

Motivos y Razones para Quemar las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica

Marco Chaves Solera^{1/}
Ana Zita Bermúdez Loría^{2/}

INTRODUCCIÓN

Las razones y motivaciones que existen y se dan como argumentos válidos para justificar o rechazar la realización de la práctica de la quema de las plantaciones de caña de azúcar, son numerosas y de muy diversa índole. Algunas están fundamentadas en criterios científicos verificables y comprobables, otras se basan en conceptos subjetivos y presunciones que califican más bien como meras especulaciones, sin mayor soporte ni comprobación técnica alguna.

Lo cierto del caso, es que el tema de la quema de los cañaverales cuenta en razón de su gran dimensión y amplia aplicación mundial, con estudios, experiencias y observaciones pragmáticas que permiten llegar en muchos aspectos a conclusiones objetivas y representativas.

No es tampoco un asunto de simplemente pretender contabilizar ventajas o desventajas para llegar a establecer conclusiones, pues ello no mide la intensidad, impacto y consecuencias de los factores considerados, razón por la cual, es necesario conocer y dimensionar cada elemento favorable o desfavorable en su dimensión y circunstancia para poder así juzgar con mejores criterios lo relativo a la práctica.

Seguidamente se expondrán los principales argumentos y razones que esgrimen quienes atacan y cuestionan la quema, considerándola como una práctica ambientalmente degradante y destructiva; o en su caso, los que la avalan y califican como comercialmente necesaria. Debe dejarse claro que en realidad no hay defensores a ultranza de la quema, actividad que es más bien considerada sectorialmente casi en forma absoluta por sus practicantes, como un *“mal necesario en el caso de la caña de azúcar”*, por las circunstancias y motivos que se expondrán a continuación:

A) VENTAJAS

Se identifican como ventajas y necesidades justificantes para efectuar la quema de las plantaciones comerciales de caña de azúcar, las siguientes:

^{1/} Ingenieros Agrónomos. Director Ejecutivo, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). E-mail: mchavez@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066 Fax: (506) 2223-0839. ^{2/} Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). E-mail: anazitab@yahoo.com.mx. Presentado en “XVI Congreso ATACA y XVI Congreso ATACORI”, celebrado en Heredia, Costa Rica, 1-4 agosto, 2006. p: 248-253.

- 1. Facilita la Corta de los Tallos:** Esta suficientemente demostrada en la agroindustria azucarera mundial, la enorme ventaja que ofrece el cosechar una plantación de caña de azúcar quemada respecto a otra que no lo está. La ventaja se traduce básicamente en una reducción significativa de la cantidad de material vegetal presente y adherido naturalmente a los tallos industrializables, que dificulta, obstruye y retrasa la correcta corta basal y distal (cogollo). Entre menos material vegetal esté presente en el medio, menor será el esfuerzo por realizar por parte del cortador y, consecuentemente, mejor será la calidad del corte y la materia prima cosechada. Esta realidad es incuestionable.
- 2. Facilita la Cosecha de Variedades Difíciles:** No todas las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente ofrecen la misma facilidad de cosecha, puesto que algunas presentan características anatómicas y fenotípicas muy diferentes que las hacen más difíciles para la corta, afectando con ello los indicadores de eficiencia de campo. Entre las características diferenciadoras se tienen como anotara Chaves (1995), por ejemplo las siguientes: la presencia de pelo con efectos urticantes; mayor cantidad de hojas; mal despaje natural (eliminación de las hojas adheridas al tallo durante la fase de maduración); clones con hábito de crecimiento rastrero, en especial los de origen Hawaiano (sigla H) cultivados en las zonas altas (> 1.000 m.s.n.m); variedades con tallos poco erectos o deformes; plantaciones de muy alto tonelaje de caña; clones con cogollo (palmito) voluminoso, alto ahijamiento (tallos sin interés industrializable), presencia de raíces adventicias o con tendencia a germinar las yemas laterales (lalas), etc.
- 3. Agiliza la Cosecha de la Plantación:** Al facilitarse la corta de los tallos y requerirse complementariamente un menor esfuerzo físico por parte del cortador y también del cargador de la materia prima (caña), consecuentemente se agiliza e incrementa en términos relativos, la velocidad y eficiencia de cosecha.
- 4. Incrementa el Rendimiento de los Cortadores:** La mayor facilidad y el menor esfuerzo físico implicado en la corta y la carga de los tallos, se traducen en un incremento importante de la velocidad y el rendimiento de cosecha; esto traducido en una mayor cantidad de caña industrializable obtenida por unidad de tiempo implicada (toneladas por hora, por jornal, por distancia (m) de surco, área (ha) o día de trabajo). La experiencia nacional de campo ha demostrado de forma contundente que en una plantación promedio, la eficiencia de cosecha (corta y carga manual) en caña sin quemar se incrementa notable y significativamente si la plantación se quema, con lo que esto implica en materia de costos.
- 5. Elimina Materia Extraña o Basura (Trash):** La quema incinera gran parte del material vegetal adherido a los tallos reduciéndolo parcialmente a cenizas o, en su caso gasificándolo, lo que elimina gran cantidad (no todo) del material vegetal no industrializable conocido en el argot azucarero como “Materia Extraña (M.E)” y que no tiene en las actuales circunstancias interés comercial alguno, aunque podría tenerlas al ser empleado como Biomasa en la Cogeneración Eléctrica. Es importante señalar que la eficiencia de la quema es muy variable y dependiente de varios factores vinculados.

