves (2018ab, 2019abc). La razón de tener ciclos vegetativos prolongados estriba en circunstancias de carácter fisiológico inducidas por la altitud (msnm) del lugar, asociadas a la temperatura, la luz y la humedad prevalecientes, lo cual induce ritmos metabólicos más lentos, como lo indicara Chaves (2020i). Las variedades de origen hawaiano sigla H han logrado prosperar y adaptarse a esas condiciones tan agrestes mediante ciclos bianuales; en la actualidad DIECA ha conseguido adaptar algunos clones nacionales que van en franco proceso de reproducción con buenos resultados (Chaves 2018abcd, 2019bc). En la Zafra 2019-2020 la zona alta de Juan Viñas (>1.000 msnm) cosechó un 73,84% (106.122 t) de su

materia prima a partir de plantaciones con una edad de 24 meses al corte y el 26,16% (37.605 t) restante con edades de 12 a 14 meses. Este tema explica por qué en la región no toda la caña sembrada se cosecha anualmente, lo que es muy propio y característico de esta región que la diferencia, como hecho destacable, de la mayoría de agroindustrias del continente americano.

La vinculación e integración de los rendimientos agrícola de campo e industrial de ingenio en un índice agroindustrial combinado, permite determinar la cantidad de azúcar producida por hectárea (t/ha), considerándose este un valor determinante para calificar y juzgar con muy buen criterio la aptitud de una región o unidad agro productiva para producir caña de manera satisfactoria y rentable. El Cuadro 1 y la Figura 7 muestran los valores alcanzados por este índice en la zona de Turrialba-Juan Viñas, evidenciando que en promedio es inferior al del país, inducido básicamente por la baja productividad agrícola y menos por la concentración de sacarosa recuperada en el ingenio. El periodo medido revela una media local de 7,67 toneladas de azúcar (96°Pol)/ ha con una variación extrema entre 6,43 y 9,02 t/ha, correspondiente a 2,59 t y un muy significativo 40,3%; ratificando la fuerte dispersión y variabilidad local, como también lo mencionaran Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019a).



Pareciera válido disponer y esperar en esta región con base en antecedentes experimentales y comerciales representativos, un potencial aumento importante en la productividad agroindustrial si el rendimiento de campo se mejorara de manera significativa y la madurez de la planta se interviniera mejor; con lo cual se elevarían la rentabilidad y la competitividad a grados muy satisfactorios. El hecho de que segmentos importantes de Productores Independientes alcancen rendimientos industriales de hasta 115-120 kg/t demuestra el amplio potencial existente para crecer y mejorar; lo cual se maximiza si se considera, como está demostrado, que la región dispone de variedades que tienen una alta capacidad de concentración de azúcar, lo cual es una fortaleza bien posicionada de la zona.

3.3 Ubicación geográfica de plantaciones.

La región productora de caña de azúcar conocida como Turrialba-Juan Viñas está ubicada en el extremo oriental del Valle Central; en una zona de transición entre el propio Valle Central y la Llanura Costera del Atlántico. La caña se ha cultivado tradicionalmente en cuatro cantones de la provincia de Cartago (Figura 8): Alvarado: Pacayas, Cervantes, Capellades; Paraíso: Paraíso, Cachi, Santiago; Turrialba: en ocho distritos Turrialba, La Isabel, La Suiza, Tuis, Tayutic, Pavones, Santa Teresita y Tres Equis y el cantón de Jiménez en

tres distritos: *Tucurrique, Pejibaye y Juan Viñas*. Son sin embargo los cantones de Turrialba y Jiménez los que determinan mayoritariamente la producción de caña de la zona, pues otros cantones y distritos han venido recientemente a menos. El territorio comprende en lo fundamental dos pisos altitudinales, la zona media cuya altitud va desde los 480 y hasta los 999 msnm y la zona de altura la cual se extiende desde 1.000 hasta aproximadamente 1.500 msnm, cuyo distrito más importante por su área cultivada son Juan Viñas y Paraíso (Chaves 2019a).

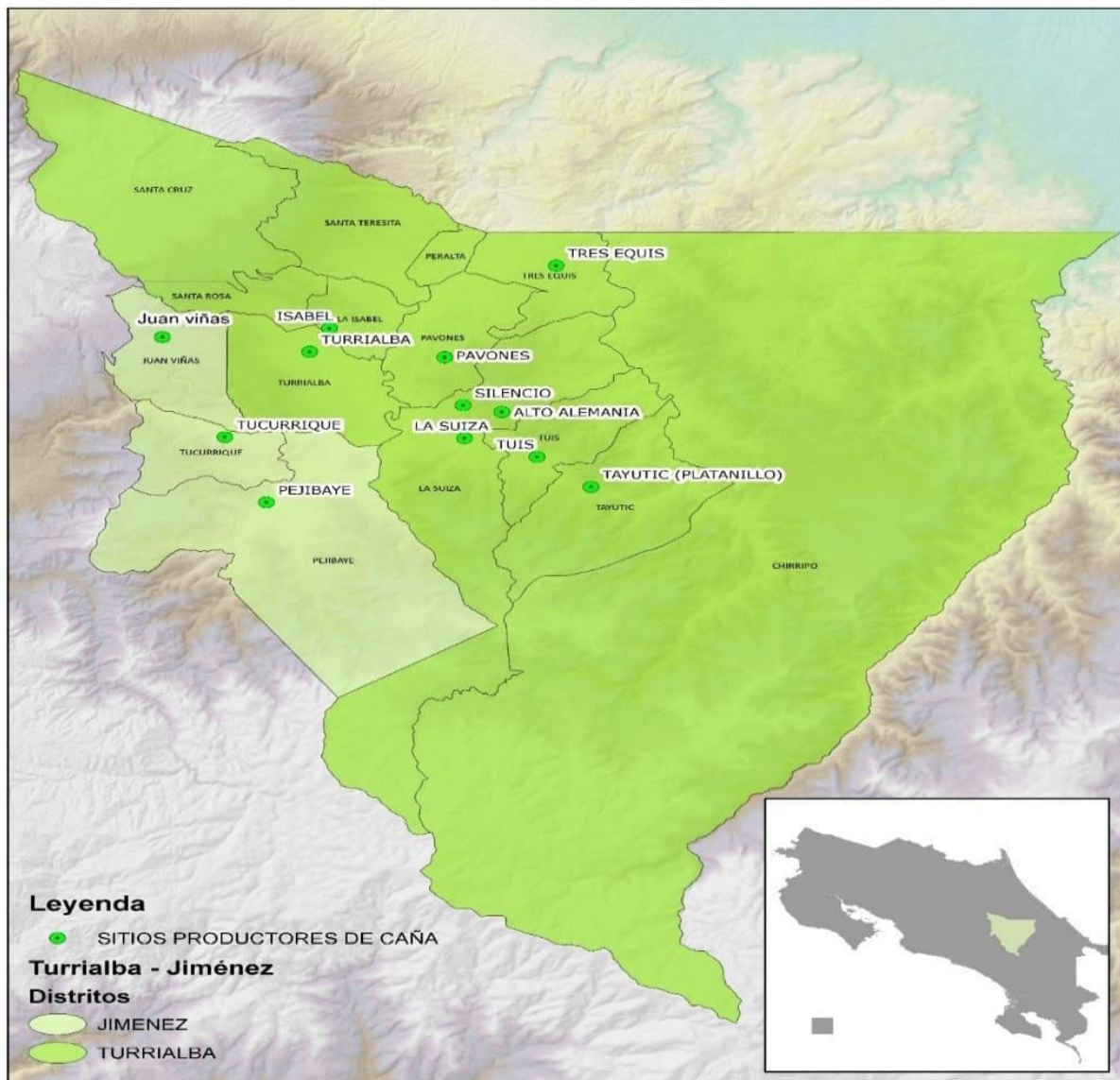


Figura 8. Distribución territorial del área cañera de Turrialba - Jiménez.

3.4 Socio economía de la actividad cañera en la región.

La actividad cañera forja y es fuente de importantes aportes a la economía de la región desde la perspectiva social y económica, generando riqueza y fuentes de trabajo para muchas familias. La actividad agroindustrial contribuye con la generación de empleo local directo e indirecto en magnitud considerable, aportando virtud de los numerosos y diversos encadenamientos que se establecen, un cuantioso flujo económico durante todo el período anual de zafra (León y Arroyo 2012). El Cuadro 4 presenta de manera genérica un total de ingresos brutos estimados y proyectados percibir por la venta de azúcar y miel, con

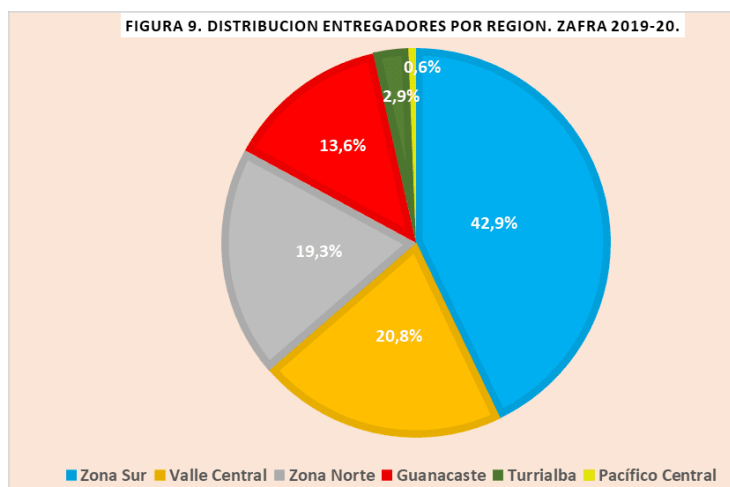
base en la producción de las dos últimas zafras (2018-2019 y 2019-2020); así como los empleos fijos y temporales que genera dicha actividad productiva y comercial. No se estimaron los empleos indirectos asociados que por la diversidad de las actividades desarrolladas es bastante considerable. Sin embargo, está claro que el impacto socio económico del cultivo de la caña en la región es de gran importancia y trascendencia para los destinos de las comunidades, por lo que su desarrollo, crecimiento y estabilidad resultan de especial interés para todas las organizaciones del gremio cañero-azucarero, los gobiernos locales, el gobierno central y la ciudadanía en general. Cuidar, mejorar y fortalecer la actividad agroindustrial es un imperativo incuestionable para toda la región y el país.

Indicador socio económico	Total
Ingreso Bruto ventas azúcar y miel (Rango en Colones)	7.076.726.605 - 7.577.868.168
Ingreso Bruto ventas azúcar y miel (Rango en us\$)	11.693.353 - 12.463.599
Empleos Fijos (Nº)	700
Empleos Temporales (Nº)	800
Total de empleos (Nº)	1.500
Fuente: Elaboración propia de los autores, con base en datos aportados por productores e ingenio.	
Nota: Tipo de Cambio: ¢608/1 us\$.	

4. Producción de materia prima.

La legislación y organización azucarera nacional ha definido que el sector productor de caña de la región y el país se agrupe en tres categorías de acuerdo con su nivel de entregas, como lo considera y contempla la Ley N° 7818, **Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar** del 22 de setiembre de 1998; lo cual se categoriza en el caso particular 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 en el ingenio azucarero de la región o en el lugar de destino de la materia prima (LAICA 1998, 2000).

La cantidad de entregadores de caña ha demostrado ser muy dinámica en el tiempo y por localidad geográfica, con importantes y significativas variaciones anuales y una tendencia muy definida hacia la reducción sistemática en la zona de estudio. La Región de Turrialba-Juan Viñas 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 158 entregadores, lo que representó un 2,93% de todos los entregadores nacionales de materia prima registrados oficialmente en nóminas de LAICA en ese periodo (5.393), para una media quinquenal de 393 entregadores (Cuadro 1). En la Figura 9 se expone un detalle nacional de la distribución y participación relativa en las entregas de caña realizadas por parte de los Productores Independientes durante la Zafra 2019/2020 según región agrícola, ratificando la pérdida de representatividad que viene mostrando esta región en los últimos años.



5. Ciclo vegetativo.

En la zona productora de mayor altitud del país como son las localidades de Juan Viñas, Paraíso y Alvarado, todas sobre los 1.000 msnm, acontece que el ciclo vegetativo tanto en caña planta como en soca o retoño, va de 12 a 24 meses (Chaves 2018d, 2019ac). Las condiciones climáticas prevalecientes en estas localidades inducen y modifican de manera determinante el patrón biológico y metabólico de la planta, provocando que el ritmo de crecimiento y desarrollo general del cultivo sea más lento comparativamente con respecto a una planta ubicada en una zona de baja o media altitud (Chaves 2020i). En consecuencia, es necesario tener que esperar por más tiempo que la maduración natural y la condición ideal para cosechar las plantaciones alcancen su óptimo, y con ello, cumplan con la expectativa de lograr una mayor productividad agroindustrial se convierta en una realidad.

En la zona media-baja de la región (<999 msnm) representada por todos los distritos del cantón Turrialba; además de las localidades de Pejibaye y Tucurrique del cantón Jiménez, el ciclo de crecimiento del cultivo puede variar desde los 14 hasta los 18 meses en caña planta, dependiendo de la época de siembra y el cultivar sembrado. Normalmente el productor de caña de la zona realiza la renovación de las plantaciones luego de haber finalizado la cosecha de las mismas, porque dispone de mano de obra para este fin; no así durante la época de cosecha, en que la mano de obra está ocupada y hay baja disponibilidad. Por este motivo, el ciclo planta presenta una mayor duración en relación a los ciclos de soca, los cuales normalmente son de 12 meses entre retoñamiento y corta. En la zona media el ciclo planta puede concebirse y planificarse de 12 meses toda vez que la siembra ocurra en el mes de abril o inicios de mayo, proyectando en realizar la cosecha en los mismos meses del año siguiente. Como se infiere, algunas de las razones que justifican la prolongación del ciclo vegetativo en esta región va ligada a circunstancias ajenas a motivos fisiológicos y se alinea más a motivos de disponibilidad de mano de obra.

Como se comentó con anterioridad, durante la Zafra 2019-2020 la zona alta de Juan Viñas (>1.000 msnm) sembrada con caña de azúcar, cosechó un 73,84% (106.122 t) de toda la materia prima que procesó en ese periodo con una edad de 24 meses al corte; motivo por el cual, el 26,16% (37.605 t) restante se cortó con edades entre 12 y 14 meses, lo que ratifica lo aseverado en torno al ciclo bianual.

Para entender y conceptualizar mejor la situación agronómica y productiva existente en las zonas altas, debe tenerse presente que plantas de ciclo prolongado (bianual) poseen índices de productividad muy superiores, que llegan por lo general a duplicar los alcanzados en las zonas más bajas; motivo por el cual no hay sacrificio productivo, sino por el contrario compensación, pero si un riesgo mayor de la plantación de padecer algún impacto o afectación en el campo, como también un retorno de la inversión más prolongado.

6. Zonas de cultivo y producción.

En la región de Turrialba o zona medio-baja (<1.000 msnm) la producción de caña de azúcar está muy dispersa territorialmente, concentrándose sin embargo principalmente en las localidades de Pacayitas, Alto Alemania y El Silencio, pertenecientes al distrito de La Suiza, cuya topografía es quebrada y por tanto con un relieve bastante irregular que dificulta ostensiblemente la mecanización parcial o total del cultivo. En el distrito de Turrialba, se destaca la producción de caña en las localidades de Florencia y CATIE, cuya topografía permite en algún grado la mecanización, pues la misma se considera de plana a ondulada. Por otra parte, cabe destacar en la zona las siembras de caña que se dan en la localidad de La Isabel, distrito del mismo nombre, cuya topografía también es entre plana y algo ondulada. Sin embargo, es importante mencionar la presencia de piedra en cantidad considerable en los suelos de las tres localidades mencionadas, lo que limita significativamente el empleo de equipos mecánicos obligando a la onerosa ejecución de labores manuales. Las experiencias con cosecha mecanizada no fructificaron por esta razón. Continuando con el recorrido por localidades cañeras de la zona media del cantón Jiménez, resulta de gran importancia mencionar las localidades de Atirro y Juray, donde se encuentran ubicadas actualmente las plantaciones de caña de azúcar propiedad de la Cooperativa Coopecañita R.L. (Figura 10), terrenos que pertenecieran con anterioridad a la Hacienda Atirro. La Victoria y El Humo de Pejibaye son también dos puntos de producción cañera importantes de este distrito; donde la gestión productiva se da en el primer caso por medio de una organización denominada ASOPRAVIC (Asociación de Productores de La Victoria de Pejibaye); y en la segunda existe una cantidad considerable de Productores Independientes y varios trapiches pequeños. En esta última localidad, a diferencia de Atirro, Juray y La Victoria, los terrenos son muy quebrados y con serias limitaciones para su laboreo. En el distrito de Tucurrique las plantaciones de caña de azúcar de mayor extensión se encuentran ubicadas en la localidad de El Congo, propiedad de Hacienda Juan Viñas.



Figura 10. Caña en finca de Cooperativa Coopecañita R.L., Juray, Pejibaye, cantón Jiménez.

La zona cañera de altura, cuya altitud varía entre 1.000 y 1.550 msnm, tal como se mencionó anteriormente, se ubica mayoritariamente en el distrito Juan Viñas y en menor grado en Alvarado y Paraíso. La mayor parte del área sembrada con caña es propiedad de Hacienda Juan Viñas, empresa que posee la única unidad de procesamiento y fabricación de azúcar que funciona en la actualidad en la región. Cabe destacar que, limitando con el área cañera de Juan Viñas, se encuentran las localidades de San Juan Norte y Sur; las cuales, sin embargo, pertenecen al distrito Turrialba Centro, cuya altitud fluctúa entre 900 y 1.100 msnm.

En el Cuadro 5 se presenta una relación de hechos productivos relacionados con la región acontecidos y proyectados para la Zafra 2019-2020, lo que confunde en algunos casos referidos a productividad agrícola, principalmente, ante la imposibilidad de establecer indicadores de productividad exactos por la dificultad de poder ubicar el área de cosecha y anualizar con certeza la información; sumado a la situación que ha venido padeciendo la región con la salida de operaciones del ingenio Atirro y el traslado de materia prima a otra región para su procesamiento. Dicha información debe interpretarse por este motivo con mucha prudencia para evitar errores conceptuales.

Cuadro 5. Caracterización agroindustrial de la Región Atlántica 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)
Turrialba	4	18	195 *	3.022	1 926	480 - 1.000	3 - 45%	35 439	112,73*	ND *	ND *
Juan Viñas	1	1	158	1.735	1 032	1.000 - 1.550	5 - 40%	199 663*	107,18	139,32	14,93
Total	5	19	158	4.482	2 958	480 - 1.550	3 - 45%	235 102			
Promedio									109,95	79,48	8,74

Fuente: Hacienda Juan Viñas; Chaves (2019a); LAICA (2020).

* El Ingenio Atirro no hizo zafra; parte de la materia prima fue molida en Juan Viñas (25.497,9 t) y el resto en Coopevictoria (35.439 t), Grecia.

** Incluye caña con ciclos vegetativos de entre 12 y 24 meses.

Un total de 35.439 toneladas de caña pertenecientes a 195 agricultores fueron procesadas en Coopevictoria. Su concentración fue de 112,73 kg/t.

La región se estima produjo un total de 235.102 toneladas de caña, 15,07% (35.439 t) se molió en Grecia y el 84,93% (199.663 t) restante en Juan Viñas.

Complementariamente se presenta en el Cuadro 6 el detalle de 30 importantes indicadores técnicos correspondientes a variables de diferente calidad, asociadas con factores edáficos, climáticos y propios del cultivo, que resultan determinantes para definir y juzgar con buen criterio la aptitud y condición de una determinada región o localidad para producir caña de azúcar de manera rentable y satisfactoria. La región de Turrialba se ubica de acuerdo con Holdridge citado por Chaves (2019a) en una Zona de Vida declarada como Bosque Pluvial Montano Bajo en el caso de la zona media-baja (<999 msnm) y Bosque Pluvial Montano en la zona alta (>1.000 msnm). Se infiere y concluye de toda esa información, que las características generales de la región son integralmente muy heterogéneas y variables en sus componentes bióticos y abióticos fundamentales, lo que interviene de manera diferente en la satisfacción de las metas productivas y económicas potenciales que se proponga alcanzar, principalmente en lo concerniente con el factor de clima, edáfico, de relieve y fitosanitario, como se comentara oportunamente.

Cuadro 6. Principales características y limitantes prevalecientes en la Zona de Turrialba-Juan Viñas.					
Indicador *	Turrialba	Juan Viñas	Indicador *	Turrialba	Juan Viñas
Número de cantones	4	1	Evapotranspiración alta	X	X
Número de distritos	18	1	Requerimiento de riego	Bajo	Bajo
Altitud (msnm)	480 - 1.000	1.000-1.550	Humedad en el campo	Alta	Alta
Grado de pendiente	3 - 30%	5 - 35%	Drenaje	Bueno	Moderadamente excesivo
Suelos ácidos	X	X	Viento fuerte	No	Sí
Física limitante de suelos	X	X	Luminosidad limitada	No	Sí
Bajo contenido de M.Org	No	No	Alta floración	X	X
Nitrógeno limitante	X	X	Ciclo vegetativo prolongado	No	Sí
Alta Fijación de Fósforo	X	X	Maduración	Muy Buena	Buena
Potasio bajo	X	X	Problemas con plagas	X	X
Desbalances nutricionales	X	X	Problemas con enfermedades	X	X
Altas temperaturas	No	No	Problemas con malezas	X	X
Riesgo de sequía	Bajo	Bajo	Limitaciones de cosecha	X	X
Riesgo de inundación	Leve	Nulo	Pérdida de calidad de la materia prima	X	X
Alto potencial de erosión	X	X	Suelos poco profundos	No	No
Fuente: Chaves (2017bc, 2019b). Aproximación propuesta por los autores.					
X= Indica solo presencia, no magnitud o intensidad.					
* Los valores y su interpretación no son absolutos, pues prevalecen excepciones y grados intermedios. La interpretación debe ser prudente.					

7. Clima del lugar.

Como se anotó al inicio, el clima es un factor diferenciador y determinante de considerar y analizar en cualquier inferencia que se haga en esta región, lo cual debe realizarse con sumo cuidado en consideración de las sentidas variaciones que hay en la zona; algunas inducidas por el amplio piso altitudinal (480 a 1.550 msnm) en que están ubicadas las plantaciones comerciales, cuyo diferencial de altitud marca significativos 1.070 msnm que resultan determinantes. La influencia directa que los elementos del clima mantienen y ejercen sobre la fisiología y metabolismo de la planta, y con ello sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, es también obligada de considerar. En este caso, los indicadores representativos y más influyentes del clima presentan diferencias importantes en algunos de sus componentes básicos y de mayor percepción, como acontece con los patrones de lluvia (mm) y las temperaturas (°C) prevalecientes, los cuales muestran variaciones significativas en periodos cortos de tiempo que intervienen sobre el desarrollo y el manejo agronómico de las plantaciones comerciales sembradas en el lugar.

