



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE PANELA SOBRE LOS CULTIVOS DE CAÑA**

María Camila Osorio Arias

Marcela Rodríguez Castillo

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y arquitectura

Manizales, Caldas

2020

EFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA SOBRE LOS CULTIVOS DE CAÑA

Modalidad:

Propuesta de Investigación Articulada a un Semillero (TASA)

Presentado Por:

María Camila Osorio Arias

Marcela Rodríguez Castillo

Universidad Católica de Manizales

Tutora del Trabajo de Grado:

Jhuliana Marcela Gallego Ríos

Cotutor del Trabajo de Grado:

Juan Sebastián Arcila Henao

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y arquitectura

Ingeniería Ambiental

Manizales, Caldas

2020

Tabla de Contenido

1. Resumen	8
2. Introducción.....	9
3. Objetivos.....	11
3.1 Objetivo general.....	11
3.2 Objetivo específico	11
4. Marco Referencial	12
4.1. Antecedentes.....	12
4.1.1. Uso de residuos de la industria de la caña como fertilizantes	12
4.1.2. Método de análisis multivariado	14
5. Marco Teórico	15
5.1 Caña panelera.....	15
5.1.1 Taxonomía y descripción física de la caña panelera	15
5.1.2 Condiciones ecológicas	16
5.1.3 Etapas de crecimiento iniciales	18
5.1.4 Requerimientos nutricionales de la caña de azúcar.....	20
5.1.5 Variedades.....	22
5.2 Industria panelera.....	24
5.2.1 Proceso y generación de residuos.....	24
5.2.2 Descripción de los residuos.....	32
5.2.4 Usos de los subproductos del procesamiento de la caña panelera	33
5.3 Caracterización de los residuos.....	34
5.3.1 Caracterización química.....	35
5.4 Fertilizantes orgánicos utilizados en la industria de la caña panelera.	36
Uso del Biocane y otros.	37
5.4.1	37
5.5 Análisis multivariado.....	39
5.5.1 Diseño experimental 2 ³	39
5.5.2 ANOVA.....	40
6. Metodología.....	41
6.1 Obtención y preparación de la muestra.....	41

6.2	Características del Invernadero.....	43
6.3	Definición y/o selección de las variables de entrada	44
6.4	Caracterización física – químico de la cachaza.	45
6.5	Dosis de las variables de entrada	46
6.6	Cálculos para la determinación de las dosis	47
6.6.1	Biocane:.....	48
6.6.2	Bagacillo:	48
6.6.3	Cachaza:	49
6.7	Dimensiones de las bolsas de siembra	49
6.7.1	Determinación del área de la base, lateral y total de bolsa	49
6.7.2	Dosis para la adición a una bolsa	50
7.	Resultados y análisis	53
7.1	Descripción de las yemas o plantas de caña	54
7.2	Graficas y análisis ANOVA (POJ 28 – 78)	55
7.2.1	Tablas ANOVA.....	55
7.2.2	Graficas de efectos	60
7.2.3	Graficas de interacciones	66
7.2.4	Gráficos de barras.....	72
7.2.4.2	pH.....	73
7.2.4.3	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	75
7.2.4.4	Altura cm y pH POJ 28 – 78 (amarilla).....	76
7.3	Graficas y análisis ANOVA (POJ 27 – 14)	78
7.3.1	Tablas ANOVA.....	78
7.3.2	Graficas de efectos	82
7.3.3	Graficas de interacciones	88
7.3.4	Gráficos de barras.....	93
8.	Conclusiones.....	98
9.	Recomendaciones	100
10.	Dificultades.....	101
	Anexos	102
	Anexo I: Tabla de datos y mediciones para la caña amarilla (POJ 28 – 78)	102
	Anexo II: Tabla de datos y mediciones para la caña morada (POJ 27 – 14)	104

Anexo III: Descripción de la caña amarilla (POJ 28 – 78).....	107
Anexo IV: Descripción de la caña morada (POJ 27 – 14).....	114
Referencias	121

Índice de Tablas

Tabla I: Taxonomía, origen y distribución geográfica.....	15
Tabla II: Requerimiento nutricional de la caña panelera	22
Tabla III: Caracterización del bagacillo.....	35
Tabla IV: Composición fisicoquímica de cachaza.....	36
Tabla V: Parámetros fisicoquímicos de la cachaza	46
Tabla VI: Dosis para las variables de entrada.....	48
Tabla VII: Dosis máxima de las variables de entrada.....	51
Tabla VIII: Niveles	51
Tabla IX: Diseño experimental 2^3 , con once niveles.....	52
Tabla X: ANOVA altura	56
Tabla XI: Ecuación (altura).....	56
Tabla XII: R^2 (altura)	57
Tabla XIII: P - valor (pH).....	58
Tabla XIV: Ecuación (pH)	58
Tabla XV: R^2 (pH).....	58
Tabla XVI: P – valor (conductividad).....	59
Tabla XVII: Ecuación (conductividad).....	59
Tabla XVIII: R^2 (conductividad)	60
Tabla XIX: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la H	61
Tabla XX: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre el pH.....	63
Tabla XXI: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la conductividad	65
Tabla XXII: ANOVA (altura).....	79
Tabla XXIII: Ecuación de (altura).....	79
Tabla XXIV: R^2 (altura).....	79
Tabla XXV: ANOVA (pH)	80
Tabla XXVI: Ecuación (pH)	80
Tabla XXVII: R^2 (pH)	81
Tabla XXVIII: P- valor (conductividad)	82
Tabla XXIX: Ecuación (conductividad)	82
Tabla XXX: R^2 (conductividad).....	82
Tabla XXXI: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la H	83
Tabla XXXII: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre el pH.....	85
Tabla XXXIII: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la conductividad	87

Índice de Esquemas

Esquemas I: Proceso de la transformación de la caña a la panela.	28
Esquemas II: Cantidades generadas por una molienda en el trapiche La Unión	29

