



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Impacto de la cosecha con quema en la calidad agroindustrial del cultivar de caña de azúcar ‘Mex 69-290’

### Impact of burning harvesting on the agroindustrial quality of the sugarcane cultivar ‘Mex 69-290’

Noé Aguilar-Rivera\*, Agustín Herrera-Solano

Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, km 1 carretera Peñuela Amatlán de los Reyes S/N., Córdoba 94945, Veracruz, México

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 04/02/2021

Aceptado: 16/04/2022

#### CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos de intereses.

#### CORRESPONDENCIA

Noé Aguilar-Rivera  
[naguilar@uv.mx](mailto:naguilar@uv.mx)



Cu-ID: <https://cu-id.com/2153/cag043222372>

#### RESUMEN

El estado mexicano de Veracruz en la zafra 2019-2020 produjo 18,413,583 t de caña de azúcar, con un promedio de 56,587 t ha<sup>-1</sup> y un rendimiento de fábrica de 10,2 %, con un total de sacarosa producida de 1,876,437 t. En la actualidad, en todos los ingenios la caña se quema antes de cortarse en el 90,063 % de la superficie sembrada, afectando la salud de los habitantes de las poblaciones vecinas, las propiedades de los suelos y la calidad de la materia prima, que se ve disminuida por el tiempo transcurrido entre el corte y su procesamiento en los molinos. Para determinar el deterioro del principal cultivar de caña de azúcar ‘Mex 69-290’ por efecto de la quema, se estableció un arreglo factorial en bloques al azar con tres repeticiones: I) caña cortada en crudo, II) caña quemada sin cortar, III) caña quemada cortada entera y días después del corte (0, 1, 2, 3, 4 y 5 días). Las variables analizadas fueron: porcentaje de Pol, azúcares reductores, humedad en caña y °Brix. Se concluye que el deterioro de la caña de azúcar ‘Mex 69-290’ es más visible después de las 24 h después del corte, teniendo pérdidas en °Brix, Pol, humedad e incremento de azúcares reductores. La caña quemada cortada entera es la que presentó mayor deterioro, siguiendo la caña quemada sin cortar y la caña cortada cosechada en crudo fue la que presentó menor deterioro.

**Palabras clave:** Deterioro postcosecha, agroindustria azucarera, sostenibilidad

#### ABSTRACT

The Mexican state of Veracruz in the 2019-2020 harvest produced 18,413,583 t of sugarcane, with an average of 56,587 t ha<sup>-1</sup> and a factory yield of 10.2 %, with a total sucrose produced of 1,876,437 t. At present, 90.063 % of the planted area in all the mills is burned before being cut, affecting the health of the inhabitants of the neighboring towns, the properties of the soil and the quality of the raw material, which is diminished by the time elapsed between cutting and processing in the mills. To determine the deterioration of the main sugarcane variety ‘Mex 69-290’ due to the effect of burning, a randomized block factorial arrangement with three replications was established: I) raw cut cane, II) uncut burned cane, III) whole cut burned cane and days after cutting (0, 1, 2, 3, 4 and 5 days). The variables analyzed were: Pol percentage, reducing sugars, cane moisture and °Brix.

It is concluded that the deterioration of 'Mex 69-290' sugarcane is more visible after 24 h after cutting, with losses in °Brix, Pol, humidity and increase in reducing sugars. The whole cut burnt cane presented the greatest deterioration, followed by the uncut burnt cane, and the raw cut cane presented the least deterioration.

**Keywords:** post-harvest spoilage, sugar agribusiness, sustainability

## INTRODUCCION

En México, la agroindustria azucarera tiene un gran impacto socioeconómico y ambiental, se encuentra espacialmente distribuida en cinco regiones y 15 estados: región Noroeste (Sinaloa), región Pacífico (Nayarit, Colima, Jalisco y Michoacán), región Centro (Morelos y Puebla), región Noreste (Tamaulipas y San Luis Potosí), región Golfo (Veracruz Tabasco y Oaxaca) y región Sureste (Campeche, Chiapas y Quintana Roo), que aportan la materia prima a 50 ingenios azucareros. La agroindustria azucarera de Veracruz, México, participa con el 37,4 % de la producción nacional de caña para 18 ingenios azucareros, destilerías y trapiches, con un precio promedio pagado por tonelada de caña de 43,75 USD durante la zafra 2019-2020. Sin embargo, enfrenta retos relacionados con la caída de la productividad agrícola derivados de las prácticas convencionales de manejo del cultivo, el cambio climático y otros aspectos socioeconómicos que ponen en riesgo la sostenibilidad y la reconversión de la agroindustria. Los campos cañeros son altamente vulnerables a los cambios edafo-climáticos y se caracterizan por una alta fragilidad al entorno (plagas, enfermedades, sequías, inundaciones, etc.), que influyen directamente en la cantidad y calidad de materia prima y capacidad de abastecimiento cañero (Machado *et al.*, 2017; Linnenluecke *et al.*, 2018).

