

Caracterización de la fibra larga y corta en variedades comerciales de caña de azúcar y su impacto en el proceso fabril

Roosembert Polanco Banderas

Directores:

**Jesús Eliecer Larrahondo, PhD
Yesid Fabián Zambrano, PhD**

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Maestría en química industrial Cali, Colombia
2021**

Caracterización de la fibra larga y corta en variedades comerciales de caña de azúcar

Roosembert Polanco Banderas

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Química Industrial**

Directores:

**Jesús Eliecer Larrahondo, PhD
Yesid Fabián Zambrano, PhD**

**Línea de Investigación:
Electroquímica y Medio ambiente
Grupo de Investigación:
GIEMA**

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Maestría Química Industrial Cali, Colombia
2021**

IMPACTOS

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Científico	Artículo científico	La comunidad

CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA LARGA Y CORTA EN VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR

Roosembert Polanco Banderas ¹, Jesús Eliecer Larrahondo ¹, Yesid Fabián Zambrano²,

¹Grupo de Investigación electroquímica y medio ambiente. Facultad de Ciencias Básicas. ²Grupo de Investigación GIEIAM. Facultad de ingeniería. Universidad Santiago de Cali.

RESUMEN

La relación fibra larga / fibra corta es utilizada como una característica de facilidad de molienda de la caña de azúcar en el proceso azucarero. Esta relación se realiza mediante diferentes métodos, entre los que se encuentra la separación mecánica de los dos principales componentes de la fibra de la caña de azúcar denominados fibra dura (o larga) y "pith" (fibra corta), después de digestión húmeda en un desintegrador tipo "Jeffco". Diferentes variedades de caña de azúcar fueron evaluadas considerando el contenido de materia extraña; contenido de fibra total in la caña, zonas agroecológicas y se asociaron con observaciones o problemas encontrados en la molienda. La relación entre la fibra larga y el "pith" (fibra corta), determinada en este trabajo varía entre 0.4 a 1.2; el cual, se presenta como indicador útil para predecir la facilidad de preparación y molienda de nuevas variedades de caña de azúcar.

Palabras clave: Relación fibra larga y corta; caña de azúcar; variedad; zona agroecológica; rendimiento de sacarosa.

ABSTRACT

The long fiber / short fiber ratio is used as a characteristic of milling ease of sugar cane in the sugar process. This relationship is carried out by different methods, among which is the mechanical separation of the two main components of the sugarcane fiber called hard fiber (or long) and "pith" (short fiber), after wet digestion in a "Jeffco" type blaster. Different varieties of sugarcane were evaluated considering the content of foreign matter; total fiber content in cane; agro-ecological zones and were associated with observations or problems found in the milling. The relationship between the long fiber and the "pith" (short fiber) determined in this work varies between 0.4 to 1.2, which, is presented as a useful indicator to predict the ease of preparation and milling of new varieties of sugar cane.

Keywords: *Long and short fiber ratio; sugar cane; variety cane; agro-ecological zone; Sucrose yield.*

1. INTRODUCCIÓN

Por definición, la materia insoluble de la caña de azúcar se denomina fibra. La fibra consiste en dos materiales distintos denominados: fibra larga (o dura), formada de células esclerenquimatosas de la corteza y tejido vascular de los tallos y la médula ("pith"), constituida por células parenquimatosas de forma irregular, más suaves, ubicadas en los tejidos más internos del tallo. Este constituyente de la fibra (médula) está incorporado principalmente en la fracción de la fibra denominada fibra corta, después de la preparación y molienda de la caña de azúcar.

En general, se acepta una razón de fibra dura: médula, alrededor de 60:40 (1,5), según el tipo de caña (Larrahondo, J. E. 2012). La fibra de caña, desde el punto de vista químico, es una mezcla compleja de celulosa, hemicelulosa y lignina. La cantidad de fibra en un tallo varía según su longitud y diámetro, de esta manera se ha detectado que la corteza representa una mayor proporción en caña de diámetro pequeño o delgado. Igualmente, el número de nudos o la longitud de los entrenudos tienen también influencia en los niveles de fibra en la caña de azúcar.

La celulosa es un polímero de alto peso molecular, compuesto de un número muy alto de unidades de glucosa (hexosas). La hemicelulosa, por otra parte, está conformada de una gran proporción de unidades de xilosa con pequeñas cantidades de arabinosa (o sea pentosas). La lignina es una sustancia compleja formada en gran parte

de compuestos fenólicos, la cual en asocio con las otras dos fracciones de la fibra (celulosa y hemicelulosa) proporcionan rigidez o dureza a los tallos de caña de azúcar.

Las cantidades relativas de celulosa, hemicelulosa y lignina, varía considerablemente en la variedad, la edad de la caña y las condiciones de desarrollo del cultivo. Esta variación tiene un efecto en la dureza de la caña.