Índice de Ilustraciones

Ilustración I: Partes del tallo de la caña panelera	16
Ilustración II: Fases de crecimiento de la caña de azúcar.	20
Ilustración III: POJ 28 – 78.	23
Ilustración IV: POJ 27 – 14	24
Ilustración V: Biocane - G.....	37
Ilustración VI: YaraMila Activa.....	38
Ilustración VII: YaraBela Nitromag.....	38
Ilustración VIII: Bagacillo, cachaza y yemas de caña POJ 28-79 (caña amarilla) y POJ 27 - 14 (caña morada)	42
Ilustración IX: La Unión Imagen.....	42
Ilustración X: Invernadero	44
Ilustración XI: Ensayos preliminares	45
Ilustración XII: Primer día de siembra	53
Ilustración XIII: Medición de pH y conductividad	54

Índice de Gráficas

Gráfica I: Gráfica de efectos <H>.....	62
Gráfica II: Gráfica de efectos <pH>	64
Gráfica III: Gráfica de efectos <C>.....	66
Gráfica IV: Gráfica de interacciones <H>	68
Gráfica V: Gráfica de interacciones <pH>.....	70
Gráfica VI: Gráfica de interacciones <C>	72
Gráfica VII: Altura para cada uno de los niveles de la caña amarilla	73
Gráfica VIII: pH para cada uno de los niveles de la caña amarilla	74
Gráfica IX: Conductividad para cada uno de los niveles de la caña amarilla.....	75
Gráfica X: Altura - pH	76
Gráfica XI: Altura - Conductividad	77
Gráfica XII: Grafica de interacciones <H>	84
Gráfica XIII: Gráfica de efectos pH	86
Gráfica XIV: Gráfica de efectos <C>	88
Gráfica XV: Gráfica de interacciones <H>.....	90
Gráfica XVI: Gráfico de interacciones <pH>	91
Gráfica XVII: Gráfico de interacciones <C>.....	93
Gráfica XVIII: Altura para cada uno de los niveles de caña morada	94

Grafica XIX: pH para cada uno de los niveles de la caña morada.....	95
Grafica XX: Conductividad para cada uno de los niveles de la caña morada	96
Grafica XXI: Altura - pH.....	97
Grafica XXII: Altura - conductividad.....	98

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA SOBRE LOS CULTIVOS DE CAÑA

1. Resumen

La cachaza y el bagacillo son residuos que se generan en el proceso de caña para producir panela, el primero es utilizado como alimento para animales y/o abono y el segundo como combustible para el horno de preparación de la melaza para la panela, aunque por el gran volumen que se genera también se encuentra acumulado sin un destino final.

El presente proyecto busca evaluar los efectos de los residuos de cachaza, bagacillo y del fertilizante orgánico Biocane como aditivos en los cultivos de caña panelera sobre las variedades de caña POJ 28 – 78 y POJ 27 – 14 y sobre el suelo.

La metodología consistió en la elaboración de un invernadero en el cual se sembraron las dos variedades de caña panelera y se midieron parámetros de pH, altura y conductividad a partir de ellas implementó un análisis multivariable con un diseño factorial 2^3 que permitió la aplicación de las diversas combinaciones en cada planta y evaluar el efecto que producen en el cultivo.

2. Introducción

La panela es uno de los productos alimenticios más adquiridos dentro de la canasta familiar en Colombia con el 99% del total de la producción, generando una ocupación laboral del 12% de la población rural económicamente activa para 28 departamentos en el país (Ministerio de Agricultura, 2018). En el mercado internacional entre enero y julio de 2019 Colombia aumento la exportación de este producto a un 40% comparado con el mismo periodo 2018, pasando de 3.503 toneladas a 4.911 toneladas donde los principales destinos de exportación fueron España, Estados Unidos, Italia y Francia (Fedepanela, 2019).

El incremento en el consumo de panela en los últimos años ha generado que el cultivo de caña crezca; *“según cifras de la Encuesta Nacional Agropecuaria para el año 2015, dentro de los cultivos permanente, se ubicó como tercero luego del café y el plátano, reportando un total de 167.711 hectáreas (ha) plantadas, y de estas 146.957 (ha) en edad productiva, de donde se obtuvo un total 990.908 toneladas (t) de panela”* (DANE , 2017). Los departamentos con mayor producción son: Antioquia, Cundinamarca y Santander, los cuales representan respectivamente el 43,11; 9,6 y 9,51% del total, Caldas y en conjunto con otros departamentos presentan la participación minoritaria con el 3,8% (DANE , 2017).

El crecimiento continuo de esta actividad agrícola, en los últimos años ha generado que diferentes procesos se encuentren tecnificado, sin embargo, en el caso de la industria panelera en Colombia, tienen un procedimiento de transformación tradicional, lo cual presenta un proceso poco tecnificado, esto ha provocado que se generen diferentes residuos, por cada molienda. Durante el proceso de transformación de la caña a la panelera, se producen residuos tales como: **bagacillo**, el cual se genera del paso de la caña por el molino para

producir el guarapo; el **bagazo** es la fibra vegetal que queda del proceso de molienda; las **cachazas**, las cuales son las impurezas flotantes que se aglomeran en la mezcla durante el horneado; la **ceniza** compuesto de bagacillo, bagazo y otros materiales (leña, llantas usadas, etc.), las cuales son utilizadas para el aprovechamiento de energía para el horneado y el **aguamiel** que se genera de la limpieza del de los utensilios y herramientas del proceso (Ospina, Fedepanela, 2019). Además de esto el proceso de crecimiento de la caña de panela hasta su maduración presenta un tiempo de un año y medio, dependiendo del tipo de caña panelera, de los parámetros climáticos, altura y posibles fuentes de fertilizantes y/o abono.

Los residuos que se forman durante el proceso de transformación de la caña panelera son desperdiciados y considerados como basura, perdiendo sus características fisicoquímicas para ser reutilizados dentro del mismo proceso agrícola. Por esta razón, el proyecto busca la reincorporación de la cachaza y el bagacillo en el cultivo de la caña panelera para observar el efecto de ellos junto con el fertilizante Biocane sobre el crecimiento de 66 muestras de plantas que se trabajaron para cada variedad de caña panelera que son la POJ 28-78 y la POJ 27-14 (esquejes).

