

Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

OCTUBRE · DICIEMBRE

2019



www.atagua.org



Procesos de Estándares Mundiales

Competitividad y Equidad



GUATEMALA 2020

ATAGUA Congreso Caña de Azúcar

Cultivando una *integración* regional

XXII Congreso Centroamericano
XV Congreso Nacional

Integración de Costos

Agua y Gobernanza



Promociones especiales en inscripciones antes del **15 de abril**



Conferencias y gira de campo a ingenios azucareros



US\$ 300 asociado activo
US\$ 350 no asociado
US\$ 400 extranjero



25 al 29 de mayo 2020



Antigua Guatemala,
Hotel Santo Domingo

www.atagua.org

[\\Atagua](https://www.facebook.com/Atagua)

(502) 5517 - 3978
(502) 5436 - 3490

adminatagua@cengican.org



Uso de marcadores moleculares en la búsqueda de resistencia genética a la roya marrón y roya naranja en variedades de caña de azúcar.

Gasificación y torrefacción de residuos agrícolas de la cosecha de caña, tecnologías para diversificar los biocombustibles de la agroindustria azucarera.

JUNTA DIRECTIVA

Lic. Luis Carlos Arroyo Ingenio Santa Ana	Presidente
Ing. Fernando Barneond Ingenio Pantaleón	Vicepresidente
Ing. Christian Rodríguez Ingenio Trinidad	Tesorero
Dr. Gerardo Espinoza Cengicaña	Sub Tesorero
Ing. Joel Morales Ingenio Magdalena	Secretario
Ing. Francisco Paz Fong Ingenio Pantaleón	Sub Secretario
Ing. Fabricio Alvarado Ingenio Pantaleón	Vocal I
Ing. Sebastian Pinto Ingenio Santa Ana	Vocal II
Ing. Marco Tax ICC	Vocal III
Licda. Nancy Monroy Ingenio Trinidad	Vocal IV
Lic. Aldo Medina Ingenio Trinidad	Vocal V

Lic. Luis Carlos Arroyo Matute

Estimados lectores:

Nuevamente nos dirigimos a ustedes deseándoles que hayan tenido un excelente arranque de zafra, que el entusiasmo de cosechar los frutos del esfuerzo y dedicación que a lo largo del año se ha cuidado celosamente, se manifieste en esos dulces granos de azúcar que son parte de nuestra vida cotidiana.

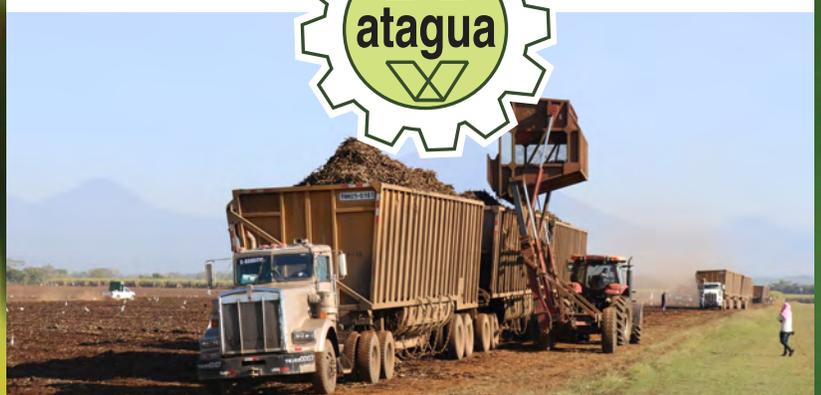
La Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala inicia un nuevo ciclo de actividades, especialmente celebrando nuestros 50 años de existencia y queremos compartirlo con todos ustedes, que son parte fundamental y la razón de nuestra existencia. Queremos aprovechar esta oportunidad para agradecer a los técnicos que generosamente comparten sus experiencias con nosotros y se dan a la difícil tarea de plasmarla en documentos de consulta, son ellos los que abren esa brecha para que podamos mejorar día a día en nuestras áreas de trabajo.

En esta ocasión les presentamos los siguientes trabajos: *"Uso de marcadores moleculares en la búsqueda de resistencia genética a la roya marrón y roya naranja en variedades de caña de azúcar"*, proyecto enfocado principalmente para campo. También les compartimos: *"Gasificación y torrefacción de residuos agrícolas de la cosecha de caña, tecnologías para diversificar los biocombustibles de la agroindustria azucarera"*, dirigida para los técnicos de la parte industrial.

Queremos compartir también nuestra dulce experiencia de la Carrera del azúcar, donde tuvimos una enorme participación de técnicos, trabajadores de ingenios y fieles seguidores que año con año no faltan a esta exigente cita que le dice al mundo *"Una nueva zafra está por comenzar en Guatemala"*.

También encontrarán los mejores momentos de vividos en nuestro convivio navideño, gracias a todos por el respaldo otorgado nuevamente a la Junta Directiva y esperamos seguir trabajando en beneficio de la asociación.

Bendiciones a todos.



Km. 92.5 Carretera al Pacífico
Sta. Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla · Guatemala

(502) 5517-3878 · (502) 5436-3490

adminatagua@cengican.org

secretatagua@cengican.org

NUESTRA PORTADA:
El Fruto de la Tierra
Autor: Claudia Hernández
Ingenio La Unión
Finca San Miguel Mapán

Uso de Marcadores Moleculares en la búsqueda de resistencia genética a la Roya Marrón y Roya Naranja en variedades de Caña de Azúcar 2018-2019.

Por:

Luis Molina, Victoriano Sot, Salomón García.

Biotecnólogo y Técnico en Biotecnología,
CENGICANA



- *Roya marrón*
- *Roya naranja*
- *Puccinia melanocephala*

R E S U M E N

Como parte del proceso de caracterización de germoplasma, se utilizó una metodología basada en la amplificación de fragmentos de ADN por PCR, en nueve variedades promisorias de caña de azúcar, con el objetivo de determinar la presencia de los alelos Bru I y G1. Se ha comprobado que el alelo Bru1 está altamente relacionado con la resistencia a esta enfermedad, causada por el hongo *Puccinia melanocephala*. Los resultados mostraron que tres de las nueve variedades evaluadas (33 %) son portadoras del alelo de resistencia. El alelo G1, relacionado con la resistencia a Roya naranja, causada por el hongo *Puccinia kuehnii*, se identificó en cinco de las nueve variedades (56 %), sin embargo, mostró inconsistencia con una variedad control por lo que deberá verificarse.

INTRODUCCIÓN

La Roya marrón es una enfermedad causada por el hongo *Puccinia melanocephala* Syd. & P.Syd. Esta enfermedad se caracteriza por el apareamiento de lesiones alargadas y delgadas principalmente en los ápices de las hojas, dichas lesiones pueden desarrollar pústulas que al romper la epidermis liberan esporas diseminando la enfermedad (Ovalle, 1997).

Fue reportada por primera vez en la India por Patel et al. (1950). Comstock (1992), reporto pérdidas en el rendimiento de la variedad susceptible B4362 de hasta un 53 por ciento y en la variedad resistente CP70-1133 de 2.3 por ciento. Existen reportes de brotes de Roya marrón con importancia económica en Louisiana (Hoy, 2005; Hoy y Hollier, 2009) y Sudáfrica (Cadet et al., 2003) en variedades que se pensaba eran resistentes. En el caso de Guatemala, la variedad CG97-97 que mostró ser resistente en los estados de evaluación I a IV, presentó infección por Roya marrón en las pruebas semicomerciales (Ovalle et al., 2007). Debido a esto, los programas de mejoramiento mantienen un interés constante en obtener variedades resistentes a Roya marrón.

Los marcadores moleculares son una herramienta importante en los procesos de fitomejoramiento, la selección asistida por marcadores permite determinar con exactitud la presencia de genes de interés en el proceso de selección de padres para los cruzamientos o en los procesos de selección en la progenie. La selección asistida puede presentar una serie de limitantes debido a

la complejidad del genoma de la caña de azúcar por su origen interespecífico (D'Hont et al., 1996), sin embargo Daugrois et al. (1996) identificaron el gen Bru I que controla la esporulación de *P. melanocephala* en las hojas de la variedad R570 y desde entonces dicho gen ha sido el centro de desarrollo de un mapa genético de alta resolución y un mapa físico parcial con muchos marcadores moleculares asociados a dicho gen (Asnaghi et al., 2000).

En CENGICANA Maldonado et al. (2006) reportan la utilización de marcadores de tipo AFLP del mismo mapa físico parcial para detectar Roya marrón y caracterizar un grupo de 10 variedades de caña de azúcar. Posteriormente Molina et al. (2013) reportan un análisis comparativo entre una caracterización fenotípica y el marcador R12H16 para la incidencia de Roya marrón en caña de azúcar.

La Roya naranja (*Puccinia kuehnii* E.J. Butler) fue reportada en el hemisferio oriental, en las islas del pacífico sur, Nueva Guinea, Fiji, Malasia, Australia,

entre otros, a partir del año 1890; y solo hasta 2007 se registró en el continente americano en el estado de la Florida, Estados Unidos. De ahí se expandió hacia Centroamérica, pasando por países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Cuba, durante los años 2007 y 2008 (Ordóñez, Ángel y Victoria, 2010).