Aunque la fibra puede ser vista como un material inerte, este no es el caso. La hemicelulosa de la fibra reacciona con la cal (lechada) para formar o liberar ácido acético. Igualmente, en la estructura celular de la caña se encuentran pequeñas cantidades de sílice y calcio, los cuales pueden causar problemas en los evaporadores debido a la formación de incrustaciones.

La médula (o "pith") es un material liviano y altamente poroso, el cual no exhibe una buena sedimentación durante la clarificación y puede causar si no se retira de manera apropiada, problemas en la etapa de centrifugación y afectar la calidad final del azúcar.

La relación fibra larga / fibra corta como característica varietal en caña de azúcar

La relación entre la fibra larga y fibra corta de la caña de azúcar en diferentes variedades ha sido objeto de múltiples estudios debido a su importancia en el proceso de molienda del proceso azucarero. Los trabajos adelantados por Snow (1974) demostraron que existe una correlación entre la relación de fibra larga (o dura) / fibra corta (Tabla 1) y los problemas de molienda de cada variedad; además se ha reportado que la caña inmadura o de menor edad posee una mayor proporción de fibra corta, pero por el contrario cuando la caña alcanza su periodo de máxima maduración, la fracción de fibra larga (dura) dentro de los tallos se incrementa (Tabla 2), (Snow, J. T. 1974; Larrahondo, J. E. 1991; Moodley, M. 1991; Barker, B y Wesley – Smith, J. 2008).

Igualmente, es importante destacar que las relaciones de fibra larga / fibra corta, no necesariamente correlacionan con los niveles de fibra total de la caña, así, por ejemplo, se pueden tener variedades con bajo porcentaje de fibra y una alta relación de fibra larga y corta.

Tabla 1. Relación de fibra larga a fibra corta para diferentes variedades de caña de azúcar a la edad de 11 meses

Variedad	Fibra larga / fibra corta	Fibra % caña
CL 59 – 994	1,52 a ¹	12,2
CP 57 – 603	1,33 ab	9,6
CL 61 – 5	1,17 bc	9,5
CL 41 – 223	1,01 cd	10,1
CL 61 – 205	0,98 cd	9,0
CL 54 – 378	0,85 de	11,0
CL 54 - 312	0,66 e	10,1

¹ promedio de 5 repeticiones (Análisis de Duncan, nivel de 0,05)

Fuente: Snow, J. T. (1974)

Tabla 2. Variaciones de la relación de fibra larga (F_L) a fibra corta (F_C) con la edad de la caña de azúcar

Variedad: CL 41 – 223		Variedad: CL 41 - 223	
Edad (meses)	Fibra larga / fibra corta	Edad (meses)	Fibra larga / fibra corta
7	0,58	9	2,94
10	1,07	19	3,43
11	1,01		
12	1,00		

Fuente: Snow, J. T. (1974)

Fuente: Moodley, M. 1991

Estudios del efecto de la materia extraña en la relación fibra larga / fibra corta, realizados por Moodley (1991), también indicaron que esta relación y la fibra total de la caña se incrementaba principalmente con el contenido y naturaleza de las impurezas o material extraño (cogollos, hojas, etc.) (Tabla 3). Esto indica que no solo la variedad,

si no otros factores tales como edad, situación geográfica y condiciones de cosecha pueden afectar la calidad de la fibra.

Tabla 3. Efecto de materia extraña (vegetal) en los niveles de fibra y relación fibra larga / fibra corta

Muestra	Fibra % caña	Relación fibra larga / fibra corta
Caña limpia	12,8	2,17
Caña más cogollos	14,2	3,4
Caña más materia extraña	18,2	3,4

Fuente: Moodley, M. 1991

Importancia y comentarios generales sobre la relación fibra larga / fibra corta en los procesos fabriles

En la industria azucarera, la fibra en forma de bagazo tiene gran valor como combustible en la fábrica, permite generación de electricidad y es así como la denominada cogeneración es muy importante y de alto valor agregado en la agroindustria azucarera, como forma de reemplazar el empleo de combustibles fósiles en las calderas para la producción de energía, Larrahondo, J.E(2012). Además, el bagazo también ha sido utilizado en la elaboración del papel, alcohol de segunda generación, tableros aglomerados, alimentación animal y producción de furfural, es por esto de la importancia de esta investigación que se enfocará en estudiar el contenido y relación de la fibra larga y corta de las variedades comerciales más representativas de un ingenio azucarero cultivado bajo condiciones del Valle del Cauca, esto va a aportar información a los técnicos azucareros para adaptar sus procesos al conocer esta materia prima.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las variedades de caña analizadas en este trabajo correspondieron a la caña cosechada en el segundo semestre del año 2020 en un ingenio del valle del cauca, la distribución varietal de la caña sembrada en el ingenio es del 34% de la CC01-1940; 20% de la CC85-92; 12% de la CC05-430; 10% de la CC01-746; 3% de la CC01-1228, 3% de la CC93-4418; 1 % de la PR 61-632 y 17% de mezclas de otras variedades. De acuerdo con esta distribución se realizó el diseño experimental para la toma de muestras, en la tabla 5 se muestran las variables que se tuvieron en cuenta en este trabajo