El Cuadro 7 expone la información promedio mensual y total anual de lluvia (mm), y medias de temperaturas (°C) en sus componentes de máxima, media y mínima; como también, un estimado de su diferencial térmico (máxima-mínima). Los valores expuestos corresponden al periodo 2016-2019 (4 años) y proceden de las Estaciones Meteorológicas ubicadas geográfica y estratégicamente en Juan Viñas (1.181 msnm), CATIE (distrito Turrialba 602 msnm) y una Estación situada en el Centro del cantón (distrito Turrialba 630 msnm), lo que favorece una relativa buena representatividad y cobertura territorial del lugar. La Estación CATIE lamentablemente reportó datos 2016 completos y hasta el mes de mayo del 2017 cuando dejó de medir; la Estación Central por su parte, inicio lecturas a partir de mayo 2016 y por todo el resto del periodo evaluado. Los datos mostrados en el Cuadro 7 y nombrados como Centro, corresponden al promedio aritmético de datos de esas dos Estaciones.

Se infiere a partir de esa información que la lluvia de las dos Estaciones Meteorológicas (Centro y Juan Viñas) recabadas es bastante alta, pues llovió en promedio en el periodo evaluado un total de 2.375,6 mm con un ámbito extremo muy consistente entre 2.340,1 y 2.411,2 mm. La Figura 11 presenta por su parte un detalle de la distribución mensual de las lluvias mostrando la carencia de un periodo seco prolongado y consistente, como acontece en otras regiones, que favorezca y permita realizar una cosecha de plantaciones en condiciones de clima y suelo apropiadas. Es en el periodo febrero-abril donde prevalece una relativa mejor condición para cortar la caña, pues a partir del mes de mayo la situación con la lluvia se torna limitante y mucho más difícil. Queda suficientemente evidenciada y demostrada en esa distribución, la inconveniencia de avanzar la cosecha de plantaciones a partir del mes de mayo y posteriores; pues los niveles de precipitación son bastante altos y definitivamente perjudiciales para desarrollar la práctica con la capacidad y eficacia requeridas, sin provocar afectación y deterioro sobre la calidad de la materia prima cortada, como también daño severo sobre el desarrollo futuro de las plantaciones. La topografía ondulada-quebrada se convierte paradójicamente en este caso, en un factor favorable al facilitar el drenaje rápido de las aguas de lluvia. La región presenta varios puntos altos de lluvia en los meses de julio (318,2 mm), mayo (309,0 mm) y enero (261,0 mm) como los de mayor precipitación; los cuales se reducen significativamente en abril (84,5 mm) y marzo (98,7 mm). No se observa 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, lo que es muy revelador de la condición de alta humedad ambiental prevaleciente en esta zona, lo que tiene consecuencias fitosanitarias sobre la presencia de plagas y enfermedades.

La diferencia observada entre estaciones de medición en lo concerniente a las temperaturas pareciera ser como era esperable, más relevante, pues como se infiere del Cuadro 7, las variaciones y discrepancias constatadas son en promedio anual muy significativas. Los valores mostrados denotan cambios importantes tanto entre meses como entre Estaciones, destacando Juan Viñas por su altitud como una localidad sensiblemente más fría. Las temperaturas promedio más altas de toda la región se dan en los meses de mayo (28,5 °C), junio (28,3 °C) y abril (28,2 °C); mientras que las más bajas acontecen en sentido inverso en los meses de febrero (14,7 °C), enero (15,0 °C) y marzo (15,5 °C), lo que como se nota, coincide con el periodo de cosecha de las plantaciones comerciales. Las máximas de temperatura por estación se observaron en el Centro en mayo (31,5 °C), abril (31,3 °C) y junio (31,2 °C); en tanto que las más bajas ocurrieron en Juan Viñas en febrero (14,1 °C), enero (14,3 °C) y marzo (14,8 °C), constituyéndose entre las más bajas del país.

En correlación directa con la maduración, acontece que en los meses de abril, febrero y marzo el Diferencial Térmico representado en este caso por la variación entre las temperaturas máximas respecto a las mínimas, es mayor, con valores de 11,9, 11,8 y 11,3 °C que resultan muy satisfactorios y explican parcialmente los posibles motivos y razones de las concentraciones de sacarosa obtenidas en la región, como lo han señalado y documentado Chaves *et al* (2018), Chaves (2019acdefgh, 2020abe), al manifestar que el “golpe térmico” induce una condición estresante que promueve el acúmulo de sacarosa en los tallos industrializables de la planta. Un comparativo sobre este Diferencial demuestra que pese a ser más alto que los verificados en Guanacaste, son muy inferiores en relación a los observados en la Zona Sur, como lo revelan los estudios de Chaves (2019gh), Angulo, Rodríguez y Chaves (2020) y Barrantes y Chaves (2020).

Cuadro 7. Lluvia (mm) y Temperatura (°C) mensual presente en TURRIALBA. Periodo 2016-2019 (4 años).														
Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Media
LLUVIA (mm)														
CENTRO *	268,8	74,6	90,0	83,0	327,2	321,3	343,2	217,3	172,3	219,1	284,4	139,1	2 411,2	225,5
JUAN VIÑAS	253,2	190,0	107,4	86,1	290,8	199,1	293,2	156,2	206,4	191,0	217,2	149,8	2 340,1	195,0
Promedio	261,0	132,3	98,7	84,5	309,0	260,2	318,2	186,7	189,4	205,0	250,8	144,5	2 375,6	210,2
TEMP. MÁXIMA (°C)														
CENTRO *	29,3	29,6	29,8	31,3	31,5	31,2	30,4	30,8	31,0	30,9	29,7	30,0		30,5
JUAN VIÑAS	23,2	23,4	23,8	25,0	25,5	25,3	24,5	25,2	25,5	25,3	24,2	23,9		24,6
Promedio	26,2	26,5	26,8	28,2	28,5	28,3	27,5	28,0	28,2	28,1	26,9	26,9		27,5
TEMP. MÍNIMA (°C)														
CENTRO *	15,6	15,4	16,1	17,0	19,4	18,7	17,8	18,2	18,2	18,4	17,8	16,6		17,6
JUAN VIÑAS	14,3	14,1	14,8	15,6	17,0	16,8	16,5	16,4	16,2	16,1	16,1	15,1		15,8
Promedio	15,0	14,7	15,5	16,3	18,2	17,8	17,1	17,3	17,2	17,3	17,0	15,9		16,7
TEMP. MEDIA (°C)														
CENTRO *	22,4	22,5	23,0	24,1	25,4	24,9	24,1	24,5	24,6	24,6	23,7	23,3		24,0
JUAN VIÑAS	18,7	18,7	19,3	20,3	21,2	21,1	20,5	20,8	20,9	20,7	20,2	19,5		20,2
Promedio	20,6	20,6	21,1	22,2	23,3	23,0	22,3	22,7	22,7	22,7	22,0	21,4		22,1
DIFERENCIAL TÉRMICO														
CENTRO *	13,7	14,2	13,8	14,3	12,1	12,5	12,6	12,6	12,8	12,4	11,9	13,4		12,9
JUAN VIÑAS	8,9	9,3	8,9	9,4	8,5	8,5	8,0	8,8	9,3	9,2	8,1	8,8		8,8
Promedio	11,3	11,8	11,3	11,9	10,3	10,5	10,3	10,7	11,0	10,8	10,0	11,1		10,9

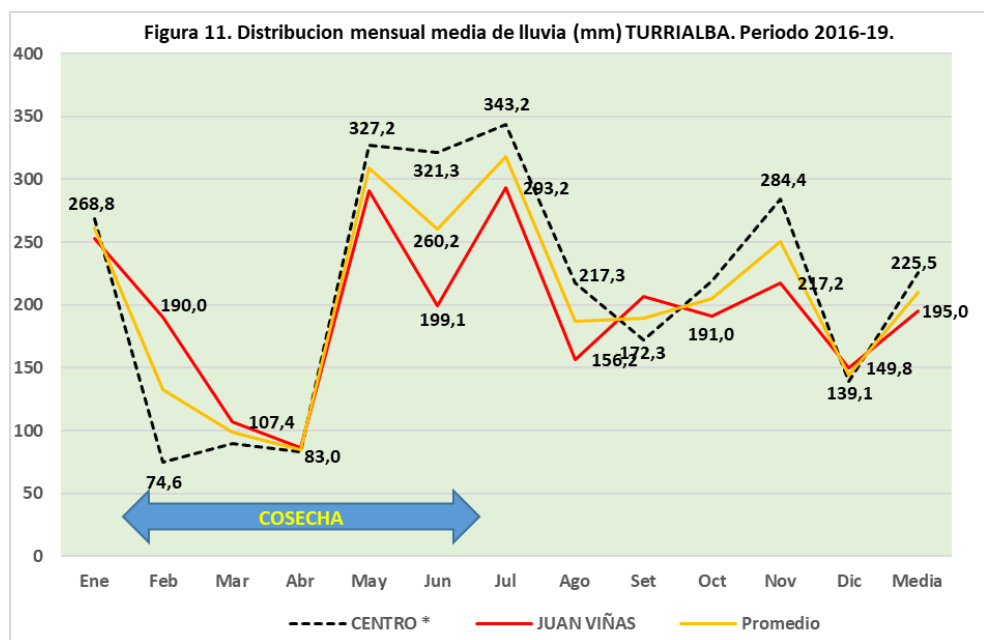
Fuente: Elaborado por los autores (2020) con información de Estaciones Juan Viñas, CATIE y Centro de Turrialba.

* Promedio de Estaciones CATIE y Centro de Turrialba. La Estación CATIE solo año 2016 completo y 2017 hasta mayo. La del Centro de Turrialba tuvo datos a partir de mayo 2016 y por todo el resto del periodo evaluado.

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

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

La región turrialbeña presenta y se caracteriza en el ámbito climático por tener un patrón de lluvia total anual promedio de 2.375,6 mm, para una media de 210,2 mm mensuales. El promedio mensual de sus temperaturas es de 27,5 °C como máxima, 16,5 °C como mínima, con una media calórica de 22,1 °C y una Diferencia Térmica de 10,9 °C al año. En lo particular ambas localidades presentan poca variación en su lluvia media, pues en la zona baja (Centro) es de 2.411,2 mm y en la zona alta (Juan Viñas) de 2.340,1 mm; lo cual en temperaturas alcanza valores más distantes y significativos con 30,5 y 24,6 °C en la máxima y 17,6 y 15,8 °C en las mínimas, respectivamente. Esas temperaturas marcan un diferencial térmico anual de 12,9 y 8,8 °C. Se reportan complementariamente (Chaves 2019a) valores promedio de Brillo Solar anual de 4,5 y 4,3 horas para las mismas Estaciones, con un diferencial poco relevante de solo 0,2 horas y décimos; una Humedad Relativa del Aire que se ubica entre 84,3 y 77,4%. La Velocidad del Viento se estimó por su parte en promedio en un rango anual entre 7,3 y 4,0 km/hr.



8. Suelos predominantes.

8.1 Taxonomía del suelo.

La región está muy definida en cuanto a su condición edáfica en consideración de que predominan básicamente dos órdenes taxonómicos muy particulares de suelo, en este caso **Andisol** de origen volcánico, en una amplitud y representatividad significativa del 53,7%, como se indica en el Cuadro 8; seguido por suelos del orden **Inceptisol** en un 31,1%, los cuales en conjunto representan el 84,8% de toda la región. Complementariamente, se ubican también en menor grado suelos del orden **Ultisol** en un 15,2%. Los subórdenes taxonómicos son también muy específicos, destacando el **Udands**, **Udepts** y **Humults**, respectivamente, en la misma proporción, como lo señalaran Chaves (2017bc) y Chaves y Chavarría (2017).

Cuadro 8.
Orden taxonómico de suelos predominantes
en la Región Cañera de Turrialba - Juan Viñas.

Ordenes suelo	Área (ha)	%	Sub Orden	Área (ha)
Andisol	2 657,6	53,7	Udands	2 657,6
Inceptisol	1 537,5	31,1	Udepts	1 537,5
Ultisol	753,1	15,2	Humults	753,1
Total	4 948,2	100		4 948,2

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

La clase de suelos predominante en la zona, en particular los Andisoles, presentan una condición fisicoquímica muy especial y particular propia de esa taxonomía vinculada en su origen con la actividad volcánica, que incorpora algunas ventajas, pero también limitantes importantes principalmente en lo concerniente a su condición de fertilidad natural que puede resultar contraproducente, si no se aplican las medidas correctivas correspondientes, para los intereses de producción agroindustrial del cultivo de la caña de azúcar.

De acuerdo con Chaves y Chavarría (2017), los suelos del orden Andisol tipifican y caracterizan por ser *“Derivados de material volcánico, horizontes con características Ándicas. Profundos, de color oscuro a pardo oscuro. Predomina la arcilla Alofana, coloide amorfo e hidratado, inestable, muy reactiva. Fija aniones (B, S), pH cercano a la neutralidad, pérdidas de K por lixiviación. Forma complejos organominerales difíciles de descomponer al ligarse con la materia orgánica por lo que poseen buena acumulación de humus. Condiciones físicas muy buenas, bien estructurados, con buen drenaje y retención de humedad. Baja Densidad Aparente susceptibles a compactarse. Fertilidad moderada con muy alta fijación de P por lo que requieren encalado. CICE moderada /alta, moderada retención iónica. Presentes en régimen Údico.”*

La condición de fertilidad natural de esos suelos califica como de nivel moderado-alta y potencialmente favorable en el tanto se corrijan oportuna y satisfactoriamente algunas limitantes, principalmente de índole químico que poseen, como son las asociadas con su alta capacidad de fijación de Fósforo (P), por lo que requieren de encalado pronto 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 prestar especial atención a la nutrición del cultivo, como un factor determinante para potenciar 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. La limitante de fertilidad puede ser por tanto manejable, como lo ha señalado Chaves (1988, 1993, 1999ab, 2002, 2017c); lo cual implica sin embargo revisar y tener presente el costo involucrado. El hecho de contar con ciclos vegetativos prolongados constituye un factor a considerar en los programas de acondicionamiento y mejora de la fertilidad del suelo que se implementen.

8.2 Relieve.

La topografía que presenta la región cañera de Turrialba y Juan Viñas es en su mayoría muy irregular, existiendo áreas planas, onduladas y sitios quebrados con pendientes muy fuertes (>35%), donde prácticamente no se puede realizar ningún tipo de labor mecanizada, en cuyo caso se emplean animales de tiro o recurre a la irremediable y onerosa labor manual. La denominada *“agricultura de ladera”* es en estos casos dominante, lo cual resulta muy particular pues impone condiciones que hacen prevalecer un manejo muy rústico, tradicional, difícil y poco económico, como se aprecia en la Figura 12 y lo comentaran Chaves y Alvarado (1994). Cabe resaltar como áreas planas o semiplanas aquellas ubicadas en las fincas cañeras de Florencia Industrial S.A., CATIE, Hacienda La Isabel, Coopecañita R.L., ASOPRAVIC y buena parte de las fincas pertenecientes a Hacienda Juan Viñas. Por otra parte, áreas con presencia de fuertes pendientes se ubican en las localidades del distrito La Suiza como son Pacayitas, El Silencio y Alto Alemania; también las localidades de Pavones, Turrialba (San Juan Norte y Sur) y Pejibaye (El Humo, San Joaquín).



Figura 12. Agricultura de ladera en la zona cañera de Turrialba.

La condición difícil y heterogénea del relieve provoca que las posibilidades de mecanización de labores se vean severamente dificultadas y la cosecha mecanizada casi impedida en algunas áreas, por cuanto la variabilidad topográfica en espacios cortos es muy alta, limitando poder contar con lotes planos y homogéneos de extensión considerable que favorezcan y permitan una mecanización eficiente y rentable bajo criterios de economías de escala.

9. Variedades de uso comercial.

Como es habitual encontrar en todas las regiones que producen caña a nivel comercial con el objeto de fabricar azúcar (no dulce), la base productiva está por lo general concentrada en algunos pocos materiales genéticos, los cuales pueden categorizarse entre tradicionales y novedades genéticas consolidadas o en su caso en activo progreso. 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 validación agroindustrial a las condiciones particulares de los entornos agro productivos del lugar.

Como ha quedado demostrado, esta región posee una de las condiciones y entornos agro productivos más heterogéneos, disímiles y agrestes para producir caña de azúcar de manera competitiva en Costa Rica; virtud de que casi todos los aspectos que pueden considerarse como tipificantes muestran variación y disconformidad. Esta condición tan particular obliga necesariamente disponer de materiales genéticos con demostrado potencial de adaptación y diferencial a las mismas; siendo por ello siempre, aunque considerado actualmente el mayor reto, encontrar variedades de calidad que permitan sustituir a las tradicionales variedades bianuales de sigla y origen hawaiano. La caña de azúcar 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 tópico no hay duda es muy relevante y de mucha trascendencia (Chaves 2018abc, 2019ab). Una revisión de lo actuado en esta materia en la región, demuestra que los cambios acontecidos en cuanto a materiales genéticos disponibles y recomendados para sustentar las siembras comerciales ha sido muy dinámico y efectivo en el tiempo, como lo demuestran DIECA (1990), Chaves y Aguilar (1991), Chaves (2018bc, 2019b).

En el Cuadro 9 se anotan con detalle las 27 variedades de caña identificadas por el Censo Cañero realizado por DIECA en el año 2019, como sembradas comercialmente en la región, información recabada y anotada 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: B 76-259 con un 34,5% del área cultivada (ha), seguido por H 77-4643 (20%), B 77-95 (11,7%) y con gran potencial de desarrollo LAICA 04-250 (16,2%). Integralmente esas cuatro variedades representan el 82,3% de toda el área cultivada en la zona. De manera más distante aparece la tradicional PINDAR con un 4,8% del área cultivada.

Una revisión detallada de la información recabada revela la presencia en áreas muy pequeñas de clones que fueron en tiempos pasados muy importantes para la región, como es el caso de B 47-44, H 61-1721, H 65-7052, H 68-1158, POJ 2878 y Q 96, entre otras. Como se indicó, la región, sobre todo la parte alta, estuvo por muchos años supeditada exclusivamente a la siembra de variedades de origen hawaiano sigla H, lo cual en los últimos años ha debido re direccionarse debido a que la adquisición de clones de ese origen no es viable actualmente, obligando a buscar respuestas y opciones genéticas en otros orígenes, entre ellos el nacional (Chaves 2018cd, 2019b, 2020g). Existen complementariamente, varios clones, principalmente nacionales, 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 condición y piso altitudinal: Zona Media-Baja: LAICA 07-26, LAICA 07-203, LAICA 08-390, LAICA 10-207 y LAICA 12-340; Zona Alta: LAICA 05-805, LAICA 07-203, LAICA 10-207 y LAICA 12-340, entre otras (Chaves 2020g).

Cuadro 9.

Variedades de caña de azúcar sembradas (27) en los cantones de la Zona Atlántica durante el año 2019.

VARIEDAD	TURRIALBA	JIMÉNEZ	PARAISO	Total *		
				has	%	
					Relativo	Absoluto
B 47-44	1,00			1,00	0,03	0,03
B 76-259	807,78	353,80	8,00	1 169,58	35,14	34,46
B 77-95	312,09	82,39	4,00	398,48	11,97	11,74
B 76-385	20,55	49,00		69,55	2,09	2,05
BJ 82-119	0,37			0,37	0,01	0,01
H 61-1721		30,79	6,50	37,29	1,12	1,10
H 74-1715		38,17		38,17	1,15	1,12
H 77-2545		22,84	3,00	25,84	0,78	0,76
H 77-4643	42,66	629,65	5,50	677,81	20,37	19,97
H 78-2313		8,01		8,01	0,24	0,24
H 68-1158		34,94		34,94	1,05	1,03
H 65-7052		4,48		4,48	0,13	0,13
LAICA 04-261	0,68			0,68	0,02	0,02
LAICA 04-250	29,74	513,04	6,00	548,78	16,49	16,17
LAICA 07-203	8,49	28,78		37,27	1,12	1,10
LAICA 12-340	2,26	0,40		2,66	0,08	0,08
LAICA 05-805	10,57	1,00		11,57	0,35	0,34
LAICA 10-207	1,73	3,00		4,73	0,14	0,14
LAICA 07-26	0,60	6,00		6,60	0,20	0,19
LAICA 08-390	1,13	2,00		3,13	0,09	0,09
Mex 79-461	1,00			1,00	0,03	0,03
PINDAR	160,25	4,50		164,75	4,95	4,85
POJ 2878	1,00	7,00		8,00	0,24	0,24
Q 96	16,44	7,66		24,10	0,72	0,71
RB 73-9735	1,00			1,00	0,03	0,03
RB 86-7515	21,11	23,50	1,00	45,61	1,37	1,34
PR 80-2038	1,00			1,00	0,03	0,03
Otras	25,16	40,55		65,71		1,94
Mezcla	1,50			1,50	0,05	0,04
Total (24)	1 468,11	1 891,50	34,00	3 393,61	100,00	100,00
Porcentaje	43,26	55,74	1,00			100
N° Variedades	21	21	7			

Fuente: Chaves *et al* (2020)* El *Porcentaje Absoluto* incluye el área sembrada y que aparece indicada como OTRAS (65,20 has); en el caso del *Porcentaje Relativo*,

El área de trapiches de dulce no fue incluida ni considerada para efectos de cálculo.

9.1 Caracterización de variedades comerciales.

No hay duda en reconocer que el trabajo de investigación desarrollado en materia de búsqueda de mejores opciones genéticas para emplear en el campo, hacen de esta una de las actividades más intensas y relevantes de la gestión que en el área tecnológica desarrolla DIECA en la región y en el país. Motivo por el cual las variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona se evalúan, seleccionan y reproducen por medio de un estricto esquema protocolario de carácter continuo y sistemático que tiene una duración de entre 10 y 12 años para identificar al menos un material genético promisorio y de valor utilitario; lo cual en la zona alta se prolonga aún por más tiempo en consideración del ciclo vegetativo prolongado involucrado (Chaves 2018a).