Las pérdidas económicas ocasionadas por la Roya naranja en una sola temporada de cultivo, se han estimado en 40 millones de dólares en Florida y 117 millones en Australia (Dixon et al., 2010). En Guatemala, la Roya naranja se reportó por primera vez en septiembre de 2007, en un campo comercial sembrado con la variedad CP72-2086 (Ovalle et al., 2008). El plan de manejo

para esa enfermedad incluye principalmente, el desarrollo de variedades resistentes y reemplazo de las variedades susceptibles.

La identificación de variedades resistentes puede facilitarse mediante el uso de marcadores moleculares. En 2018, Yang et al, desarrollaron un marcador molecular basado en PCR al que denominaron G1, el cual mostró asociación con la resistencia a Roya naranja.

El siguiente trabajo describe el proceso de detección de los alelos Bru I y G1 en nueve variedades promisorias de caña de azúcar y cinco variedades control.

METODOLOGÍA

Las plantas de las variedades incluidas en este trabajo provinieron del ensayo de maduración natural (Cuadro 1). Cinco plantas por cada variedad, fueron obtenidas mediante la siembra de segmentos de tallo con una yema, en bandejas con sustrato peat-moss (Figura 1). Al hacer la poda de las plantas, algunos de los fragmentos de hoja cortados se utilizaron como muestra compuesta de cada variedad.

El proceso de aislamiento de ADN se basó en el protocolo de CIMMYT, 2005 para aislamiento de ADN a pequeña escala (página 9). Se tomaron 150mg de material vegetal y se maceraron con nitrógeno líquido, la lisis se llevó a cabo con un búfer CTAB

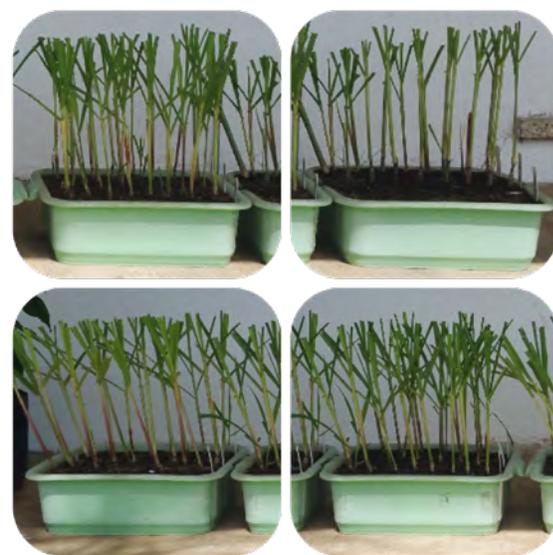


Figura 1:
Plantas de las variedades promisorias sembradas en bandeja.

No.	Variedad	Progenitor femenino	Progenitor (es) masculino(s)
1	CG11-07922	CG97-97	SP79-2233/CP72-2086/CC85-92
2	CG11-07934	CG97-97	SP79-2233/CP72-2086/CC85-92
3	CG11-1693	CP94-1471	CP89-1344
4	CP08-1981	Introducida	
5	CG11-079162	CG97-97	SP79-2233/CP72-2086/CC85-92
6	CG11-589110	CP89-2143	CC85-92/Q96
7	CP08-1677	Introducida	
8	CPCL05-1102	CL89-589	CL88-4730
9	CPCL02-6225	Introducida	

Cuadro 1:
Listado de variedades evaluadas y sus progenitoras

(*CetyltrimethylammoniumBromide*) a 65°C incubado por 30 minutos, luego se realizaron dos lavados con cloroformo:isopentanol (24:1) se mezcló y se centrifugó a 13,000rpm por 10 minutos, se eliminó el ARN con ARNasa (10mg/ml) incubando las muestras a 37°C durante 30 minutos, al terminar se precipitó el ADN con isopropanol frío y acetato de amonio, el pellet se lavó con alcohol etílico al 70% y se dejó secar sobre la mesa, una vez seco se resuspendió en agua ultrapura para almacenarse a 4°C.

En la PCR, el volumen total de la reacción fue de 12 µl. Para dicha reacción se utilizaron 10 µl de Go Taq Green Master Mixmaster (Promega), 0.5 µl de cada iniciador (10 µM) y 1 µl de ADN (200 ng/µl). Las secuencias de los iniciadores se muestran en el cuadro 2. La electroforesis de los fragmentos amplificados se llevó a cabo en un gel de agarosa al 1.5% con 0.025 % v/v de Nancy-520 (Sigma) para tinción del gel y se corrió a 90 voltios durante 45 minutos. La visualización se realizó en un transiluminador de luz UV.

RESULTADOS & DISCUSIÓN

El marcador Bru1 se encontró en tres de nueve variedades (33 %) como se muestra en la Figura 2. Comparativamente, esta relación es similar a la que encontraron Molina et al. (2017) en una evaluación de variedades promisorias, en la que solamente dos de ocho variedades (25 %) portaban el marcador. En colecciones de germoplasma, una relación también similar, 32 por ciento en 485 variedades evaluadas fue reportada por Glynn et al. (2012), y Molina et al. (2013) también reportan la presencia del marcador R12H16 en igual frecuencia (32.5% de 80 variedades evaluadas).

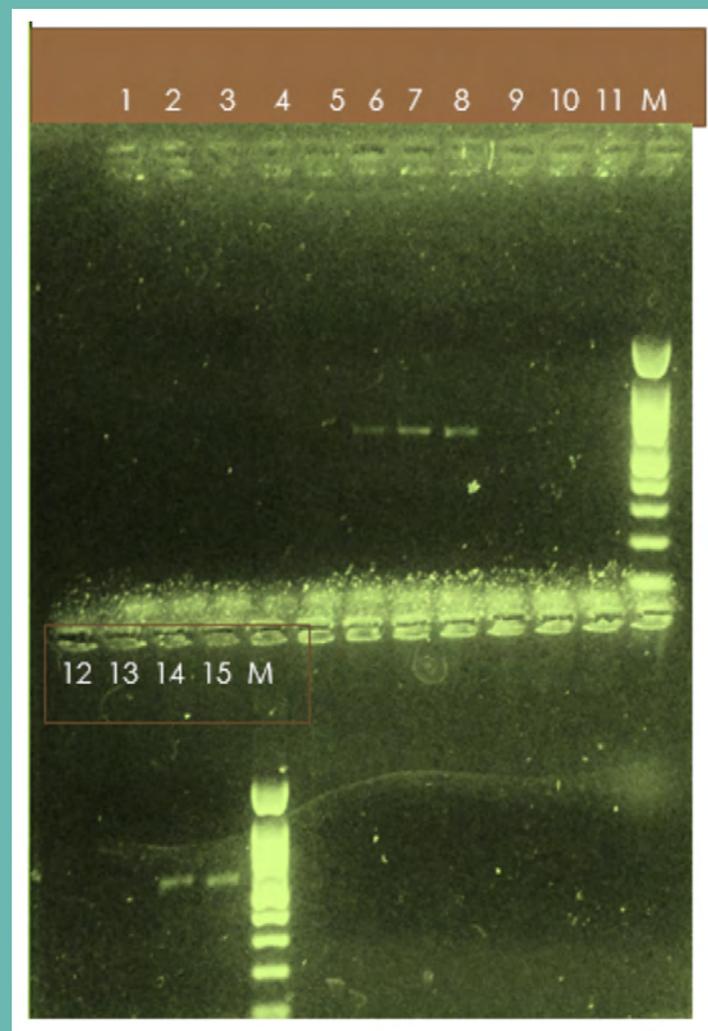
Otros estudios reportan porcentajes aún más bajos en colecciones de variedades elite como Racedo et al. (2013) en Argentina, donde únicamente 7% de 190 variedades evaluadas mostró la presencia del gen Bru I y Parco et al. (2014) en Louisiana en donde únicamente 4.3% de 117 variedades evaluadas dieron positivo para Bru I.

Primer	Secuencia (5´ - 3´)
Bru1 F	CTA CGA TGA AAC TAC ACC CTT GTC
Bru1 R	CTT ATG TTA GCG TGA CCT ATG GTC
G1 F	ACC ATG GAA ATC CAT ACG TC
G1 R	GGC CAA CAC TTA GGC CAA TA

Cuadro 2: ▲
Secuencias de los iniciadores para amplificar Bru1

Figura 2:

Resultado de la electroforesis en gel de agarosa que muestra la amplificación del alelo Bru1 en las muestras 6, 7, 8, 14 y 15 y G1.