En Veracruz, el 87,5 % de la cosecha de caña se realiza de forma manual y 73,018 % con alce mecánico, El 12,554 % se cosechada mecanizada, interviniendo en ella 37,156 cortadores, alzadoras y cosechadoras en una superficie de cultivo de 325,405 ha, con equipo de transporte de 7,519 camiones, propiedad de los productores de abasto del ingenio (CONADESUCA, 2020). En este sentido, la cosecha de la caña de azúcar es una labor que requiere mucha mano de obra y grandes recursos económicos por lo que se vuelve compleja, si se realiza una oportuna y adecuada cosecha, se reflejara en el aprovechamiento de sacarosa extraído por la fábrica. Esta comprende: la quema, corte, alce y el acarreo de la caña hasta llegar a los molinos de la factoría. Todas estas operaciones se deben realizar en forma sincronizada para que la caña sea cortada y entregada antes de que se inicie el proceso de deterioro de la caña y degradación de los azúcares y evitar pérdidas, al perder peso y cantidad de azúcar recuperable (Cardoso *et al.*, 2018; White *et al.*, 2018; De Jesus *et al.*, 2019).

Considerando que el cultivar de caña 'Mex 69-290' representa alrededor del 50 % del campo cañero en Veracruz

y en promedio la cosecha representa en promedio el 42 % de los costos de producción, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el deterioro de la calidad agroindustrial que sufre el cultivar en ciclo resoca en condiciones de secano por el tipo de cosecha en tres niveles: I) caña cortada en crudo; II) caña quemada cortada entera; III) caña quemada sin cortar y días transcurridos después de la cosecha con seis niveles (0, 1, 2, 3, 4 y 5 días) en la región cañera Córdoba-Golfo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Manejo del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó al final de la zafra en el mes marzo con el cultivar caña 'Mex 69-290', ciclo soca de 12 meses de edad en la región cañera Córdoba-Golfo. El trabajo se dividió en análisis de índices de calidad de campo y laboratorio. En campo se tomaron muestras de caña en crudo, se procedió a cosechar el tratamiento de corte en crudo con sus repeticiones. Posteriormente se efectuó la quema de la caña de los otros tratamientos con sus repeticiones, se tomaron muestras de la caña quemada, se inició la cosecha del tratamiento de la cortada entera, considerándolo como día cero y se llevaron las muestras al laboratorio para los análisis de fábrica correspondientes y comprenden las determinaciones de Pol en caña (%), azúcares reductores (%), humedad (%) y °Brix (%). La evaluación se realizó cada 24 h durante cinco días de acuerdo a Santana *et al.* (2019).

### Diseño experimental y tratamientos evaluados

Se estableció un arreglo factorial para evaluar los estudios con sus niveles y condiciones de cosecha: I) caña cortada en crudo (CCC), II) caña quemada sin cortar (CQSC), III) caña quemada cortada entera (CQCE) y días después de la cosecha con seis niveles (0, 1, 2, 3, 4 y 5 días) en bloques al azar con tres repeticiones (Tabla 1).

La unidad experimental fue seis surcos de 12 m de largo separación para un total de 86,4 m, para la parcela útil, se consideran los cuatro surcos centrales, para un total de 57,6 m, quedando distribuidos los tratamientos como se indica en la figura 1.

### Análisis estadístico

A los resultados obtenidos se le realizó un análisis de varianza, con arreglo factorial (ANOVA), así como también,

se le efectuó la prueba de Tukey al 0,5 % de probabilidad, aplicándose a las interacciones significativas un análisis de regresión con un ajuste, a la curva de mayor coeficiente de determinación, utilizando el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento termo-pluviométrico histórico en la zona de estudio

De acuerdo con los datos obtenidos y analizados de las estaciones termo-pluviométricas de la región cañera, el comportamiento histórico mensual de la precipitación, la temperatura y la evaporación se muestra en la [figura 2](#). Se puede observar que entre los meses de junio a octubre es el periodo donde se presentan las lluvias, con la mayor precipitación en los meses de julio (324,2 mm), y septiembre (315,4 mm), y escasa precipitación durante siete meses de (noviembre-mayo). Con referencia a la temperatura, el promedio anual es de 24,5 °C, con variaciones de 20 a 29 °C, llegando a presentarse temperaturas máximas de 41 °C en el mes de mayo y mínima de 20 °C en el mes de enero. La evapotranspiración histórica más elevada es de 153,3, la cual se presenta en el mes de agosto y la mínima es de 55,3 en el mes de enero.