Como se ha reiteradamente señalado y comentado en diversas oportunidades, desde el año 1982, DIECA busca obtener y poner a disposición del sector productor mejores variedades de caña para uso comercial, mediante la operación, articulación y convergencia de dos estrategias complementarias de mejora genética, como son: **a) Vía Asexual:** mediante la introducción por esqueje (vegetativa) de clones procedentes del exterior, los cuales mantienen el origen de su identificación original y, **b) Vía Sexual:** obtención de variedades a partir de semilla verdadera recuperada del cruzamiento de progenitores mediante criterio biparental o múltiple, las cuales son reconocidas por la sigla LAICA (Chaves 2018ab, 2020fg).

Con el objeto de disponer de una mejor caracterización de las variedades más utilizadas y sembradas comercialmente en la región, a continuación, se presenta una breve descripción de las mismas.

➤ **B 76-259**

Progenitores: B 65-15 x B 59-162

Es una variedad con una alta capacidad de concentración de sacarosa en sus tallos, presenta una curva de madurez a cosecha que va de intermedia a tardía. Al momento de la corta puede llegar a tener por metro lineal entre 8 a 10 tallos molederos en promedio. Se adapta bien desde los 600 hasta aproximadamente los 1.200 msnm, lo que le otorga mucha capacidad y plasticidad de adaptación (Figura 13). Gusta de los suelos de fertilidad media a alta. 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*).



Figura 13. Variedad B 76-259 cultivada en Turrialba y Jiménez (600-1.200 msnm).

➤ **H 77-4643**

Progenitores: H 60-3862 x ?

Variedad de origen y procedencia hawaiana con características agronómicas muy especiales que le permitieron mantenerse por mucho tiempo en Hacienda Juan Viñas, como un material genético comercial de muy alto potencial agroindustrial; lo que le dio preferencia. Sus tallos son gruesos, de entrenudos largos y con buen despaje; se adapta bastante bien al ciclo de 18-24 meses, pues presenta volcamiento de los mismos, permitiendo la emergencia de mamones que pronto se convierten en tallos molederos, incrementando con ello el tonelaje (Figura 14). Actualmente es un material comercial susceptible a la

enfermedad conocida como roya naranja (*Puccinia kuehnii*), motivo por el cual su área de siembra viene prudentemente en fase activa de reducción sistemática, debiendo ser pronto sustituida por otra de calidad superior lo que no resulta la verdad nada sencillo.



Figura 14. Variedad H 77-4643 cultivada en Hacienda Juan Viñas (1.000-1.500 msnm).

➤ LAICA 04-250

Progenitores: H 77-4643 x ?

Es una variedad de origen nacional desarrollada por DIECA, la cual posee tallos gruesos que presentan un ventajoso buen despaje. Se obtuvo por medio de un cruce múltiple cuyos progenitores son la H77-4643 actuando como femenino y un poli cruce abierto como masculino (Chaves 2020g). Se recomienda para cultivar en altitudes de 900 a 1.550 msnm. Esta variedad se puede cosechar de 14 a 16 meses, pero su mejor tonelaje en caña y azúcar/ha, se da entre los 22 y 24 meses de edad en fincas de Hacienda Juan Viñas (Figura 15). Presenta una buena condición de fitosanidad. Su cultivo se está actualmente impulsando con muy buen suceso para sustituir de manera sistemática a la tradicional variedad H 77-4643; principalmente ante el problema de susceptibilidad que ese clon viene mostrando de manera creciente hacia la enfermedad de la roya naranja, la cual ha venido padeciendo y limitando la expansión y permanencia de esa variedad como material dominante de cultivo en las áreas de mayor altitud. Para las localidades cañeras de Turrialba (Pacayitas, El Silencio, San Juan Norte y Sur, Cien Manzanas, Tayutic) y los distritos de Pejibaye y Tucurrique cuya altitud sea igual o superior a 900 msnm, es una buena y novedosa opción de cultivo.



Figura 15. Variedad LAICA 04-250 ciclo planta, para terrenos de 900-1.550 msnm.

➤ B 77-95

Progenitores: No Disponible

Esta variedad se caracteriza por presentar tallos de buen despaje, con ligera tendencia a abrir, con buen grosor y con un número de 10 a 15 tallos/m lineal, índice considerado bastante bueno. Su crecimiento es lento comparado con el mostrado por la variedad B 76-259, por lo que el cierre del entresurco varía por lo general entre 120 y 150 días (Figura 16). Las plantaciones presentan una curva de madurez con tendencia tardía. Es un clon apto para altitudes desde 600 hasta los 900 msnm. Se debe cosechar con una edad preferiblemente de 14 meses como mínimo, pues cuando es menor su producción es de bajo tonelaje.

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.



Figura 16. Variedad B 77-95 cultivada en Turrialba y Jiménez, desde 600-900 msnm.

➤ PINDAR

Progenitores: Co 270 x MQ 33-157

La variedad PINDAR fue introducida a Costa Rica en el año 1953, siendo por ello una de las más longevas aún vigente comercialmente en esta región (Chaves 2018abc, 2019ab, 2020g). En el año 1986 se reportaron 5.931.6 has cultivadas en Costa Rica con ese material genético, mientras que en el año 2019 el área ocupada por la variedad fue de apenas de 204,9 has, ratificando su pérdida de importancia en la zona (Chaves *et al* 2020). Cómo se observa, tanto a nivel de país como particularmente en la región de Turrialba, su cultivo se ha disminuido de forma muy significativa, manteniendo actualmente una representatividad de apenas el 4,8% (Cuadro 9). Es una variedad muy azucarera, rústica, tallos con pobre despaje y de maduración muy temprana. Es muy susceptible al ataque de taladradores del tallo (Figura 17).



Figura 17. Variedad PINDAR, cultivada en terrenos de 600-900 msnm.

En los últimos años se le ha observado una coloración rojiza en sus hojas que le resta área verde con actividad fotosintética, razón por la cual presenta una manifiesta pérdida de vigor. En la Zafra 2019-2020 mostró una quema foliar preocupante. Probablemente la tendencia de esta variedad es ir disminuyendo sistemáticamente su área de cultivo hasta desaparecer próximamente, pese a lo cual, posiblemente se mantendrá como opción de cultivo para un segmento importante de pequeños agricultores.

➤ **B 76-385**

Progenitores: B 62-165 x B 61-60

Se recomienda para ser cultivada en localidades ubicadas a una altitud de 600 a 900 msnm. Se caracteriza por presentar buena cepa, muestra tolerancia a las mezclas herbicidas que se utilizan en la zona para realizar el control químico de malezas, como la Hexazinona y el Diurón (Figura 18). Llama la atención de esta variedad su buena fitosanidad en el sistema foliar y la estabilidad productiva que mantiene en los ciclos de soca o retoño. Es una variedad comercial que presenta un buen rendimiento agroindustrial (8,5 a 10 t/ha de azúcar promedio). Actualmente se cultiva con éxito por la Cooperativa Coopecañita R.L., ubicada en Juray de Jiménez.



Figura 18. Variedad B 76-385 para siembra en terrenos entre 600-900 msnm, Turrialba.

9.2 Variedades promisorias.

Tal como su nombre lo indica y sugiere, estas variedades por sus características agronómicas sobresalientes prometen llegar eventualmente, a convertirse en variedades comerciales en el mediano plazo. El Cuadro 9 presenta un detalle del área (ha) reportada por las cuatro variedades consideradas se encuentran actualmente en condición de promisorias y en fase activa de validación en el campo, la cual como es razonable entender es aún muy pequeña.

Seguidamente se despliega una breve descripción de dichas variedades.

➤ LAICA 07-203

Progenitores: H 68-1158 x ?

Esta variedad fue seleccionada en la zona medio-baja de Turrialba, se obtuvo utilizando un cruce cuyos progenitores son: H 68-1158 como femenino y actuando como padres (conocidos) en un cruce abierto las variedades B 76-259 x LAICA 85-656. Su tendencia de concentración de sacarosa a la madurez se presenta en la Figura 19. Como se observa en la misma, la variedad presenta una curva de madurez con proyección de intermedia a tardía; donde su rendimiento industrial puede fluctuar entre 115 y 120 kg de azúcar/t, lo cual demuestra que posee una alta capacidad para concentrar azúcares en sus tallos. El tallo es grueso, con buen despaje y una longitud aceptable, por lo que el rendimiento agrícola potencial es alto.

En un estudio de competición de 11 variedades, promedio de 2 cosechas realizado en finca CATIE en el año 2020 (DIECA 2020), la variedad LAICA 07-203 alcanzó un rendimiento de 128,0 y 15,2 t/ha de caña y azúcar, respectivamente. La variedad B 76-259, utilizada como testigo comercial, alcanzó por su parte una productividad de 117,1 y 12,6 t/ha de caña y azúcar, respectivamente; lo que implica un incremento en productividad de la variedad LAICA 07-203 de significativos 9,3 y 20,6 % t/ha, respectivamente.

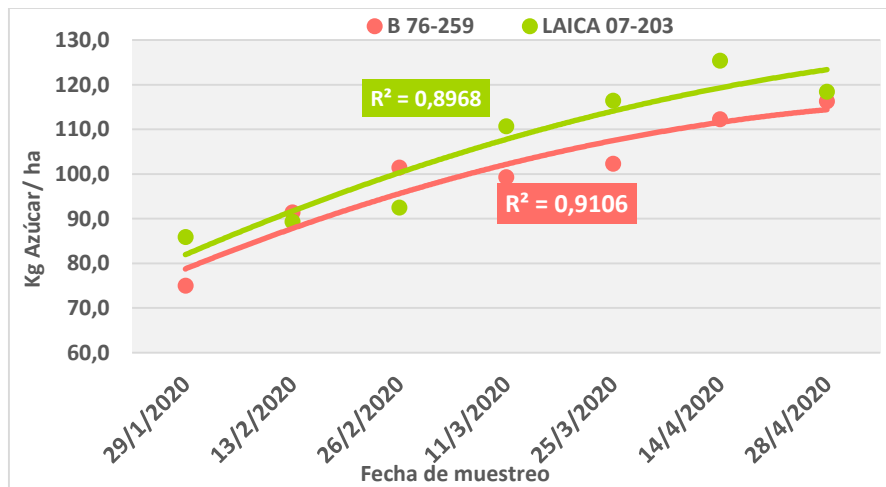


Figura 19. Curva de madurez de la variedad LAICA 07-203 en relación con el testigo B 76-259.

El buen comportamiento agroindustrial mostrado por esta variedad también se ha expresado en Hacienda Juan Viñas, en donde las siembras comerciales se han realizado en áreas de extensión considerable. Con base en lo expresado anteriormente, se recomienda esta variedad para cultivar desde los 600 hasta altitudes próximas a los 1.300 msnm (Figura 20). El clon se adapta bien a suelos de fertilidad media a alta; sin embargo, se la ha visto crecer bien aún en suelos de fertilidad baja, lo que demuestra su potencial.



Figura 20. Variedad LAICA 07-203, para cultivar en terrenos 600 a 1.300 msnm. Florencia Industrial S.A., ciclo planta, Turrialba.

➤ LAICA 05-805

Progenitores: H 77-4643 x ?

Esta variedad fue originalmente seleccionada en Pérez Zeledón, Zona Sur. Se obtuvo por un cruce cuyos progenitores fueron: madre H 77- 4643 y padres producto de un poli cruce. Se recomienda para localidades con una altitud desde los 600 y hasta los 950 msnm. En la región de Turrialba su comportamiento se ha visto bien en terrenos y las condiciones de localidades como Tuis, El Silencio de La Suiza, La Isabel, CATIE, Florencia y Pejibaye. Se caracteriza por presentar tallos de crecimiento erecto, con buen despaje, cepa tupida con un promedio de 12 a 14 tallos molederos/m (Figura 22).

La curva de madurez del clon se presenta en la Figura 21, donde como se observa e infiere, que su madurez es de tendencia tardía, notando que el momento de mayor concentración de azúcar de la variedad es de la mitad de abril en adelante. Llama la atención como esta variedad puede llegar a producir hasta 120 kg de azúcar/t, pero sorpresivamente al final del mes de abril.

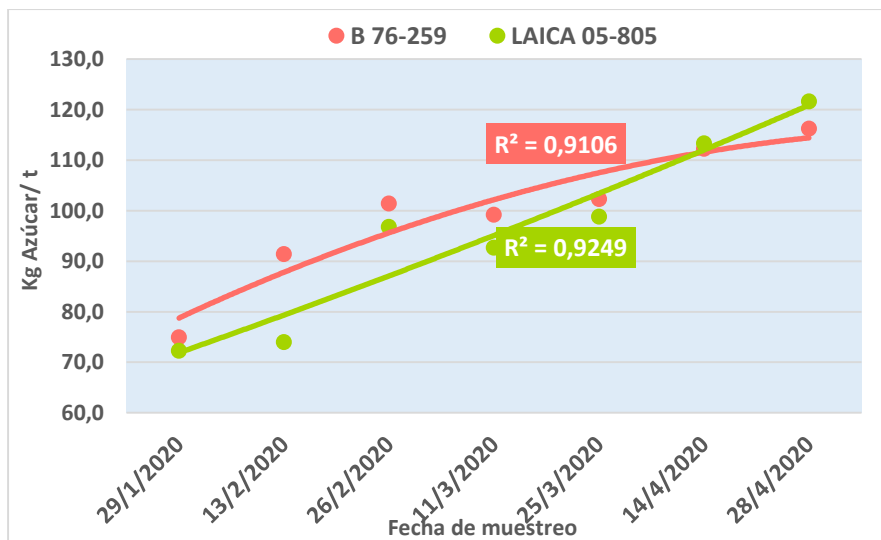


Fig. 21. Curva de madurez de la variedad LAICA 05-805, respecto al testigo B 76-259.



Figura 22. Variedad promisoría LAICA 05-805, ciclo planta, en Tuis, Turrialba.

➤ LAICA 10-207

Progenitores: B 77-95 x SP 82-1176

La principal característica y atributo de esta variedad es su alto Rendimiento Industrial (kg/t caña), pues ha llegado a alcanzar en los muestreos de madurez realizado concentraciones de sacarosa cercanas a los 140 kg de azúcar por tonelada, tal como se observa en la Figura 23. Otra ventaja o fortaleza es que posee una curva de maduración temprana, por lo cual se puede cosechar desde el inicio de la zafra con una buena concentración y continuar con buenos rendimientos hasta finalizar zafra (Figura 24).

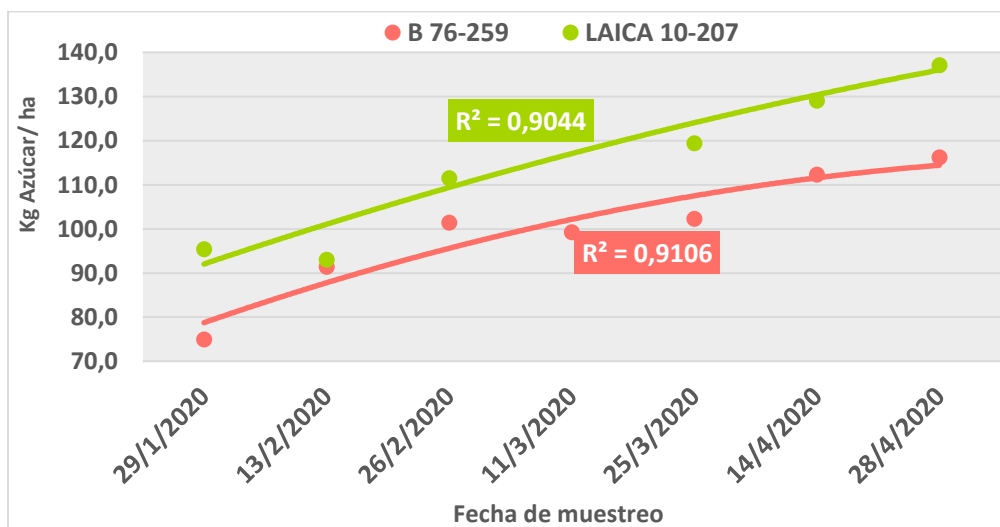


Figura 23. Curva de madurez de la variedad LAICA 10-207, en comparación con el testigo B 76-259.



Figura 24. Variedad promisoría LAICA 10-207, ciclo planta en Tuis, Turrialba.

Si bien no se ha realizado una investigación a fondo respecto a la demanda nutricional de la variedad LAICA 10-207, se recomienda realizar una fertilización balanceada con un nivel suficiente de Nitrógeno y Potasio (150 kg de N, 120 kg/ha de P_2O_5 y 200 kg de K_2O /ha) en ciclo planta. En el ciclo soca se recomienda aplicar iguales cantidades de Nitrógeno y Potasio. Se ha observado que este clon que tolera en forma moderada los suelos ácidos. Esta variedad se recomienda sembrarla en terrenos cuya altitud se sitúe entre los 600 y los 950 msnm.

➤ **LAICA 12-340**

Progenitores: Co 421 x TCP 87-3388

Es una variedad de buena cepa, con poblaciones de 12 a 14 tallos industrializables por metro lineal. Una de las ventajas que posee es que cierra rápido el entresurco, característica importante en cuanto al tema de las malezas y su impacto competitivo. Su Rendimiento Industrial es alto, se estima entre 115 y 120 kg de azúcar por tonelada de caña molida (Figura 25). Se le ha cultivado en la región de Turrialba en altitudes que van desde los 700 y hasta los 1.100 msnm. El clon presenta un bajo porcentaje de floración, 10-25 %, el cual disminuye conforme aumenta la altitud del lugar (850-1.100 msnm).

Los tallos de esta variedad son de crecimiento erecto, despaje regular, de buen peso y al formar una cepa tupida estas características le favorecen en el tonelaje, el cual es alto (t caña/ha). La variedad presenta una curva de madurez con proyección de intermedia a tardía (Figura 26).



Figura 25. Variedad promisoría LAICA 12-340, ciclo planta, en Tuis de Turrialba.

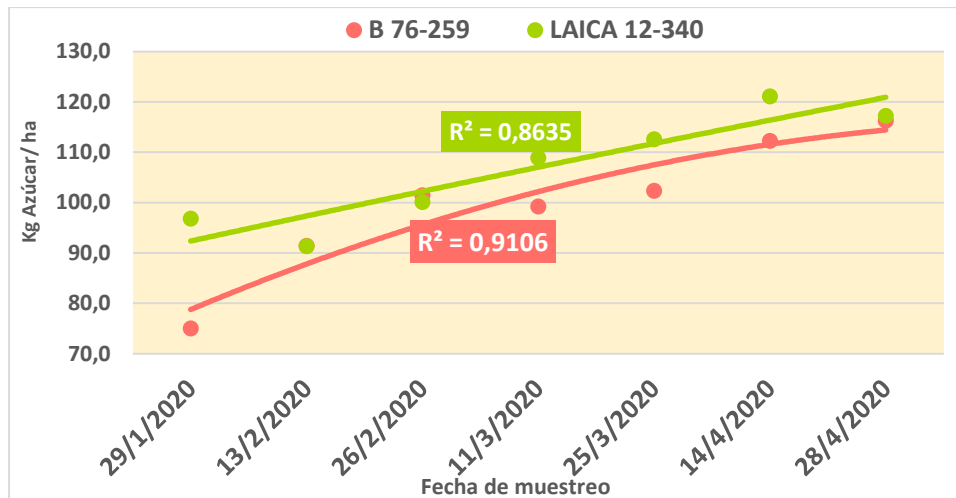


Figura 26. Curva de madurez de la variedad LAICA 12-340, respecto al testigo B 76-259.

10. Propagación.

10.1 Semilla y Semilleros (básicos - comerciales).

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. Por semilla de calidad se entiende un material vegetal que ha pasado por un proceso sistemático de reproducción vegetativa, que inicia en su modalidad más tradicional y utilizada actualmente en la zona, con semilleros básicos, continúa con semilleros semicomerciales y luego pasa a constituir semilleros comerciales.

El material reproductivo básico inicial empleado en estos semilleros proviene y es obtenido por lo general a partir de Cultivo de Tejidos *in vitro*. Esta semilla garantiza fitosanidad, es decir, se encuentra libre de enfermedades (fungosas y bacteriales) y plagas, posee pureza de la variedad referenciada y genética (no existe mezcla de variedades). La semilla debe contar con una edad idónea al corte de entre 6 y 7 meses y procede de plantaciones de semilleros con un máximo de dos cortes sucesivos, a los cuales se les ha proveído un buen manejo agronómico y complemento nutricional, que permite al clon expresar todo su potencial mediante un buen desarrollo vegetativo (Figura 28).

En la Figura 27 se presenta un esquema secuencial de las fases que sistemáticamente conlleva desarrollar un Programa de Producción de Semilla Mejorada de Caña de Azúcar (Chavarría 2017b). Es conveniente y muy recomendable que los esquejes sean tratados previa su siembra con fungicida y termoterapia (51°C por 60 minutos o 52°C por 30 minutos). 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.

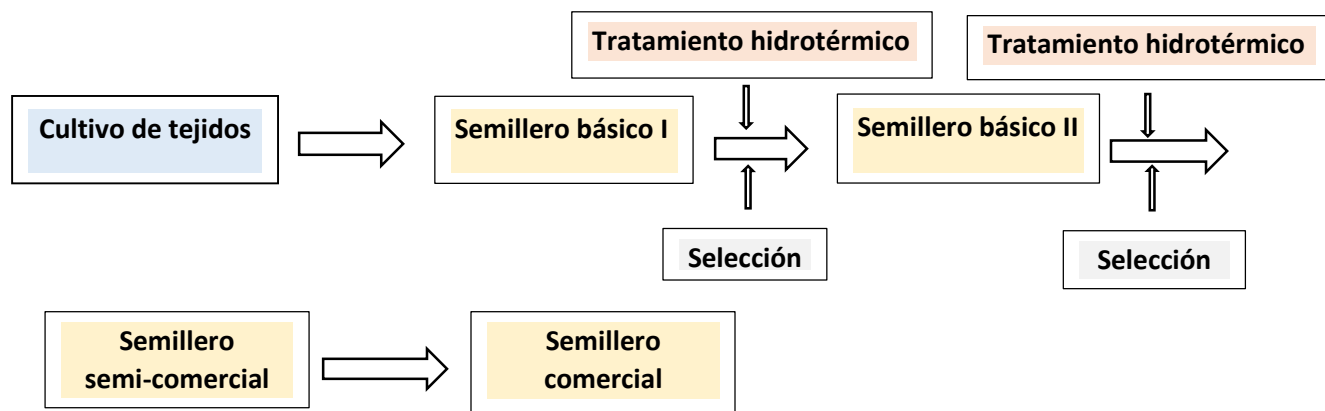


Figura 27. Esquema para la reproducción sistemática de semilla mejorada de caña de azúcar.



Figura 28. Semillero de caña comercial, variedad LAICA 07-203, en Tuis de Turrialba.