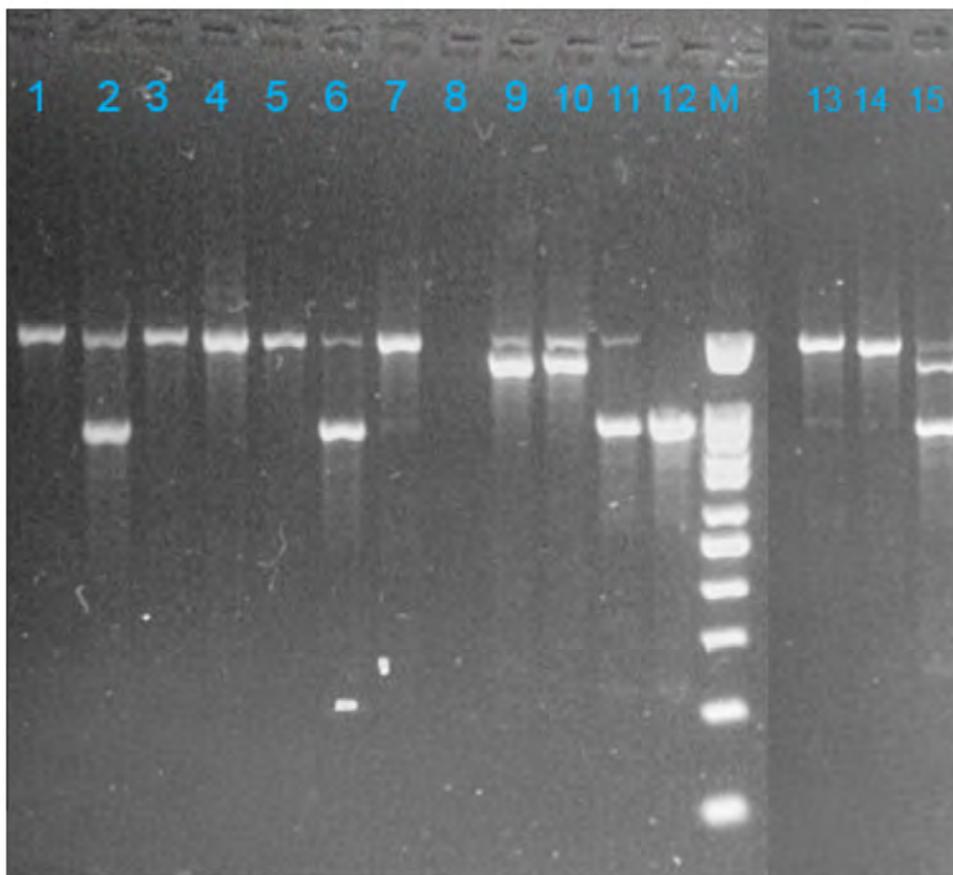


1. P3311 (control +)
2. CP57603 (control +)
3. x
4. CG11-07922
5. CG11-07934
6. CG11-1693
7. CP08-1981
8. CG11-079162

9. CG11-589110
10. CP08-1677
11. CPCL05-1102
12. CPCL02-6225
13. CG98-10 (control +)
14. SP79-2233 (control +)
15. CP72-208 (control +)
- M. Marcador 1500 pb

Como se ha establecido anteriormente, la ausencia del marcador Bru I no implica susceptibilidad a Roya marrón en la variedad. La resistencia a Roya marrón en una variedad carente de este marcador probablemente se deba a la acción de otros genes de resistencia, como por ejemplo el Bru II (Raboin et al., 2006).

El marcador G1 se identificó en cinco de las nueve variedades evaluadas (56 %) como se muestra en la Figura 3. Resultados similares se obtuvieron el año anterior, en el cual se encontró el marcador en ocho de 16 variedades (50 %). Sin embargo, en el presente trabajo se identificó la variedad SP79-2233 como resistente de acuerdo con el marcador G1, cuando ha mostrado susceptibilidad en campo. Se verificarán los resultados para confirmar o descartar esta inconsistencia.



1. P3311
2. CP57 - 603
3. x
4. CG11 - 07922
5. CG11 - 07934
6. CG11 - 1693
7. CP08 - 1981
8. CG11 - 079162
9. CG11 - 589110
10. CP08 - 1677
11. CPCL05 - 1102
12. CPCL02 - 6225
13. CG98 - 10
14. SP79 - 2233
15. CP72 - 2086

Figura 3:

Resultado de la electroforesis en gel de agarosa que muestra la amplificación del alelo G1, indicando resistencia en las muestras 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10 y 14.

- Mediante el uso del marcador R12H16 que muestra el alelo de resistencia a Roya marrón en el gen *Bru I*, se encontró que el 33 por ciento (3 de 9) de las variedades analizadas en el presente trabajo, portan el alelo de resistencia. Estas variedades son: CG11-1693, CP08-1981 y CG11-079162.

- El uso del marcador G1 indicó resistencia a Roya naranja en el 56 por ciento de las variedades (5 de 9), siendo estas: CG11-07922, CG11-07934, CP08-1981, CG11-589110 y CP08-1677.

- La información obtenida puede ser de utilidad en la planificación de cruzamientos para asegurar una mayor probabilidad de obtener progenies con resistencia genética a Roya marrón y Roya naranja.

BIBLIOGRAFÍA

- Asnagli, C., Paulet, F., Kaye, C., Grivet, L., Deu, M., Glaszmann, J.C., D'Hont, A. (2000). Application of synteny across Poaceae to determine the map location of a sugarcane rust resistance gene. *TheorAppl Genet* 101:962–969.
- Cadet P, McFarlane S. A., Meyer J. H. (2003). Association between nutrients and rust in sugarcane in Kwazulu-Natal. *Proc South AfrSug* 77:223–229
- CIMMYT. 2005. *Laboratory Protocols: CIMMYT Applied Molecular Genetics Laboratory. Third Edition. Mexico, D.F.: CIMMYT*
- Comstock JC (1992) Effect of rust on sugarcane growth and biomass. *Plant Dis* 76:175–177
- Daugrois J. H., Grivet L., Roques D., Hoarau J.Y., Lombard H., Glaszmann J. C., D'Hont A. (1996). A putative major gene for rust resistance linked with a RFLP marker in sugarcane cultivar 'R570'. *TheorAppl Genet* 92:1059–1064
- D'Hont A, Grivet L, Feldmann P, Glaszmann J, Rao S, Berding N. (1996). Characterisation of the double genome structure of modern sugarcane cultivars (*Saccharum* spp.) by molecular cytogenetics. *Mol Gen Genet* 250:405–413
- Dixon, L., Castlebury, L., Aime, M., Glynn, N., Comstock, J. (2010). Phylogenetic relationships of sugarcane rust fungi. *Mycol Progress* 9:459–468.
- Glynn, N.C., Laborde, C., Davidson, R., Irey, M., Glaz, B.S., Comstock, J.C., D'Hont, A. (2012). Major Brown Rust Resistance Gene (*Bru1*) Utilization in Sugarcane Breeding and Disease Management. *Molecular Breeding*. 30:3. DOI: 10.1007/s11032-012-9792-x
- Hoy J.W., Hollier C.A. (2009) Effect of brown rust on yield of sugarcane in Louisiana. *PlantDis* 93:1171–1174
- Maldonado, A, Quemé, J. L., Ovalle, W. (2006) Desarrollo de marcadores tipo AFLP para determinar resistencia genética a *Puccinia melanocephala* H. Syd. & P. Syd. (Roya marrón de la caña) en variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp).
- Molina, L., Sut, V., Ovalle, W. (2017). Identificación de la resistencia genética a Roya marrón mediante la búsqueda del alelo *Bru I* en ocho variedades promisorias de caña de azúcar. Memoria Presentación de resultados de investigación zafra 2016-2017. Cengicaña.
- Molina, L., Quemé, J.L., Rosales, F. (2013). Comparative analysis between phenotype and *Bru1* marker for incidence to brown rust in sugarcane. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* (28):1-6.
- Ordóñez, M., Ángel, J., Correa, J. (2010). Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la Roya café (*Puccinia melanocephala*) y Roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar. Carta trimestral 3 y 4. Cengicaña, Colombia.
- Ovalle, W., Orozco, H., Quemé, J., Melgar, M., García, S. (2008). La Roya naranja en Guatemala y estrategias para su manejo. Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2007-2008. Cengicaña, Guatemala.
- Ovalle, W., García, S. (2007) Efecto de la Roya marrón de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala*) en la producción de semilleros de la variedad CG97-97, en épocas de siembra-corte. Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2006-2007. Cengicaña, Guatemala.
- Ovalle, W. 1997. Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar. Centro de investigación y capacitación de la caña de azúcar. Patel M., Kamat M., Padhye, Y. (1950) A new record of *Puccinia* on sugarcane in Bombay. *Current Sci India* 19:121–122
- Raboin L, Oliveira K, Le Cunff L, Telismart H., Roques D., Butterfield M., Hoarau J.Y., D'Hont A. (2006) Genetic mapping in sugarcane, a high polyploid, using bi-parental progeny: identification of a gene controlling stalk colour and a new rust resistance gene. *TheorAppl Genet* 112:1382–1391
- Racedo, J., Perera, M. F., Bertani, R., Funes, C., Gonzalez, V., Cuenya, M. I., D'Hont, A., Welin, B., Castagnaro, A. P. (2013). *Bru1* gene and potential alternative sources of resistance to sugarcane brown rust disease. *Euphytica* 191, 429–436.
- Yang, X., Islam, Md., Sood, S., Maya, S., Hanson, E., Comstock, J., Wang, J. (2018). Identifying Quantitative Trait Loci (QTLs) and Developing Diagnostic Markers Linked to Orange Rust Resistance in Sugarcane (*Saccharum* spp.). *Frontiers in Plant Science* 9:1-10.