6. **Mejora la Calidad Física de la Materia Prima:** Al tener tallos limpios y sin material vegetal adherido, la calidad física de la materia prima que ingresa a la fábrica se mejora significativamente, lo que favorece el proceso industrial posterior de extracción y fabricación del azúcar en el Ingenio.
7. **Favorece la Cosecha Mecánica:** Al igual que acontece con la corta manual, la cosecha mecánica se ve también muy favorecida con motivo de la quema previa de la plantación por recolectar. Existe en ésta modalidad de cosecha un condicionante vinculado a la misma que es casi obligado, en el cual la eficiencia de la recolección mecánica esta directamente correlacionada y determinada en un alto grado por la eliminación previa de la materia extraña ligada a la materia prima; puesto que el material vegetal obstruye el mecanismo de corta y con ello la calidad y eficiencia de la cosecha. Esto no significa que no se pueda cosechar mecánicamente la caña sin quemar, pues los equipos modernos están capacitados para ello, lo que de hecho ya acontece en Costa Rica en el caso de las plantaciones cosechadas con máquina en verde. El rendimiento y la eficiencia de los equipos de cosecha mecánica se ven sin embargo muy limitados y reducidos en el caso de plantaciones de caña de azúcar sin quemar.
8. **Necesaria Ante Falta de Mano de Obra Calificada:** La severa, sistemática y cada vez más grave insuficiencia de Mano de Obra prevaleciente en el país y que particularmente afecta al Sector Agropecuario en general; se convierte en preocupante, crítica y limitante en el caso particular de la Agroindustria Azucarera, donde además de existir una evidente insuficiencia se carece también de Mano de Obra calificada y especializada para atender las necesidades nacionales del Sector. Recientemente con el auge del cultivo de la piña en algunas de las zonas cañeras esta insuficiencia se ha tornado limitante. La práctica de cosechar la caña de azúcar implica como en cualquier otra actividad productiva, atender, respetar, cumplir y satisfacer principios básicos determinantes e inductores de calidad, por lo que el conocimiento y adiestramiento de sus ejecutores resulta comercialmente fundamental para el éxito empresarial.
9. **Necesaria en Condiciones de Cosecha Difícil:** Por su naturaleza extensiva-intensiva, la agroindustria azucarera costarricense se desarrolla en condiciones de clima, suelo (fertilidad y topografía), manejo, tenencia de la tierra, tipologías productivas y de uso de tecnología muy variables y disímiles, que inducen consecuentemente variaciones muy significativas en todos los órdenes. La caña de azúcar se cultiva en el país desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1.600 msnm; en zonas con régimen de precipitación seco (ústico) y lluvioso (1.200 y 4.600 mm anuales, respectivamente); con suelos de características físico-químicas muy diferentes representadas por los suelos arcillosos (Orden Vertisol), ácidos (Ultisol), Volcánicos (Andisoles) y otros más favorables para la agricultura (Mollisol e Inceptisol); en localidades con pendientes variables (0-50%) que limitan en muchos casos cualquier posibilidad de mecanización. Las dificultades de cosecha, sea ésta manual, mecánica o semi mecánica, están también expuestas en muchas de ellas, motivo por el cual la quema coadyuva a minimizar las limitantes, reducir los costos y facilitar la cosecha de la planta.