### Deterioro del cultivar ‘Mex 69-290’ ciclo soca

La [tabla 2](#) muestra los resultados de los análisis de las muestras del cultivar ‘Mex 69-290’, ciclo soca entre los días cero a cinco días después del corte.

### Evaluación de las variables asociadas al deterioro y pérdida de calidad agroindustrial

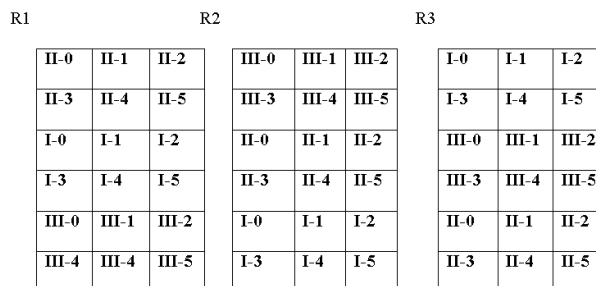
#### °Brix en caña

Las pérdidas de °Brix se producen a medida que transcurre el tiempo post-cosecha, y puede llegar a alcanzar como promedio 0,48, 0,85 y 1,92 % a uno, tres y cinco días después de la cosecha, respectivamente. Los valores mayores corresponden al tratamiento de CQCE con 2,33 % de pérdida a los cinco días de la cosecha, mientras la menor pérdida se produjo en CCC con un 1,77 % en cinco días como periodo de tiempo. Se puede observar de acuerdo con la prueba de F que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos y tiempo y no significativa en el efecto de la interacción, y que de acuerdo con el coeficiente de variación la información se ubica en la categoría de aceptable.

En las agrupaciones de medias para tratamientos en °Brix, de acuerdo con la prueba de Tukey, la caña que presentan mayor contenido de °Brix y se encuentran entre las mejores son CCC y CQSC, las cuales son estadísticamente iguales por lo que se consideran superiores a CQCE ([Tabla 3](#)).

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados en esta investigación

	Condiciones de cosecha	Días después de la cosecha
1	Caña cortada en crudo (I)	0
2	Caña cortada en crudo (I)	1
3	Caña cortada en crudo (I)	2
4	Caña cortada en crudo (I)	3
5	Caña cortada en crudo (I)	4
6	Caña cortada en crudo (I)	5
7	Caña quemada sin cortar (II)	0
8	Caña quemada sin cortar (II)	1
9	Caña quemada sin cortar (II)	2
10	Caña quemada sin cortar (II)	3
11	Caña quemada sin cortar (II)	4
12	Caña quemada sin cortar (II)	5
13	Caña quemada cortada entera (III)	0
14	Caña quemada cortada entera (III)	1
15	Caña quemada cortada entera (III)	2
16	Caña quemada cortada entera (III)	3
17	Caña quemada cortada entera (III)	4
18	Caña quemada cortada entera (III)	5



**Figura 1.** Distribución de los tratamientos en campo

De acuerdo a la prueba de Tukey, en °Brix se observa que de 0-72 h son estadísticamente iguales. No obstante, se observa que es mejor cosechar entre de 0-24 h, ya que es menor la pérdida de °Brix que de las 96-120 h, en las que se refleja pérdida de °Brix ([Tabla 4](#)).

La [figura 3](#) muestra que la tendencia de la caída del °Brix en caña son parecidas, pero en CCC (línea uno de tendencia) es menor el porcentaje de la caída que en CQCE (línea tres de tendencia).

#### Pol en caña

Se observa la pérdida que se produce en el porcentaje de Pol en caña a medida que transcurre el tiempo, la que puede llegar a alcanzar como promedio 0,06, 0,26 y 0,81 % a uno, tres y cinco días después de la cosecha, respectivamente. Los valores mayores de pérdidas de Pol en caña le corresponden a CQCE con 0,94 % de pérdida a los cinco días de la

cosecha, mientras la menor pérdida se produjo en CCC con un 0,63 % en cinco días como periodo de tiempo. De acuerdo a la prueba de F, se concluye que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos y tiempo, y no significativa en el efecto de interacción, y que de acuerdo con el coeficiente de variación la información se ubica en la categoría de robusto.