El estudio se realizó un análisis multivariable con diseño experimental factorial 2^3 , el cual arroja con exactitud las diversas combinaciones que se agregarán en las plantas de estudio para observar los efectos producidos en el suelo y crecimiento de la caña. Con el fin de disminuir la tasa de error se implementó un análisis ANOVA, el cual crea intervalos de confianza en los experimentos, lo que permite que el resultado sea más acertado. Finalmente se evaluará la viabilidad de pasar los residuos de producción de panela, de una economía lineal a una circular, al dar una posible valorización de los mismos como fertilizantes para el

cultivo de la caña panelera, para obtener un proceso más sostenible y amigable con el ambiente.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de residuos del procesamiento de la caña panelera sobre el crecimiento de los esquejes de caña y el suelo del cultivo.

3.2 Objetivo específico

- Realizar pruebas preliminares para determinar los residuos a analizar.
- Definir la caracterización de los residuos seleccionados de la industria panelera.
- Proponer y probar experimentalmente la valorización de algunos de estos residuos como posibles aditivos para los cultivos de caña de las variedades POJ 28 - 78 y POJ 27 -14 sobre el crecimiento de los esquejes de caña y del suelo de este cultivo.

4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes

4.1.1. Uso de residuos de la industria de la caña como fertilizantes

En los últimos años en Colombia se ha presentado el crecimiento en el número de plantaciones de caña para la preparación de panela (DANE , 2017), lo cual ha generado el incremento en la producción de residuos procedentes de la transformación de la caña panelera, por esta razón, surge la necesidad de aprovechar estos residuos de tal manera que sean incluidos nuevamente al ciclo productivo. Muchas de las fincas productivas en este sector, utilizan los residuos en forma de abono, como es el caso de la Siberia, una finca panelera del Quindío, que está a cargo del ingeniero Francisco Mejía; actualmente están trabajando en su propio abono orgánico a partir de la mezcla de bagacillo, cenizas (procedentes del horno), estiércol de mula y gallinaza en crudo. El compostaje se crea a partir del periodo de mezclado y aireación, la cual activa los microorganismos y permite realizar la degradación de la materia prima. La producción de su propio abono orgánico ha permitido ahorrar en costo, relacionado con la compra de fertilizantes para sus cultivos de caña panelera (Mejía, 2016).

En el marco internacional, en Venezuela, la industria de la caña genera en grandes cantidad bagazo y bagacillo; actualmente el bagazo es utilizado como materia prima para la realización de papel por sus largas fibras, en cambio, el bagacillo presenta fibras más cortas generando

la acumulación de este residuo agroindustrial en los trapiche; por esta razón se busca que el bagacillo sea utilizado como materia prima para el compostaje, utilizando un biorreactor cilíndrico de lecho empacado a diferentes flujos de aireación para observar la cinética de biodegradación de compost, y obtener un buen abono orgánico con un menor consumo de energía (Chandler, Ferrer, Mármol, & Ramones, 2008).

En México, la Universidad Popular de Chontalpa en el Estado de Tabasco, han realizado análisis, en relación a la capacidad nutricional que presenta distintos vermicompostas en un periodo de tres meses con la lombriz roja californiana, los cuales están hechos a partir de residuos como la cachaza y bagazo de la agroindustria de caña, con la finalidad de ser usado en estos cultivos (Palma López, Zavala Cruz, Ruiz Maldonado, & Salgado García, 2018).

La Central Azucarera Tempisque S.A. (CATSA), la cachaza es uno de los subproductos con mayor riqueza en su composición química y es apta para su utilización como fertilizante. “*La cachaza como abono orgánico es rica en Fósforo, Calcio, Nitrógeno y Potasio*” (Central Azucarera Tempisque, S.A., 2012) y además basados en los últimos estudios realizados por CATSA, “*han encontrado incrementos hasta de un 24% en el rendimiento toneladas caña /ha, con la aplicación de 75 toneladas de cachaza fresca / Ha en el suelo*” (Central Azucarera Tempisque, S.A., 2012).

Además organizaciones internacionales como en la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), trabajan en este tema de valorización de residuos en la industria de la panela, según el manual técnico de la FAO para el año 2007, presenta el tema de “*Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la Producción de Caña y Panela*”, donde aborda la temática de utilización de los residuos orgánico que se producen durante el proceso de molienda de la caña panelera, es allí

que se desprende los residuos como cenizas bagazo, bagacillo, entre otros, los cuales se pueden juntar con el estiércol de los animales de granja y adicionarlos a procesos de lombricultivo genera el humus para el compostaje (FAO, 2007).

4.1.2. Método de análisis multivariado

Los cultivos de caña en el Ecuador son de gran importancia; basados en la tesis de *“análisis estadístico del cultivo y producción de la caña de azúcar”* (Morales & Figueroa, 2003); el presente estudio sobre el cultivo de caña abarca un periodo de 13 años, el cual presenta el análisis unitario y el análisis de dos líneas de componentes agrupando once variables en total, las cuales son nombradas como *“El Eje de Producción de Cosecha”* y *“Eje de Labores e Insumos”* (Morales & Figueroa, 2003). *“Por medio del análisis multivariado se observan las diferentes relaciones entre las variables y agrupaciones que intervienen en la producción y cultivo de la caña de azúcar (Morales & Figueroa, 2003)”*.

Colombia es el segundo productor de caña panelera siendo esta de gran importancia y relevancia para el país según el artículo de investigación *“Potencial de producción de Bioetanol a partir de Caña Panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo”* (Orjuela, Huertas, Figueroa, Kalenatic, & Kadena, 2011). El artículo presenta la caña panelera como una de las materias primas con mayor rendimiento para la producción de agro-combustibles, utiliza la estadística multivariada para tratar los datos históricos sobre *“los proyectos vigentes y en desarrollo para la producción de agro-combustibles en Colombia, la influencia del precio de petróleo en azúcar y panela,*

igualmente la producción de agro-combustible a partir de caña” con el fin de obtener resultados a futuro sobre el comportamiento de la producción de caña panelera (Orjuela, Huertas, Figueroa, Kalenatic, & Kadena, 2011).