10. Protección Contra Serpientes y Arañas: Las plantaciones de caña son por sus características extensivas y particulares de manejo, una reconocida guarida de plagas, serpientes venenosas y arañas indeseables que provocan serios problemas de salud, muchas veces de consecuencias fatales, a los cortadores afectados durante la cosecha. Una plantación comercial de caña de azúcar por lo general luego de crecer y “cerrarse” aproximadamente a los 5-7 meses de edad, no recibe por impedimento de movilización física más manejo agronómico en su interior, hasta alcanzar edad para su cosecha a los 12-24 meses de edad, lo que crea un hábitat que favorece la presencia de éste tipo de fauna. Por éste motivo, la quema asegura su eliminación por un lado y favorece la visibilidad por otra, con lo cual los accidentes provocados por estas causas se minimizan significativamente. Plantaciones próximas a ríos, montañas y lotes desolados son muy propensos a padecer este tipo de problemas como es fácilmente comprobable.

11. Reduce los Accidentes Laborales: Al mejorar la visibilidad en el frente de corta, reducir el esfuerzo físico de los cortadores, eliminar el material vegetal excesivo y facilitar la corta de los tallos, se disminuyen consecuentemente los accidentes laborales provocados por cortes con cuchillo, heridas punzantes provocadas por tallos, afecciones en los ojos y caídas, lo que es muy importante en términos de salud laboral.

12. Elimina la Presencia de Malezas: Con la quema es posible eliminar y erradicar algunas malezas problemáticas que han logrado superar los controles químicos, o que por causa del largo periodo de tiempo transcurrido entre el control realizado antes de los 90 días como periodo crítico luego de efectuada la siembra (DDS) o la corta y hasta la cosecha (aproximadamente de 9 a 20 meses), se han acondicionado y posicionado en el lugar. Esto es particularmente válido para algunas gramíneas difíciles de controlar y erradicar como acontece con el zacate peludo (*Rottboellia conchinchinensis*), la lágrima de San Pedro (*Coix lacrima*), algunos pastos y otras malas hierbas Ciperáceas (Coyolillo) y de Hoja Ancha.

13. Reduce los Costos de Producción Agrícola: Muchas de las ventajas citadas anteriormente se traducen en una importante y significativa reducción de los costos agroindustriales involucrados y relacionados; particularmente a los vinculados con los procesos de corta, carga, transporte y procesamiento de la materia prima. Así como también, los relativos al Rendimiento de Cosecha, expresados estos en relación con la cantidad (toneladas métricas) de caña cosechadas por unidad de tiempo (t/hr) y área (t/ha).

14. Favorece el Retoñamiento y Ahijamiento de las Plantaciones: Al eliminar (parcialmente) buena parte de la enorme cantidad de material vegetal residual depositado en la superficie del suelo (mulch) producto de la cosecha, se favorece la aireación y el ingreso de la luz solar a la plantación, con lo cual los mecanismos naturales de retoñamiento y ahijamiento se activan y promueven, favoreciendo el potencial de productividad futura de la plantación.

15. Facilita la Aplicación del Riego: Al eliminarse el impedimento físico que significa la presencia y permanencia de los restos de cosecha en los entresurcos

de la plantación, se favorece consecuentemente el paso y conducción del agua, tanto de riego como de lluvia. Entre menor sea el grado de pendiente existente, mayor es la necesidad de mantener los entresurcos limpios en lo que respecta al uso, manejo y conducción del agua en la plantación.

16. Favorece el Drenaje de las Plantaciones: Los motivos anotados en el punto anterior son también válidos y aplicables al drenaje de las plantaciones. Caso de que ocurra la obstrucción en la conducción y el libre paso del agua de riego o de lluvia que está en exceso, por causa de la saturación del suelo, se generarán consecuentemente problemas de escorrentía y erosión hídrica especialmente cuando la pendiente es alta y el agua se desborda lateralmente y corre sin control alguno; o en su caso, ocurre empozamiento (condiciones de reducción) cuando la pendiente es baja o nula. En ambos casos se da un daño importante de la plantación de consecuencias económicas y productivas significativas.

17. Elimina Plagas Dañinas: La quema reduce de manera importante las poblaciones de algunas plagas indeseables de fuerte y significativo impacto económico en la agricultura, no sólo en la caña de azúcar, como acontece por ejemplo con la rata de campo cañera (*Sigmodeum hispidus*), serpientes venenosas, arañas, etc., como ya se comentó anteriormente.