11. Preparación del terreno.

11.1 Selección del terreno y ubicación.

Los costos de producción tanto en el ciclo de caña planta como en el de soca o retoño, cumplen un papel determinante para que la actividad cañera sea rentable, competitiva y empresarialmente exitosa. Debido a lo anterior, es preciso tomar en consideración aspectos relevantes tales como son la topografía del terreno, la conformación y disposición de los lotes comerciales, los accesos y salidas, 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 al ingenio azucarero donde se entregara la materia prima, pues los mismos afectan el costo total de producción y con ello la utilidad económica.

Con base en lo anterior, es importante entonces seleccionar terrenos cuya topografía no sea muy quebrada (pendientes menores del 10%), siendo ideal que sean planos o semi ondulados, conformar lotes de forma tal que los surcos sean lo más largos posible, de preferencia las plantaciones se cultiven en suelos de fertilidad media a alta y que la distancia promedio a la agroindustria azucarera no supere los 12 km. No cabe por tanto la menor duda, que esta fase inicial de planificación, organización y establecimiento de la

unidad productiva en el campo resulta determinante, pues los errores u omisiones que se cometan no será posible rectificarlas posteriormente en su mayoría, debiendo por ello arrastrarlos por todo el ciclo útil de la plantación, con un costo muy alto en términos productivos y económicos, como lo ha señalado y puntualizado Chaves (2015b).

11.2 Levantamiento topográfico.

En la región de Turrialba predomina un tamaño pequeño en las fincas cañeras, estructura propia y característica de un sistema de tenencia de la tierra de pequeño agricultor en el caso particular de la caña de azúcar; donde su tamaño varía entre 1 y 7 hectáreas. Esta particularidad provoca que las renovaciones de las plantaciones sean igualmente pequeñas en extensión, por lo general apenas entre 0,5 y 2,0 ha; por tanto, el levantamiento topográfico no es una práctica que sea de efectos económicos retornables, pues es muy poco lo que esta labor se efectúa en la región.

En la región alta de Juan Viñas lo que se practica es un trabajo de conformación de los lotes para acondicionarlos a la cosecha mecanizada cuando se realiza, lo cual implica trazar los surcos de manera que tengan una longitud apreciable, remover adicionalmente las piedras de la superficie y emparejar o nivelar el suelo de forma tal que la superficie sea regular y permita el paso y labor de la cosechadora y los equipos de carga y transporte. Es oportuno mencionar como hecho destacable, que es en esta localidad cañera del país donde la cosecha mecanizada se ha venido realizando en condiciones calificadas como especiales, en consideración de que las topografías predominantes no son del todo planas como es deseable y esperado; sino por el contrario, se cosecha en relieves ondulado-quebrados hasta con un máximo del 12% de pendiente (Figura 57), hecho que llama la atención y es observada a nivel nacional e internacional, pues la experiencia agroindustrial es muy valiosa, única y muy particular.

11.3 Limpieza y descepado.

Si el área por sembrar es nueva debe como medida inicial retirarse y eliminarse todo tipo de impedimentos físicos como vegetación, árboles, arbustos, raíces, piedras y cualquier otro tipo de obstáculo que limite el paso de los equipos mecánicos o de tracción animal; ésta última, vale mencionar, muy utilizada en la región de Turrialba bajo la modalidad de mínima labranza incorporada en agricultura de ladera (Chaves y Alvarado 1994). En caso de emplear la modalidad de mínima labranza, se recomienda el uso de Glifosato aplicado en una concentración del 72% para eliminar malezas gramíneas y hojas anchas presentes.

Cuando se realice la renovación de plantaciones empleando labranza convencional, la cepa vieja puede ser removida mediante pase de arado de discos o de vertedera, rastra rompedora e incluso mediante subsolado trazado en conformación tipo "X". Esta labor es importante realizarla en condiciones de verano para favorecer la destrucción de la cepa vieja. En mínima labranza la cepa puede eliminarse mediante aplicación de agroquímicos como Glifosato o Fusilade.

11.4 Definición de lotes y accesos.

Tal como se mencionó anteriormente los lotes deben configurarse de tal forma que los surcos queden con el distanciamiento más largo posible para efectos de favorecer la labor de cosecha, principalmente cuando se realice cosecha mecanizada o semi mecanizada, con el fin de elevar la eficiencia del proceso y optimización de los costos implicados (Figura 29). Además, es muy conveniente que cada lote tenga acceso a un camino apropiado, con el objeto de que el transporte de insumos y movilización de la materia prima caña cortada puede realizarse con el menor esfuerzo y costo económico posible.



Figura 29. Diseño del lote y orientación de los surcos de forma tal que sean largos.

La preparación del terreno debe realizarse preferiblemente en época de verano, para que los terrones del suelo se rompan con facilidad y se puedan reducir a partículas más finas que no dificulten las labores y la germinación posterior de las plántulas de caña. En terrenos de relieve plano o semiplano, se recomienda utilizar labranza convencional; sin embargo, hay quienes prefieren utilizar la modalidad de mínima labranza por las ventajas que indiscutiblemente genera (Chaves 2020d).

11.5 Nivelación.

Para una región tan limitante en materia topográfica como es la zona de Turrialba-Juan Viñas, en realidad lo que se trata con la incorporación de esta labor es la de emparejar el suelo, acondicionarlo, remover piedras, especialmente cuando se tiene planeado realizar cosecha mecanizada, tal como ocurre en algunas fincas de la Hacienda Juan Viñas. En terrenos donde las plantaciones se cosechan en forma manual, esta labor de procurar emparejar los lotes por lo general por razones de costo no se realiza. Sin embargo, siempre es importante y beneficioso conformar los lotes con el tamaño y la disposición apropiada, de manera que se aproveche al máximo el terreno disponible, aprovechar la siembra de rondas, implementar medidas de conservación de suelos y dejar espacio para caminos cuando sean estrictamente necesarios para el tránsito de los equipos y la maquinaria.

Las áreas libres de caña se constituyen si no se manejan convenientemente en focos de reproducción de malezas, lo que eleva los costos de mantenimiento de las fincas, lo cual debe motivar y conducir a su aprovechamiento. En definitiva, cuando hablamos de nivelación de terrenos en estas condiciones tan particulares y difíciles de relieve como las que prevalecen en esta región, se debe reconocer que el mismo es limitado y con deficiencias en su ejecución por razones obvias y esperables; motivo por el cual, practicar comparaciones con otras regiones como es el caso de Guanacaste resultan exageradas e inconvenientes (Angulo, Rodríguez y Chaves 2020).

11.6 Subsulado.

El subsulado consiste en romper y fracturar el terreno hasta una profundidad variable entre 50-60 cm, con el fin de eliminar las capas compactadas o impermeables, y de esta manera, mejorar la estructura y facilitar el movimiento del aire y el agua por todo el perfil del suelo. Como consecuencia de un mejor drenaje y oxigenación interna, se reducen la erosión y la pérdida de suelo y se favorece, además, la expansión del sistema radical de la planta con los invaluable beneficios implícitos. Se recomienda que la labor de subsulado se efectuó en forma cruzada o como llaman en la zona “cajetiado”; esto es, de norte a sur y luego de oeste a este (cuadrulado), por lo que consiste en lo básico de dos pasos de maquinaria. Pese a que estos suelos son profundos, poseen buenos contenidos de materia orgánica y gozan de una mejor estructura física que otros, la práctica de subsolar al momento de sembrar resulta productivamente favorable, como la experiencia comercial lo ha demostrado.

11.7 Pase de arado.

Esta labor de campo se realiza por lo general después de ejecutar la segunda pasada del subsolador. Tiene como objetivo principal fracturar y voltear el suelo con una profundidad entre 30 y 40 cm, para favorecer la distribución de los agregados del mismo (Figura 30). En esta labor se da la remoción de la cepa vieja en el caso de plantaciones en proceso de renovación; se realiza con arado de discos, cinceles o con rastra rompedora. Esta última se sugiere pasarla dos veces. Un suelos rojos y ácidos del orden Ultisol, es conveniente evitar trasladar suelo de capas inferiores a la superficie, como se anotó para el caso de la Región Sur, como lo señalaran Barrantes y Chaves (2020).



Figura 30. Ilustración de labor de arada con equipo de discos.

11.8 Paso de rastra.

En orden secuencial de labores asociadas con la preparación de los suelos, es la tercera labor que se realiza durante la fase de preparación y acondicionamiento de los mismos para siembra. Se utiliza una rastra de discos para desmenuzar los terrones grandes y dejar el terreno mullido, propiciando una mejor cama para colocar la semilla. La práctica se encarga también de triturar la maleza, las raíces y los residuos de cosecha anteriores (Figura 31). En caso de existir suelos ácidos y por su condición química, los mismos deben ser corregidos, para lo cual se aplica el encalado con una voleadora después de efectuar la labor de arada. La idea es incorporar la cal al suelo con la rastra afinadora para que haya un mejor contacto en profundidad, una mayor actividad correctiva por neutralización, con lo que se logra una mayor efectividad del correctivo de acidez aplicado.



Figura 31. Labor de afinamiento del terreno con rastra afinadora.

11.9 Surcado.

En esta secuencia sistemática de labores de preparación y acondicionamiento del suelo, la última labor por realizar es la surcada y preparación del terreno para sembrar, la cual se efectúa normalmente en la región de Turrialba a una distancia convencional de 1,5 m entre surcos, pudiendo, sin embargo, ampliarse o en su caso disminuirse de acuerdo con la variedad, la duración del ciclo vegetativo y la pendiente.

Es conveniente al realizar esta labor dejar un espacio de tiempo de al menos 8 días entre el pase del subsolado, la rastra rompedora, la rastra afinadora y la surcada, con el fin de que larvas de plagas y semillas de malezas sean por exposición eliminadas por la acción del sol, las aves y los movimientos de suelo (Figura 32). Implementar esta recomendación es de suma importancia para reducir en grado importante los problemas de plagas y malezas que pudieran eventualmente presentarse, como está técnicamente demostrado.



Figura 32. Conformación de los surcos a 1,5 m de ancho para la siembra de la caña.

12. Siembra de la plantación.

12.1 Sistemas de siembra.

Los sistemas de siembra que se practican en la región son: a) siembra en surco corriente o tradicional, b) siembra sobre el lomillo o “*sistema louisiana*” apto para terrenos muy húmedos y localidades lluviosas, y c) siembra en surco de base ancha, este último se está apenas comenzado a implementar y evaluar en la zona. En el primer caso a) la semilla se coloca en el fondo del surco, se pica dejando esquejes de tres yemas que se cubren con una capa leve de suelo de 5 cm. En el sistema de siembra sobre el surco, se preparan surcos de 20 a 25 cm de alto, en cuyo centro se abre un pequeño surco donde se colocará 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, pasando de la tradicional forma de **V** por una de **U** que amplía el área de desarrollo de las raíces (Barrantes y Chaves 2020).

12.2 Distancia.

La distancia más utilizada en la región es la de 1,5 m entre surcos o lomillos, la cual puede ampliarse dependiendo del uso de equipos mecánicos, situaciones especiales o siembra de variedades de ciclo largo (18-24 meses) que postran su biomasa en el suelo. En épocas pasadas la misma alcanzó hasta 1,7 y 1,8 m. En los casos de siembras realizadas en condiciones de alta pendiente con fuerza animal la misma puede por el contrario disminuirse, con lo que se logra un importante efecto de conservación de suelos.

12.3 Densidad.

Como bien se sabe y está pragmáticamente demostrado, la semilla representa un insumo concluyente y muy oneroso en el establecimiento y éxito productivo de una plantación comercial de caña de azúcar. Esto implica que el empleo de densidades altas equivalentes a colocar tres o cuatro “chorros de semilla” en el surco, equivalentes a 14,4 y 18,5 toneladas de semilla comercial/hectárea, respectivamente; se traduce, según un estudio de campo realizado en Turrialba con la variedad B76-259, en un incremento considerable e innecesario en el costo de establecimiento de una hectárea de caña de azúcar, sin que ello implique ni se refleje en altas productividades agroindustriales (Calderón y Chaves 2003a). Con base en lo anterior, se recomienda incorporar con el fin de evitar gastos innecesarios, un máximo de dos chorros de semilla 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). El impacto económico de un exceso de semilla es muy alto.

12.4 Construcción de surcos y lomillos.

La 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 tal como se ha mencionado, se sugiere construirlos de forma que tengan la mayor longitud posible, con lo cual se logra incrementar la eficiencia en la corta y recolección de la materia prima durante la cosecha (Figura 33). 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 agudizan; de existir el problema debe buscarse incorporar medidas de contención de la escorrentía, como lo anotaran Guzmán (2012) y Chaves (2020d).



Figura 33. Disposición de los surcos de amplia longitud, finca La Gloria, Hacienda Juan Viñas.

12.5 Profundidad.

Es muy deseable que la preparación del suelo sea, a excepción de los Ultisoles rojos y meteorizados, lo más profunda que se pueda, 40-60 cm, con el objeto de que pueda desarrollarse un buen sistema radical. Sin embargo, la colocación de la semilla durante la siembra no puede ser profunda por lo que debe quedar ubicada a una profundidad máxima de 20-25 cm, para que la germinación ocurra sin problemas (Chaves 2020i). La semilla se debe cubrir con una capa superficial de tierra de no más de 5 cm de grueso.

12.6 Resiembra.

La resiembra es una práctica agrícola que está tomando mucho auge y fuerza en los tiempos actuales en el país, y particularmente en la región de Turrialba; toda vez que permite incrementar la productividad de las plantaciones, así como también prolongar la vida comercial útil de las mismas, traducido en un número mayor de cosechas previo a renovar plantaciones ya agotadas y poco rentables de caña.

Se realiza cuando existen espacios libres de surco sin presencia de cepa de caña debido a pérdida de la misma por pase de la maquinaria durante la cosecha, daño por plagas, mala germinación o retoñamiento, excesos de humedad; o debido a problemas vinculados con el manejo del cultivo. Todas esas causas repercuten sobre el rebrote de la cepa, originando espacios vacíos sin plantas que originan problemas de malezas y una cosecha de menor productividad agroindustrial al haber menos materia prima. La resiembra puede realizarse con esquejes de semilla dispuestos y desarrollados exclusivamente para ese fin, cepas extraídas de la misma plantación, o en su caso, con plántulas reproducidas por yemas pre germinadas o 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 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.

La resiembra utilizando plántulas pre germinadas o las procedentes de cultivo de tejidos es muy efectiva y práctica, dado que las mismas pueden establecer en forma rápida una nueva cepa de caña; poseen además un alto porcentaje de viabilidad comparativamente con la resiembra por esquejes. Es importante tener presente como aseveraron 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.”*

13. Manejo de la plantación.

13.1 Acondicionamiento del suelo.

En algunas localidades de Turrialba y Jiménez existen suelos del orden taxonómico Ultisol, caracterizados por poseer altos contenidos de acidez activa, la cual limita severamente la disponibilidad y absorción de nutrimentos, necesarios para el normal desarrollo y producción del cultivo de la caña de azúcar. A esa condición debe sumarse el perjuicio que provocan las arcillas de origen volcánico de los suelos Andisoles por su alto contenido en Alófanos inductoras y favorecedoras de provocar una alta fijación de nutrimentos, en particular el Fósforo, provocando su insuficiencia, aunque el mismo se aplique al suelo. Debido a esta inconveniente e indeseable condición química, es necesario corregir y acondicionar el suelo aplicando enmiendas y/o correctivos de acidez, como lo han señalado Calderón (1999), Calderón y Chaves (2003b), Chaves y Alvarado (1994) y Chaves (1988, 1999ab, 2002, 2017c, 2020j). Para determinar si un suelo requiere encalado y para conocer el estado de fertilidad del mismo en un lote o finca, es necesario e inexcusable realizar un análisis de suelo.

13.2 Muestreo y caracterización.

El muestreo de suelos es el procedimiento técnico empleado para obtener en el campo de manera fácil y representativa, una muestra compuesta de suelo (1/2 kg), para llevar al laboratorio para su correspondiente análisis físico-químico, con lo cual es viable dictaminar con alguna aproximación y certeza importante, la condición del mismo para la adopción oportuna, correcta y con criterio bien fundamentado el programa nutricional a seguir.

El recorrido seguido para la toma de muestras representativas de suelo, se realiza siguiendo el método sistemático en forma de “zig zag” en el campo. La cantidad de muestras por recolectar para cualquier tamaño de lote, sea amplio o pequeño, va en función directa de las condiciones de homogeneidad que el mismo posea, sugiriéndose al menos 15 muestras; sin embargo, a mayor cantidad de muestras mayor representatividad y precisión tendrán el muestreo y los resultados analíticos generados. Cada muestra puede componerse de submuestras tomadas en el lote que son luego homogenizadas para constituir una sola muestra. El tamaño del lote depende de la uniformidad que posea el mismo, por lo cual para el caso de la caña de azúcar se sugiere 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 de homogeneidad o heterogeneidad del mismo.

Es importante tomar en cuenta durante el muestreo de suelos para fines nutricionales y de fertilización, las siguientes consideraciones:

1. Lo primero que debe realizarse es un recorrido general del terreno, dividirlo y segregarlo en lotes potenciales de muestreo, en consideración de poseer características similares. Se definen lotes diferentes cuando cambia el grado de la pendiente, el estado vegetativo del cultivo varía, la edad de las plantas no es igual, el manejo que recibe el área es variable, o cuando existan límites naturales como caminos o ríos, entre otras.
2. También debe tomarse en cuenta que los lotes tengan color y textura del suelo semejante; además de características como compactación, profundidad y si se conoce el manejo en cuanto a encalado, fertilización, uso de abonos orgánicos, aún mejor.
3. Tal como se mencionó anteriormente, el tamaño del lote (ha) a muestrear depende del grado de uniformidad (o desuniformidad) que posea el mismo. En caña de azúcar puede variar como se indicó, desde 1 o menos y hasta 5 hectáreas.

¿Cómo tomar las muestras y submuestras? La profundidad de muestreo debe ser de 0-20 cm o más amplia de 20-40 cm de acuerdo con lo deseado conocer. La idea es que la muestra involucre y represente el área

de mayor crecimiento de raíces absorbentes del cultivo; por lo cual en el caso de la caña la profundidad hasta 40 cm es ideal. El instrumento más adecuado para tomar las submuestras es el barreno, porque extrae muestras homogéneas de igual volumen e igual profundidad; sin embargo, también puede usarse la pala o palín, realizando hoyos en forma de “V” a la profundidad indicada, 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.

Conforme se van extrayendo las muestras y submuestras, las mismas se depositan en un recipiente 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 se procede a eliminar piedras, raíces, hojas, palos y desmenuzar los terrones. Una vez mezclado el material se realiza el cuarteo. Para tal efecto, 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 medio kilogramo de sustrato para enviar al laboratorio.

Las necesidades y requerimientos nutricionales que definen y permiten establecer un programa de fertilización comercial apropiado para la zona y las plantaciones, están definidos por la condición particular de los suelos en cuanto a contenidos químicos, textura y estado de fertilidad actual. En el Cuadro 10 se presenta el resultado promedio del análisis de 145 muestras mostrando los contenidos, concentraciones y relaciones surgidas entre elementos esenciales (Chaves 2017c). Cabe señalar que las particularidades de la zona alta con presencia dominante de suelos volcánicos del orden Andisol es muy diferente respecto a los de la zona media con predominio de Inceptisoles y Ultisoles altamente degradados (Chaves y Chavarría 2017). Integralmente los suelos de la zona son categorizados como de fertilidad media-alta, lo cual debe pasar de un simple potencial a concretarse en real mediante su acondicionamiento y mejora continua.

Cuadro 10. Caracterización química aproximada de los suelos cultivados comercialmente con caña de azúcar en TURRIALBA.

Región	N° Muestras	pH	cmol (+) / l						µg / ml					Saturación (%) Acidez	Relación			Categoría Fertilidad
			Acidez	CICE	Ca	Mg	K	Σ Bases	P	Zn	Cu	Mn	Fe		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
Turrialba-J.Viñas	145	5,1	0,91	7,25	4,8	1,4	0,21	6,34	6	4	17	25	100	12,55	3,4	22,9	6,7	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) .

El Cuadro 10 expone el resultado del análisis químico, confirmando lo indicado anteriormente (Cuadro 6) en torno a la condición nutricional y de fertilidad prevaleciente en los suelos de la región, con presencia de algunas limitantes en algunas variables. Vale señalar que en lo concerniente a la condición física de los suelos no es problema en el lugar, pues los mismos poseen una buena capacidad de lixiviación favorecida por su condición textural (franca y franco-arcillosa) y contenido de materia orgánica, la cual es por ello poco propensa a sufrir problemas por causa de compactación y adensamiento, en consideración del tipo de arcillas y minerales predominantes. Pueden darse condiciones de fuertes pérdidas de suelo por causa de la escorrentía favorecida por el relieve poco plano, con las consecuencias correspondientes.

Se infiere a partir del análisis de suelos expuesto que la región posee un sustrato con una alta Acidez Intercambiable, pH ácido, contenidos de Ca y Mg en niveles suficientes y K con tendencia a la deficiencia que ameritan y justifican su incorporación; sobre todo por la reconocida importancia de ese nutrimento para la caña, marcado además un preocupante desbalance en relación al Ca y Mg. El contenido de P presente es muy bajo y su adición resulta inobjetable; en tanto que las concentraciones de Fe, Mn y Al se tornan altas requiriendo de su inactivación por neutralización. La neutralización de la acidez prevaleciente

y el acondicionamiento de los suelos mediante encalamiento y empleo de materia orgánica, como lo demuestra su estado de Saturación, es obligada e inexcusable (Chaves 2020jk).

13.3 Control de pH.

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, pH, contenido de nutrimentos esenciales y con ello interpretar de manera integral y objetiva la condición de fertilidad transcurrida de un año a otro; lo cual favorece poder valorar los mismos de acuerdo a las prácticas de manejo que se realicen en la plantación. De esta forma se determinará si hay necesidad de encalar y efectuar medidas correctivas en la fertilización.

13.4 Encalado.

Corresponde a la aplicación e incorporación de alguna enmienda destinada en primera instancia a corregir por neutralización la condición de acidez presente en los suelos y, mejorar con ello la condición del medio para el establecimiento y desarrollo del cultivo. Con este fin se utilizan productos de diferente naturaleza, capacidad y poder correctivo. La práctica implica conocer la condición química del suelo, seleccionar y usar el producto adecuado en cuanto a Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT), granulometría, calidad, cantidad, forma y momento más oportuno para su adición (Figura 34). Este es un tema muy amplio 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, 2017c), lo que puede ser estudiado en esas publicaciones. La acidez es una condición indeseable del suelo que debe ser corregida y atenuada o eliminada para evitar sus efectos detrimentales para el cultivo, como lo anotara Chaves (2020hjk).