Gasificación y torrefacción de residuos agrícolas de la cosecha de caña, tecnologías para diversificar los biocombustibles de la agroindustria azucarera.

Por:
Mario Roberto Muñoz
Profesional en eficiencia energética
CENGICAÑA



- Gasificación
- Torrefacción
- Biocombustible
- Pirólisis

En los ingenios azucareros se pueden aprovechar los residuos agrícolas de la cosecha en verde (RAC), transformándolos en biocombustibles de mayor rendimiento energético que el bagazo, estos biocombustibles pueden ser quemados en el horno de las calderas; sobre la parrilla o a través de quemadores de gas, pueden aportar mejoras en la eficiencia de combustión y reducir consumo de combustibles fósiles como el carbón mineral. En forma gaseosa, también pueden utilizarse en plantas pequeñas de motores tipo "diésel" diseñadas para quemar gas. *"La Gasificación es un proceso termoquímico que convierte biomasa mediante oxidación parcial (déficit de oxígeno) en una mezcla gaseosa llamada gas pobre o Syngas. Mayoritariamente el Syngas consiste en hidrógeno (H₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)"* (Wang, 2008).

El oxidante para producir Syngas puede ser aire, oxígeno puro (O₂), vapor de agua H₂O, monóxido de carbono (CO₂) y sus mezclas, por lo tanto, es el parámetro principal que afecta la composición del gas resultante. El Syngas también puede utilizarse para la posterior producción de hidrógeno, Metanol y Amoníaco.

Un paso en la Gasificación es la pirolisis, esta fase puede llevarse a cabo a diferentes temperaturas y tiempos de residencia, dependiendo de esto la biomasa puede ser transformada en diferentes materiales de uso industrial. La Gasificación empieza con pirolisis de alta temperatura entre 650-900 °C (1202-1652 °F). Utilizando menos temperatura, entre 320-650 °C (608-1202 °F) se obtiene un material líquido con importancia para extracción y transformación de productos químicos industriales. Si la pirolisis se lleva a cabo aún con menos temperatura entre 200-320 °C (392-608 °F) entonces el principal producto es un sólido con alto poder calorífico. Esta pirolisis de baja temperatura y alto tiempo de residencia es conocida como Torrefacción.

Esta pirolisis se diferencia de la Gasificación en que es un proceso con ausencia total de oxidante, solo implica la adición de calor, generalmente este calor proviene de gases calientes o resistencias eléctricas. Al producto sólido de la Torrefacción de biomasa se le conoce como carbón vegetal, al que de aquí en adelante se le denominará Char (*por su vocablo Inglés*), es un biocombustible sólido de poder calorífico medio de 30 MJ/kg.

En la Figura 1, se observa cómo pueden procesarse los RAC picados y secos para generar Syngas. Incluye el montaje de reactores (*gasificadores*) en los que se genera gas de forma semi continua. Durante el proceso también se producen residuos (alquitranes líquidos y cenizas sólidas), por esto después del reactor se hace necesario filtrar y limpiar el Syngas, esto protegerá los quemadores y el horno de las calderas.

Los gasificadores de lecho fijo son los más recomendados para gasificar RAC, se utilizan de corriente ascendente (*Updraft*) y descendente (*Downdraft*). *“Los gasificadores de biomasa corrientes ascendentes pueden tolerar biomasa de alta humedad como el bagazo de caña, por lo tanto, tienen algunas ventajas para la producción de gas para la combustión en un quemador. Estos gasificadores producen de 5 a 20 % de aceites de alquitrán y no son adecuados para el funcionamiento de motores. Los gasificadores de corriente descendente producen normalmente menos del 1 % de aceites de alquitrán, por esto se*

utilizan ampliamente para el funcionamiento de motores” (SERI, 1988), este tipo de gasificador también arrastra menos partículas sólidas en el gas. Funcionan eficientemente con biomasa entre 10-15 % de humedad. Por lo anterior, para procesar los RAC se recomiendan los gasificadores de corriente descendente (*Downdraft*).

Dentro de este tipo de reactor, se generan reacciones químicas que deben ser controladas de manera que se obtengan compuestos deseables en el Syngas. Ya que los RAC están compuestos de carbono (C), hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), y humedad (H_2O), las reacciones químicas esperadas son las que se ven en la Figura 2. Se generan mayoritariamente hidrógeno, monóxido y bióxido de carbono. Las reacciones de los compuestos de nitrógeno, cloro y azufre, quedan fuera del alcance de este estudio ya que el contenido de los mismos en los RAC se considera muy bajo (< 1 %).

El proceso de Gasificación representado en la Figura 3, incluye transformaciones químicas

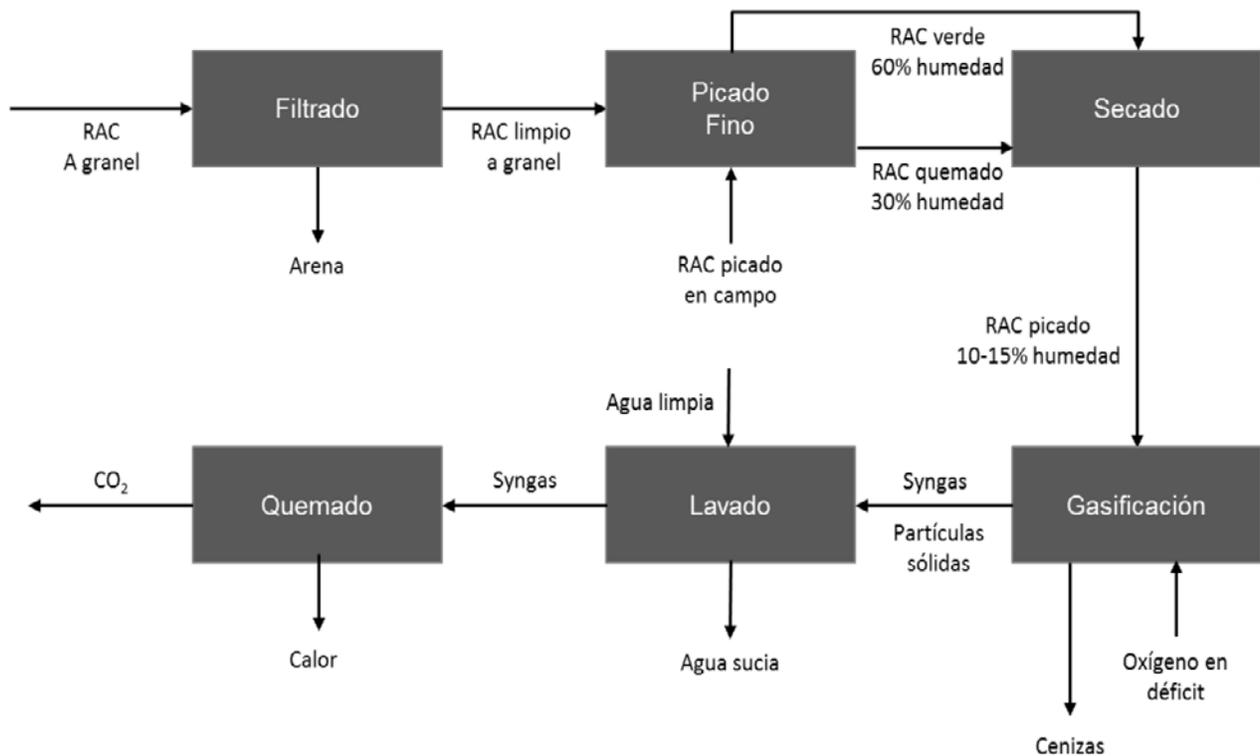
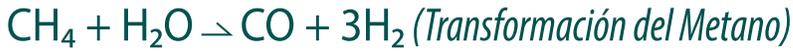
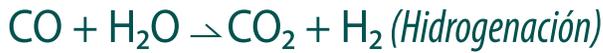


Figura 1:
Pasos para aprovechamiento de RAC en forma de Syngas (PII CENGICAÑA)

Figura 2:
Reacciones químicas durante la Gasificación



consecutivas de RAC. A medida que RAC se dosifican en la parte superior del gasificador, el Syngas sale por la parte de abajo del mismo (*downdraft gasifier*).

La tarea de un gasificador consiste en tres fases:

- 1) Oxidación parcial o pirolisis, produce materia volátil, gas y carbón,
- 2) Convertir la materia volátil en gases permanentes CO, H₂ y CH₄ y
- 3) Convertir el carbono a CO e H₂.

A continuación una descripción de las diferentes etapas que se llevan a cabo para la producción de Syngas listo para ser utilizado como biocombustible.

Secado DEPÓSITO DE RAC

Los RAC picados o en Pellets se introducen en el gasificador por la parte superior, es necesario que el tamaño de partícula no sea muy fino para favorecer el intercambio de calor con el aire. *“Las pruebas con bagazo y hojas de RAC indican que hay excelente rendimiento de Syngas si el contenido de humedad de la biomasa es menor que 20 % de volumen en base húmeda” (Jorapur, 1997).* No se recomiendan humedades menores a 10 % ya que el vapor de agua también sirve de medio para transportar los materiales hacia abajo en el reactor y provee H₂ que mejora el rendimiento del proceso. No es necesario que la alimentación de combustible sea presurizada, generalmente en el sitio donde ingresan los RAC se puede tolerar una pequeña cantidad de escape de aire.