18. Incorpora Nutrientos Esenciales al Suelo: Al incinerarse (en grado variable) el material vegetal, los nutrientes minerales contenidos en la misma (Ca, Mg, K y Na) se incorporan nuevamente al suelo en forma de sales, lo que implica un retorno y una “restitución parcial” del contenido nutricional presente en el suelo y extraído con la cosecha. Cuando no se quema ocurre una salida y pérdida neta importante de nutrientes que es transportada como materia prima y materia extraña fuera de la plantación, lo que con el paso del tiempo y las cosechas sucesivas y sistemáticas provoca el desequilibrio de algunos nutrientes y una significativa reducción de la fertilidad natural del terreno. Esta suficientemente demostrada la excepcional capacidad extractora de nutrientes que posee la caña de azúcar, lo que con el tiempo puede agotar y reducir significativamente la fertilidad natural del suelo, como lo han demostrado Alfaro y Chaves (1999), Alpizar (1976) y Chaves (1999ab).

B) Limitantes y Desventajas

Complementariamente se han también identificado y enumerado una buena cantidad de limitantes y desventajas, que obligan a criterio de muchos defensores de ésta tesis, proceder de inmediato con la eliminación y prohibición de la quema como práctica agrícola. Algunos de esos razonamientos se citan en su esencia a continuación, lo que no implica necesariamente que los mismos sean válidos y ciertos, lo que se comentará sin embargo con mayor amplitud más adelante:

1. Afecta la Biodiversidad y el Ecosistema: Pese a que las condiciones de quema son en el caso particular de las plantaciones comerciales de caña de azúcar predeterminadas, controladas y reguladas, resulta obvio que en el interior de la plantación muchas de las especies animales (mamíferos, aves, roedores, insectos, etc.) que puedan estar presentes podrían verse eventualmente afectadas por el fuego caso no puedan abandonar el lugar a tiempo, lo que afecta la

biodiversidad, el ecosistema y el equilibrio biológico. Es por ello necesario, prudente y estratégico dejar suficientes espacios en los “frentes de quema” para que los seres vivos allí presentes puedan salir sin perjuicio de la Biodiversidad y el Ecosistema.

2. **Genera Gases con Efecto Invernadero:** La quema e incineración del material vegetal induce la formación de CO₂ que es liberado a la atmósfera, favoreciendo con ello el denominado efecto invernadero y contribuyendo al Calentamiento Global del Planeta lo que resulta cierto.
3. **Disminuye la Fertilidad Natural del Suelo:** Al quemarse buena parte (no todo) del material vegetal residual de la cosecha presente, mucha de la Materia Orgánica (M.O) que normalmente se deposita en el suelo cuando la plantación no se quema desaparece, eliminando con ello la posibilidad de que su posterior Mineralización y Humificación contribuya a retornar y restituir parte de los nutrientes extraídos por las plantas del suelo durante su crecimiento. En realidad el concepto de Fertilidad del Suelo es amplio y muy complejo, e integra por tanto, otros efectos vinculados provocados por la quema sobre componentes también importantes del sistema, como es por ejemplo la actividad microbiológica del suelo. Resulta por ello inapropiado generalizar efectos cuando los mismos pueden ser individualizados y valorados específicamente.
4. **Destruye la Actividad Microbiológica del Suelo:** Se interpreta que el calor generado por las quemas afecta los agentes y la actividad biológica y microbiológica que existe naturalmente en el suelo. Se argumenta por parte de los defensores de la no quema, que el fuerte calor penetra hacia las capas interiores del terreno y prácticamente “esteriliza el suelo” volviéndolo improductivo, lo cual no es totalmente cierto ni válido como ha podido verificarse experimentalmente.
5. **Ocasiona Trastornos a la Salud:** Se asegura que el humo y las cenizas (o pavesa) liberadas por las quemas de los cañales afectan severamente las personas que padecen problemas respiratorios de salud, como acontece con niños y personas de edad mayor.
6. **Práctica Peligrosa y de Alto Riesgo:** Se asevera que el fuego por su acción y naturaleza resulta peligroso, potencialmente incontrolable y muy riesgoso para la integridad y seguridad de las personas, animales, instalaciones, plantaciones, etc. próximas. Lo anterior lo fundamentan en las grandes áreas que a cielo abierto por lo general se queman, como acontece en éste caso con las plantaciones de caña de azúcar, lo cual es sin embargo relativo.
7. **Favorece la Erosión del Suelo:** Eliminar la cobertura vegetal (hojas verdes y secas, cogollos, restos de tallos, raíces, malezas, tallos no movibles e industrializables) resultantes de la cosecha, deja prácticamente sin protección física (mulch) al suelo, el cual queda por ello, sujeto a los efectos erosivos provocados por el agua, especialmente en terrenos de relieve irregular y alta pendiente, topografía pesada (arcillosa), o en regimenes de alta precipitación.