5. Marco Teórico

5.1 Caña panelera

5.1.1 Taxonomía y descripción física de la caña panelera

En la tabla I se puede evidenciar la taxonomía, origen y distribución geográfica de “*la caña panelera que pertenece a la familia de las gramíneas, concretamente al género Saccharum. Las variedades cultivadas son híbridos de la especie officinarum y otras afines*” (Infoagro, 2011).

Tabla I: Taxonomía, origen y distribución geográfica

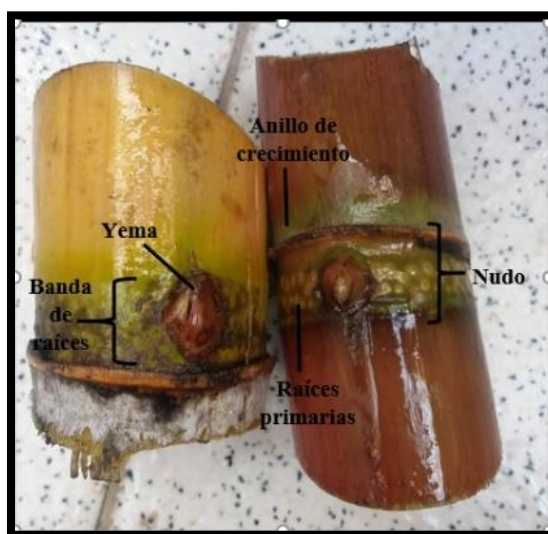
Familia	Poaceae (Gramíneas)
Género	Saccharum
Especia	S. officinarum
Nombre científico	Saccharum

Fuente: (Infoagro, 2011)

El tallo es la parte más importante de la caña, ya que allí se acumulan los azúcares, este órgano tiene componentes morfológicos que se pueden observar en la imagen I, de igual manera sus características dependen de la variedad de la planta de caña. El tallo se origina a partir de una yema, por lo tanto, desde el momento en que un esqueje es plantado se puede originar un tallo por cada yema que contenga el tallo principal (Bustamante, 2015).

El tallo está formado por segmentos que contiene nudos que es la parte donde se conectan las hojas del tallo, la banda de raíces, el anillo de crecimiento y las yemas, conjuntamente el entrenudo se encuentra entre dos nudos y sus características dependen de la variedad de caña (Ilustración I) (García, 2015).

Ilustración I: Partes del tallo de la caña panelera



Fuente: (Bustamante, 2015)

5.1.2 Condiciones ecológicas

5.1.2.1 Luminosidad: *“El cultivo de la caña requiere de días muy luminosos, al menos 4 horas /sol/día; cuando los días son muy nublados los rendimientos del cultivo se reducen y el periodo de cosecha se alarga”* (Castro, Chávez, & Díaz, 2013).

5.1.2.2 Requerimientos de agua: *“La caña requiere buena disponibilidad de agua especialmente en los primeros estados de desarrollo, ya cerca de la época de corte lo más conveniente sería no disponer de mucha agua, las necesidades del cultivo son de 1500 mm/año bien distribuidos”* (Castro, Chávez, & Díaz, 2013).

5.1.2.3 Temperatura: *“La caña panelera, necesita temperaturas muy altas, en el día (28-30°C) y en la noche bajas (15-17°C) y estas variaciones son muy importantes para que la caña tenga buena azúcar (sacarosa) y la panela sea de buen grano y color”* (Castro, Chávez, & Díaz, 2013).

5.1.2.4 Suelo: Los mejores suelos para la caña panelera son los terrenos franco-arcillosos, que sean profundos y bien drenados. Siendo el rango de PH más apropiado entre 5.5. y 7.0 Los suelos donde se tiene la mayoría de los cultivos de caña en Colombia presentan altas pendientes, muy erosionados, con una fertilidad natural de media a baja, con deficiencias de fósforo, potasio y magnesio (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002).

5.1.2.5 Manejo del esqueje: *“La semilla se debe sembrar en los primeros dos o tres días después del corte, porque de ahí en adelante pierde mucha germinación. En caso de no sembrar el mismo día se debe almacenar en un lugar fresco y sombreado”* (Corporación para el Desarrollo Microempresarial; Fundación Educativa Monseñor Pedro Antonio Gómez, 2000).

5.1.3 Etapas de crecimiento iniciales

5.1.3.1 Germinación (germinación y emergencia 30 - 50 días).

La germinación se refiere a la iniciación del crecimiento a partir de las yemas presentes en los tallos plantados o en los que quedan en pie después de la cosecha del cultivo anterior (Ilustración II). Durante esta fase es necesaria la disponibilidad adecuada de agua y el control de malezas. El déficit hídrico tiene un impacto significativo sobre el rendimiento de azúcar ya que propicia la reducción de la densidad de población de adultos debido al nuevo e insuficiente sistema de raíces pequeñas y poco profundas (Barbieri, 1993).

La germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo. Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional (García, 2015).

La germinación produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación (García, 2015).

La época de plantación, como factor de manejo, incluye los efectos de la edad/calidad de la semilla o esquejes y, en especial, los de las variables ambientales. La incidencia del primer factor se relaciona con diferencias en el estado hídrico, nutricional, fisiológico y con el contenido y tipo de azúcares del esqueje. En cuanto al segundo factor, es ampliamente reconocido que la modificación de la fecha de siembra genera variaciones en el escenario

ambiental, principalmente en las condiciones térmicas e hídricas, que inciden en la emergencia, en el desarrollo foliar y en la producción (Romero, Scandaliaris, Tonatto, Neme, & Alfonso, 2005).