Las agrupaciones de medias para tratamientos de Pol en caña de azúcar, de acuerdo con la prueba de Tukey, la CCC presenta mayor contenido de porcentaje de Pol por lo que se considera superior que CQSC y CQCE (Tabla 5).

De acuerdo a la prueba de Tukey para las agrupaciones de medias para tiempo, el porcentaje de Pol en caña de las 0-48 h de frescura es estadísticamente igual y se considera como tiempo óptimo para no afectar la pérdida de Pol en caña y de las 96-120 h se tiene una mayor pérdida (Tabla 6).

El comportamiento de la tendencia de la caída de Pol en caña es similar, pero CCC (línea uno de tendencia) se puede considerar mejor ya que es menor que en CQCE (línea tres de tendencia) (Figura 4).

### Humedad en caña

En el porcentaje de humedad en caña se observa en las agrupaciones de medias que disminuye a medida que transcurre el tiempo, la que puede llegar a alcanzar como promedio 1,33, 2,33 y 4,33% a uno tres y cinco días después de la cosecha, respectivamente. Los valores mayores corresponden al tratamiento de CQCE con 7% de pérdida a los cinco días de la cosecha, mientras que la menor pérdida se produce en CCC con un 2% en igual periodo de tiempo. Con la prueba de F se concluye que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos y tiempo y no significativa en el efecto de interacción.

En las agrupaciones de medias para humedad en caña de azúcar, de acuerdo con la prueba de Tukey, en CCC es menor la pérdida de humedad por lo que se considera mejor que CQSC y CQCE (Tabla 7).

De acuerdo a la prueba de Tukey para la humedad en caña de azúcar se observa que de 0-48 h son estadísticamente iguales y se encuentran entre las de mejor contenido de humedad para su molienda siendo el tiempo más adecuado para la cosecha. Además, de 48-120 h, aunque son estadísticamente iguales, se encuentran entre las de menor humedad por debajo de los niveles recomendados para una buena extracción en los molinos (Tabla 8).

Se puede observar en la figura 5, que la tendencia de la caída de la humedad en caña de azúcar es parecida, pero en CCC (línea uno de tendencia) es menor que en CQCE (línea tres de tendencia).

### Azúcares reductores

Existe un incremento de los azúcares reductores a medida que transcurre el tiempo alcanzando como promedio 0,04, 0,10 y 0,17% a uno, tres y cinco días después de la cosecha,

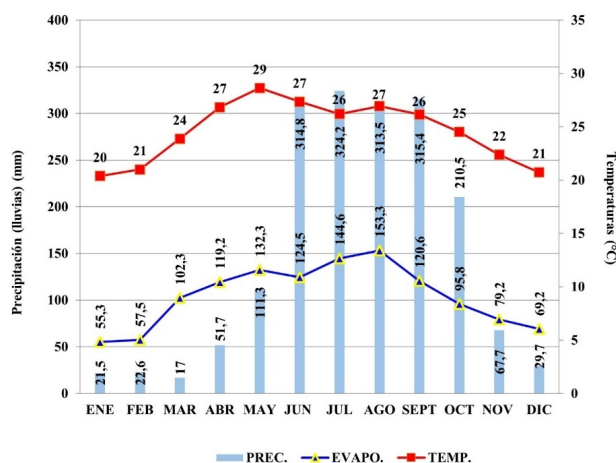


Figura 2. Distribución de la precipitación media mensual, temperatura y evapotranspiración en el área de estudio

respectivamente. Los valores más altos corresponden a CQCE con 0,25 % a los cinco días de la cosecha, mientras la menor pérdida se produce en CCC, siendo de 0,13 % en igual periodo de tiempo. De acuerdo con la prueba de F, se concluye que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos y tiempo, y no significativa en el efecto de interacción.

En la tabla 9 se observa que en las agrupaciones de medias para reductores en caña de azúcar de acuerdo con la prueba de Tukey, la CCC presenta menor incremento por lo que se considera mejor que los tratamientos CQSC y CQCE.

De acuerdo a la prueba de Tukey para los reductores en caña de azúcar, se observa que de 0-24 h son estadísticamente iguales con menor contenido de reductores, por lo que se consideran mejores que los de 48-120 h, los cuales son iguales estadísticamente entre ellos, pero con mayor contenido de reductores (Tabla 10).