- 8. Liberación de Cenizas Afecta las Poblaciones:** Además del humo, la gran cantidad de cenizas producidas por la quema resultan molestas para los habitantes de localidades próximas y no muy próximas a las plantaciones cañeras donde se practica la quema, principalmente por inducir afecciones respiratorias por causa de los particulados de tamaño pequeño, visuales y depositarse sobre la vestimenta.
- 9. Favorece la Presencia de Plagas Problemáticas:** Si bien la quema ocasiona la eliminación de plagas destructivas para la agricultura, también induce la de sus controladores biológicos naturales, creando con ello un peligroso desequilibrio que la experiencia a demostrado favorece más a la plaga, por formar esta parte de un sistema vegetal distorsionado y desequilibrado (monocultivo), lo que resulta una verdad técnicamente comprobada. Hay plagas como es el caso del Taladrador Menor del Tallo (*Elasmopalpus lignosellus*), cuya presencia se ve muy favorecida y promovida con la quema (presuntamente por el humo) de los cañaverales; en la región del Pacífico Seco esto es en la práctica productiva fácilmente verificable.
- 10. Favorece el Crecimiento de Malezas:** Un suelo desprotegido y sin presencia de cobertura vegetal permite y favorece un mayor crecimiento de malezas indeseables, lo que afecta el retoñamiento y el ahijamiento de la plantación, incrementando además los costos implicados en su control.
- 11. Puede Afectar Otras Actividades Productivas:** Actividades productivas como la Apicultura han reportado alguna afección de sus intereses comerciales, al indicar que luego de realizar la quema, las abejas visitan las plantaciones de caña atraídas por el material azucarado expuesto, momento en el cual las cenizas se adhieren a sus patas y cuerpo, con lo cual contaminan posteriormente las colmenas afectando la calidad de la miel producida. Otras actividades empresariales indican también afección por causa del humo y las cenizas producidas.
- 12. Favorece la Pérdida de Humedad en el Suelo:** Al dejar (se aduce) limpia y sin cobertura vegetal (mulch) la superficie del suelo, se favorece e incrementa la pérdida de humedad por evapotranspiración, lo que resulta negativo para el suelo y la agricultura sostenible y competitiva, sobre todo por ocurrir en la época del año más seca (diciembre-mayo) cuando precisamente se realiza la cosecha de la caña de azúcar en el país. Esta limitante resulta importante en localidades muy secas donde no se cuenta con riego o los niveles de precipitación son bajos e insuficientes (< 1.300 mm) para atender las necesidades básicas del cultivo, lo que induce afección del retoñamiento y el ahijamiento de las plantaciones, limitando con ello la productividad agroindustrial del cultivo.
- 13. Aumenta el Deterioro de la Materia Prima:** La quema por otra parte favorece, activa, dinamiza e induce un proceso microbiológico de deterioro e inversión de los azúcares (no reductores a reductores) contenidos en los tallos más rápido, que el existente en una plantación no quemada. Por este motivo, las plantaciones con caña quemada reciben por lo general un tratamiento administrativo de manejo diferente y operativamente más ágil y expedito respecto a las no

quemadas, que procura reducir al máximo el periodo transcurrido entre: quema-corta-transporte-molienda y procesamiento de la materia prima.

14. Introduce Impurezas al Ingenio: La quema genera gran cantidad de cenizas que se adhieren a la materia prima que ingresa al Ingenio para su procesamiento, muchas de las cuales por su tamaño y propiedades coloidales logran superar las fases de lavado, sedimentación, filtrado y captura establecidas dentro del proceso fabril, provocando serios problemas en la fabricación del azúcar.

15. Afecta la Calidad Industrial de la Materia Prima: Los indicadores industriales de calidad pueden verse severamente afectados y deteriorados con la quema de la materia prima, no sólo por causa del deterioro e inversión de los azúcares, sino también por la presencia de contaminantes bacteriales en el medio.