Como resultado de la transferencia de calor generado por las reacciones inferiores, se produce un flujo de calor hacia la sección del depósito, esto permite el secado de los RAC porque se evapora parte del agua contenida

en los mismos. El vapor de agua circulará hacia abajo y se añadirá al vapor de agua formado por las reacciones en la zona de oxidación. Parte de ella puede reducirse a hidrógeno y el resto acabará como humedad en el gas.

Etapas de Pirolisis

A temperaturas superiores a los 250 °C (482 °F), la biomasa comienza a pirolizarse. Los detalles de estas reacciones de pirolisis no son bien conocidos, se puede suponer que las grandes moléculas (como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina) se descomponen en moléculas de tamaño medio. Durante el calentamiento del material de alimentación (carbón y volátiles), los productos de la pirolisis caen hacia abajo, a las zonas más calientes del gasificador. Parte de ellos se queman en la zona de oxidación (combustión) y el resto, si permanecen suficiente tiempo en la zona caliente, se descomponen en moléculas aún menores formadas por hidrógeno (H₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y etano (C₂H₆).

Si el tiempo de residencia en la zona caliente es demasiado corto o la temperatura demasiado baja, las moléculas de tamaño medio pueden escapar y condensarse en forma de alquitranes y aceites en las partes de menor temperatura del sistema. *“El calor necesario para llevar a cabo la pirólisis y elevar los productos a 600 °C (1112 °F) está entre 1.60 a 2.20 MJ/kg (700-800 BTU/lb), lo que representa ó a 10 % de calor de combustión de biomasa seca, este calor será suministrado directamente por la combustión parcial de los alquitranes volátiles.”* (SERI, 1988)

Etapa de Oxidación

Una zona de combustión (oxidación) se forma en el nivel en que se introduce el aire (oxígeno), en algunas ocasiones puede inyectarse vapor de agua con el fin de favorecer la reacción de transformación del metano y la hidrogenación. Las reacciones con el oxígeno son muy exotérmicas, traduciéndose en una rápida elevación de la temperatura de entre 1200-1500 °C (2192-2732 °F). *“A medida que se incrementa la temperatura y la presión en esta zona, también aumenta la proporción de H₂ en el Syngas”* (Murni, 2011).

En el Cuadro 1, se observa la concentración del Syngas de acuerdo a su oxidante. El oxígeno y el vapor de agua generan mayor rendimiento de H₂ pero aumentan los costos al tener que producir dichos oxidantes, por lo anterior, el oxidante más utilizado es el aire, aunque es el más ineficiente debido a la carga de nitrógeno (N₂) que no reacciona ni aporta poder calorífico al gas final. *“Si la combustión se realiza con aire, el Syngas se diluye con aproximadamente 50 % de nitrógeno desde el aire”* (SERI, 1988).

“Si se utiliza aire el Syngas se diluye entre 5.80 a 7.70 MJ/Nm³ (150-200 BTU/pie³). Cuando se usa el oxígeno puro para la Gasificación se obtiene un gas de energía promedio de 11.50 MJ/Nm³ (300 BTU/pie³).” (Reed, 1982)

Como se mencionó anteriormente, una función importante de la zona de oxidación, aparte de la generación de calor, es transformar y oxidar prácticamente todos los productos condensables procedentes de la zona de pirólisis. A fin de evitar puntos fríos en la zona de oxidación, hay que elegir bien las velocidades de admisión de aire y la geometría del reactor. Generalmente se emplean dos métodos para obtener una distribución uniforme de la temperatura:

- Reducción de la superficie de la sección transversal a una cierta altura del reactor (concepto "garganta")
- Distribución de las toberas de entrada de aire a lo largo de la circunferencia de la superficie transversal reducida o utilización alternativa de una entrada central de aire, con un dispositivo apropiado de atomización.

“La cantidad de aire necesaria en la etapa de oxidación dentro del gasificador debe ser el 30 % del aire estequiométrico” (Lesme, 2013). *“Se ha demostrado que si se calienta el aire previamente a entrar en la etapa de combustión, el Syngas mejora su calidad. Con el incremento de la temperatura del aire aumenta la cantidad de H₂ y CO, por lo tanto mejora el poder calorífico neto. El CO₂, CH₄ y N₂ disminuyen a medida que aumenta la temperatura. La temperatura del aire puede aumentarse a través de utilizar en un intercambiador de calor el Syngas caliente que sale del gasificador o utilizando otros fluidos calientes disponibles”* (Karamarkovic, 2012). En los ingenios se cuenta abundantemente con gases calientes de combustión de las calderas que pueden utilizarse para calentar dicho aire.

Composición de Syngas (%Vol)

Oxidante	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂	MJ/ Nm ³
Aire	9 a 10	12 a 15	14 a 17	2 a 4	56 a 59	3 a 6
Oxígeno	30 a 34	30 a 37	25 a 29	4 a 6		10 a 15
Vapor/ CO ₂	24 a 50	30 a 45	10 a 19	5 a 12		12 a 20

◀ **Cuadro 1:**
"Composición del Syngas según el oxidante utilizado" (Bocci 2013).

Etapa de Reducción

Los productos de reacción de la zona de oxidación (*gases calientes y carbón vegetal incandescente*) se desplazan en sentido descendente hacia la zona de reducción. En esta zona, el calor sensible de los gases y el carbón vegetal se transforman al máximo posible en energía química del gas.

El producto final de las reacciones químicas que tienen lugar en la zona de reducción es un gas combustible que puede emplearse como combustible y después de quitarle el polvo, secarlo y enfriarlo, es apropiado para quemarlo en motores de combustión interna o en quemadores de calderas. *"Pruebas de Gasificación de bagazo de caña de azúcar, de composición química elemental muy similar al RAC, han evidenciado que hay 26.60 % de compuestos combustibles en el Syngas, siendo mayoritariamente H₂ y CO"* (Castro, 2009). Es por esta baja proporción que el Syngas también suele llamarse gas pobre. *"El RAC seco y libre de cenizas contiene en promedio 82 % de materia volátil"* (Muñoz, 2016). *"La tarea principal de la reducción es convertir esta materia volátil condensable a los gases permanentes. Una tarea secundaria es la de convertir también el carbón vegetal resultante a gas"* (SERI, 1988). Las cenizas que resultan de la Gasificación de la biomasa deben extraerse periódicamente del gasificador.

Normalmente se considera necesaria una parrilla móvil en la parte inferior del equipo. Esto permite batir el lecho de carbón vegetal en la zona de reducción, ayudando de este modo a evitar los bloqueos que pueden motivar la obstrucción de la corriente de gas. *"Las cenizas del gasificador en las biomásas suelen estar entre 2-10 % del peso de biomasa de entrada, contenidos de cenizas de más del 7 % pueden representar riesgo severo de incrustaciones"* (SERI, 1988).

A menudo en las cenizas y el gas aparecen alquitrans, estos compuestos suelen provocar atascos y obstrucciones en el sistema posterior al gasificador y en algunos casos corrosión y erosión. En los quemadores de las calderas, pueden quemarse alquitrans media vez existan menos de 23-45 psia de presión de atomización y temperaturas de gas de al menos 204 °C (400 °F). Por otra parte, bajas temperaturas entre 0-60 °C (32-140 °F) y altas presiones entre 72-120 psia, son las condiciones que hacen tolerable los alquitrans en motores de combustión interna.

Limpieza Syngas

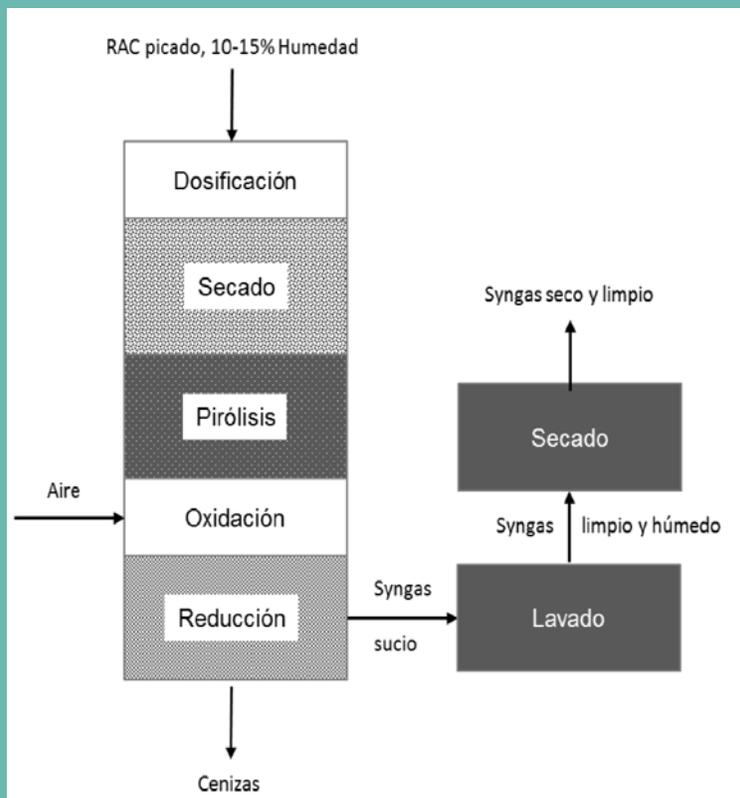
Básicamente consiste en limpiar el gas antes de ser utilizado. Lo complejo de esta limpieza dependerá de los equipos en los que se quemará el gas.