Tabla 4. Variables de respuesta de trabajo

Variables	
Dependiente	Relación fibra larga/ fibra corta.
Independiente	Variedad de caña de azúcar
	Zona agroecológica
	Materia extraña (cogollos y hojas)

2.1 Muestreo y Preparación

2.1.1 Muestreo

De un lote comercial se tomaron 16 tallos, teniendo el cuidado de seleccionar o evaluar una muestra representativa de distintos surcos y cepas, como guía se siguió la metodología de muestreo de precosecha del Centro de Investigación de la Caña (CENICAÑA 2019)

2.1.2 Preparación de la muestra

2.1.2.1 Se descogolló cada tallo en un punto natural de quiebre y de cada uno de ellos se obtuvieron tres secciones. Cada sección se preparó en dos etapas, desintegración y homogeneización, según lo indicado en el manual de instrucciones de CONSECAÑA 2006

2.1.2.2 Desintegración: La muestra se desfibró en un desintegrador DM 50 de marca IRBI en partículas pequeñas y homogéneas con un índice de preparación de la muestra del $90\% \pm 2$, sin piezas ni astillas (metodología para determinar el índice de preparación se encuentra descrito en el manual de instrucciones de CONSECANA 2006).

2.1.2.3 Homogeneización: La muestra desintegrada se homogeneizó en un equipo de hormigones HM 50 marca IRBI, adaptadas con un raspador



a) Muestra de caña

b) Descogollado

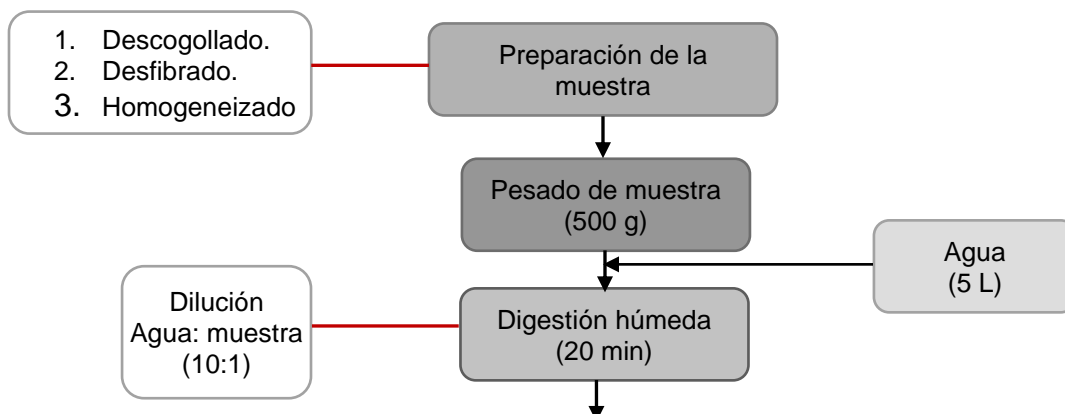
c) Equipos: desfibrador y homogeneizador

Figura 3 preparación de muestra. Fuente laboratorio de caña ingenio manuelita (2020)

2.3 Análisis de muestras

2.3.1 Determinación de fibra larga/fibra corta: se pesaron 500 g de cada muestra preparada por cada variedad de caña la cual se desintegró en un digestor tipo “Jeffco” en aproximadamente 5 litros de agua, durante 20 – 30 minutos. Después de este tiempo de digestión, se transfirió a un cilindro (o canastilla) metálico de 35 cm x 15 cm x 15 cm, que tiene perforaciones o una malla de 2 mm de diámetro. El cilindro o canastilla, bien cerrado fue sometido a un lavado con suficiente agua en una tina o recipiente de plástico. El agua de lavado junto con el extracto obtenido durante la digestión se filtró para obtener la fracción de fibra corta (o “pith”) la cual se secó y se pesó. La fracción de fibra dura o larga corresponde a la fibra remanente dentro del cilindro o canastilla, que igualmente fue secada y pesada.

2.3.2 El cálculo para determinar la relación es = gramos de fibra larga seca / gramos de fibra corta seca.



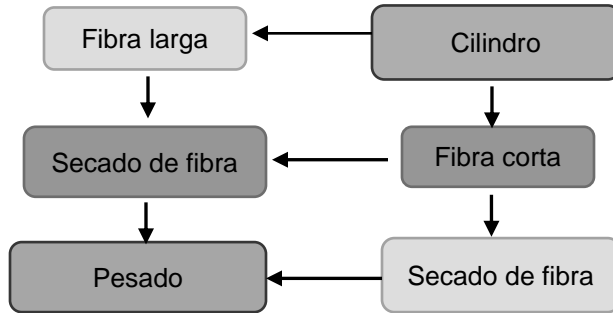


Figura 4. Flujo de análisis determinación de fibra larga y fibra corta.