La figura 6 refleja que la tendencia del incremento de los reductores en caña de azúcar es similar, pero en CCC (línea uno de tendencia) es menor que en CQCE (línea tres de tendencia).

Solomon (2009; 2000) y Bhatia *et al.* (2009) concluyeron que la caña de azúcar es un producto perecedero y debe procesarse rápidamente después de su cosecha. El biodeterioro está asociado con las demoras excesivas entre la cosecha y la molienda de la caña de azúcar y se ve agravado por muchos factores intrínsecos y extrínsecos que causan una enorme depreciación en la calidad agroindustrial de la caña y en la recuperación de azúcar. Además de los retrasos entre la cosecha y el ingenio, otros factores como la temperatura ambiente, la humedad, el cultivar de caña, el período de almacenamiento, las actividades de las invertasas, el estado de madurez, etc., son responsables de la disminución de la calidad.

Sin embargo, la literatura reciente se enfoca principalmente a evaluar impactos de la cosecha con quema en el suelo, aire, salud respiratoria y generación de gases de efecto invernadero y el uso de paja de caña como acolchado, alimento pecuario y biocombustibles. Por lo que un análisis

integral de la transición a sistema semi y mecanizados debe considerar de forma holística todos los aspectos relacionados con la cadena de valor de la caña de azúcar y sus subproductos y la sostenibilidad de las prácticas de manejo.

**Tabla 2.** Análisis de índices de calidad de caña de azúcar de cero a cinco días después del corte

Ensayo	Día	°Brix %	Pol %	Hum. %	Reduct. %	Temp. Media (°C)	Ensayo	Día	°Brix %	Pol %	Hum. %	Reduct. %	Temp. Media (°C)
CCC	0	22,8	13,57	74	0,25	24	CCC	1	22,5	13,51	73	0,27	24
CCC	0	22,3	13,54	76	0,29	24	CCC	1	22,3	13,49	75	0,31	24
CCC	0	22,4	13,53	75	0,27	24	CCC	1	22,1	13,48	77	0,32	24
<b>Media</b>		<b>22,5</b>	<b>13,54</b>	<b>75</b>	<b>0,27</b>	<b>24</b>	<b>Media</b>		<b>22,3</b>	<b>13,49</b>	<b>75</b>	<b>0,30</b>	<b>24</b>
CQSC	0	22,5	13,49	73	0,45	24	CQSC	1	22,2	13,46	71	0,48	24
CQSC	0	22,3	13,46	74	0,49	24	CQSC	1	21,9	13,2	73	0,51	24
CQSC	0	22,1	13,45	75	0,52	24	CQSC	1	21,6	13,39	75	0,55	24
<b>Media</b>		<b>22,3</b>	<b>13,46</b>	<b>74</b>	<b>0,49</b>	<b>24</b>	<b>Media</b>		<b>21,9</b>	<b>13,42</b>	<b>73</b>	<b>0,51</b>	<b>24</b>
CQCE	0	22,5	13,49	75	0,50	24	CQCE	1	22,1	13,39	68	0,52	24
CQCE	0	22,2	13,41	74	0,51	24	CQCE	1	21,6	13,34	72	0,55	24
CQCE	0	22,2	13,41	73	0,46	24	CQCE	1	20,5	13,33	73	0,62	24
<b>Media</b>		<b>22,3</b>	<b>13,43</b>	<b>74</b>	<b>0,49</b>	<b>24</b>	<b>Media</b>		<b>21,4</b>	<b>13,35</b>	<b>71</b>	<b>0,56</b>	<b>24</b>
CCC	2	22,3	13,48	72	0,31	27	CCC	3	22,3	13,44	71	0,34	26
CCC	2	22,1	13,41	75	0,35	27	CCC	3	21,9	13,35	73	0,36	26
CCC	2	21,6	13,39	75	0,36	27	CCC	3	21,4	13,33	75	0,39	26
<b>Media</b>		<b>22</b>	<b>13,42</b>	<b>74</b>	<b>0,34</b>	<b>27</b>	<b>Media</b>		<b>21,9</b>	<b>13,37</b>	<b>73</b>	<b>0,36</b>	<b>26</b>
CQSC	2	22,2	13,43	70	0,47	27	CQSC	3	22,1	13,39	69	0,48	26
CQSC	2	22,1	13,33	72	0,54	27	CQSC	3	21,7	13,11	71	0,56	26
CQSC	2	21,2	13,26	74	0,57	27	CQSC	3	20,9	12,99	73	0,63	26
<b>Media</b>		<b>21,8</b>	<b>13,34</b>	<b>72</b>	<b>0,53</b>	<b>27</b>	<b>Media</b>		<b>21,6</b>	<b>13,16</b>	<b>71</b>	<b>0,56</b>	<b>26</b>
CQCE	2	21,7	13,35	68	0,56	27	CQCE	3	21,6	13,28	66	0,59	26
CQCE	2	21,2	13,25	70	0,61	27	CQCE	3	21,1	13,11	70	0,65	26
CQCE	2	20,4	13,22	72	0,63	27	CQCE	3	20,6	12,94	71	0,67	26
<b>Media</b>		<b>21,1</b>	<b>13,27</b>	<b>70</b>	<b>0,60</b>	<b>27,00</b>	<b>Media</b>		<b>21,1</b>	<b>13,11</b>	<b>69</b>	<b>0,64</b>	<b>26</b>
CCC	4	22,1	13,36	72	0,35	29	CCC	5	21,4	13,17	72	0,37	25
CCC	4	21,7	13,12	73	0,36	29	CCC	5	20,9	12,88	73	0,38	25
CCC	4	21,4	12,95	74	0,41	29	CCC	5	19,9	12,72	74	0,44	25
<b>Media</b>		<b>21,7</b>	<b>13,14</b>	<b>73</b>	<b>0,37</b>	<b>29</b>	<b>Media</b>		<b>20,7</b>	<b>12,92</b>	<b>73</b>	<b>0,40</b>	<b>25</b>
CQSC	4	21,8	13,21	68	0,52	29	CQSC	5	21,2	12,86	69	0,56	25
CQSC	4	21,1	12,68	70	0,59	29	CQSC	5	20,8	12,52	70	0,64	25
CQSC	4	20,3	12,57	72	0,69	29	CQSC	5	19,9	12,42	71	0,72	25
<b>Media</b>		<b>21,1</b>	<b>12,82</b>	<b>70</b>	<b>0,60</b>	<b>29</b>	<b>Media</b>		<b>20,6</b>	<b>12,58</b>	<b>70</b>	<b>0,64</b>	<b>25</b>
CQCE	4	21,4	13,11	65	0,62	29	CQCE	5	21,1	12,75	66	0,65	25
CQCE	4	20,2	12,61	67	0,71	29	CQCE	5	19,9	12,41	67	0,77	25
CQCE	4	18,6	12,54	69	0,77	29	CQCE	5	18,9	12,35	68	0,79	25
<b>Media</b>		<b>20,1</b>	<b>12,75</b>	<b>67</b>	<b>0,70</b>	<b>29</b>	<b>Media</b>		<b>20</b>	<b>12,50</b>	<b>67</b>	<b>0,74</b>	<b>25</b>