Existen básicamente dos métodos, seco y húmedo.

“El método seco consiste primeramente en colocar ciclones después del reactor. En general, en un ciclón se elimina el 90 % de las partículas con un diámetro superior a 5 micras. Es parcialmente eficaz con el tamaño de partícula entre 1 y 5 micras, y es ineficaz para partículas con un diámetro inferior a 1 micra. Luego de los ciclones se colocan filtros de mangas que atrapan el particulado, la arena y los polvos, se trabajan a una temperatura de entre 150-250 °C (302-482 °F). Tienen una eficiencia de alrededor del 99 % para separar el material particulado y entre 20-80 % para la separación de alquitrán, dependerá de la temperatura y la superficie del filtro. **El método húmedo** consiste en scrubber húmedos (lavadores), estos enfrían el gas entre 25-55 °C (77-131 °F), pueden utilizarse para lavar y desprender del Syngas parte de los alquitranes, las partículas y el nitrógeno. La desventaja del sistema húmedo consiste en que se enfría y humedece el gas, por lo tanto, posteriormente hay que secarlo y tratar químicamente el agua de estos equipos” (Bocci, 2013).

Existen métodos con catalizadores para quitar otras impurezas al Syngas, sin embargo, esto es especialmente importante a medida que se utilice en motores de combustión interna, las calderas de ingenio no necesitan que el Syngas sea un gas extremadamente limpio por lo que no se recomienda un acondicionamiento más completo.

Figura 3: Proceso de Gasificación de RAC tipo Downdraft (PII CENGICAÑA)



Control de Calidad

Con el fin de asegurar la calidad y la eficiencia del sistema gasificador, se debe medir y monitorear la composición del gas, es decir los porcentajes en volumen de CO, CO₂, H₂, H₂O, CH₄, N₂. *“El poder calorífico se puede calcular a partir de la composición del Syngas, también se puede medir calorimétricamente sin la necesidad de conocer la composición. Para la mayoría de aplicaciones, el Syngas debe tener una capacidad de carga superior a 4 MJ/Nm³ (100 BTU/pie³). La cantidad de los compuestos orgánicos condensables en el Syngas es una medida del rendimiento del gasificador y determina si el gas se puede limpiar. Por encima de 5000 mg/Nm³ de alquitranes, el gas es difícil de limpiar y es adecuado sólo para la combustión directa.*

El equipo de limpieza de gas debe reducir el nivel de alquitrán por debajo de 10 mg/Nm³. La naturaleza y cantidad de carbón de ceniza y hollín arrastrada en la corriente de gas pueden ayudar a diseñar filtros. Las partículas mayores a 10 μm deben retirarse a un nivel por debajo de 10 mg/Nm³ especialmente para aplicaciones en motores. El contenido de agua del gas ayuda a calcular las necesidades de refrigeración del reactor." (SERI, 1988)

Ventajas y Desventajas de la gasificación

Producir gas combustible a partir de RAC presenta ventajas contra otras alternativas tales como, los Pellets y el bagazo. Algunas ventajas generales pueden ser:

- El gas producido es más versátil y se puede usar para los mismos propósitos que el gas natural, el bunker, el diésel, el carbón mineral, el bagazo, etc.
- Puede quemarse para producir calor y vapor, con una caldera y una turbina se puede generar energía mecánica y eléctrica.
- Puede alimentar motores de combustión interna para su transformación en energía mecánica y eléctrica (plantas de emergencia, bombas, etc)
- Los equipos de producción de energía se hacen más pequeños porque hay menor volumen de aire y gases.
- Es un combustible más limpio y estable debido a la reducción de inquemados.
- Puede emplearse para alimentar turbinas de gas para generar electricidad.
- Produce un combustible relativamente libre de impurezas y causa menores problemas de contaminación al quemarse.

- En principio, un gasificador simple y pequeño puede ser construido en talleres metal mecánicos convencionales.
- Las cenizas y alquitranes pueden ser fuente de materias primas para coproductos de alto valor agregado.

Por otro lado, algunas desventajas de implementar un sistema de Gasificación son:

- Los sistemas deben estar suficientemente sellados para evitar la fuga de gas que tiene características tóxicas por el contenido de CO.
- Se debe tener especial cuidado de no producir explosiones durante la operación de estos equipos.
- Se requiere experiencia y un prolongado período de ajuste para llevar el sistema a sus condiciones óptimas de operación.
- Generalmente se necesitará un acondicionamiento del Syngas antes de utilizarlo.
- Se necesita que el RAC contenga menos del 20 % de humedad, por lo que se hace necesario el secado previo.

- El RAC debe tener una granulometría constante y bien distribuida, de manera que fluya dentro del reactor, de lo contrario, se formarán puentes y túneles, es decir atascamientos internos. Se recomienda una pelletización previa a la Gasificación.
- Los gasificadores son de bajo volumen de producción, para grandes volúmenes se utilizan los gasificadores de lecho fluidizado, que son ideales para bagazo (partícula pequeña) más no para RAC.

- Se aumentan las operaciones dentro del área de generación. Se crea la necesidad de tratamiento químico del agua conteniendo cenizas, alquitranes y otras impurezas.

TORREFACCIÓN CON PIROLISIS DE BAJA TEMPERATURA

La Torrefacción de los RAC puede ser posible de manera que se convierta en un Char con poder calorífico y granulometría que le permita ser quemado de manera más eficiente que el RAC crudo. Para esto no se necesita contar con todas las instalaciones de la gasificación, solo se necesita de un torrefactor y un enfriador, el Char puede ingresar a la caldera conjuntamente con bagazo o puede enviarse a máquinas pelletizadoras para manufacturar Pellets de alto poder calorífico y con propiedades hidrofóbicas. *“La Torrefacción puede ser descrita como una forma leve de pirolisis a temperaturas que típicamente varían entre 200-320 °C (392-608 °F)” (Rubick, 2011).*

En la Figura 4, se observa que RAC picados pueden entrar al proceso de Torrefacción, a diferencia de la Gasificación que permite entre un 10-20% de humedad y exige granulometría uniforme y partículas pequeñas, la Torrefacción exige materiales con la menor humedad posible y granulometrías finas, por lo que los RAC para dicho proceso deben forzosamente secarse a 0 % de humedad y picarse finamente.

Una de las ventajas de la Torrefacción es que los RAC pueden torrefactarse conjuntamente con bagazo y otras biomásas, el Char resultante será un material

homogéneo. El Char tiene bajo punto de ignición y aumenta el riesgo de incendios y explosiones, por dicha razón es necesario enfriarlo antes de almacenarlo. El Char frío suele ser utilizado como materia prima para la elaboración de Pellets y Briquetas (Pellets de mayor diámetro entre 0.0254 - 0.0762 m) los cuales pueden almacenarse ocupando menores volúmenes. El Char es hidrofóbico, lo que lo convierte en un material ideal para ser almacenado por largos periodos de tiempo.

Los Pellets de Char pueden comercializarse o utilizarse como combustible en las calderas de los ingenios, especialmente en las calderas que queman carbón a granel. En la Figura 5, se observa un torrefactor en el cual puede existir una primera etapa en la que la biomasa termine de eliminar la humedad residual que ayude a desarrollar un proceso sin vapores ni líquidos. En la etapa de torrefactado siempre se producirán líquidos y gases pero la operación del mismo debe buscar que sean limitados a un mínimo.

La pirolisis puede ser rápida (0-1800 segundos), esta puede dar un Char con un poder calorífico de entre 2-20 MJ/kg. La reacción química esperada es:



La pirolisis puede ser lenta (*Torrefacción*) incluso con periodos de residencia de días, puede generar un Char con poder calorífico de 30 MJ/kg. La reacción química esperada es:

RAC + calor = Char

"Ha medida que la temperatura de la pirolisis se acerca a 576 °C (1070 °F) se empieza a generar menos Char y se producen mayores cantidades de líquidos y gases. Por otra parte cuando se aumenta el tamaño de la partícula de biomasa base se observa un aumento de la producción de Char" (Demirbas, 2004).

"El tipo de biomasa influye sobre la distribución de los productos. Las muestras de madera (pino, Pellets de aserrín) producen más productos líquidos y gaseosos que los residuos agrícolas estudiados (alfalfa, bagazo, RAC y Pellets de paja de trigo). El rendimiento de productos sólidos disminuye y el rendimiento de líquido y gas aumenta con la temperatura y el tiempo de residencia. El contenido de carbono en el producto sólido aumenta a temperaturas más elevadas y a tiempos de residencia más largos, además el contenido de hidrógeno y oxígeno disminuye. El valor calórico de la biomasa torrefactada aumenta con la temperatura y el tiempo de residencia." (Álvarez, 2007).