3 RESULTADOS

En la tabla 6 se muestra la relación de fibra larga y fibra corta con su contenido de fibra % caña de siete variedades comerciales a una edad de corte entre 12 a 13 meses ubicadas en la misma zona agroecológica del valle del cauca.

Tabla 5 Relación fibra larga (FL) Fibra corta (Fc) de diferentes variedades a la edad de corte (12-13 meses)

Variedad	F _L /F _C	Fibra% caña
CC 01-1228	0.62±0.26	14.1±0.9
CC 01-1940	0.71±0.23	13.9±1.3
CC 01-746	0.70±0.25	14.4±0.8
CC 05-430	1.12±0.31	14.6±1.8
CC 85-92	0.76±0.21	14.3±1.3
CC 93-4418	0.73±0.25	13.7±0.8

*Variedad de referencia en el ingenio Manuelita.

** promedios aritméticos + desviación estándar

Tabla 6. Efecto de la materia extraña en la fibra % caña y la relación f fibra larga/fibra corta de la caña

Datos de la muestra		Fibra % caña		Fibra larga/Fibra corta		Contenido materia extraña %
Variedad	Edad	Tallo	tallo + materia extraña	Tallo	tallo + materia extraña	
CC 01-1940	12.70	12.65	15.54	1.37	0.84	14.70
CC 01-746	12.20	14.87	17.26	0.87	0.81	14.70
CC 99-2461	13.00	11.11	12.23	0.86	0.63	17.01
CC 01-1940	12.10	11.97	13.74	1.00	1.02	12.22
CC 01-746	13.70	13.41	16.46	0.46	0.43	16.17
CC 85-92	12.80	13.92	17.25	0.60	0.58	17.49
CC 85-92	12.80	13.68	15.67	0.68	0.50	15.17
CC 85-92	12.80	13.69	16.97	0.57	0.54	23.76
CC 01-746	12.10	14.21	19.32	0.71	0.47	20.35
CC 01-1940	12.10	12.14	14.55	0.62	0.72	17.66
CC 01-746	12.00	12.71	15.87	0.45	0.85	16.93
CC 85-92	11.90	13.23	17.64	0.82	0.63	22.35
CC 01-1940	12.30	12.92	14.77	1.38	1.01	13.98
CC 85-92	13.10	13.70	17.55	0.99	0.72	22.48
CC 85-92	12.30	12.75	16.84	0.83	0.80	23.54
CC 85-92	12.40	13.08	15.82	0.96	0.85	21.29
CC 85-92	12.10	13.24	17.37	0.92	0.75	25.64
CC 85-92	12.70	12.34	15.47	0.73	0.61	17.90
CC 01-746	12.30	15.39	17.47	1.05	0.82	16.27
CC 85-92	12.10	13.61	16.81	0.60	0.57	19.22
CC 85-92	13.40	14.84	16.77	0.81	0.88	16.51
CC 85-92	13.30	10.12	11.34	0.92	1.23	17.81
CC 85-92	12.20	14.00	16.21	0.81	0.76	16.18
CC85-92	12.10	13.60	17.63	0.81	0.87	17.01
CC 01-1940	11.70	13.31	15.87	0.96	0.88	21.04
CC 01-1940	11.70	12.90	15.54	0.81	0.84	17.75
CC 01-1940	11.44	11.54	13.25	0.79	0.71	20.90
PR 61-632	11.90	15.92	20.11	0.87	0.93	21.23
CC 01-1940	12.80	12.94	14.43	0.90	0.61	21.41
CC 11-600	11.90	11.69	12.75	0.79	0.65	17.35
CC 85-92	12.40	12.06	14.82	0.67	1.00	17.74
CC 85-92	12.20	14.14	17.37	0.90	0.77	15.53
CC 85-92	12.30	12.29	15.54	0.84	0.63	26.75
CC 85-92	12.40	13.19	17.50	0.78	0.78	21.40
CC05-430	13.30	14.40	17.12	0.89	1.34	23.72
CC 01-678	12.70	10.76	11.39	0.41	0.46	13.96

En esta tabla se muestran el resultado de 36 ensayos donde se tomaron muestras aleatorias de tallos de caña con su materia extraña (cogollo y hojas) en el campo de diferentes variedades de caña, zonas agroecológicas y edad entre 12 y 13 meses, estas muestras se prepararon por aparte: tallo y materia extraña, la muestra de tallo se dividió en dos partes a una se le determinó fibra % caña y la relación de fibra larga/fibra corta y a la otra se le incorporó un % de materia extraña y se le realizaron las mismas determinaciones

Tabla 7 Efecto de la zona agroecología en la relación fibra larga/fibra corta,

Zona Agroecológica	Relación F_L/F_C						Media	Desviación estándar
11H0	0.79	0.51	0.62	0.48	0.51	0.48	0.57	0.122
11H1	0.72	0.62	0.63	0.49	0.48	0.53	0.58	0.094
6H1	0.42	0.76	0.59	0.53	0.59	0.46	0.56	0.120

Para este ensayo se tomó la variedad CC 01-1940 por ser la que se encuentra sembrada en mayor % en diferentes zonas agroecológicas.