CCC: caña cortada en crudo; CQCE: caña quemada cortada entera; CQSC: caña quemada sin cortar

**Tabla 3.** Agrupación de medias de °Brix para tratamientos por la prueba de Tukey

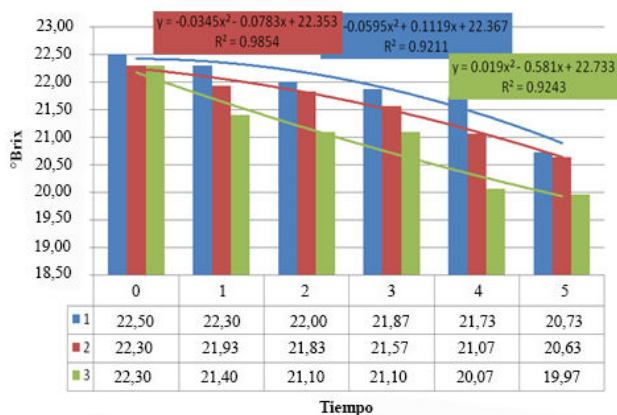
Tratamiento	Media	Grupo	N
CCC	21,8556	A	18
CQSC	21,5556	A	18
CQCE	20,9889	B	18

DMSH 0,05 = 0,526

**Tabla 4.** Agrupación de medias de °Brix para tiempo por la prueba de Tukey

Tiempo	Media	Grupo	N
0	22,3667	A	9
24	21,8778	A	9
48	21,6444	AB	9
72	21,5111	AB	9
96	20,9556	BC	9
120	20,4444	C	9

DMSH 0,05 = 0,92



**Figura 3.** Comportamiento de °Brix en caña después de la cosecha sobre el cultivar 'Mex 69-290' ciclo soca. 1) caña cortada en crudo (CCC); 2) caña quemada sin cortar (CQSC); 3) caña quemada cortada entera (CQCE)