16. Aumenta los Costos de Procesamiento Industrial: Desde que la caña se quema hasta que se industrializa en el Ingenio, sufre un acelerado y sistemático proceso de inversión de azúcares inducido por bacterias como el *Leuconostoc mesenteroides* que da formación a las Dextranas. Esta situación además de que puede provocar pérdidas importantes de azúcar si no se controla, obliga a incrementar el control microbiológico en el Ingenio en el caso de la caña quemada, lo que repercute de manera determinante en los costos relacionados.

17. Induce la Pérdida de Nutrientos Esenciales: Algunos nutrientes minerales esenciales y muy importantes para la actividad metabólica y fisiológica de la caña de azúcar se gasifican, volatilizan y pierden con la quema; el Nitrógeno (N) y el Azufre (S) son en lo particular muy afectados por esta causa, como lo asevera Chaves (1999ab), quien recomienda fortalecer por ello la fertilización con esos dos nutrientes en el caso de plantaciones de caña quemadas.

18. Afecta el Turismo y el Paisaje: Resulta innegable que las quemadas provocan un efecto visual muy negativo para los pobladores y principalmente contraproducente para el turismo. La quema de un cañaveral resulta realmente impactante cuando se le observa de cerca y aún de lejos, sobre todo si el área quemada es amplia, pues la intensidad del calor generado, el ruido crujiente provocado por la quema e incineración del material vegetal y la cantidad de humo liberada son impresionantes para muchas personas.

19. Limita y Pone en Peligro el Tránsito en las Carreteras: Se asevera que el humo provocado por las quemadas que se realizan principalmente en la orilla o puntos próximos de las carreteras y caminos, limitan la visibilidad, distorsionan la concentración de los conductores e incrementan consecuentemente el riesgo vial y el potencial de accidentabilidad.

CONCLUSIÓN

La agroindustria azucarera es una actividad productiva muy importante para Costa Rica, pues genera trabajo, riqueza, desarrollo, divisas, productos de alto consumo y valor

económico y nutritivo, y también bienestar general para muchas familias, localidades y regiones del país, lo que obliga a mirar la situación de las quemas con sumo cuidado, prudencia y sensibilidad, procurando como estrategia inteligente conocer en principio sus motivos para procurar a partir de ello, encontrar sus alternativas, atenuantes y posibles soluciones (Chaves y Bermúdez, 1999).

Hay que tener presente que la labor de quemar las plantaciones comerciales para realizar la cosecha de la caña es una práctica tradicional, muy antigua casi de siempre, por tanto muy arraigada entre los agricultores de esa agroindustria y ejecutada mundialmente, por lo que “*es en cierta forma parte intrínseca del cultivo de la caña de azúcar*”, dimensión en la cual debe ser necesariamente conceptualizada y concebida, motivo por el cual, la quema de cañaverales debe necesariamente diferenciarse de otras quemas vegetales (residuos) y más aún exceptuarse de los incendios forestales, que califican en otro orden de problema. La quema controlada y el incendio forestal son cosas muy diferentes en todos los sentidos.

Puede asegurarse sin temor al error, que la caña de azúcar es casi el único cultivo de interés comercial que requiere ser previamente quemado para ser cosechado; la evidencia mundial así lo demuestra, lo que ratifica lo anteriormente aseverado.

LITERATURA CITADA

1. Alfaro, R.; Chaves, M. 1999. Observaciones Sobre la Capacidad de Extracción y Agotamiento Nutricional de un Ultisol Cultivado con Caña de Azúcar. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 36.
2. Alpizar Quesada, R. 1976. Fertilidad de Suelos Cañeros Costarricenses. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 120 p.
3. Chaves, M.; Alfaro, R. 1996. La Quema de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, Congreso Nacional de Fitopatología, 3 y Congreso Nacional de Suelos, 2, San José, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación de Fitopatología, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo: EUNED, EUNA. Volumen 1. p: 312.
4. Chaves Solera, M. 1995. Características de la Variedad Ideal de Caña Para la Producción de Azúcar en Costa Rica. En: Simposio Sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memoria. San José, DIECA, setiembre. p: 293-306.
5. Chaves, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

6. Chaves Solera, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
7. Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999. Por una Mayor Conciencia Ambiental en el Sector Azucarero. 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. Volumen 1. p: 274-278.