El utilizar Torrefacción para producir Char y luego quemarlo directamente mezclado con bagazo implica menores inversiones que otras opciones como la Gasificación, a continuación las ventajas de implementar una estrategia de torrefactado en los ingenios:

- Debido a la descomposición de la hemicelulosa en compuestos de carbono más simples y menos volátiles, el Char tiene un poder medio de 30 MJ/kg, que es casi el doble que el poder calorífico del RAC seco a granel (17 MJ/kg). Se hace notar que el rendimiento del Char indica que se pierde el 20 % del peso inicial de biomasa. "El aumento de la densidad de energía cuando se compacta (15-18 GJ/m³) en comparación con los Pellets de madera (11 GJ/m³)." (Demirbas, 2004)
- El material torrefactado es hidrofóbico, lo que significa que los Pellets hechos con Char no absorben humedad ambiental y resisten el contacto con considerables cantidades de agua (Ej. Exposición a la lluvia), además resisten el ataque microbiológico que pudiera transformar la materia orgánica en otros compuestos que degraden su poder calorífico (Fermentación). Esta condición es una de las principales ventajas del Char como biocombustible ya que es una condición ideal para ser almacenado por tiempos prolongados.
- Los Pellets de material torrefactado tienen un mayor potencial de mercado contra los Pellets normales de biomasa precisamente por la capacidad de repeler la humedad.
- Por el rompimiento de las cadenas de los biopolímeros de la biomasa, el Char constituye un material menos duro que la biomasa de origen, condición que lo hace más fácil de moler con fines de procesamientos posteriores tal como la elaboración de Pellets.
- Debido a que el Char se produce en ausencia de oxígeno y es un material hidrofóbico, especialmente en materiales densificados tales como los Pellets, el crecimiento de microorganismos encuentra dificultad, esto convierte al Char en un combustible de lenta degradación.
- Dentro de un torrefactor, toda la biomasa se convierte en un material homogéneo, sin importar que dicho torrefactor sea alimentado con diferentes tipos y calidades de materia prima, el Char será una mezcla con características uniformes.

Figura 4: Aprovechamiento de RAC a través de Torrefacción.

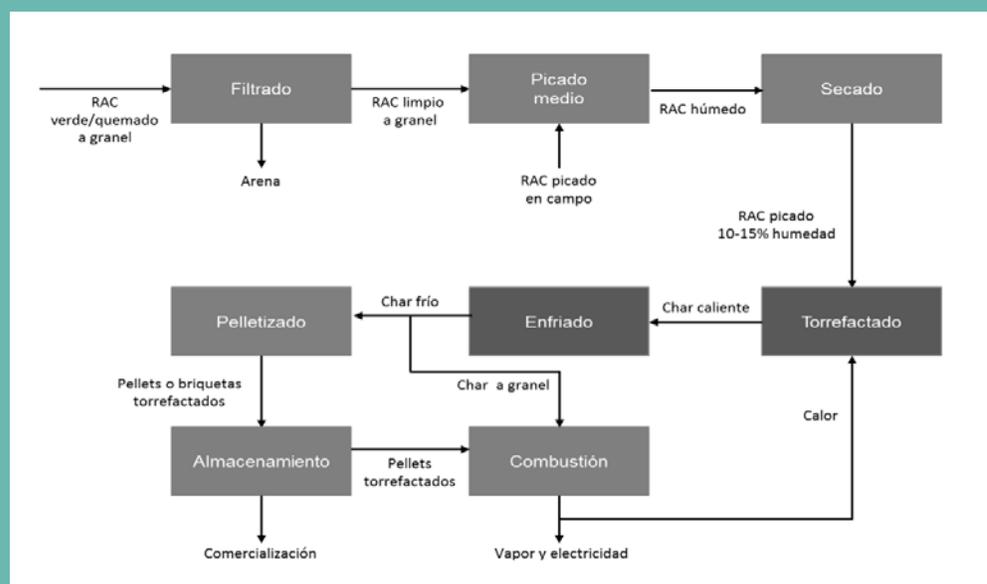
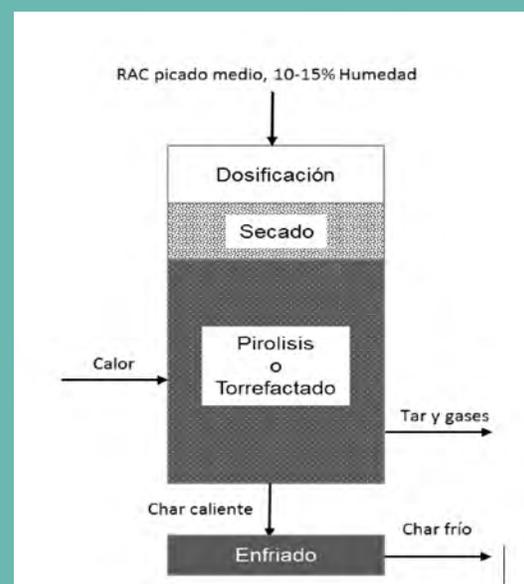


Figura 5: Proceso de Torrefacción (Pirolisis baja temperatura)



- Los Pellets de material torrefactado tienen un mayor potencial de mercado contra los Pellets normales de biomasa precisamente por la capacidad de repeler la humedad.

Por el rompimiento de las cadenas de los biopolímeros de la biomasa, el Char constituye un material menos duro que la biomasa de origen, condición que lo hace más fácil de moler con fines de procesamientos posteriores tal como la elaboración de Pellets.

- Debido a que el Char se produce en ausencia de oxígeno y es un material hidrofóbico, especialmente en materiales densificados tales como los Pellets, el crecimiento de microorganismos encuentra dificultad, esto convierte al Char en un combustible de lenta degradación.
- Dentro de un torrefactor, toda la biomasa se convierte en un material homogéneo, sin importar que dicho torrefactor sea alimentado con diferentes tipos y calidades de materia prima, el Char será una mezcla con características uniformes.

Torrefacción para producir Char, implica riesgos, algunas de las desventajas técnicas son:

- Debido a que el Char es un material fino, su producción implica la generación de polvos y particulado de difícil manipulación, estos polvos implican pérdidas y pueden ser un problema de salud ocupacional dentro de las fábricas.
- El torrefactor es un equipo que contiene el Char seco y con temperaturas altas mayores a 300 °C (572 °F), lo que lo hace un punto con riesgo de explosión, por lo anterior deberán tomarse medidas técnicas para la operación segura e invertir en equipos de seguridad.
- Riesgo de auto ignición y combustión espontánea a partir de los 150 °C (302 °F), esto hace necesario el enfriamiento del Char antes de su manipulación y uso.
- Debido al tamaño de partícula y su fragilidad, la densificación del Char es más difícil que los Pellets de biomasa. Se pierde cerca del 20 % del peso con respecto al peso de RAC de entrada.
- La producción tiene altos tiempos de residencia y es por batch, para altos volúmenes de producción se tendrá que contar con varios torrefactores.

CONCLUSIONES

• Hay suficiente evidencia que indica que los residuos agrícolas de la cosecha de la caña de azúcar (RAC), fundamentalmente las hojas, pueden ser un biocombustible eficiente y de importancia económica para los ingenios, especialmente para la generación sostenible de energía eléctrica a partir de biocombustibles más limpios y renovables. La Gasificación y Torrefacción de RAC puede darse dentro

de las instalaciones industriales de los ingenios, siempre y cuando estos pasen inicialmente por tres procesos básicos que son: Secado, filtrado y picado. Si antes de procesar RAC dentro de las plantas de generación, estos tres procesos no se llevan a cabo, el rendimiento, la rentabilidad y la estabilidad de operaciones no se pueden garantizar. El Syngas y el Char representan nuevos biocombustibles que pueden tener un perfil más o menos complejo dependiendo de la tecnología utilizada para su generación. Producir Syngas y Pellets torrefactados, son estrategias que exigen el establecimiento de nuevas logísticas y tecnologías de una gran complejidad.

RECOMENDACIÓN

• Se deben establecer líneas de investigación que profundicen en la factibilidad técnica y económica de las tecnologías planteadas. Deben procurarse pruebas piloto que incluyan paulatinamente filtrar, limpiar, picar, pirolizar y gasificar. Estas experiencias y resultados satisfactorios, permitirán realizar pruebas demostrativas que incluyan producir Syngas y Char.