5.1.3.2 Crecimiento vegetativo, amacollamiento o ahijamiento, elongación del tallo y cierre de la plantación (50 -70 días).

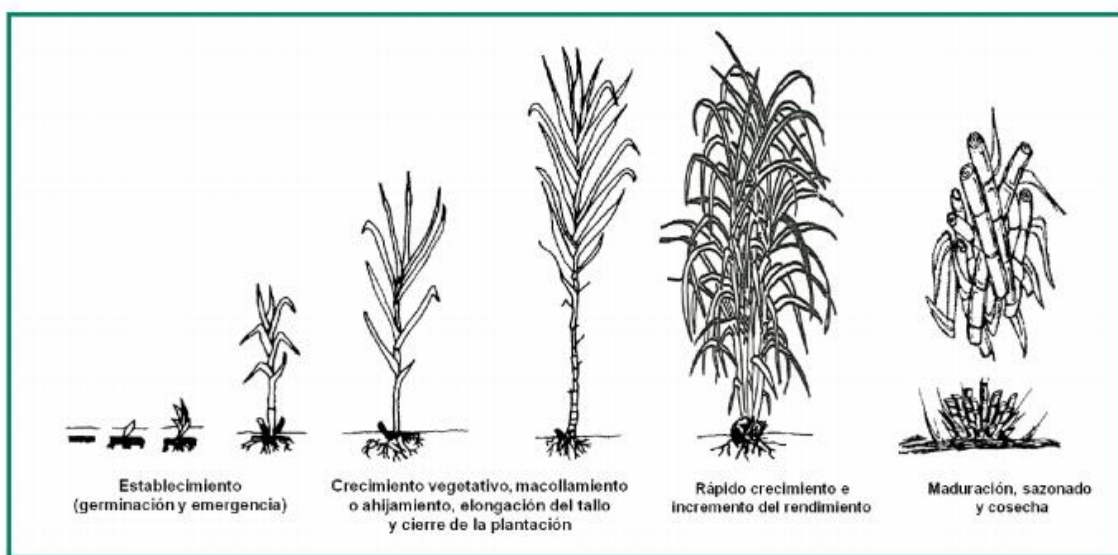
El crecimiento y el rendimiento son muy sensibles a cualquier déficit de agua en esta etapa, además, es necesario aplicar fertilizante, para que las plantas puedan desarrollarse satisfactoriamente en la siguiente fase. La elongación del tallo es inicialmente rápida y, durante esta fase, el contenido de fibra del tallo es elevado, mientras que los niveles de sacarosa son todavía bastante bajos (Ilustración II). Una temperatura cercana a 30°C es considerada como óptima para el ahijamiento (Fauconnier & Bassereau, 1975).

El ahijamiento es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario. El ahijamiento le da al cultivo un número adecuado de hojas activas y tallos, que permiten obtener un buen rendimiento (Fauconnier & Bassereau, 1975).

Diversos factores, tales como la variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan al ahijamiento. La incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta de caña durante el período de ahijamiento es de vital importancia (Fauconnier & Bassereau, 1975).

Los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados. Los retoños formados más tarde mueren o se quedan cortos o inmaduros. Manejos culturales como el espaciamiento, la fertilización, la disponibilidad de agua y el control de las arvenses afectan al ahijamiento (Barbieri, 1993).

Ilustración II: Fases de crecimiento de la caña de azúcar.



Fuente: (Rivera, 2015)

5.1.4 Requerimientos nutricionales de la caña de azúcar

5.1.4.1 Nitrógeno: Es un elemento que en la planta de caña se combina con los azúcares para formar aminoácidos y proteínas que llegan a constituir hasta el 50% del protoplasma celular. Este nutriente hace parte de la clorofila y, en la planta de caña, estimula el crecimiento y la formación de azúcares y sacarosa. Sin embargo, aplicaciones excesivas y extemporáneas, especialmente tardías, producen efectos indeseables tales como encamado (vuelco), retardo en la maduración, producción de mamones (retoños de agua) y formación de tallos acuosos

y succulentos que, a pesar de dar altos tonelajes de caña, producen panela de inferior y mala calidad, debido fundamentalmente a que el grado brix es bajo y los jugos formados tienen altos contenidos de azúcares reductores (Parra, 2011).

5.1.4.2 Fósforo: Se encuentra en todas las zonas de crecimiento tanto de raíces como de meristemas terminales, haciendo parte del protoplasma celular. En las hojas, en forma de fosfatos, interviene en la fotosíntesis y en la liberación de energía por oxidación de la glucosa. El fósforo es indispensable en las transformaciones de azúcares simples a sacarosa. Este elemento es requerido por las plantas de caña especialmente en los primeros meses de crecimiento, porque estimula el desarrollo radicular, el macollamiento vigoroso y la formación de tallos. Se afirma, además, que el fósforo acelera los procesos de maduración y es necesario para la producción de almidones. Cuando el contenido de fósforo es bajo en la planta, la caña no utiliza todo el nitrógeno absorbido y, como consecuencia, se retarda la maduración (Parra, 2011).

5.1.4.3 Potasio:

Es un nutriente que activa el sistema enzimático de las plantas de caña, particularmente la invertasa. Estimula la producción de carbohidratos y la formación de almidones y azúcares. Una ligera deficiencia de potasio ocasiona sensibles disminuciones en la formación de almidones y da como resultado un bajo porcentaje de sacarosa, fundamental en caña para panela. El potasio promueve el desarrollo de raíces, tallos y hojas, y hace menos ostensibles los efectos de sequía, debido a que estimula el transporte de agua y otros elementos dentro de la planta de caña. En las células aumenta el espesor de la pared y la turbidez. Cañas con

bajo contenido de potasio en los tejidos no absorben ni transportan la cantidad de agua que requieren para su normal desarrollo (Parra, 2011).

La cantidad de nutrientes requeridos por la planta para su crecimiento y productividad va a depender el tipo y la dosis de fertilizante a utilizar. La cantidad de nutrientes necesarios para que la caña se desarrolle se presentan en la tabla II.