13.4.1 Ventajas.

La práctica ofrece 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



Figura 34. Encalado de suelos cañeros al “voleo”, finca Tuis, Turrialba.

13.4.2 Requerimientos.

Las necesidades de encalado van a depender del grado de acidez que presente el suelo, por lo que resulta necesario y de gran importancia realizar el análisis químico previo del mismo, para conocer y cuantificar la magnitud de la acidez intercambiable, el valor de pH y el Porcentaje de Saturación por Acidez prevaleciente en el suelo.

Actualmente el método más utilizado en el país para calcular y estimar la Necesidad de Encalado (NC) es mediante la fórmula siguiente, como lo detallara con amplitud Chaves (1993):

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

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, varía entre 1 y 3 según cultivo y contenido de M.O. Para caña aplica 1,5

f = 1/PRNT.

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

13.4.3 Época.

El criterio más válido y correcto para tomar la decisión de cuando encalar y corregir la acidez de un suelo agrícola, debe fundamentarse en el resultado del análisis físico-químico del mismo. La adición de la cal 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 Turrialba no es problema. Existe también una relación estrecha y muy directa con respecto al uso del Fósforo (P), por lo que se recomienda distanciar ambas aplicaciones al menos un mes una de otra, incorporando primeramente la cal. 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.

13.4.4 Formas de aplicación.

Las formas de aplicar cal van a depender de diferentes factores, entre ellos la topografía del terreno, el ciclo vegetativo del cultivo, el área de terreno por cubrir, la cantidad de producto por aplicar y la viabilidad real 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” (por toda la superficie) o en bandas por toda la superficie del terreno, la cual se puede incorporar y mezclar posteriormente con la rastra. En terrenos con topografía quebrada como los que se tienen en la región de Turrialba y Jiménez, se usa el método manual (Figura 35). La localización de la cal se practica colocarla en la siguiente forma: 1) Superficialmente al voleo 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).



Figura 35. Aplicación manual y al voleo de Carbonato de Calcio en Tuis, ciclo soca.

13.4.5 Fuentes.

Entre las fuentes de encalado de uso más común y generalizado en el país se tienen 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 (Ca(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.

13.4.6 Recomendación.

Los resultados de investigación desarrollados durante cuatro cosechas consecutivas en suelos ácidos en el cultivo de la caña de azúcar, aplicando Carbonato de Calcio en dos localidades: La Suiza y Tucurrique, respectivamente, de los cantones Turrialba y Jiménez; permiten recomendar con alto grado de confianza una dosis ubicada en el rango de 1,5 a 2,0 toneladas de CaCO_3/ha (Calderón y Chaves 2003ab). Esta recomendación es para uso genérico referencial, debiendo, como se indicó, adoptar el criterio final con base en el resultado del análisis químico del suelo. Si 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; en caso de encontrarse acidez y deficiencia de Calcio y Magnesio en el análisis de suelo, se recomienda el uso de Cal Dolomita, la cual posee en su contenido Carbonatos de Calcio y de Magnesio, solucionando así dos problemas (Chaves 1993). La dosis a recomendar en este caso no es necesariamente la misma que la usada con el Carbonato de Calcio, lo que implica tener que aplicar el cálculo respectivo mediante la fórmula anotada anteriormente. Resulta muy difícil esperar productividades importantes, rentables y competitivas de caña si no se corrigen y acondicionan los suelos, lo cual obliga a su debido, eficiente y oportuno encalamiento.

13.5 Uso de materia orgánica.

A pesar de que los suelos de la región poseen contenidos de materia orgánica superiores al de otras regiones cañeras del país, siempre resulta sano, apropiado y muy conveniente poder incorporar abono orgánico formulado con productos apropiados que habiliten su rápida mineralización. Dicho producto debe aplicarse preferiblemente al fondo del surco al momento de realizar la siembra de las plantaciones; también puede incorporarse durante la segunda soca. Su adición no solo favorece la estructura física del suelo, sino que además permite disponer nutrientes a las raíces y, sobre todo, promueve la actividad biológica en beneficio de todo el sistema agro productivo (Chaves 2020hik). Es sabido que el costo de incorporar abono al programa de fertilización es alto, pero los beneficios generados en el tiempo justifican la inversión.

14. Nutrición y fertilización.

Este importante factor viene estrechamente ligado a varios elementos que lo determinan, como son: tipo (orden taxonómico) del suelo, requerimientos de la planta, variedad sembrada, ciclo vegetativo de la plantación, grado de fertilidad natural actual del suelo, antecedentes de fertilización comercial, extracción nutricional determinada por la productividad, condiciones climáticas, entre otros (Chaves (1999b, 2017c).

14.1 Requerimientos.

Como acontece con cualquier ser vivo, la planta de caña de azúcar tiene requerimientos y exigencias nutricionales muy particulares que satisfacer para acompañar y permitir cumplir a cabalidad con la expresión de todo su potencial genético de producción agroindustrial. Si dichas necesidades no son satisfechas en cantidad, calidad y oportunidad, las expectativas de lograr altos índices de producción de caña y azúcar, no pueden alcanzar grados comerciales rentables y competitivos. Cuando el suelo por su condición de fertilidad natural no puede satisfacerlos, es necesario entonces proveerlos por medio de los fertilizantes. Como señalaran Barrantes y Chaves (2020), al respecto *“La caña de azúcar demanda por sus características y alta producción de biomasa, una gran cantidad y diversidad de nutrientes que deben ser incorporados, reintegrados y suplidos al sistema suelo por medio de fertilizantes orgánicos y/o químicos.”*

En el Cuadro 11 adjunto se presentan con detalle según ciclo vegetativo y nutrimento, las cantidades (Superficies de Respuesta) de nutrimentos esenciales requeridos y utilizados por la caña de azúcar en esta región particular, los cuales fueron recabados y estimados a partir de los antecedentes de investigación desarrollados en la zona por muchos años. En dichos rangos se ubica el ámbito de las dosis recomendadas y empleadas por los programas de nutrición y fertilización de plantaciones comerciales de caña en la Región de Turrialba-Juan Viñas, de acuerdo a cada condición particular. En principio es ahí donde deben ubicarse las dosis más convenientes para cada situación y unidad productiva particular, basados en el análisis químico y los antecedentes y experiencia productivas del lugar. La dosis de N puede ser superior.

Cuadro 11. Respuesta de la caña de azúcar a la adición de nutrimentos esenciales aplicados al suelo en la región productora de Turrialba-Juan Viñas.							
Región	Ciclo Vegetativo	Superficie de Respuesta (kg/ha)					t/ha
		N	P2O5	K2O	MgO	S-SO4	CaCO3
Turrialba-J. Viñas	P	120 - 180	120 - 200	120 - 160	40	40	0 - 2,0
	S	150 - 200	130 - 160	150 - 200	40	40	0 - 2,0
Fuente: Chaves (1999b; 2017c); adaptado y actualizado por los autores.							
P = Ciclo Caña Planta S = Ciclo Caña Soca o Retoño							

14.2 Época de aplicación.

Quando se realiza una renovación o siembra nueva (ciclo planta), el fertilizante fosforado se debe aplicar al momento mismo de la siembra en el fondo del surco. No existe ningún problema que el fertilizante quede en contacto con los esquejes o trozos de semilla vegetativa. Este fertilizante fosforado es muy importante porque coadyuva a la conformación y desarrollo de un buen sistema radical, el cual viene a ser la “boca de la planta”, pues por ahí ingresaran todos los nutrimentos esenciales diluidos en el agua absorbida, que participaran luego de los procesos fisiológicos vinculados con el crecimiento y desarrollo general del cultivo.

La siguiente fertilización complementaria constituida a base de Nitrógeno, Potasio y preferiblemente acompañada de micronutrimentos como Zinc (Zn) y Boro (B), resulta determinante como estímulo productivo. La misma debe realizarse a los dos meses después de realizada la siembra (MDS) y la tercera aplicación a los cuatro MDS. En el ciclo soca o retoño, la primera fertilización se recomienda realizarla entre los 2 y 3,5 meses después de la cosecha (MDC) y, la segunda, entre los 3,5 y 4,5 MDC. Hay que tener siempre presente y no perder nunca de perspectiva, que dichas fechas las determina la duración del ciclo vegetativo y el momento fenológico del cultivo.

14.3 Formas de aplicación.

Lo más recomendable con respecto a la fertilización en caña de azúcar es la aplicación del fertilizante al suelo en forma granular. Al momento de la siembra, el fertilizante fosforado se coloca en el fondo del surco, tal como se indicó en el párrafo anterior, en proximidad con la semilla debido a la baja movilidad del P en el suelo (Figura 36). El principal nutrimento que se requiere aplicar en esta etapa es el Fósforo, el cual se acompaña con Nitrógeno preferiblemente en una fórmula concentrada como la 18-46-0 o 10-50-0, lo que genera un ahorro importante. El nutrimento Potasio, no es tan relevante en esta etapa, si bien algunos cañeros lo incorporan parcialmente en fórmulas como la 10-30-10. El fertilizante posterior a la siembra se recomienda aplicarlo al voleo tanto en el ciclo planta como en ciclo soca sobre la banda de plantas y surco del cultivo. 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 por erosión y volatilización. La relación y balance N - K es muy importante y de carácter sinérgico, por lo que ambos nutrientes deben complementarse, ya que por su función y funcionalidad influyen en la producción de biomasa y la concentración de sacarosa en los tallos (Chaves 1999b, 2017c).



Figura 36. Aplicación de fertilizante fosforado a la siembra y tapa manual de la semilla.

14.4 Fuentes (química - física - orgánica).

Actualmente el fertilizante está disponible en el comercio comúnmente en presentación como fórmulas físicas; si bien desde el punto de vista teórico se indica que las fórmulas químicas tienen ventajas con respecto a las físicas. Sin embargo, desde el punto de vista práctico no se han encontrado diferencias significativas ni tampoco problemas de impacto productivo con el uso de estas últimas fórmulas, lo que habilita su empleo. Debe tenerse presente el factor “relleno” por lo que lo recomendable es usar formulaciones concentradas. El factor económico, respecto al costo del fertilizante, es un criterio de peso e importancia para decidir si usar una fórmula química o una física. Por supuesto, que el contenido, el balance nutricional y la fuente de la fórmula, son los elementos decisivos a considerar al momento de comprar un fertilizante comercial. Se debe ser muy prudente y cuidadoso en la decisión adoptada, pues lo más barato o en su caso la fórmula con mayor contenido nutricional tenga (más números) no siempre es lo que se necesita; motivo por el cual es prudente y recomendable consultar al técnico de DIECA del lugar.

14.5 Recomendación.

El Cuadro 12 presenta una propuesta programática de fertilización para plantaciones comerciales de la región de Turrialba-Juan Viñas, para los ciclos vegetativos de caña planta y caña soca o retoño; que como se comprenderá, debe ser considerada prudentemente apenas como una propuesta que debe ser

adaptada de acuerdo con las condiciones particulares del entorno agro productivo particular. Se anotan en el cuadro las fórmulas fertilizantes sugeridas, la cantidad total de nutrientes incorporada (kg/ha) por aplicación para cada ciclo; así como la época recomendada de aplicación. La idea es fertilizar en el momento fisiológicamente más oportuno, con base en las experiencias de investigación realizadas en la zona, la demanda de macro nutrimentos y la condición de fertilidad de los suelos de la región.

Cuadro 12. Propuesta de fertilización para plantaciones de caña de azúcar en Turrialba. Ciclos Planta y Soca.									
Ciclo	Fórmula	Momento	Sacos /ha	Dosis de nutrimentos incorporada (kg/ha)					
				kg totales/ha	N	P2O5	K2O	MgO	S-SO4
Planta	18-46-0	Fondo surco	6	270	48,6	124,2			
	17,2-5,2-23,5-4,5 (MgO)-5,5 (S)	2 MDS	6	270	46,4	14,0	63,4	12,2	44,5
	15-3-31-5 (S) o 20-4-31	4 MDS	7	315	47,2	9,4	97,6		
Total			19	855	142,2	147,6	161,0	12,2	44,4
Soca	17,2-5,2-23,5-4,5 (MgO)-5,5 (S)	2,0 - 3,5 MDC	7	315	54,1	16,4	74,0	14,2	17,3
	15-3-31-5 (S) o 20-4-31	3,5 - 4,5 MDC	8	360	54,0	10,8	111,6		54,0
	Total		15	675	108,1	27,2	185,6		54,0
Fuente: Propuesta de los autores basada en experiencias de campo.									
Sacos de 45 kg. DDS = Meses Después de la Siembra; MDC = Meses Después de Cosecha.									
La propuesta debe ajustarse necesariamente a las condiciones particulares de fertilidad de cada unidad productiva.									
Las fomas químicas S y Mg fueron convertidas a intercambiables como SO4 y MgO, respectivamente.									

Como se infiere a partir del contenido de dicho cuadro, el programa se ajusta al ámbito de los requerimientos anotados en el Cuadro 11, con lo cual resulta esperable una respuesta agroindustrial muy satisfactoria. Debe considerarse que la propuesta es básica y ajustada a las condiciones del entorno comercial, motivo por el cual puede ser perfectamente incrementada en sus dosis, particularmente en lo que respecta a Nitrógeno, Fósforo, Magnesio, complementados con la adición de Azufre (S), Boro (B) y Zinc (Zn). De igual manera, la recomendación supone y considera la obligada corrección previa del suelo y la posibilidad de empleo de abono orgánico; como también, la aplicación del fertilizante en la zona más próxima al sistema radical del cultivo, facilitando su rápida absorción; de lo contrario hay problemas.

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.

La nutrición del cultivo es un concepto complejo implementado pragmáticamente mediante la capacidad de potenciar sinergias y evitar o superar antagonismos, que lo hacen conceptualmente integral en su práctica de campo. Esta realidad debe enfatizar en que la fertilización es el instrumento práctico 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 regar fertilizante (Chaves 2015b).

15. Malezas (arvenses) presentes.

Por sus características ambientales, la región presenta un entorno agro productivo con prevalencia de condiciones que favorecen el crecimiento de las plantas virtud de su elevada humedad ambiente y alta temperatura, aunada a la alta luminosidad en algunas secciones, sobre todo las más bajas; lo cual provoca, que las plantaciones comerciales de caña siempre mantengan una amplia y dinámica actividad biológica. En el caso de las malezas esa condición se traduce en una sucesión continua de plantas de diferentes géneros, algunas de las cuales ofrecen competencia al cultivo principal, tornándose por ello en indeseables y necesario controlar, pues se constituyen en “malezas”.

En la región atlántica 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 Turrialba-Juan Viñas por su amplia distribución y difícil control, son entre otras: arrocillo (*Rottboellia cochinchinensis*), azulillo o alambrillo (*Digitaria* spp) y el pasto güinea (*Panicum maximum*). El reto de los productores de caña en esta materia, es realizar un manejo estratégico, efectivo y rentable de estas malezas, atacando principalmente el banco de semillas del suelo por medio del empleo racional y prudente de herbicidas pre emergentes, si esa fuera la vía decidida de acción.



Figura 37. Maleza conocida como azulillo o alambrillo (*Digitaria sanguinalis*).

15.1 Requerimientos de control.

Los esfuerzos de control de las malezas están orientados y se concentran básicamente en el denominado “*período crítico de competencia*”, es decir, el tiempo en el cual la plantación de caña de azúcar debe estar libre de malezas en grados competitivos, para que los rendimientos agroindustriales de la variedad sembrada logren expresar su potencial de alta productividad. Dicho de otra forma, para que los rendimientos de caña y sacarosa no se impacten y reduzcan significativamente, es necesario mantener libre de competencia la plantación, en aquellas etapas fenológicas de mayor sensibilidad. Este período se extiende aproximadamente desde los 15 y hasta los 120 días en el ciclo planta, y entre los 15 y 90 días para los retoños (socas) en plantaciones con ciclos de 12 meses. En ciclos vegetativos largos de 20 a 22 meses hasta cosecha, la duración del período crítico comprende desde los 30 hasta aproximadamente los 180 días para caña planta y de 30 a 150 para las socas. Por lo general, este período termina con el cierre del entresurco por el sistema foliar de la caña, lo que impide el paso de luz, desfavoreciendo a las malezas.

15.2 Época de aplicación.

Tal como se indicó, la recomendación para realizar un buen y efectivo manejo químico de las malezas, inicia con la aplicación de herbicidas pre emergentes inmediatamente después de efectuada la siembra (caña planta), o luego de finalizada la cosecha de la plantación; preferiblemente entre 8 y 10 días después de finalizada la misma. Una vez que se rompe el sello o el efecto del herbicida pre emergente 45-60 después de la siembra o la cosecha, 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 así la etapa crítica de competencia.

15.3 Forma de aplicación.

Cuando la topografía y el clima lo permitan y se cuente con el equipo apropiado, es conveniente utilizar un “boom” acoplado a un tractor de llantas para realizar la aplicación del herbicida pre emergente; claro está, dicho equipo debe calibrarse previamente de manera correcta para aplicar la dosis recomendada. Este tipo de aplicación reduce considerablemente los costos, que asociados con una buena calibración puede ser muy efectivo en el control, porque se reducen las variaciones en el volumen de aplicación del agua, limitante muy común con aplicadores en forma manual.

La aplicación manual de herbicidas empleando bombas de espalda es el método tradicional utilizado por la mayoría de los productores de caña en Turrialba y Jiménez. Con este método de aplicación es importante y obligado capacitar y calibrar de previo a los aplicadores; como también seleccionar y conformar equipos de trabajo que gusten y tengan habilidad en la riego de herbicidas. De igual forma, los aplicadores deben cumplir sin atenuantes ni condicionantes de ninguna especie, con el uso correcto de 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 anotaran y describieran Barrantes y Chaves (2020). Los envases y empaques residuales se deben disponer y eliminar de manera segura.

El tema de los costos vinculados, la cobertura territorial y la eficiencia de aplicación alcanzada, son algunas de las limitantes que puede presentar este método de aplicación en comparación con otros; pues se sabe, que para obtener utilidades en el negocio cañero esos temas van insoslayablemente de la mano y así deben ser abordados. Por esta razón, es recomendable, necesario e imperativo realizar cambios en los equipos manuales empleados; por ejemplo, utilizar bombas de motor aptas y boquillas apropiadas para aplicación de herbicidas, mejoran significativamente la eficiencia de aplicación y control.

15.4 Control químico: productos y recomendación.

Con el objeto de orientar y ayudar al agricultor de caña, se proponen en el Cuadro 13 varias opciones comerciales de control químico, entre otras existentes en el mercado. Se expone en el mismo el detalle de los productos para realizar el control químico de las malas hierbas, las cuales corresponden a mezclas investigadas y recomendadas con base en la experiencia y los resultados comerciales obtenidos, tanto en caña planta como en ciclo de soca en la zona. Se anota adicionalmente el momento idóneo de aplicación de los productos para lograr su mayor eficiencia de control.

Cuadro 13. Recomendación para control químico de malezas en caña de azúcar en Turrialba.

Nombre genérico	Nombre comercial	Momento de aplicación	Dosis/ha
Pendimetalina 50 SC +	Pentasol 50 SC +	Preemergencia	3,0 l
Diurón 80 WG	Diurón Sheik 80% SC	Luego de la siembra (1-8 DDS) o luego de la cosecha (1-8 DDC)	2,0 l
Hezaxinona 75 WG +	Velpar 75 WG +	Post emergencia temprana	0,3 - 0,5 kg
Diurón 80 WG	Diurón Sheik 80% SC		2,0 kg
2,4-D 60 SL	2,4-D 60 SL		2,0 l
Cosmo In	Cosmo In		1 ml/l agua
DDS = Días Después de la Siembra			
DDC = Días Después de la Cosecha			

En la formulación de la mezcla resulta muy importante prestarle toda la atención y prioridad debida a dos elementos fundamentales que muchas veces pasan inadvertidos (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 hay duda que este factor influye sobre el efecto final de control alcanzado, lo que obliga necesariamente revisar y seleccionar la mejor opción comercial de acuerdo a la necesidad particular que tenga, las cuales en esta región son diversas virtud de sus características climáticas. No es cualquier coadyuvante la mejor opción por utilizar, como lo han señalado con detalle y profundidad Chaves (1995) y Alfaro (2019).

15.5 Calibración y equipo de protección.

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 lo señalado por Barrantes y Chaves (2020), en torno a las medidas de protección obligado implementar, como anotaran 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 38).”*



Figura 38. Equipo de protección para la aplicación de herbicidas.

15.6 Control manual y mecánico.

En consideración de la topografía difícil y limitantes que presentan algunas localidades de la región, en razón de lo pequeño del área sembrada con caña o el deseo por convicción personal de no emplear agroquímicos para realizar el control de las malezas; es viable encontrar en la zona dicha práctica efectuada por medios manuales y mecánicos. El primero es ocasional y muy circunstancial para algunas áreas donde es permisible; siendo su costo muy alto y la residualidad del control muy baja, lo que lo torna inconveniente y poco rentable.

El control mecánico como es comprensible entender requiere necesariamente contar con condiciones de topografía apropiadas que lo faciliten, lo cual no siempre se da, por lo que es también muy circunstancial en su empleo. Como se ha anotado para otras zonas similares (Barrantes y Chaves 2020), *“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.

El manejo de los drenajes y la limpieza de canales en una región de alta pendiente y grados elevados de precipitación como la aquí abordada, representan labores importantes y obligadas incorporar en las plantaciones comerciales de caña de azúcar del lugar, si se desea no incurrir en pérdidas invaluable y, lo más grave, no recuperables de recursos naturales valiosos entre ellos el suelo (Chaves 2020d).

Dichas mejoras permiten y facilitan evacuar el agua de escorrentía, 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 y apropiada (Chaves 1987; Guzmán 2012). Es necesario remover cualquier obstrucción que permanezca en el lugar, bien sea de residuos de suelo, de vegetación o de biomasa resultado de la cosecha; esto para que el agua fluya con facilidad y sin fuerza de arrastre. Algunas veces los canales (naturales o conformados) existentes en las plantaciones de caña se convierten en sitios

de crecimiento vegetal, que se transforman en verdaderos semilleros malezas que contaminan los lotes vecinos; además de ser criaderos de plagas de importancia que luego demandan inversión económica para su control. Por ello, debe prestarse mucha atención a estas áreas para evitar que las malezas floreen y se conviertan en semilleros contaminantes de difícil y oneroso control.