11H0= Suelo de textura franca fina y franco fina sobre arcilla corresponde a zonas con déficit de humedad (H0:<0 mm de agua/año). (CENICAÑA, 2011.p62)

11H1= Suelo de textura franca fina y franco fina sobre arcilla corresponde a zonas de humedad normal. (H1:<200 mm de agua/año). (CENICAÑA, 2011.p62)

6H1= Suelos de textura finas y contenidos de arcilla entre 35% y 60 % corresponde a zonas de humedad normal (H1: <200 mm de agua/año). (CENICAÑA, 2011.p63)

3 DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS).

De acuerdo con observaciones e investigaciones efectuadas por: el ingenio laredo de Perú Casas, J.E (2011); Barker (2009); Brotherton y otros investigadores (1986) y Snow (1974), han concluido que cañas con un alto contenido de fibra larga o dura (o un alto valor de la relación fibra larga / fibra corta) causan serios problemas durante la molienda asociados con incrementos de costos en el mantenimiento de los molinos o equipos de molienda y un alto consumo de energía. Pero, por el contrario, también es cierto que variedades o caña con altos valores de fibra corta (o "pith") afectan negativamente el proceso de extracción y molienda, reduciendo las tasas del proceso con una alta producción de "cush - cush" (material extraído del jugo del molino al filtrar) y generación de un bagazo con alto contenido de humedad, lo cual afecta su poder calorífico para su posterior empleo en la generación de energía. En general, las variedades o cañas con un alto nivel de fibra corta son más difíciles de procesar que ligeramente mayor de fibra larga o dura. Estos hechos enfatizan la necesidad de disponer de variedades o caña comercial que exhiban cantidades aproximadamente iguales de fibra larga y fibra corta (relación aproximada a 1,0), las cuales de acuerdo con las observaciones en la molienda son las que menos problemas causan en el proceso azucarero.

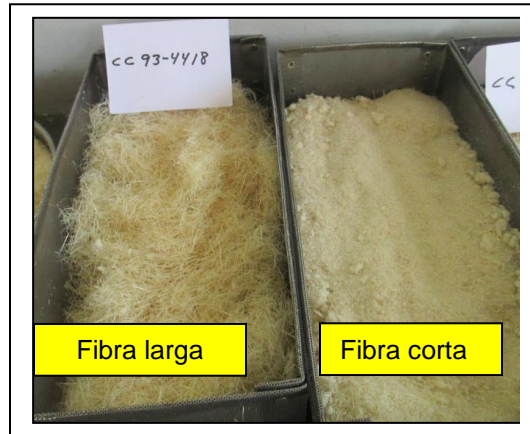


Figura 5. Fibras de cañas

Al comparar la distribución de la relación de la fibra larga y la fibra corta medida en cada una de las variedades se observa que la variedad CC05-430 tiene una relación >1 , con respecto a las demás variedades que presentaron relación de fibra larga/fibra corta por debajo de 0.5. ver tabla 1.

Al asociarlo con los problemas de molienda identificados por el personal de operación, que observaron este aumento de fibra corta (médula) en la preparación de la caña debido a la menor resistencia al desfibrarla, generó posteriormente atascamiento en los chutes de alimentación a los molinos por aglomeración de bagazo (figura 6), especialmente en los molinos 1 y 6; causando, reducción en la tasa de molienda. Este problema se evidencio en las variables del molino No1 en la figura 7 se aprecia que el nivel del chute (alimentación de caña desfibrada al molino) está al 100% con una caña de relación fibra larga y fibra corta mayor a 1.0 maneja una presión de toberas de la turbina (la presión que ejerce las mazas de los molinos al extraer el jugo de la caña desfibrada) estable en ± 200 psi (normal) (Casas, J.E. 2015). Cuando se alimentaba el molino No 1 con caña desfibrada con una relación de fibra larga y fibra corta entre 0.4-0.7 la presión de toberas de la turbina bajó hasta 100 psi (ver comportamiento en la figura 8) disminuyendo la rata de molienda.



Figura 6. Aglomeración de bagazo por la fibra corta.



Figura 7 gráfico de control software Experion. Variables operativas de molienda. (Casas, J.E. 2015).