REFERENCIAS

- Álvarez Regino and Et. Al. 2007. Caracterización del proceso de torrefacción de biomasa y su factibilidad en la fabricación de briquetas de biomasa. Cuba. 11 pp.
- Black F. Anthony. 2012. Tar formation and removal in biomass gasification to power projects. Black and Veatch. 25 pp.
- Bocci E., Sisinni M., Moneti M., Vecchione L., Di Carlo A., Villarini M. 2013. State of art of small scale biomass gasification power systems: a review of the different typologies. 68th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2013. ELSEVIER. Italia. 10 pp.
- Castro A., Cassiano D., Ferreira N. L. 2009. Gaseificação do bagaço de cana de açúcar: modelagem, análise e comparação com sistema real. Exacta, São Paulo, Vol. 7, No. 1, p. 39-47, jan./mar.
- Demirbas Ayhan. 2004. Efectos de la temperatura y tamaño de la partícula en el rendimiento de biochar a partir de pirolisis de residuos de la agricultura. ELSEVIER. Turquía. 6 pp.
- FAO. 1986. Wood gas as engine fuel. FAO Forestry Department. Italy. 179 pp.
- Jorapur Rajeev and Anil K. Rajvanshi. 1997. Sugarcane leaf bagasse gasifiers for industrial heating applications. India. Biomass and Bioenergy. Vol 13, No. 3, p 141-146.
- Karamkovic Rade and Et. Al. 2012. Biomass gasification with preheated air. Energy and exergy analysis. Serbia. Thermal Science. Vol. 16., No. 2, p 535-550.
- Lesme René Jaén. 2013. Gasificación de biomasa. Cuba. 29 pp.
- Muñoz Mario, Edwin Gamboa y Melissa Morales. 2016. Determinación de una mezcla óptima de bagazo y RAC en una caldera, de acuerdo a las características combustibles de dichos residuos. Guatemala. 7 pp.
- Murni M. Ahmad. and Et. Al. 2011. Simulation of integrated pressurized steam gasification of biomass for hydrogen production using ICON. Journal of applied sciences. Malaysia. 11 (21). Universiti teknologi Petronas. 7 pp.
- Reed T.B. and Levie B. 1982. A Simplified Model of the Stratified Downdraft Gasifier. In The International Bio-Energy Directory and Handbook 1984. Edited by Paul F. Bente, Jr. The Bio-Energy Council, USA. 1984. p 379-389.
- Rubick Angeilka and Martin English. 2011. Torrefaction. Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik. Austria. 22 pp.
- SERI. 1988. Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems. Departamento de energia. USA. 148 pp.
- Wang L., C. L. Weller, D. D. Jones, and M. A. Hanna. 2008. Contemporary issues in thermal gasification of biomass and its application to electricity and fuel production. Biomass and Bioenergy. Vol. 32. No. 7. p. 573-581.



Con dedicación y entusiasmo la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala, Atagua organizó la tan esperada Carrera del Azúcar de la costa sur, la cuál contó con la participación de 1,800 corredores inscritos.

La carrera se realizó el 20 de octubre 2019 con el recorrido de 10.5 kilómetros, en cuatro categorías: Libre, Master, Trabajadores del gremio azucarero y Socios de Atagua.

Todos los corredores obtuvieron su kit, medalla, playera y su caña de azúcar.

Los ganadores en las cuatro categorías fueron:

Categoría	Masculino	Femenino
Libre	Alberto Gonzalez	Merli Chalí
	José Gonzales	Blanca Orozco
	William Julaluj	Ana Ixchop
Master	Vicente Pascual	Elsa Ruíz
	José García	Norma Ovando
	Obidio Capén	María López
Trabajadores del Gremio Azucarero	Rogelio Quisquínai	Heiby Balan
	Sergio Franco	Beatriz Recancoj
	Eduviges López	María Morales
Socios de Atagua	Luis Manuel Estrada	Thelma Flores
	Pedro de Jesús Lima	Karen Corado
	Cesario López	Condy Estrada



Para muchos, el inicio en el running comienza con una simple necesidad de correr para mantener una buena condición física, otros lo hacen por diversión y muchos otros ven una posibilidad de poner a prueba sus capacidades físicas.

Para cada corredor la historia es diferente. Y la carrera del azúcar durante 32 años ha sido parte de la historia de muchos corredores que cada año esperan con emoción este evento que se ha convertido en un representativo de Escuintla.

Aun recuerdo cuando hace 8 años corrí mi primer carrera del azúcar, y lo que más me sigue gustando es ver como cada corredor da lo mejor de si para alcanzar la meta, no importa si se corre solo, con amigos o con familiares todos disfrutan a su manera los 10.5 k del recorrido. Como entre corredores y espectadores se animan unos con otros para no rendirse y llegar hasta el final no importa si es caminando o corriendo la satisfacción siempre es la misma.

A pesar de lo duro de su recorrido y si es con calor o con lluvia, la carrera del azúcar siempre será la carrera más dulce del año.

Por:
THELMA FLORES
 Coordinadora RSE
 San Diego, S. A.



TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

Agradecimiento especial a las empresas patrocinadoras y de apoyo.

The image displays a collection of logos for various sponsors and supporters, arranged in a grid-like fashion. The logos include:

- Top Row:** AZÚCAR DE GUATEMALA logo, atagua logo.
- Second Row:** Mobil logo, GENTRAC CAT logo (UNA EMPRESA FERREYCORP), Pantaleon logo, INGENIO LA UNIÓN logo (Responsabilidad & Desarrollo).
- Third Row:** HORCALSA logo, MADRE TIERRA logo, San Diego logo (Ingenio Trinidad).
- Fourth Row:** AQUA eco logo, MASECA logo, GATORADE logo, SANTA ANA logo, MAGDALENA logo (Tierra dulce!), IPG logo, INGENIO PALO GORDO logo.
- Fifth Row:** FADECASA logo, CASE III logo (AGRICULTURE), BAYER logo, Caña Real logo, pepsi logo, ADAMA logo.
- Sixth Row:** TerraFertil logo, Sediagro logo, syngenta logo, Atlántica logo (Agricultura Natural), RADIO AMOR logo (89.5 FM ESCUINTLA), TC logo (TELECOMUNICACIONES).
- Seventh Row:** DUWEST logo (Guatemala), BIOIBERICA logo (PLANT PHYSIOLOGY), RAESA logo (CENTROAMÉRICA, S.A.), Productos del Aire logo.
- Eighth Row:** CONSTRUTINDA S.A. logo (CONSTRUTINDA, SOCIEDAD ANÓNIMA), Alion logo, RAC logo, TOP GREEN logo, ats logo.





Se realizó la asamblea general y convivio el 6 de diciembre 2019 en las instalaciones de Ingenio Concepción, Escuintla. Se contó con la presencia de 320 asociados. Por unanimidad se aprobó la agenda de la sesión presentada por la Junta Directiva con los siguientes puntos:

1. Informe de actividades realizadas en el año 2019.
2. Informe financiero y de gestión correspondiente al año dos mil diecinueve;
3. Información y clarificación sobre el artículo veinte (20) de la modificación de estatutos de la "Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala" (ATAGUA);
4. Elección de Junta Directiva la cual estará en función por el plazo de dos (2) años.

La junta directiva 2020 quedó integrada de la siguiente manera:

Lic. Luis Carlos Arroyo	Presidente	Ingenio Santa Ana
Ing. Fernando Barneond	Vicepresidente	Ingenio Pantaleón
Ing. Christian Rodriguez	Tesorero	Ingenio Trinidad
Ing. Joel Morales	Secretario	Ingenio Magdalena
Dr. Gerardo Espinoza	Profesorero	CENGICAÑA
Ing. Francisco Paz	Prosecretario	Ingenio Pantaleón
Ing. Fabricio Aloverado	Vocal I	Ingenio Pantaleón
Ing. Sebastián Pinto	Vocal II	Ingenio Santa Ana
Ing. Marco Tax	Vocal III	ICC
Licda. Nancy Monroy	Vocal IV	Ingenio Trinidad
Lic. Aldo Medina	Vocal V	Ingenio Trinidad



Se realizó la entrega de premios Portela 2019, del área industrial se entregó al Ing. Guillermo Benítez y del área agrícola al Ing. Oscar González.

Las rifas y entrega de premios fueron realizadas por lo miembros de Junta Directiva, que gracias al apoyo de las siguientes empresas fueron posibles: Horcalsa, Raesa, Bayer, Adama, Atlántica; Daho Pozos, Tecún, Duwest, ATS, Componentes Industriales, Agrológico; Biobérica, Promoagro, Wet Chemical, Disagro, Aquinsa y Syngenta.

Durante la cena los socios disfrutaron de música amenizada por el grupo Ensamble Latino, y a los que les gusta el baile aprovecharon a disfrutar del evento.

La cena fue co patrocinada por la empresa:

Comercializadora Industrial a quien ATAGUA le agradece el apoyo, así como a Ingenio Concepción por el uso de las instalaciones.



Innovando en Agricultura de Precisión



Detección
de maleza

Guía de cosecha
mecanizada

Análisis de
resiembra

Cobertura: 10,000 ha por día

5 años de experiencia

aerobots

En Aerobots nos mantenemos siempre a la vanguardia de la tecnología en la industria de Vehículos Aéreos No Tripulados para la implementación de la Agricultura de Precisión en la agroindustria de Latinoamérica. De esta manera, ampliamos nuestros servicios buscando no sólo satisfacer las necesidades de nuestros clientes, sino impulsar en ellos el uso de tecnologías innovadoras que optimicen su actividad económica.

Para más información: Info@aerobots.gt / +502 2300-5656 / www.aerobots.gt