**Tabla 5.** Agrupación de medias de Pol para tratamientos por la prueba de Tukey

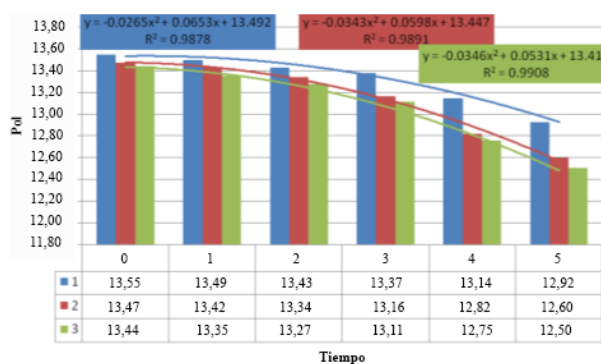
Tratamiento	Grupo	Media	N
CCC	A	13,31778	18
CQSC	B	13,13556	18
CQCE	B	13,07167	18

DMSH 0,05 = 0,1361%

**Tabla 6.** Agrupación de medias de Pol para tiempo por la prueba de Tukey

Tiempo	Media	Grupo	N
0	13,48333	A	9
24	13,42333	AB	9
48	13,34667	AB	9
72	13,21556	B	9
96	12,90556	C	9
120	12,67556	C	9

DMSH 0,05 = 0,236



**Figura 4.** Comportamiento de Pol en caña después de la cosecha del cultivar 'Mex 69-290' ciclo soca. 1) caña cortada en crudo (CCC); 2) caña quemada sin cortar (CQSC); 3) caña quemada cortada entera (CQCE)

**Tabla 7.** Agrupación de medias de humedad por tratamientos por la prueba de Tukey

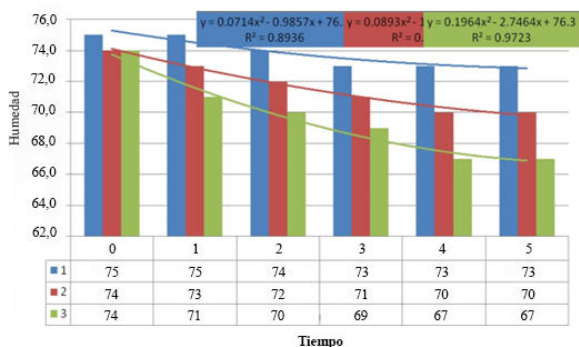
Tratamiento	Grupo	Media	N
CCC	A	73,8333	18
CQSC	B	71,6667	18
CQCE	C	69,6667	18

DMSH 0,05 = 1,4371

**Tabla 8.** Agrupación de medias de humedad para tiempo por la prueba de Tukey

Tiempo	Media	Grupo	N
0	74,3333	A	9
24	73,0000	AB	9
48	72,0000	ABC	9
72	71,0000	BC	9
96	70,0000	C	9
120	70,0000	C	9

DMSH 0,05 = 2,5016



**Figura 5.** Comportamiento de humedad en caña después de la cosecha sobre el cultivar ‘Mex 69-290’ ciclo soca. 1) caña cortada en crudo (CCC); 2) caña quemada sin cortar (CQSC); 3) caña quemada cortada entera (CQCE)

**Tabla 9.** Agrupación de medias de reductores para tratamientos por la prueba de Tukey

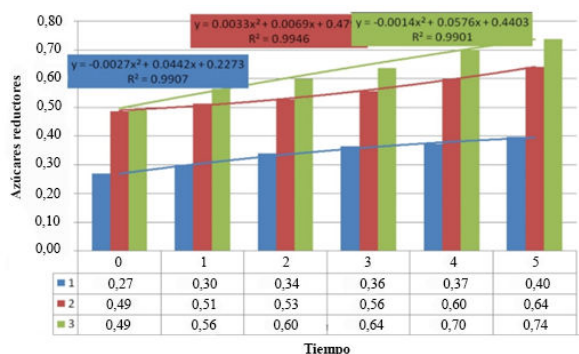
Tratamiento	Grupo	Media	N
CQCE	A	0,62111	18
CQSC	B	0,55389	18
CCC	C	0,34056	18

DMSH 0,05 = 0,0417

**Tabla 10.** Agrupación de medias de reductores para tiempo por la prueba de Tukey

Tiempo	Media	Grupo	N
120	0,59111	A	9
96	0,55778	AB	9
72	0,51889	ABC	9
48	0,48889	BC	9
24	0,45889	DC	9
0	0,41556	D	9