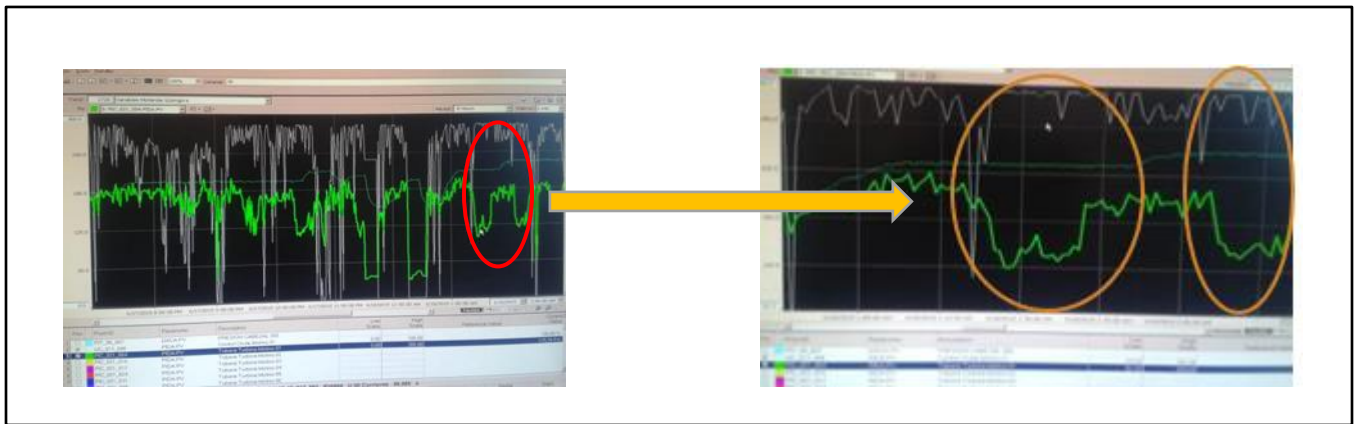


Figura 8 Nivel de chute 100% (variable normal) y presión de toberas de turbina baja ± 100 PSI (variable fuera de control). Relación fibra larga y fibra corta 0.4. (Casas, J.E. 2015).

En este estudio; también, se encontró que no hay una correlación significativa ($r=0.125$ figura 9) entre la relación de fibra con el contenido de fibra % caña; lo cual, coincide con las investigaciones de Snow, J. T. 1974; Larrahondo, J. E. 1991, "las relaciones de fibra larga / fibra corta, no necesariamente correlacionan con los niveles de fibra total de la caña, así, por ejemplo, se pueden tener variedades con bajo porcentaje de fibra y una alta relación de fibra larga y corta. ver figura 9

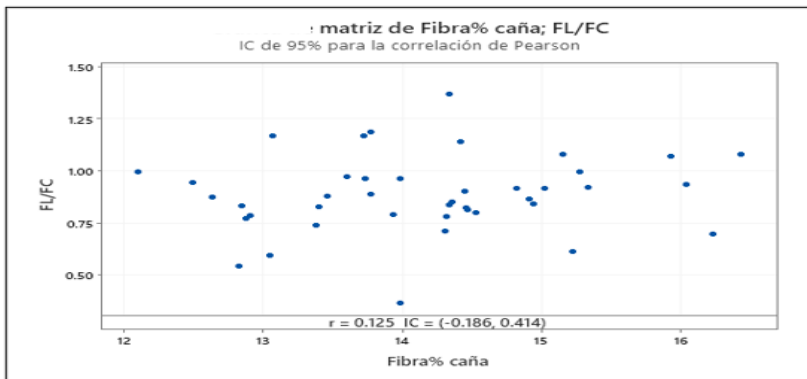


Figura 9 Correlación de Pearson fibra % caña vs relación fibra larga/fibra corta

El efecto de la materia extraña (cogollo y hojas) en la relación de fibra larga y fibra corta en este trabajo indicó una disminución, el cual se puede detallar en la figura10 en el gráfico de cajas y los cálculos de los cuartiles.