16.2 Desaporca y aporca.

La desaporca consiste en tomar suelo del lomo o surco mediante equipos mecánicos o, en forma manual, y colocarlo en el entresurco, para varios fines como: combatir malezas, podar, estimular y activar raíces. En sentido contrario y sucesorio, la aporca consiste en retirar la tierra del entresurco, situarla en el surco de siembra y formar el lomillo; con lo cual se generan ventajas, como son:

- a. Contribuye a evitar la compactación del suelo.
- b. Elimina los excesos de agua por encharcamiento y mantiene la cepa alejada de los inconvenientes excesos de humedad.
- c. Da soporte mecánico a las plantas evitando su volcamiento.
- d. Mantiene el alineamiento de las plantas en los surcos.
- 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.
- g. Contribuye a prolongar la vida útil del cañal.

16.3 Labranza mínima.

La denominada “labranza mínima” es una modalidad muy particular de cultivo empleada en el manejo de plantaciones agrícolas que poseen condiciones especiales, cuya finalidad es utilizar el menor número de operaciones mecánicas dentro del campo previo a la siembra. En torno al tema, expresa Chaves (2020d), 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.”* El grado de pendiente existente es definitorio en la posible implementación de esta modalidad.

Esta modalidad de manejo tiene varias ventajas interesantes, como son entre otras las siguientes:

- a. Limita el tránsito de la maquinaria, lo que a su vez reduce la compactación del suelo.
- b. No se altera la estructura del suelo.
- c. El suelo no queda completamente descubierto de vegetación, lo que disminuye la erosión.
- d. Contribuye a la conservación del suelo, pues los residuos vegetales se incorporan como materia orgánica
- e. El costo de siembra es menor.
- f. Se obtienen comparativamente rendimientos iguales o mayores al logrado con métodos tradicionales.

Existen dos modalidades de labranza mínima: a) una busca disminuir el número de operaciones realizadas con maquinaria y equipo en el campo, pero elimina los retoños en forma mecánica y, b) la otra tiene el mismo fin, pero elimina la plantación vieja aplicando herbicidas sistémicos. Para las localidades donde es posible mecanizar, se recomienda la primera modalidad, realizando las siguientes operaciones en forma secuencial:

- Pase del subsolador (dos veces) en forma cruzada de X (de 2 picos).
- Se realiza 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 siembra.

En las fincas de Hacienda Juan Viñas esta modalidad de manejo es muy utilizada con gran éxito, para lo cual previo al pase del subsolador se acondicionan los lotes con un tractor de oruga, el cual empareja y nivela en lo permisible el terreno, con miras a realizar la cosecha en forma mecanizada (Figura 39). Posteriormente pasan una “voleadora” aplicando en todo el terreno un correctivo de acidez (Carbonato de Calcio o Cal Dolomita). La operación siguiente es el subsolado.

Para la región de Turrialba donde la topografía no permite en muchas áreas la mecanización, la segunda modalidad es la práctica más común a emplear. Las fases a seguir en este caso se indican a continuación:

- Aplicación a la cepa vieja de caña del herbicida Glifosato 5,7 SG en una dosis de 6 kg/ha (altura ideal de la cepa 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, fertilizante fosforado y tapa.
- Si luego emergen tallos de la cepa vieja se recomienda aplicar el mismo producto en forma dirigida.



Figura 39. Surcada del terreno en la modalidad de mínima labranza.

16.4 Prácticas de Conservación de Suelos.

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.

La siembra en contorno es una práctica que consiste en sembrar la plantación en surcos de forma transversal a la pendiente en curvas a nivel. Una curva a nivel es una línea en la cual todos sus puntos se encuentran a la misma altura (Guzmán 2012; Chaves 1987). Esta práctica contribuye a disminuir la escorrentía del agua y el arrastre del suelo. Chaves (2020d) la describe señalando, que *“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.”*

Para el trazo de los surcos a contorno, se diseñan “líneas maestras” con la ayuda de un codal cada 15 metros. Estas “líneas maestras” representan los puntos guías a partir de donde partirán y se marcarán posteriormente los surcos de siembra en forma paralela a ellos (Chaves 1987). Resulta la verdad casi impensable no incorporar esta práctica en la región, la cual además de sencilla es de bajo costo, pero, sobre todo, muy efectiva para el objetivo procurado.

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

Los canales de ladera se construyen siguiendo curvas a desnivel y permiten cortar el flujo de agua que corre pendiente abajo, evitando con ello que tome velocidad e incremente el volumen de arrastre de materiales; disminuyendo de esta forma la pérdida de suelo. Luego el agua recolectada en estos canales es conducida a desagües bien conformados y protegidos que la ubiquen donde genere daño ni riesgo evidente. Las localidades con alta pendiente deben incuestionablemente incorporarla como práctica habitual de manejo de la plantación, asegurando su mantenimiento permanente.

➤ **Barreras vegetativas.**

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. Chaves (2020d) cita y comenta 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.

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 complemente sus ingresos. De acuerdo con 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.”*

La experiencia nacional revela que la mejor asociación de la caña de azúcar con otro cultivo, se da con las leguminosas fijadoras de Nitrógeno, tal es el caso del frijol común, la vainica y también con la *mucuna pruriens* utilizada como cobertura en el manejo de malezas, como lo señala y comenta Chaves (2019a) en los casos particulares de las experiencias comerciales desarrolladas en Juan Viñas y San Carlos. Hay, por el contrario, otras experiencias que por su naturaleza no resultan recomendables pese a su práctica tan difundida en el país, como acontece con el cultivo intercalado de maíz (*Zea mays*), por la competencia que esa gramínea le genera a la caña. En esto la velocidad de crecimiento entre ambas plantas es fundamental, razón por la cual la mejor recomendación es hacerlo en ciclo planta o con variedades de crecimiento lento.

El aporte de Nitrógeno al suelo de forma biológica, mejora la fertilidad del mismo, contribuye a la mitigación de los problemas provocados con Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la aplicación de fertilizantes químicos; además, constituye un ingreso económico adicional y un aporte importante en la alimentación del productor cañero (Acuña 2009). El mejor momento para establecer esta asociación es en el ciclo de caña planta, tal como se aprecia en la Figura 40.



Figura 40. Establecimiento de una plantación de caña de azúcar asociada con frijol.

16.6 Rotación de cultivos.

La rotación de cultivos consiste en alternar en el tiempo diferentes cultivos en una misma área de siembra. Anota Chaves (2020) 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 de Turrialba esta no es una práctica de cultivo que suceda de manera habitual, casi ni de forma aislada; sin embargo, 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). 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.

Como está comprobado a nivel mundial, por su naturaleza, la caña de azúcar es un cultivo que posee una gama importante de agentes biológicos que la afectan, 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 ha señalado con detalle Salazar (2017) y Salazar *et al* (2017). La duración del ciclo vegetativo y permanencia en campo, explica en parte esta relación. Cada región productora de acuerdo con las características particulares de su entorno productivo, posee plagas que la impactan con mayor intensidad. Es por este motivo, que resulta fundamental conocer con detalle las plagas de mayor importancia que afectan la caña.

17.1 Insectiles.

Las plagas que califican como de importancia en esta región son las siguientes: barrenador común del tallo (*Diatraea* spp), picudo rayado (*Phyllophaga menetriesi*) y Jobotos (*Metamasius hemipterus*), entre algunas otras cuya presencia es más local y circunstancial. Es importante mencionar que en el manejo y control de las plagas se emplean en el caso de Costa Rica, medios principalmente no degradantes ni contaminantes, fundamentados en el control biológico mediante el uso de parasitoides, hongos entomopatógenos y medios etológicos, como se indicara en cada caso particular. 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 (Chaves 2020f).

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

Esta conocida plaga está presente en el campo provocando afectación desde la fase inicial de macollamiento hasta la final de la del cultivo, lo que implica un largo periodo de riesgo potencial de daño sobre las plantaciones. Para su prevención es necesario utilizar variedades tolerantes, semilla sana y hacer un control oportuno de las malezas y la plaga. De igual manera, los muestreos y recorridos de campo para identificar la presencia de larvas de la plaga deben efectuarse entre 1 y 4 meses después de realizada la siembra o la cosecha, las cuales son también muy reveladoras y necesarias para conocer el estado fitosanitario de las mismas.

A partir del resultado del muestreo se estima y proyecta la población de plaga presente en el cañal y determina la cantidad de la avispa (*Cotesia flavipes*) necesaria liberar para controlar por la vía biológica las larvas del barrenador. En el muestreo se identifican en primera instancia los tallos dañados (corazón muerto), se entresacan y revisan para verificar la presencia de la larva del barrenador; contabilizando, además, los entrenudos afectados por tallo dañado. Cuando la población de larvas supera las 1.500/ha se liberan las avispas en una relación de 4:1 por larva de plaga presente. Es muy importante que el agricultor se capacite y adiestre en poder realizar personalmente el muestreo y dictaminar la condición de su plantación en relación a esta plaga tan difundida en la región, particularmente en la zona más alta (>1.000 msnm); en cuya actividad puede colaborar DIECA.

➤ Picudo rayado (*Metamasius hemipterus*).

Los picudos son favorecidos por algunas situaciones inconvenientes de manejo de plantaciones que ocurren durante la siembra y la cosecha (Chaves 2015b). Dejar por ejemplo la semilla cortada a la intemperie expuesta a los factores ambientales en carretas o en el campo, permite que la hembra del picudo coloque huevos en los tallos o en los esquejes, lo que favorece su posterior desarrollo perjudicando la germinación, el brote y la sanidad general de la caña (Chaves 2020c). Durante y posterior a la cosecha, los residuos y remantes biomásicos (porciones de tallos) favorecen la permanencia y reproducción del picudo. Asimismo, otros factores como el corte alto, el entresaque, los daños físicos, el volcamiento y las quebraduras de los tallos, benefician el daño posterior provocado por los barrenadores.

Para su control se recomienda el uso de trampas que permitan la captura de los picudos adultos; para lo cual se deben colocar trampas con atrayentes al terminar la zafra y luego del inicio de las lluvias (Figura 41). Las trampas están compuestas por una solución de 20 litros de agua, ½ galón de melaza y 40 cc del insecticida; además de la feromona de agregación Metalure (Chemtica/P044-Lure) + el atrayente Weevil Magnet (Chemtica/P080-Lure). Se recomienda colocar 1 trampa/ha para monitoreo o 4 trampas/ha para capturas masivas.



Figura 41. Captura de adultos de *Metamasius hemipterus* en trampas de bambú con feromona.

➤ Jobotos o abejones (*Phyllophaga* spp).

Para operar el control de jobotos se deben programar e implementar una serie de labores de campo que son básicas para procurar evitar la afectación de las plantaciones por esta plaga (Salazar 2017). La labranza con implementos manuales o mecánicos que remuevan el suelo y espongan la larva, provoca la muerte de los insectos. Para la siembra de nuevas áreas o la renovación de plantaciones, se debe procurar efectuar la preparación de los suelos en la época más seca. Por las características de la plaga, la labranza mínima no se recomienda cuando existen altas poblaciones. Está demostrada asimismo la importancia de la captura de abejones por medio del uso de trampas de luz o trampas conteniendo feromonas sexuales. Para la región de Turrialba-Juan Viñas se debe usar por su efectividad la feromona específica para la especie *Phyllophaga menetriesi* por cuanto hay otras especies. El muestreo de jobotos se recomienda realizarlo en un área de 1 m² y 30 cm de profundidad; estimando que poblaciones superiores a 10 jobotos por muestreo pueden alcanzar grados comerciales problemáticos por su impacto productivo y económico.

Resulta obvio suponer que también persiste el eventual y circunstancial ataque provocado por otras plagas, el cual puede ser inclusive de carácter temporal y hasta territorial; pues como se anotó, esta región cañera presenta un amplio piso altitudinal (480-1.550 msnm) que favorece la existencia de microclimas y condiciones de manejo muy particulares, que lo impactan de diferente forma y magnitud, como lo indicara Chaves (2019a). Entre las plagas que se han identificado en la región, pero en menor intensidad, están: chinche de encaje (*Leptodictya tabida*), ácaro de la caña (*Abacarus doctus*), cigarrita antillana (*Saccharosydne saccharivora*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), falso medidor (*Mocis latipes*), escama harinosa rosada de la caña (*Saccharicoccus sacchari*), como lo apuntara con detalle Salazar (2017); las cuales no deben ser menospreciadas virtud de sus antecedentes.

18. Enfermedades.

La caña de azúcar al igual que acontece con cualquier otro vegetal posee y es afectada por numerosos patógenos que la impactan de diferente forma e intensidad. Son varios y de muy diferente naturaleza los patógenos que afectan el cultivo, principalmente los fungos, bacteriales y virales, como lo señalaran con detalle Chavarría (2017) y Ovalle (2018). La diferencia en relación a otros cultivos de importancia comercial, estriba en que el control en el caso de la caña se realiza por medio del cambio y sustitución de las variedades susceptibles, por otras con reconocida y demostrada tolerancia. Por este motivo, el control se realiza por la vía genética, lo que vincula en una estrecha relación institucional y operativa directa, el mejoramiento genético de variedades con la fitosanidad del cultivo.

18.1 Enfermedades fungosas.

18.1.1 Carbón (*Sporisorium scitamineum*).

Enfermedad clásica y muy conocida en la actividad cañera que, en el caso de Costa Rica, provocó en la década de los años 80 grandes daños; en Turrialba fue la responsable de sacar de uso comercial a la bien ponderada B 50-135 y afectar otras de amplio uso extensivo en ese entonces, como fueron la B 47-44, H 44-3098, H 32-8560 y B 43-62. El patógeno se transmite fácilmente por empleo de semilla contaminada; además, por el viento y el agua de riego. Puede persistir por mucho tiempo en el campo pues su estructura de reproducción se lo permite. En Turrialba la enfermedad es bien conocida, pues la variedad más sembrada (34,5% del área) en la región, B 76-259, es susceptible y en algunas ocasiones se le observa esta enfermedad, principalmente en los ciclos de caña soca. La enfermedad reduce significativamente el número y el tamaño de los tallos industrializables y provoca la muerte prematura de estos. Se caracteriza porque presenta un látigo en forma de “paraguas”, recubierto de polvo negro, el cual constituye el material reproductivo del hongo (Figura 42). La afección se incrementa en los retoños, producto de las infecciones secundarias y el aumento del nivel de inóculo que ocurre al romperse los látigos.

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 muy efectivo, lo que se logra habilitando el drenaje y evacuación de las aguas y promoviendo un buen control de malezas. El entresaque de plantas infectadas es también una medida prudente y muy efectiva. No se recomienda emplear control químico. Cuando la enfermedad presenta una alta severidad, se recomienda el cambio de variedad por un material genético resistente o al menos tolerante. Las plantaciones afectadas deben recibir una buena nutrición.



Figura 42. Síntoma de “látigo” en la enfermedad del carbón.

18.1.2 Roya naranja (*Puccinia kuehni*).

Se presume que ingresó a Costa Rica en julio del año 2007, afectando principalmente a la variedad SP 71-5574 en la Región Sur y a la SP 79-2233 en la zona de San Carlos (Figura 43). Es una enfermedad agresiva, de acuerdo con la experiencia y antecedentes de impacto conocidos en la región sur del país, donde redujo la productividad hasta en un 47% y más (Barrantes y Chaves 2020). En la localidad de Juan Viñas, en las fincas cañeras del lugar, la variedad comercial H 77-4643 perdió su resistencia y actualmente está siendo impactada en grado variable de severidad por esta enfermedad. Se ha visto que entre 700 y 1.100 msnm es el piso altitudinal donde mayor incidencia ocurre la afección de dicha variedad, pues las condiciones de alta humedad y temperatura le favorecen. No es práctico recomendable ni económico la aplicación de

fungicidas cuando se tiene problemas con este hongo, por lo cual la variedad H 77-4643 viene siendo sistemáticamente sustituida con buenos resultados por la variedad nacional LAICA 04-250.



Figura 43. Síntomas de la enfermedad roya naranja.

18.1.3 Cogollo Retorcido o Pokkah Boeng (*Fusarium moniliforme*).

Esta enfermedad está asociada con las condiciones de alta temperatura, humedad y precipitaciones prevalecientes en la región; como también al uso de materia orgánica y excesos en la fertilización nitrogenada. En Turrialba la enfermedad no presenta fuerte severidad en las plantaciones, pues las variedades comerciales sembradas toleran bien la misma; lo cual no debe evitar tomar las previsiones necesarias y mantener bajo monitoreo permanente las plantaciones.

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 44. 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 44. Síntomas de la enfermedad “cogollo retorcido” o Pokkah Boeng.

18.1.4 Mancha ojival (*Bipolaris Sacchari*).

En la región de Turrialba esta enfermedad ha sido históricamente de mucha presencia, afectando actualmente a la variedad B 77-95 con una severidad media y algunas veces alta; mostrando una quema o necrosis que disminuye el área foliar fotosintéticamente activa de la planta. Los primeros síntomas comienzan a manifestarse en las hojas más jóvenes al formarse pequeñas lesiones necróticas algo rojizas, rodeadas de un halo amarillento muy evidente (Figura 45). Inicialmente las lesiones tienen forma elíptica y corren paralelas a la lámina foliar, conforme se desarrollan van alargándose hacia el extremo distal de la hoja. Excepto la variedad B 77-95, el resto de variedades comerciales cultivadas son tolerantes a esta enfermedad en la región. Por muchos años este patógeno afectó las variedades hawaianas en la zona alta.

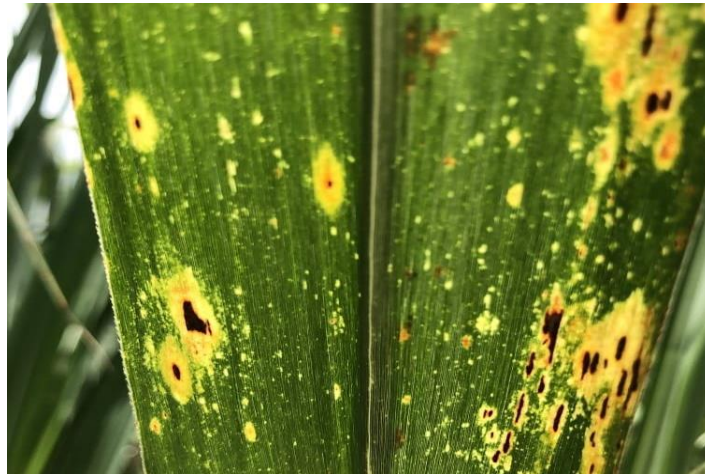


Figura 45. Síntomas de la enfermedad mancha ojival.

18.2 Enfermedades bacteriales.

Son de gran importancia económica porque pueden ser letales para las plantas de caña; se transmiten por medio de la semilla, el agua de lluvia o riego, los implementos agrícolas y los roedores. Las bacterias tienen menor capacidad de sobrevivir en condiciones de campo y no producen estructuras de resistencia.

18.2.1 Raquitismo del retoño o de las socas (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (RSD)).

Es una enfermedad que presenta dificultades para su diagnóstico, pues no muestra síntomas evidentes; sin embargo, las plantas afectadas muestran un deterioro y disminución progresiva y muy notoria en su rendimiento agroindustrial. 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 raquílica 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.

El método de diagnóstico empleado para su identificación es por medio de la Microscopía de Auto Fluorescencia. Se utiliza un reactivo que produce un cambio de color en los haces vasculares. Cuando los vasos del xilema están sanos y funcionales adquieren un color rojo (tallo izquierdo, Figura 46) y cuando están bloqueados o disfuncionales adquieren una coloración amarillenta opaca (tallo derecho, Figura 46).



Figura 46. Tallo izquierdo sano, tallo derecho con haces vasculares bloqueados.

La transmisión de la enfermedad ocurre principalmente por medio de trozos de semilla infectada y por herramientas de corte y laboreo infestadas. Como no se cuenta con variedades resistentes, el mejor control es utilizar semilla sana 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 es aplicar la desinfección de herramientas de cosecha con productos adecuados.

18.2.2 Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineas*).

Los síntomas de esta importante enfermedad difieren si la misma se presenta y encuentra en su fase crónica o en su fase aguda. Las fases pueden presentarse de manera independiente o simultánea en una plantación.

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 (Figura 47). 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 47).



Figura 47. Síntomas de la enfermedad escaldadura foliar.

La escaldadura de la hoja se transmite a través de los trozos de semilla y machetes infectados, o maquinaria usada en la corta de los tallos. El mejor método de control por implementar es el uso de variedades resistentes. El tratamiento hidrotérmico a la semilla también constituye una medida preventiva de control importante; además de proceder con la desinfección de las herramientas de corte.

18.3 Enfermedades virosas.

Las enfermedades virosas dependen de su hospedero para sobrevivir. Se transmiten por semilla e insectos y pueden causar pérdidas agroindustriales importantes en el caso de la caña de azúcar.

18.3.1 Virus del mosaico de la caña (SCMV).

Se caracteriza por destruir, en diferentes grados, la clorofila de la planta. El síntoma característico es un mosaico con áreas verdes normales sobre un fondo de verde más claro o amarillento, con patrones que varían dependiendo de la raza del virus, de la variedad cultivada y, a veces, de la temperatura y otras condiciones de crecimiento (Figura 48). Ocasionalmente sólo se observan rayas cloróticas sobre una coloración verde normal. El síntoma del mosaico puede o no estar asociado a la disminución en el crecimiento normal (achaparramiento). El mosaico es más evidente en brotes jóvenes (1-3 meses) y en las bases de las hojas apicales.



Figura 48. Síntomas del virus del mosaico de la caña de azúcar.

El virus del mosaico se transmite por medio de los trozos de semilla y por áfidos del género *Rhaphalosiphum maidis*, *Hysteroneura setariae* y *Toxoptera graminum*. Para el control de esta enfermedad, se recomienda:

- a. Emplear variedades resistentes.
- b. No trasladar material vegetativo con problemas de mosaico entre zonas.
- c. Emplear material de siembra (semilla) libre de la enfermedad.
- d. Entresacar y destruir las plantas enfermas de los semilleros y plantaciones comerciales.
- e. Mantener las plantaciones y alrededores libres de malezas sobre todo de gramíneas que sean hospederas de la enfermedad, como *Sorgo halepensis*, *S. dudanense* y *Digitaria sanguinalis*.

En la región de Turrialba esta enfermedad se ha estado propagando por medio de la variedad comercial B 76-259, actualmente la variedad más sembrada en la zona, por lo que es importante seguir y cumplir las recomendaciones mencionadas en el párrafo anterior. Además, es oportuno hacer énfasis, en utilizar semilla proveniente de semilleros básicos establecidos con material de cultivo de tejidos.