Tabla II: *Requerimiento nutricional de la caña panelera*

Cultivo	Absorción de Nutrientes <Kg/ha>				
	N	P2O5	K2O	MgO	S
Caña panelera	150	100	220	0	0

Figura: (Nutrimon; Vadecum; Monomeros, 2014)

5.1.5 Variedades

El mejoramiento genético en caña panelera está orientado a la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables, que se adapten a las condiciones de manejo de las áreas paneleras (FAO, 2010).

5.1.5.1 Variedad POJ 28-78: Este material fue obtenido en la Isla de Java e introducido a Colombia en 1929. Tiene tallos largos, diámetro mediano a grueso, color amarillo verdoso y entrenudos de longitud media y cubiertos con cerosina; su hábito de crecimiento es semirrecto y sus hojas abiertas (Ilustración III). Contiene bastante pelusa, se deshoja

fácilmente y se adapta bien a diferentes agroecosistemas. La maduración es tardía, la floración es escasa y genera jugos de buena calidad; con un equipo que cumpla con una BPM de mantenimiento y calibración adecuados se puede lograr un 55 a 60% de extracción (Corpoica – Sena, 1998).

5.1.5.2 Variedad POJ 27-14: Los tallos de esta variedad son largos y cilíndricos, de diámetro grueso, color morado, entrenudos de longitud media y no contienen cerosina (Ilustración IV). Su hábito de crecimiento es semirrecto, de hojas abiertas, macollamiento escaso, pelusa abundante y se deshoja con facilidad. Es un material de amplia adaptación a diferentes agroecosistemas y especialmente en suelos ácidos y buen comportamiento en la mayoría de los suelos de ladera. Su maduración es tardía, puede presentarse antes de los 20 meses de edad del cultivo y genera jugos de excelente calidad. Presenta facilidad para la limpieza de jugos (FAO, 2010).

Ilustración III: POJ 28 – 78



Fuente: Autoría propia

Ilustración IV: POJ 27 – 14



Fuente: Autoría propia

5.2 Industria panelera

5.2.1 Proceso y generación de residuos

5.2.1.1 Recolección de la caña panelera

Existen dos sistemas de corte en el país, el primero es el corte por parejo, consisten en extraer todas las plantas del lote sin una previa selección por maduración, este corte es muy utilizado en regiones del Valle del Cauca, Cundinamarca, Boyacá y Santander, los productores extraen la caña cada 18 meses del lote. El segundo corte es el entresaque, en el cual se realiza un

proceso de selección por cada tallo de la planta, es decir, que solo recortan el tallo que presenta los niveles de maduración óptimo y la caña es extraída cada 3 meses del lote, este último corte es utilizado en regiones de Antioquia, Caldas, Risaralda y presenta un producto final de mayor calidad, pero con un costo final mayor (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Residuos del corte dentro de los cultivos son el **cogollo o la palma**, el cual se genera 7 toneladas por hectárea al año, normalmente este residuo se deja en la zona de cultivo de la caña panelera luego de realizar la actividad del corte, este es utilizado como un “colchón” o “cama” para la cobertura del suelo. En algunas regiones en Colombia como Santander o Boyacá, recolectan el residuo de cogollo o la palma y es utilizado para la alimentación animal (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

5.2.1.2 Proceso de transformación

En la planta de producción de panela se encuentra el molino, el cual ayuda a la extracción del jugo de la caña panelera, el cual pasa por el tanque pre-limpiador; es en este punto donde se genera el **bagacillo**, está compuesto por tierra, raíces, hojas y otras impurezas que llegan con la planta al molino (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Los residuos de las fibras vegetales (**bagazo**) que se producen en el molino son llevados al área de la bagacera donde se agrupan y almacenan para ser utilizados como combustible para

el horno (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

El jugo ya extraído pre-limpado es llevado hasta el pozuelo, donde se almacena el producto y finalmente es llevado al horno, el cual es utilizado para el proceso de concentración y evaporación de las mieles. Durante este último proceso, se le adiciona el coagulante (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

El proceso de obtención del coagulante empieza con la extracción de la fibra del árbol (balso o cadillo), el cual es macerado y disuelto en el agua hasta obtener una sustancia viscosa, posteriormente es agregado al jugo de la caña, cuando presenta una temperatura de 50°C en el horno (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

El efecto de coagulante es aglomerar las impurezas o sólidos que presenta el jugo, diferente al de la miel. Las impurezas son llamadas **cachaza**, las cuales son removidas, para ser depositadas en la cachacera, este producto presenta alto nivel nutricional para los animales (mulas o cerdos) (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