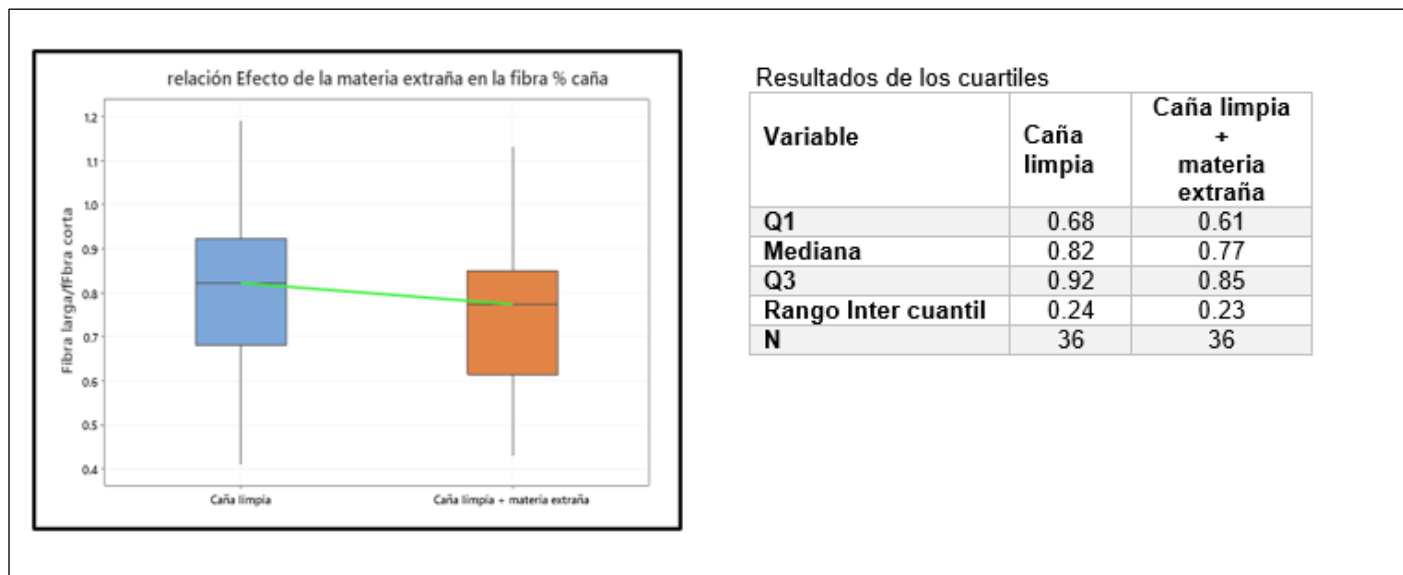


Figura 10 gráficos de cajas y cálculos de cuartiles del efecto de la materia extraña en la relación fibra larga/fibra corta

Esta diferencia no es significativa puesto que el análisis estadístico de contraste de significancia: prueba T pareada no rechaza la hipótesis nula planteada: $H_0: \mu=0$; la materia extraña no afecta significativamente la relación de la fibra larga y la fibra corta en la caña, puesto que el valor crítico $t >$ valor estadístico t ($2.03 > 1.59$), y el resultado de probabilidad P ($|t| \geq 1.59$) = 0.122. > 0.05 , se llega a la conclusión que: la materia extraña no afecta significativamente la relación de la fibra la y la fibra corta de la caña.

Tabla 8 Prueba T para media de dos muestras emparejadas

	Tallo (FL/Fc)	tallo + materia extraña (FL/Fc)
Media	0.82	0.76
Varianza	0.04	0.04
Observaciones	36.00	36.00
Diferencia hipotética de las medias ($H_0 \mu=0$)	0.00	
Grados de libertad	35.00	
Estadístico t	1.59	
P(T<=t) dos colas	0.12	
Valor crítico de t (dos colas)	2.03	

En este caso, la materia extraña vegetal incorporada durante la cosecha y preparada junto con la caña en el proceso de molienda no afectaron la relación de la fibra larga/fibra corta, pero otros estudios como los de Moodley (1991) demostraron lo contrario, estas observaciones son probablemente debidas a la diferencia en la naturaleza y características de la materia extraña de estas variedades. En lo que si se coincide con Moodley (1991) es que la materia extraña incrementa significativamente la fibra % caña (figura 11) como se demuestra en la prueba de

contraste de significancia tabla 8, El incremento de la materia extraña en la cosecha reduce la tasa de molienda, demostrado por Scott en 1971.

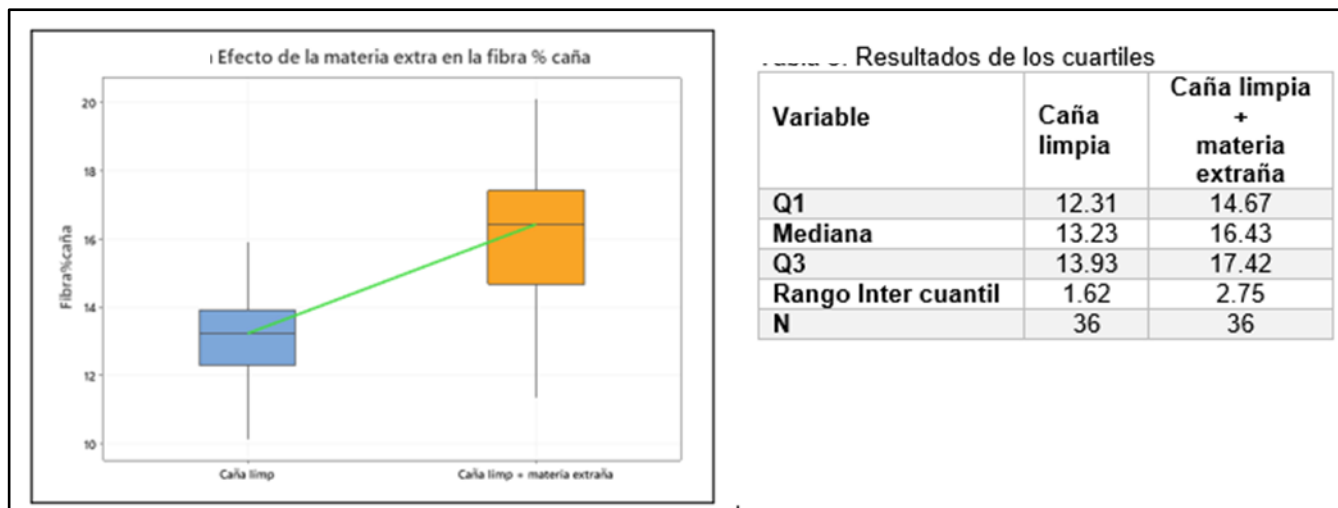


Figura 11 gráficos de cajas y cálculos de cuartiles del efecto de la materia extraña en la fibra % caña