18.3.2 Virus de la hoja amarilla (SCYLV).

La enfermedad presenta como síntoma inicial el cambio de color de la nervadura central de las hojas, pasando del verde normal a un amarillo leve al principio y muy intenso posteriormente, iniciando en las hojas +4 a +6 (cuarta a sexta hoja con cuello visible, contando del ápice hacia la sección inferior) y avanzando hacia la sección superior, donde pueden encontrarse hojas sin síntomas. En algunas variedades la nervadura central toma una coloración rosada o rojiza (Figura 49). En variedades susceptibles ocurre necrosis que avanza desde el ápice de la hoja hacia abajo hasta secar la hoja completa. La muerte del cogollo y la necrosis de los tejidos del ápice del tallo se observan muy raramente. La transmisión y diseminación de la enfermedad es causada a través de trozos de semilla y áfidos. Para su combate se recomienda el establecimiento de semilleros básicos con material de procedencia *in vitro* en áreas pequeñas, en localidades con baja incidencia de virus. En Turrialba la enfermedad no tiene importancia económica, pues rara vez se observa en las plantaciones de caña, lo cual no debe descuidar la observación.



Figura 49. Síntomas de la enfermedad virus de la hoja amarilla (YLS).

19. Cosecha.

Con la cosecha de la plantación se culmina y recoge todo el esfuerzo laboral y empresarial desarrollado en forma continua por al menos 12 y hasta 24 meses, en los cuales se han debido atender necesidades, resolver limitantes y estar pendiente y sujeto a una condición de alto riesgo, ante los drásticos cambios del entorno que puedan acontecer en una región heterogénea como la de Turrialba y Juan Viñas. Con ello se da fin a la Fase Primaria de la agroindustria. La cosecha no solo involucra las labores de corta, carga y transporte de la materia prima; sino también, otros tres eventos directamente vinculados que determinan el resultado final de este proceso, como son la floración, la maduración y la fase de molienda, los cuales se comentaran seguidamente.

19.1 Floración.

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.

Por tanto, como está demostrado, la floración impacta de manera significativa y negativa los rendimientos agroindustriales; siendo su presencia e intensidad un proceso muy ligado al clima, la naturaleza genética y las características particulares de la variedad de caña cultivada. La explicación parcial respecto a los bajos rendimientos agroindustriales presentes en algunas plantaciones de caña, podrían estar asociados a esta circunstancia, como lo anotaran Carvajal *et al* (2019) y Chaves (2017d). Por tanto, el criterio más práctico y efectivo para procurar intervenir y contrarrestar en algún grado importante los efectos provocados por la floración de las plantaciones comerciales de caña de azúcar, es el empleo de variedades con baja floración; o que, en su caso, el grado de encorchamiento y presencia de fibra en los internudos de la sección superior del tallo sea bajo. También se utilizan en la actualidad con buenos resultados, algunos productos que inhiben la floración de las plantas de caña.

Durante la fase de planificación de la cosecha la floración representa un indicador de alta prioridad que debe necesariamente revisarse, atenderse y vigilarse. Resulta de gran interés estudiar dicho tema con mayor especificidad en la zona, con relación a las condiciones ambientales que la favorecen, conocer cuáles son las variedades que más floración presentan, el período fenológico en que ocurre la inducción floral, cuanto se impacta el tonelaje y la calidad industrial de la materia prima, entre otros asuntos (Figura 50). Se estima de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas y productivas de la región, que el estímulo lumínico de la floración podría estar ocurriendo durante el mes de agosto, manifestándose luego a través de la emergencia de la inflorescencia o panícula a partir del mes de setiembre y durante los últimos meses del año. De acuerdo con 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 a esta región.



Figura 50. Plantación de caña floreada en un bajo porcentaje. Pacayitas.

En la región cañera de Turrialba y Juan Viñas, está comprobado que entre las variedades de uso comercial actual que florecen menos de un 10%, se tienen las siguientes: B76-259, LAICA 04-250, H 68-1158, H 74-1715, H 77-2545 y H 77-4643; en tanto que, las variedades B 76-385, B 77-95, H 61-1721, PINDAR y Q 96, florecen menos del 70%. Si bien como se indicó, la floración es un proceso enteramente biológico y natural, el mismo puede y debe tenerse presente como factor a controlar en la medida de las posibilidades y capacidades; pues de lo contrario, el impacto agroindustrial provocado puede alcanzar grados realmente

impactantes. Esto implica y justifica programar las fechas de siembra y cosecha, la edad esperada al corte, la variedad por cultivar, ubicar perfectamente las características ambientales y entorno del lugar.

19.2 Maduración (natural - química).

La madurez se vincula con un complejo proceso metabólico de cambios anatómicos y reacciones fisiológicas, mediante el cual 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). La concentración de sacarosa en la planta de caña se da en la última fase de su ciclo vegetativo (Chaves 2019c). La concentración del disacárido se mide en el ingenio en términos de rendimiento industrial por los kilogramos de sacarosa recuperada en la materia prima procesada y molida en la fábrica (kg/t); indicador por medio del cual se valora la calidad de la caña entregada por los productores en el período de cosecha, permitiendo así realizar el pago de dicha materia prima. 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.

Se estima en la práctica que la fase 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, y está influenciada de forma importante por los elementos edáficos y climáticos, entre los que inciden de manera determinante, entre otros, la lluvia, la humedad, las temperaturas (máxima-mínima) y la luz (Chaves 2019ef, 2020a).

La lluvia y con ello la disponibilidad de agua en el suelo resulta determinante en la promoción 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, entre otros. Lo deseable es tener una reducción sistemática, continua y significativa del agua y la humedad en los tejidos previo a la cosecha de la plantación. Durante la zafra, las lluvias promueven y favorecen la aceleración del crecimiento de la planta y, con ello, la presencia de azúcares reductores como Glucosa y Fructuosa, la cual es utilizada en la elongación de los tallos como fuente de energía, influenciando negativamente los contenidos de sacarosa; la cual requiere en contrario para su concentración, menos crecimiento y menos gasto energético para promover el acúmulo en los tallos de los denominados azúcares no reductores, cuyo mayor representante es la sacarosa.

En torno a este tópico tan específico, relevante y trascendente, Chaves (2019f) indica, 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 (2019g) 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.”

Queda claro con respecto a la temperatura, que la caña requiere para madurar y concentrar sacarosa en sus tallos, disponer en este periodo fenológico de noches frías y días calientes. Las temperaturas mínimas favorecen la concentración cuando son bajas, pues inciden y reducen el crecimiento favoreciendo la acumulación de energía como sacarosa. El diferencial térmico entre temperaturas máxima-mínima resulta efectivo para calificar con buena aproximación, una condición favorable de concentración, donde un valor alto revela una situación estresante en favor del acúmulo, por lo que aplica como indicador práctico en el campo (12 se considera un índice bueno). La luz interviene en el estímulo e inducción floral y con ello en la transición de meristemo apical a floral, reduciendo el crecimiento del tallo y la producción de biomasa.

¿Qué otros factores intervienen y afectan la maduración de la caña? Además de los mencionados, se pueden anotar los siguientes: la nubosidad, el viento, el suelo, las prácticas de cultivo, la evapotranspiración y, muy importante, la variedad sembrada. Una alta nubosidad hace que la intensidad lumínica se vea 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 otra parte, el viento perturba la tasa de transpiración, la fotosíntesis y tiene efecto desecante; además de causar rajaduras en las hojas, condiciones que influyen de alguna manera el rendimiento final de las cañas.

Con respecto al suelo, se tiene comprobado que plantaciones con mal drenaje y ubicadas en depresiones con prevalencia de alta humedad, como puede acontecer en Turrialba, retardan la maduración. En los suelos de textura arenosa la maduración es más rápida en relación a la de los suelos arcillosos que retienen humedad. Siendo de igual manera, el alto contenido de materia orgánica que poseen otros, un factor diferenciador. Aplicaciones excesivas y tardías de Nitrógeno afectan la maduración, pues como bien se sabe, este nutrimento promueve el crecimiento, el cual es como se indicó, contrario al proceso natural de concentración de sacarosa. De manera positiva y contrario al uso del Nitrógeno en cantidades altas y tardías, las aplicaciones de Fósforo y Potasio en cantidades adecuadas y oportunas, aumentan la concentración de azúcar en los tallos de la caña, aspecto de vital importancia optimizar en la productividad de las fincas de la región, pues el potencial existe. Programar las siembras de manera que coincidan con el periodo de cosecha de la región; así como manejar las plagas barrenadoras del tallo, se suman al grupo de factores que inciden directamente con el proceso de maduración de la caña.

Conocer las características, atributos y debilidades de la variedad comercial por cultivar, es sin duda un elemento de gran trascendencia y relevancia en la maduración y obtención de buenas concentraciones de azúcar, pues el momento óptimo de cosecha varía de acuerdo con la variedad. Para ello, es necesario haber verificado y validado en el campo la curva de madurez particular, y determinar si la variedad 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). 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 mismo al momento de cosechar la plantación; una mala programación de corta se traduce cosechar con pérdidas innecesarias, como lo anotara Chaves (2020ab).

19.3 Control de madurez.

El control de madurez de la caña consiste en un análisis practicado en campo o laboratorio a muestras vegetales representativas de tallos obtenidas de la plantación comercial, tomadas periódicamente, con el fin de medir y conocer la concentración de sacarosa contenida en sus jugos y determinar con ello su grado de maduración; lo que permite establecer la fecha idónea de corta. Los resultados de estos análisis revelan

el estado real de madurez de la caña, permitiendo definir con buen criterio la fecha de cosecha cuando la concentración de sacarosa está en su punto más alto. Existen varios métodos e indicadores del grado de madurez de la caña, como son entre otros los siguientes:

19.3.1 Programación por Brix.

El método se basa en aprovechar la estrecha correlación que existe entre el Brix (azúcares totales) y el contenido de sacarosa (Pol%). Esto por cuanto se tiene 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 aumento se da en la misma proporción.

El método 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 (Figuras 51 y 52). Es muy importante y determinante para la representatividad del resultado, que los tallos seleccionados reflejen la condición promedio general de la plantación; pues caso contrario la inferencia estará fuera de lo deseado con las consecuencias no deseables del caso.



Figura 51. Punzón para extraer el jugo y refractómetro digital para realizar las lecturas de Brix.

Se recomienda iniciar los muestreos al menos dos meses antes de arrancar con la cosecha prevista y programada, 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 cerca del centro. De cada punto se toman al azar 10 cañas preferiblemente de cepas diferentes y se les extrae el jugo; tal como se indicó anteriormente, totalizando 50 cañas por lote. De esta forma se determina si la caña está ya madura, en proceso activo y creciente de maduración o en su caso aún inmadura y por tanto sujeta a permanecer por más tiempo en el campo.

Con esa información se obtiene el **Índice de Madurez**, el cual es un cociente que vincula ambas mediciones, tal como se indica a continuación (Chaves 1983).

$$\text{Índice de Madurez} = \frac{\text{Brix tercio superior}}{\text{Brix tercio inferior}}$$

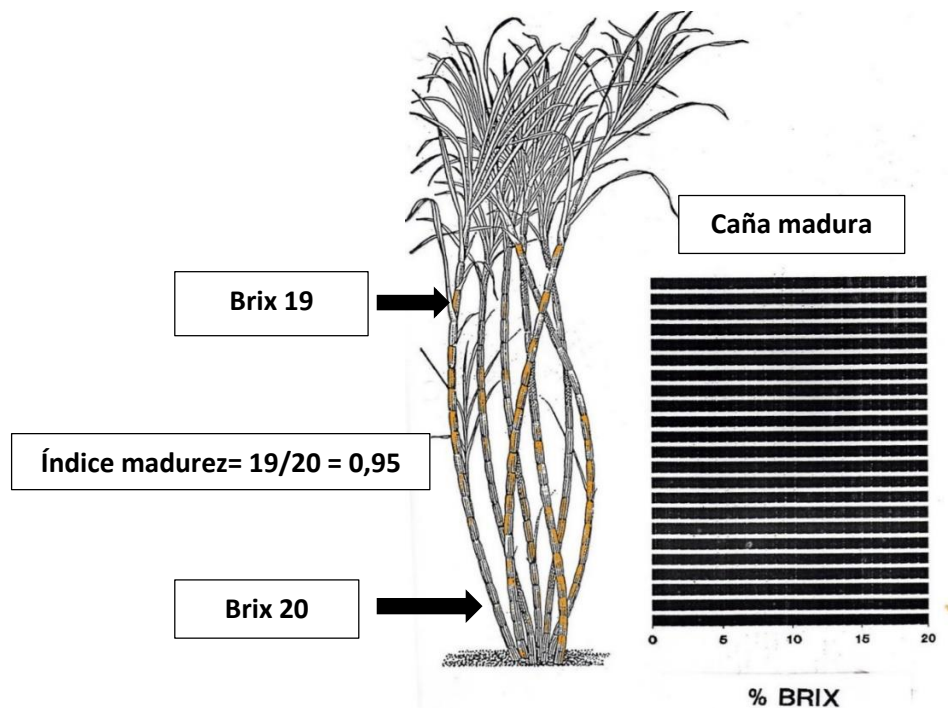


Figura 52. Ilustración gráfica para determinar el Índice de Madurez de la caña.

El Índice de Madurez permite obtener un dato confiable resultante del cociente de las dos mediciones indicadas; sobre el cual, en el Cuadro 14 se muestran los posibles valores que se obtienen a partir de un muestreo de campo con lecturas obtenidas por un Refractómetro Digital, 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 14. 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

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

El método consiste en aprovechar el laboratorio de rutina empleado para realizar el pago de la caña por calidad de la materia prima durante el periodo de cosecha. Para ello, se muestrean al igual que en el método anterior, 5 puntos fijos en el lote, ubicando cuatro esquinas y otro cerca de la sección media. En cada uno de ellos se toman alrededor de 5 tallos por cepa o se corta toda una cepa (puede ser también una línea 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 y anota la procedencia del lote; luego de lo cual, las muestras de tallos 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.

19.4 Quema.

La quema de las plantaciones comerciales de caña de azúcar es una práctica agrícola antigua y polémica, que tiene como objetivo principal eliminar follaje seco, basura, en general, la denominada materia extraña, para facilitar, agilizar y abaratar la corta de los tallos industrializables que serán luego procesados en el ingenio; tanto cuando la cosecha se realiza en la modalidad manual como mecánica (Figura 53). La misma incrementa la eficiencia de la labor y favorece la calidad de la materia prima molida.



Figura 53. Quema de plantación de caña para facilitar su cosecha.

En torno al tema es prudente, sano y conveniente ubicar y contextualizar la práctica, 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...”

Son numerosas y de alcance variable las ventajas que se le atribuyen a la quema cuando ejecutada en el caso particular de las plantaciones de caña de azúcar, entre las cuales Chaves (2009, 2013, 2021), Chaves y Bermúdez (2006a), 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.”*

Por otra parte, la práctica presenta como toda actividad humana, algunas desventajas cuando se realiza en forma desmedida, sin controles y de manera inconsciente de sus posibles impactos, motivo por el cual se torna polémica en la actualidad; principalmente por sus repercusiones ambientales, entre las cuales se mencionan a continuación algunas ellas:

- 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) Puede ocasionar trastornos a la salud de las personas
- 6) Libera cenizas a la atmósfera que pueden afectar las poblaciones
- 7) Favorece el crecimiento de malezas
- 8) Aumenta y acelera el deterioro de la materia prima cosechada
- 9) Afecta al turismo y el paisaje

La secuencia de labores, acciones y cuidados que se deben adoptar según Chaves (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.

La mejor recomendación con el fin de evitar riesgos innecesarios es como expresara Chaves (2021), *“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.”*

Hay numerosa información disponible y accesible en www.laica.co.cr/biblioteca en torno al procedimiento administrativo a seguir para formular la solicitud del Permiso de Quema, como también de los aspectos técnicos involucrados en el desarrollo óptimo de la práctica, como lo reportan Chaves y Bermúdez (2006ab) y Chaves (2009, 2013, 2017a, 2021). No puede obviarse que la quema es una práctica peligrosa y de alto riesgo que debe manejarse con la prudencia y máxima responsabilidad, virtud de las consecuencias penales y civiles que pueden derivarse de su mal uso.

19.5 Cosecha oportuna.

Para llevar a buen término de cumplimiento todo el esfuerzo empresarial realizado durante un largo período de tiempo, donde han debido efectuarse actividades diversas en materia de siembra, mantenimiento y renovación de plantaciones comerciales, donde intervienen 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 tengan un buen retorno económico, para lo cual es necesario planificar la cosecha para que las actividades se realicen de forma articulada y en el momento oportuno, permitiendo alcanzar las metas de productividad agroindustrial establecidas.

Para procurar satisfacer y cumplir a cabalidad con los planes, metas y objetivos originalmente trazados, 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. Dicha propuesta debe establecerse basada en antecedentes y empleando indicadores confiables y objetivos, concordantes con el manejo y

estado vegetativo de la plantación; evitando crear posibilidades fuera de realidad. 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.

- b) **Conocer la disponibilidad de mano de obra en el lugar.** Dado que en la región de Turrialba la cosecha es mayoritariamente manual, es de vital importancia saber la cantidad y calidad de cortadores con que se cuenta para que la cosecha sea oportuna y los resultados agroindustriales sean los mejores.
- c) **Programar la época de inicio y final de cosecha.** Esto permitirá ubicar la cosecha de las plantaciones en el período y condiciones ambientales de mejores rendimientos agroindustriales. Contraproducente sería arrancar la cosecha cuando a la caña le falta madurez o las condiciones ambientales son inadecuadas.
- d) **Conocer la necesidad y capacidad de transporte.** La medida es importante porque asegura que la materia prima llegue al ingenio en condiciones óptimas de procesamiento; evitando, por el contrario, sufrir deterioro de la calidad por retraso en el transporte al ingenio.
- e) **Establecer cosecha por grado de maduración.** Es imperativo ubicar las variedades que se cosecharán de acuerdo con su época óptima de maduración, para definir y secuenciar las prioridades de corta según se trate de variedades de maduración temprana, intermedias o tardías. Debe planificarse un programa sistemático de cosecha por lote y variedad.
- f) **Disponer de información de madurez.** Para cosechar lotes en un estado de óptima concentración de sacarosa es necesario no solo conocer su tendencia de madurez; sino también su estado real, para lo cual es recomendable llevar una valoración de campo del mismo. Esto se logra recabando y llevando su curva de maduración con muestreos de campo.
- g) **Conocer la edad y estado fenológico de las plantaciones.** Dado que la misma está asociada directamente con el rendimiento agrícola potencial, su conocimiento resulta incuestionable. En Turrialba una plantación que se coseche a los 14-15 meses produce un mayor tonelaje que una de 11-12 meses, lo cual debe validarse y ubicarse estratégicamente, pues es una propiedad intrínseca y muy particular de cada variedad que no puede tampoco generalizarse.
- h) **Disponer de información climática.** No hay la menor duda que la región de Turrialba-Juan Viñas presenta una condición climática muy volátil y variable virtud de sus cambios drásticos en el corto tiempo en sus elementos básicos, como son lluvia, temperaturas, luz, viento, humedad ambiente. 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 que pueden ser consultadas oportunamente.

19.6 Corta.

La corta de la caña es una labor muy importante que parece en principio fácil y muy sencilla, pero cuando realizada con la calidad debida, requiere implementar elementos de control que la tornan un tanto compleja, por cuanto intervienen dos factores fundamentales, como son: Programación y Fiscalización del proceso. Todo orientado a buscar maximizar beneficios y reducir y minimizar costos y pérdidas, promoviendo con ello una adecuada recuperación de la sacarosa en la fábrica. 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 (trozo basal de caña) se van a tener pérdidas importantes del endulzante que quedan en el campo; motivo por el cual lo recomendable es cortar el tallo a ras de suelo. Cuando se deja un tocón no sólo se pierde azúcar, sino también algunas veces ocurre ataque de plagas como el picudo rayado y el desarrollo de los tallos futuros no es el mejor.

- **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. 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 con azúcar. Se dice que el punto de corte se establece donde la caña quiebra naturalmente al doblarla en su sección superior.
- **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 quedarse en el cañal e igualmente los tallos secos, pues no son de interés industrializable. Todo aquello que sea materia extraña, a la cual no se le pueda extraer sacarosa, debe evitarse enviarla a la fábrica de azúcar. En el sistema de pago de la caña por su calidad en Costa Rica, si la materia extraña es alta, el método castiga severamente el rendimiento industrial, por lo que es estrictamente necesario que la materia prima entregada tenga una buena calidad y fresca, como lo anotaran Chaves (1984) y Rivera y Chaves (2003).

19.7 Destronque.

El destronque corresponde a la práctica de cosecha por medio de la cual se procede con la eliminación de los “tocones” (trozos basales de tallo) que quedan en el campo luego de la cosecha, debido a un mal corte de los tallos que no se efectuó como correspondía, a ras del suelo. Esta práctica favorece una mejor brotación de los tallos de la caña y reduce el ataque de plagas y enfermedades. Ocasionalmente esta labor se realiza en las fincas de Juan Viñas en el caso de la cosecha mecánica, en terrenos con caña planta y donde hay presencia de piedra, debido a que se tienen que levantar las cuchillas de la cosechadora para efectuar el corte. En cosecha manual, la cual es la modalidad más empleada en toda la región, el destronque no es necesario excepto en casos muy justificados. Sin embargo, es oportuno recomendar la supervisión 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.

19.8 Remanga.

Esta práctica consiste en recoger los residuos de biomasa producto de la cosecha para acordonarlos a lo largo del entresurco (Figura 54). La labor se realiza para facilitar el brote de los nuevos retoños 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, 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 dificulta su manipulación en el campo, principalmente por dos razones que lo dificultan: 1) no poder usar equipo mecánico y 2) en zonas de alta humedad como Turrialba, el peso y la facilidad de arrastre del material se obstaculiza.



Figura 54. Remanga de plantación de caña cosechada en verde en Tuis, Turrialba.

19.9 Transporte.

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

En la región de Turrialba normalmente existen dos rutas de transporte que condicionan de alguna manera la capacidad de la unidad de transporte empleada. Una de ellas es la ruta que inicia desde la plantación de caña al centro de acopio mejor conocido como “grúa”; en cuyo caso la materia prima se transporta comúnmente en tractores de llantas (chapulines) de 80 a 100 caballos de fuerza, utilizando carretas (trailes) conocidas como “cachonas” cuya capacidad varía de 3 a 4 toneladas métricas. 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 de 10 a 25 toneladas métricas, buscando llevar un mayor volumen y alcanzar un ahorro importante en costos unitarios (¢/t).