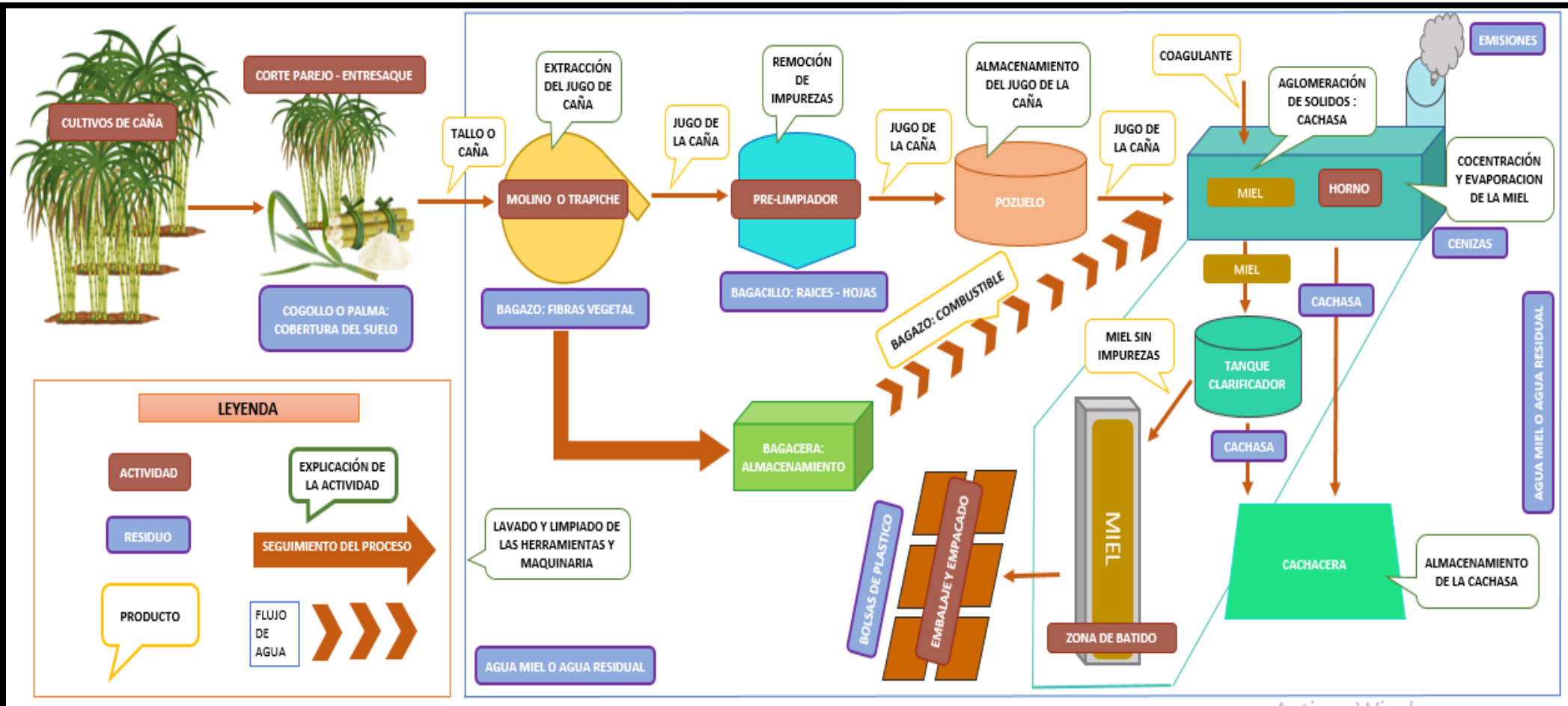
El producto que sale del horno pasa al tanque clarificador, en donde se retiran las últimas impurezas que posee el producto, y son llevadas a la cachacera. El producto final es llevado al proceso de concentración de mieles (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Luego del tanque clarificador y obtener el punto de la miel, se ejecuta el proceso de batido hasta lograr una masa, rápidamente se pasa a los moldes o graveras, hasta la solidificación y obtener la panela (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Después del proceso de combustión en el horno, se generan las **cenizas**, las cuales son un producto rico en calcio, fosforo y otros compuestos que, ayuda al suelo en la corrección del pH. Son muy pocos los productores que utilizan las cenizas y es usual encontrar en la planta de producción la acumulación de estas (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Otros residuos que se genera son las “**aguas dulces**” o agua residual, el cual se genera del lavado y limpieza de las máquinas y herramientas como son el horno, gaveras (moldes para la panela), para el lavado del piso, entre otros. El manejo de las aguas residuales normalmente se realiza la recolección para luego utilizarlas como riego para los cultivos, (se trata de evitar el vertimiento directo en un solo punto del suelo o cultivo; en algunas fincas paneleras se realiza la distribución del agua residual por todo el cultivo). Según la normativa por cada trapiche debe presentar una unidad sanitaria, en Caldas debido a la cercanía del trapiche a las casas, la unidad sanitaria se vuelve mixta, es decir, que hay un tratamiento del agua residuales domésticas, como para las no domésticas (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019). El anterior proceso de elaboración de panela se explica gráficamente a través del esquema I.

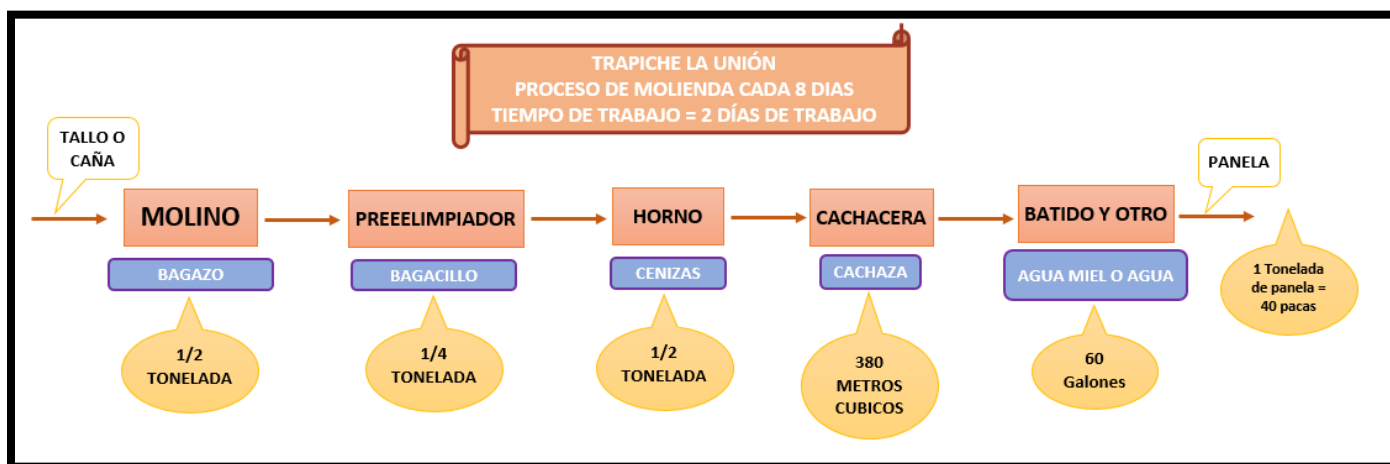
Esquemas I: Proceso de la transformación de la caña a la panela.