Tabla 9
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la fibra % caña

	Tallo	Tallo + materia extraña
Media= μ	13.12	15.90
Varianza	1.55	4.00
Observaciones	36.00	36.00
Coefficiente de correlación de Pearson	0.88	
Diferencia hipotética de las medias $\mu=0$	0.00	
Grados de libertad	35.00	
Estadístico t	-15.55	
P(T<=t) dos colas	0.00	
Valor crítico de t (dos co	2.03	

Hipótesis nula (la media de la fibra % caña es igual a la media de la fibra % caña al incorporarle materia extraña)
 $H_0: \mu = \mu$
 Hipótesis alterna (la media de la fibra % caña no es igual a la media de la fibra % caña al incorporarle materia extraña)
 $H_1: \mu \neq \mu$

Puesto que el valor calculado $|t| >$ Valor crítico de t ($15.00 > 2.03$) ya que la probabilidad $P(|t| \geq 15.55) = 0$ es menor que 0.05, se llega a la conclusión: la materia extraña influye significativamente en el contenido de fibra % caña. Rechaza la hipótesis nula.

Finalmente, en esta investigación se encontró que no hay diferencia significativa en la relación fibra larga y fibra corta entre las zonas agroecológicas 11H0, 11H1 y 6H1 debido a que la prueba de varianza de un solo factor indicó que el valor crítico es mayor que el valor F calculado ($3.68 > 0.004$). ver pruebas estadísticas en la tabla 10

Tabla 10. Varianza de un solo factor variedad CC 01-1940 variable zonas agroecológicas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
11H0	6	3.39	0.565	0.01483
11H1	6	3.47	0.57833333	0.00885667
6H1	6	3.35	0.55833333	0.01445667

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.00124444	2	0.00062222	0.04893822	0.95239135	3.682320344
Dentro de los grupos	0.19071667	15	0.01271444			
Total	0.19196111	17				

5. CONCLUSIONES

La relación de fibra larga y corta menores a 0.5 mostró en este trabajo que baja la tasa de molienda de la caña debido a que las mazas de los molinos no pueden agarrar esta calidad de caña para extraer el jugo.

Según los resultados estadísticos se encontró que la materia extraña y las zonas agroecológicas no tienen diferencia significativa en la relación fibra larga y fibra corta.

El conocimiento de las relaciones de fibra larga / fibra corta, es de gran utilidad para la etapa de molienda y elaboración de la caña y debería evaluarse periódicamente, antes del proceso, teniendo en cuenta no solo la variedad, si no la edad del cultivo, condiciones de cosecha (corte manual o mecánico) y zona agroecológica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cenicaña, (2019). Manual de procedimientos analíticos de la caña de azúcar.

Casas, J. E. (2011). Informe calidad de caña ingenio laredo.

Casas, J. E. (2015). Informe calidad de caña ingenio Manuelita.

Cenicaña (2011). Zonificación agropecuaria para del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río cauca (cuarta aproximación). publicación, ISSN 0120-5846.

Barker, B.; Davis SB y Loubser, RC (2009). Assessing the processability of sugarcane varieties. Proc. S. Afr Sug Technol, Ass. 82: 350 - 353.

Barker, B. and Wesley – Smith, JC (2008). Pith / fibre measurement of sugarcane varieties using a stereomicroscope. Proc. S. Afr Sug Technol, Ass. 81: 198 - 200.

Brotherton G. A.; Cross, KWV.; Stewart, PN. (1986). Development of test methods to predict the handling characteristics of cane fibre during the milling process. Proc. of Australian Soc. of Sugarcane Technol. 17 - 24.

Larrahondo, J. E. (2012). Composición química de la caña de azúcar y su impacto en el proceso azucarero. Univ. del Valle. Cali, Colombia. 141 p.

Larrahondo, J. E. (1991). Variaciones en el contenido de fibra de variedades promisorias y comerciales en Colombia. Documento de trabajo 235. Programa de Agronomía. Cenicafé, Cali – Colombia. pp 1 -12.

Moodley, M. (1991). Pith and fibre content of cane. Sugar Milling Research Institute. Technical report No. 1596. 7 p.

Rein, P. (2012). Ingeniería de la caña de azúcar. Ed. Verlag Dr. Albert Bartens KG. Berlin, Alemania. 879 p.

Snow, J. T. (1974). Hard fibre and pith in sugarcane. A simple method for evaluating millability of new sugarcane varieties. Proc. ISSCT. Durban, South Africa. V. 3 pp 1169 – 1174.

Wesley – Smith, J. (2008).

Consecana, (2006). Manual de instruct. Ed.5. pp 44-51

[