Los medios de transporte de capacidad inferior corresponden a camiones pequeños que transportan caña en vías angostas y de topografía quebrada; como acontece por ejemplo a partir de las localidades de Pacayitas y Alto Alemania, ambas de relieve difícil y pertenecientes al distrito de La Suiza. Los furgones con capacidad de 25 toneladas métricas transportan materia prima de La Suiza, Florencia, La Isabel, Atirro y CATIE hasta Hacienda Juan Viñas (Figuras 55 y 56).

El transporte representa un costo alto en la estructura general de gastos, aproximadamente un 13,6% y 23,9% de los costos totales en la región en los ciclos de caña planta y soca, respectivamente; y una significativa representación del 45,8% exclusivamente con los de cosecha en ambos ciclos, como lo muestra el Cuadro 16. El uso de unidades de transporte con alta capacidad influye positivamente en la reducción del costo, cuando comparado con respecto a la utilización de unidades pequeñas o medianas.



Figura 55. Carreta utilizada para transporte de materia prima del cañal a la grúa.



Figura 56. Transporte de caña en camión con capacidad de transporte de 10-12 t, de la grúa al Ingenio Juan Viñas.

19.10 Molienda.

La molienda consiste en hacer pasar los tallos de la caña preparada para ese fin por masas grandes y pesadas con el objeto de extraer por compresión el jugo contenido en los tallos. El conjunto de tres masas se llama molino (algunos ingenios modernos tienen una cuarta masa en los molinos). 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 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 del último molino, el cual mantiene una humedad entre el 47 y 50% y alguna cantidad de sacarosa no extraída pues se encuentra fuertemente retenida y el costo involucrado para ese fin no resulta rentable.

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 de calidad y que la logística de cosecha y transporte permita el abastecimiento permanente del ingenio; lo que impedirá la presencia de tiempos perdidos por falta de materia prima.

20. Problemas y limitantes.

Conocer con detalle los problemas, dificultades y limitantes que posee una región agrícola resulta de elemental importancia y trascendencia para la correcta y oportuna toma de decisiones, virtud 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 ¿por qué no se invierte lo debido en tecnología?

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 refieren Chaves y compañeros (2019). En el caso de la región de Turrialba-Jiménez se consultó directamente a 66 productores de caña quienes emitieron criterio y respuesta a la pregunta ¿Cite 3 asuntos que limitan o impiden su actividad como productor de caña?

De acuerdo con las 198 respuestas recabadas se encontró que el 55,1% de las limitantes mencionadas correspondió a tópicos de carácter Económico, el 18,7% a Industriales, un 14,1% Institucional, el 7,1% a asuntos diversos, el 4,0% a limitantes de índole Tecnológico, un 1,0% a las de contenido Ambiental y ninguno manifestó tener problemas 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 20 asuntos citados en dicha encuesta se presentan de manera genérica en el Cuadro 15. Como se infiere del mismo, los tópicos relacionados con temas estrictamente técnicos son bastante escasos, limitándose a los siguientes: 1) falta semilla de calidad, 2) suelos de baja fertilidad, 3) variedades de caña y 4) las fórmulas fertilizantes; a los cuales pueden agregarse por su vínculo con la producción un punto 5) efectos e impacto por clima (Figura 57). De ellos solo hubo tres menciones 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.



Figura 57. Cosecha mecanizada en condiciones de topografía ondulada, Juan Viñas.

Cuadro 15. Principales problemas y limitantes citados (20) por los agricultores de caña de azúcar de Turrialba y Jiménez según importancia y prioridad. Año 2018.

N°	Problema / Limitante	Área Temática	Grado de Prioridad			Total	
			Primera	Segunda	Tercera	N°	%
1	Altos costos de producción agrícola	ECONÓMICA	4	20	15	39	19,70
2	Bajos precios pagados por el azúcar	ECONÓMICA	17	9	11	37	18,69
3	Relación con los Ingenios	INDUSTRIAL	24	6	7	37	18,69
4	Escasez y limitaciones de mano de obra	INSTITUCIONAL	5	11	4	20	10,10
5	Altos costos corta, carga, transporte (CAT)	ECONÓMICA	7	4	4	15	7,58
6	Falta financiamiento, crédito, intereses, bancos	ECONÓMICA	1	4	3	8	4,04
7	Pagos a la CCSS	ECONÓMICA		3	4	7	3,53
8	Problemas con la finca y el terreno	VARIOS	3	2	2	7	3,53
9	Falta semilla de calidad	TECNOLOGICA	2		3	5	2,52
10	No Respondió la consulta	VARIOS			4	4	2,02
11	Razones de índole económico	ECONÓMICA	1	1	1	3	1,51
12	Poca ayuda y apoyo del Estado	INSTITUCIONAL		1	2	3	1,51
13	Efectos e impacto por clima	AMBIENTAL		1	1	2	1,01
14	Problemas con caminos y carreteras	INSTITUCIONAL		2		2	1,01
15	Análisis, controles y regulaciones de LAICA	INSTITUCIONAL	1		1	2	1,01
16	Suelos de baja fertilidad	VARIOS			2	2	1,01
17	Variedades de caña	TECNOLOGICA	1		1	2	1,01
18	Importaciones de azúcar	INSTITUCIONAL		1		1	0,51
19	Problemas de carácter personal	VARIOS			1	1	0,51
20	Las fórmulas fertilizantes	TECNOLOGICA		1		1	0,51
	Total		66	66	66	198	100

Fuente: Chaves *et al* (2019).

Con el objeto de profundizar un poco en torno a los problemas y limitantes de la región, mencionados por los agricultores, seguidamente se comentan algunos de los asuntos más relevantes y de mayor impacto.

- **Precio pagado por el azúcar.**

Uno de los factores considerados como de mayor impacto que limita la actividad cañera en la región de Turrialba y Jiménez lo constituye según el criterio del propio agricultor, el precio del azúcar pagado al productor, el cual no ha mostrado en las últimas zafas una tendencia hacia el alza; por el contrario, va en disminución. 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 a ₡177,80 (última zafa 2019-2020), lo que representa una disminución del 5,5% en ese período. Esta situación repercute de manera significativa 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 la productividad de las plantaciones. Esta situación ha conducido en otros casos, a retirarse de la actividad por razones de baja rentabilidad.

- **Costos de producción.**

Si los costos aumentan, la lógica es que igualmente los ingresos tengan 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 el costo por establecimiento y asistencia de una hectárea de caña en ciclo de caña planta experimentó un aumento del 8,2% (del 2017 al 2020), pasando de ₡2.340.559 a ₡2.533.253. Igual comparación cabe en el caso del ciclo de caña soca, donde el costo se incrementó en un 16,7% pasando de ₡1.232.452 a ₡1.437.835. Con esta realidad financiera, el escenario que le queda al empresario productor de caña es bajar costos y tratar de aumentar o mantener la productividad, lo cual es difícil, aunque posible.

La falta de rentabilidad económica se traslada a situaciones preocupantes en el campo que es fácil observarlas en la región, como son entre otras: a) no renovación de las plantaciones ya agotadas y de bajo potencial productivo, 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 grave, h) control fitosanitario de las plantaciones sin respuesta y i) ausencia de control de la madurez de las plantaciones próximas a cosecha.

- **Mecanización de la actividad agrícola.**

Debido a la topografía quebrada y difícil de la mayoría de las fincas cañeras y a la presencia considerable de piedra en algunos terrenos, el grado de mecanización que se practica es muy reducido, debiendo por ello realizarse las labores de manejo del cultivo y la cosecha en forma manual, lo cual eleva significativamente los costos y resta eficiencia y rentabilidad al proceso productivo. Bajo este escenario, las utilidades económicas se reducen significativamente y la sostenibilidad de la actividad a largo plazo se torna difícil y cuestionable.

- **Economías de escala.**

En el escenario de una mecanización reducida y de fincas cuyo tamaño es típico de estructuras de tenencia de la tierra de pequeño agricultor (con la excepción de algunas que no son la mayoría), la obtención de beneficios económicos por este concepto no es posible, afectando los costos directos como también los ingresos percibidos. Una ventaja potencial que tiene la región son los altos rendimientos industriales (kg azúcar/t) obtenidos por la mayoría de los productores, lo que representa un verdadero reto por materializar para que la actividad sea más competitiva. Resulta obligado si se desea elevar la rentabilidad, tener que elevar el rendimiento agrícola (toneladas de caña/ha) a grados superiores, lo cual es posible, pero requiere de inversiones.

- **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 de un grupo pequeño), 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 a precio de costo y pagadera con facilidades, a lo cual se ha tenido problemas por el desinterés que muestran la mayoría de productores. Como bien se tiene por demostrado, esto repercute directamente sobre la vida útil económica de las plantaciones comerciales y también en la productividad de las mismas.

- **Problemas con Ingenio.**

No tener la certeza que asegura contar con la capacidad de procesamiento instalada requerida de manera estable y segura, como aconteció con la situación de inestabilidad del Ingenio Atirro por varios años, generó mucha incertidumbre y desmotivación entre los productores de caña de la región, lo cual se trasladó y reflejó en el manejo prestado a sus plantaciones. Actualmente el panorama inmediato está más claro y definido, por lo que este no debería ser un asunto por preocuparse; con lo cual se retorna a una situación de mayor estabilidad, al menos en el campo fabril.

- **Ausencia de actividades rentables en la región.**

El cultivo de la caña es una actividad de carácter estacional, es decir, no genera ingresos durante todo el año lo que constituye una preocupación y sería limitante para el agricultor. Cuando el cultivo del café estuvo bien y mantuvo precios aceptables o buenos, el binomio caña-café fue una combinación económica ideal para el finquero, pues generaba ingresos todo el año y la mano de obra disponible se mantenía activa y ocupada también durante todo el año. Al bajar los precios del café y no darse el repunte esperado y deseado, este binomio en buena parte desapareció y vino a debilitar fuertemente la economía de los productores y de la región en general. En la actualidad, no existe esa segunda actividad que tenga y ofrezca las ventajas conocidas del binomio indicado y que genere los ingresos requeridos.

21. Materia prima de alta calidad.

Materia prima de alta calidad agroindustrial es un concepto 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, 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, 2019aefg, 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 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 pago de la caña por su calidad, arrojará altos valores 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.

Es un hecho comprobado que, en este escenario, ganan el productor, el ingenio y la organización. Muy a tono con el tema, vale rescatar y anotar 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 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 con 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 mediante un equipo llamado *core sampler*, el cual extrae de dos puntos aleatorios de un royo 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, se miden los contenidos porcentuales de Brix, Pol, Pureza y la Fibra o Torta Residual, con los 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 estos indicadores, más el peso (kg) de la caña entregada.

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 Turrialba-Juan Viñas viene experimentando desde hace bastante tiempo una disminución continua y sistemática en sus índices de producción y productividad; con algunos leves incrementos, en la producción de caña y azúcar fabricada, tal como se puede apreciar en el historial productivo de las últimas 13 zafras (2007-08/2019-20). En ese periodo la producción se redujo un -34,4% en cuanto a la cantidad de caña procesada y -36% en el azúcar fabricado, lo que resulta preocupante y altamente significativo. La crisis acontecida con la gestión del Ingenio Atirro, la cual concluyó con su cierre definitivo de operaciones en la zafra 2017-2018; aunado a los bajos precios del azúcar a nivel internacional durante los últimos años, han impactado negativamente el escenario productivo de la región. Sin embargo, los productores tienen una cultura arraigada, afincada y estrechamente vinculada históricamente con la actividad cañera, lo que, aunado a la iniciativa desarrollada por el Ingenio Juan Viñas de continuar con el recibo, procesamiento y fabricación de toda la caña de la región; abre un nuevo espacio y una nueva oportunidad para el desarrollo y crecimiento cañero de la región en el mediano plazo.

24. Estructura de costos agrícolas.

El Cuadro 16 presenta un detalle de los costos asociados con la siembra, mantenimiento y cosecha de una hectárea de caña de azúcar en la región media-baja de Turrialba, 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 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 de productividad más se elevan los costos involucrados, aunque no necesariamente, vale señalarlo, de manera lineal y proporcional.

Como acontece con cualquier actividad empresarial y fuera anotado expresamente para el caso de la Región Sur, la orientación 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, 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 Turrialba, la estructura de costos agrícolas para producir y cosechar caña se expone con algún detalle en el Cuadro 16. Se 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 (45,7%), lo cual va en función de las características que presentan los suelos sobre todo por lo quebrado de su relieve. El valor de la semilla no deja de ser importante al significar un 15% del costo total del primer corte; lo que sugiere ser prudente en su calidad con el fin de reducir la cantidad empleada. La corrección de la acidez (6,3%) y la incorporación de nutrimentos mediante la fertilización química tienen una implicación financiera importante, pues significan el 20,6% de los gastos en caña planta y 14,4% 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 29,6% y en ciclo de retoño un 52,2% 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 torna como 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 y necesaria meta; para lo cual se reiteran y recomiendan algunas medidas viables y factibles de ejecutar.

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. 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 casi obligado aumentar el rendimiento agrícola (t caña/ha); 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 a transporte de la materia prima se puede incidir mediante el empleo de unidades de mayor capacidad, siempre y cuando las vías de acceso lo permitan, pues el acarreo forma parte importante de la cosecha y su costo.

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 aún no validadas 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 valorar en la zona, pues se baja una cantidad considerable de semilla/ha y con ello su costo, como se ha demostrado en la Zona Norte. 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. 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 16, la adopción e incorporación de medidas de conservación de recursos resulta un sano y excelente negocio, cuyo beneficio se materializa en evitar pérdidas irre recuperables de suelos y biodiversidad, que constituyen parte del patrimonio del agricultor.

Cuadro 16.	
Costos agrícolas implicados en la siembra y manejo de una hectárea de caña de azúcar en la Región de Turrialba. Año 2020.	
Rubros / Labores	Turrialba
A. Establecimiento (Ciclo Planta)	
1. Preparación del terreno	257 210
2. Semilla (corta, alza y acarreo)	380 400
3. Siembra	204 758
4. Enmiendas (CaCO ₃)	159 751
5. Fertilización	156 301
Total Establecimiento	1 158 420
Porcentaje (parcial)	46
B. Primer Corte (Mantenimiento planta)	
6. Control de malezas	149 946
7. Aporca	45 390
8. Fertilización	206 415
9. Control de plagas	59 584
10. Mantenimiento de finca	163 073
11. Cosecha	750 425
Total Mantenimiento	1 374 833
Porcentaje (parcial)	54
Total Primer Corte (¢)	2 533 253
Total Primer Corte (us\$)	4 406
Porcentaje (total)	100
C. Segundo Corte (Ciclo Retoño)	
12. Remanga	63 003
13. Fertilización	206 415
14. Control de malezas	149 946
15. Control de plagas	59 584
16. Aporca	45 390
17. Mantenimiento de finca	163 073
18. Cosecha	750 425
Total Segundo Corte (¢)	1 437 835
Total Segundo Corte (us\$)	2 501
Fuente: LAICA-DIECA (marzo 2020).	
NOTA: No incluye gastos financieros, herramientas, impuestos, depreciación, valor de tierra, mantenimiento de caminos, etc.	
Valor 1 (us\$) = ¢575.	

25. Cronograma de actividades.

En la Figura 58 se presenta un detalle gráfico de las actividades desarrolladas teóricamente en la zona medio-baja (480-999 msnm) de Turrialba, contextualizadas y ubicadas secuencialmente en el tiempo, lo que facilita planificar y organizar las acciones a desarrollar para su correcta y oportuna ejecución. De igual manera, en las Figuras 59 y 60 se muestra la misma información, pero aplicada a la zona alta (>1.000 msnm) de Juan Viñas para los ciclos vegetativos de caña planta y soca, respectivamente. Son notorias y evidentes las diferencias de fondo que existen entre los diferentes pisos altitudinales.

Figura 58. Cronograma de actividades, labores y prácticas por ejecutar según mes en la Zona Media-Baja de Turrialba.

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

Fuente: Elaborado por los autores (diciembre 2020).

Figura 59. Cronograma de actividades, labores y prácticas por ejecutar según mes en la Zona (Alta) de Juan Viñas en Ciclo de CAÑA PLANTA.

Labor / Práctica	AÑO 2021												AÑO 2022											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Cosecha y transporte																								
Programación cosecha																								
Muestreo madurez																								
Corta, carga y acarreo																								
Eliminación de rastrojos																								
Preparación de suelos																								
Nivelación de terreno																								
Eliminación cepa con herbicida																								
Aplicación enmiendas																								
Aplicación abono orgánico																								
Rastra afinadora si lo amerita																								
Subsuelo cruzado																								
Surcada																								
Siembra																								
Riega y pica semilla																								
Aplic. insecticida a la semilla																								
Aplic. fertilizante fosforado																								
Tapa de la semilla																								
Drenajes																								
Mantenimiento plantación																								
Aplic. herbicida preemergente																								
1a. Fertilización																								
Limpia y rondas																								
Aplic. herbicida postemprana																								
2da Fertilización																								
Aplic. herbicida parchoneo																								
Aplic. herbicida postemprana																								

Fuente: Los autores con colaboración del Sr. Tomás Madriz P., Hacienda Juan Viñas.

Figura 60. Cronograma de actividades, labores y prácticas por ejecutar según mes en la Zona (Alta) de Juan Viñas en Ciclo de CAÑA SOCA.

Labor / Práctica	AÑO 2021												Año 2022	Año 2023						
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Cosecha y transporte																				
Programación cosecha																				
Muestreo madurez																				
Corta, carga y acarreo																				
Eliminación de rastrojos																				
Mantenimiento plantación																				
Remanga																				
Aplicación enmiendas																				
Subsuelo																				
Aplic. herbicida postemprana																				
1a. Fertilización																				
Limpia y rondas																				
Aplic. herbicida postemprana																				
2da Fertilización																				
Aplic. herbicida parchoneo																				
Aplic. herbicida postemprana																				

Fuente: Los autores con colaboración del Sr. Tomás Madriz P., Hacienda Juan Viñas.

26. Literatura citada.

- 1) Acuña, O. 2009. **La Fijación Biológica de Nitrógeno: el Caso de la Caña de Azúcar.** En: Congreso Azucarero ATACORI “Cooperativa Agrícola Industrial El General R.L.”, 17, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2009. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 2 y 3 de setiembre del 2009. 12 p.
- 2) Alfaro Portugués, R. 2019. **Tensoactivos coadyuvantes en el control químico de malezas.** Grecia, Costa Rica. 54 p.
- 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) 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.
- 5) Calderón, G. 1999. **Efecto de la interacción de dosis crecientes de carbonato de calcio y fósforo, sobre los rendimientos agroindustriales de la caña, promedio de cuatro cosechas, en un ultisol de Turrialba.** En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, 1999. p: 158.
- 6) Calderón A., G.; Chaves S., M. 2003a. **Estudio agroindustrial de cuatro densidades de siembra con la variedad de caña de azúcar B 76-259 cultivada en Atirro, Turrialba. Promedio de tres cosechas.** En: Congreso Azucarero ATACORI “Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez”, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 251-255.
- 7) Calderón A., G.; Chaves S., M. 2003b. **Verificación del efecto de la interacción del Carbonato de Calcio y el Fósforo sobre los rendimientos agroindustriales de la caña, variedad Q 96, en Tucurrique de Jiménez. Promedio de cuatro cosechas.** En: Congreso Azucarero ATACORI “Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez”, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 305-311.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.

- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) Chaves Solera, M. 1999b. **El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
- 22) Chaves Solera, M. 2002. **Corrección de suelos ácidos para cultivar caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 8 p.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) 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.
- 27) Chaves Solera, M.A. 2015a. **1940: inicio de la historia institucional del sector azucarero costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. 28 p.
- 28) 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.
- 29) 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.
- 30) 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.
- 31) 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.
- 32) 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.
- 33) Chaves Solera, M.A. 2017d. **Floración en la Caña de Azúcar**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.
- 34) 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.
- 35) 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.
- 36) Chaves Solera, M.A. 2018b. **Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica**. Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 89 p.
- 37) Chaves Solera, M.A. 2018c. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Zona Atlántica (Turrialba-Juan Viñas), Costa Rica, durante el periodo 1986-2016 (30 años)**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 27 p.
- 38) Chaves Solera, M.A. 2018d. **Recorrido histórico de las variedades comerciales de caña de caña de azúcar de origen Hawaiano (Sigla H) en Costa Rica. Periodo 1986-2016 (30 años)**. 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. 7 p.
- 39) 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.
 - 40) 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.
 - 41) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la Zona Alta (>1.000 msnm) de Cartago, Costa Rica, durante el periodo 1994-2016 (22 años)**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 30 p.
 - 42) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
 - 43) Chaves Solera, M.A. 2019c. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
 - 44) Chaves Solera, M.A. 2019d. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
 - 45) Chaves Solera, M.A. 2019e. **Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
 - 46) Chaves Solera, M.A. 2019f. **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.
 - 47) Chaves Solera, M.A. 2019g. **Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(16): 5-9, octubre-noviembre.
 - 48) 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.
 - 49) 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.
 - 50) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.
 - 51) 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.
 - 52) 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.
 - 53) 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.
 - 54) 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.
- 55) 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.
- 56) 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.
- 57) 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.
- 58) 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.
- 59) 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.
- 60) 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.
- 61) 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.
- 62) 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.
- 63) 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.
- 64) Costa Rica. 2009. **Decreto Ejecutivo N° 35368-MAG-S-MINAET. Reglamento para Quemas Agrícolas Controladas.** Publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 147 del 30 de Julio de 2009. p: 2-5.
- 65) DIECA. 1990. **Recomendaciones técnicas para el cultivo de la caña de azúcar en la Región de Turrialba:** Recomendaciones Técnicas para el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica. San José. DIECA-LAICA, agosto. p: 25-30.
- 66) DIECA. 2020. **Programa de variedades. Informe de resultados 2019.** San Jose, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. p: 51-55.
- 67) Guzmán, G. 2012. **Conservación de suelos: Cómo trazar curvas a nivel** (en línea). Dirección Superior de Operaciones Regionales y Extensión Agropecuaria, MAG. San José, Costa Rica. 5 p. Consultado el 6 oct. 2020. Disponible en <http://www.maq.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1226.pdf>
- 68) 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.
- 69) 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.

- 70) 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.
- 71) 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.
- 72) 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://cengicana.org/files/20180402164634311.pdf>.
- 73) 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, Costa Rica. DIECA-Hacienda Juan Viñas S.A., setiembre. 109 p.
- 74) Sáenz Maroto, A. 1970. **Historia Agrícola de Costa Rica**. Universidad de Costa Rica, Publicaciones de la UCR, Serie Agronomía N° 12. p: 167-182.
- 75) 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.
- 76) 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.