DMSH 0,05 = 0,0726



**Figura 6.** Incrementos de los azúcares reductores en caña después de la cosecha sobre el cultivar ‘Mex 69-290’ ciclo soca. 1) caña cortada en crudo (CCC); 2) caña quemada sin cortar (CQSC); 3) caña quemada cortada entera (CQCE)

## CONCLUSIONES

La caña quemada, como materia prima para la producción de azúcar, etanol o piloncillo presenta un mayor deterioro en su calidad agroindustrial de forma más acelerada que la caña cruda, es decir, el contenido de sacarosa disminuye en mayor medida que la quemada posterior a las primeras 24 h de realizada la quema. En relación al sistema de corte, la caña quemada troceada inicia su deterioro de forma apreciable y con mayor velocidad por cada día transcurrido antes de su molienda debido que la caña cortada es atacada por bacterias, las que desdoblán la sacarosa transformándola principalmente en glucosa incrementando los azúcares reductores, reduciendo su calidad, las bacterias llegan a los molinos y alteran el jugo en proceso.

Los índices de calidad del cultivar ‘Mex 69-290’ son visibles después de las 24 h del corte. Por lo tanto, el máximo permisible económicamente para moler la caña debe ser en ese periodo de tiempo ya que las condiciones climáticas que se presentaron durante el desarrollo en el área de estudio no influyeron sobre el deterioro en el cultivar de caña de azúcar ‘Mex 69-290’ ciclo soca, pues sus variaciones no fueron extremas presentando una temperatura de entre 16 y 26 °C, no se presentaron lluvias y la evaporación fue entre 0,8 y 10,6 mm por día, por lo que el deterioro puede considerarse normal.

Por lo tanto, se requieren llevar a cabo, la integración de investigaciones realizadas sobre el tema de las afectaciones de la quema para que todos los actores de la agroindustria establezcan una planeación a mediano y largo plazo con bases de sostenibilidad para la reducción de la cosecha con quema y el uso rentable de los residuos de cosecha ya que actualmente derivado de los altos costos de cosecha verde y la topografía de las zonas cañeras no es posible.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Noe Aguilar-Rivera:** conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Interpretó los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito. Fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial).

**Agustín Herrera Solano:** tuvo la responsabilidad de supervisar y liderar la planificación y ejecución de las actividades de investigación, incluida la tutoría al equipo responsable de tomar los datos experimentales.

## BIBLIOGRAFÍA

- BHATIA, S., UPPAL, S. K., THIND, K. S., *et al.* 2009. Post harvest quality deterioration in sugarcane under different environmental conditions. *Sugar Tech*, 11 (2): 154-160.
- CARDOSO, T. F., WATANABE, M. D., SOUZA, A., *et al.* 2018. Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12 (1): 68-82.
- CONADESUCA. 2020. 6° Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México, Zafra 2009-2010/2018-2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/conadesuca/es/articulos/6-informe-estadistico-del-sector-agroindustrial-de-la-cana-de-azucar-en-mexico?idiom=es>. Consultado 07/05/2020.
- DE JESUS, K. R. E., TORQUATO, S., MACHADO, P. G., *et al.* 2019. Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Decision Support System. *Environmental Development*, 32: 100444.
- LINNENLUECKE, M. K., NUCIFORA, N. and THOMPSON, N. 2018. Implications of climate change for the sugarcane industry. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9 (1): e498.
- MACHADO, P. G., RAMPAZO, N. A. M., PICOLI, M. C. A., *et al.* 2017. Analysis of socioeconomic and environmental sensitivity of sugarcane cultivation using a Geographic Information System. *Land Use Policy*, 69: 64-74.
- SANTANA, P. B., ASPIAZU, I., PINHEIRO, D. T., *et al.* 2019. Industrial characteristics of sugarcane varieties under semi-arid conditions and different irrigation depths. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31 (9): 725-734.
- SOLOMON, S. 2009. Post-harvest deterioration of sugarcane. *Sugar Tech*, 11 (2): 109-123.
- SOLOMON, S. 2000. Post-harvest cane deterioration and its milling consequences. *Sugar Tech*, 2 (1): 1-18.
- WHITE, P. M. and WEBBER, C. L. 2018. Green-cane harvested sugarcane crop residue decomposition as a function of temperature, soil moisture, and particle size. *Sugar Tech*, 20 (5): 497-508.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.