Fuente: Autoría propia

Amparo Gómez representante legal de los productores de Neira brindó información sobre la cantidad de residuos generados durante el proceso de producción de panela en el trapiche La Unión, estas cantidades se representan en el esquema II.

Esquemas II: Cantidades generadas por una molienda en el trapiche La Unión



Fuente: (Gomez, 2019)

5.2.1.3 Proceso de empaque y bodega

Hace 15 años, la industria panelera reciclaba bolsas de papel para el empaque; en el año 2006, el Ministerio de la Protección Social crea la resolución 779, “*por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones*” (Ministerio de la Protección Social, 2006).

En el capítulo V (Envase, embalaje, rotulado, reenvase, almacenamiento, distribución, transporte y comercialización), el artículo 12 dice:

“A partir de la entrada en vigencia del reglamento técnico que se establece mediante la presente resolución, las panelas a granel se deben embalar en material sanitario de primer uso, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- a) Se prohíbe el embalaje de panelas en materiales como costales o material no sanitario;*
- b) El embalaje se debe conservar en buenas condiciones durante toda la cadena de comercialización*
- c) Sólo se permite el reenvase de panelas en establecimientos autorizados por la Entidad Territorial de Salud procedentes de trapiches que cumplan con los requisitos sanitarios establecidos en el reglamento técnico que se establece a través de la presente resolución”*
(Ministerio de la Protección Social, 2006).

Es decir, que el embalaje debe ser en **bolsa nueva de primer uso** y además debe ser empacado por cada unidad de atado o libra, generando 24 bolsas plásticas del empaque por cada paca de panela. Un trapiche en Caldas en general produce 1 tonelada de panela por molienda, la cual puede ser semanal o quincenal, es decir, que se generan 1000 bolsas plásticas, existen otros trapiches en Santander y Boyacá que generan 5000 a 6000 bolsas plásticas semanalmente, mientras que un trapiche más grande en Caldas llamado el “Edén en Chinchiná”, genera 12000 bolsas plásticas (Ospina, Fedepanela, 2019).

5.2.1.4 Cenizas y emisiones

En el proceso productivo existe una alta ineficiencia energética en los hornos, debido a que estos son muy antiguos, en condiciones normales la ceniza debe estar constituida solo por el

bagazo, pero debido a la ineficiencia energética, los productores han generado una mezcla de bagazo y leña. En casos más críticos para la realización de la combustión la industria está utilizando una mezcla de bagazo, leña y llantas, lo cual afecta la composición química de la ceniza (Ospina, 2019).

Diez años atrás, el sector panelero era el principal reciclador de llantas usadas en Colombia y en Caldas, el mayor consumidor de llantas es Filadelfia; esta práctica se ha pretendido evitar a partir de los conversatorios y asistencias por parte de FedePanela para sus asociados, las recomendaciones para que la eficiencia energética funcione y evitar el uso de las llantas, es principalmente realizar modificaciones al horno donde se realiza la concentración de miel (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Algunas modificaciones están relacionadas en el área de la chimenea del horno, dependiendo del caso, se recomienda el alargue de la chimenea, disminución del ancho de la chimenea para el cierre parcial del paso del flujo de emisiones, además se ejecutan adecuaciones en el cárcamo para evitar la entrada excesiva de aire y adecuaciones al piloto, de esta manera disminuir las emisiones (Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

Los paneleros presentan un rango de edad superior a los 50 años por ello la cuestión cultural está muy arraigada al tema de aglomeración de bagazo, lo cual está muy asociado al asunto de riqueza que significa para ellos, debido a esto, se utiliza el consumo de las llantas usadas en la práctica de combustión para el horno, sin importar, si en verdad es necesario o no, solamente para mantener bagazo aglomerado. Este tema está siendo trabajado por Fedepanela a través de los trabajadores sociales para ir rompiendo el paradigma y tener un ciclo cerrado

(Ospina, Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela, 2019).

5.2.2 Descripción de los residuos

Los residuos generados durante el proceso de transformación de la caña panelera se evidencian en el esquema I, anteriormente presentado.

5.2.2.1 Bagazo: Es el residuo fibroso que queda de la caña después de ser exprimida y de pasar por el proceso de extracción. El bagazo completo está integrado por tres componentes principales (Arev, 2012).

5.2.2.2 Bagacillo: Fibra muy fina de la caña producto del proceso donde el jugo de la caña pasa por el tanque pre-limpiador. está compuesto por tierra, raíces, hojas y otras impurezas que llegan con la planta al molino.

5.2.2.3 Cachaza: Es el residuo que se obtiene durante el proceso de clarificación del jugo de la caña; es un material esponjoso, de color oscuro y contiene un 25% de materia seca aproximadamente además de coloides de la materia orgánica originalmente dispersa en el jugo, conjuntamente con aniones orgánicos e inorgánicos que precipitan durante la clarificación (Alberto, 2014).

5.2.2.4 Agua miel: Son el producto resultado de la limpieza de todos los equipos utilizados en el proceso, se conocen como las aguas residuales de la transformación de la caña.

5.2.2.5 Cenizas: Se generan durante el proceso de combustión en el horno, presentan un color gris y son ricas en calcio y fosforo.

Durante el procesamiento se tiene en claro, que de la planta se aprovecha todo el tallo, de 1 tonelada de caña de azúcar produce: 35 kilos de cachaza, 250 kilos de bagazo, 6 kilos de ceniza, 110 kilos de azúcar y 45 kilos de miel final o melaza (Campos, 2011).

5.2.4 Usos de los subproductos del procesamiento de la caña panelera

5.2.4.1 Compostaje

Luego de agregar el coagulante a la miel, se realiza la aglomeración de diferentes sólidos, estas agrupaciones son removidas de la miel y es considerado como un residuo, llamado la **cachaza**. Después de obtener este producto se realiza un proceso de cocción y mezcla con otros residuos como las **cenizas** y el **bagacillo**, esta mezcla es utilizada en la fosa de compostaje junto con el estiércol de las mulas; la **ceniza** ayuda a neutralizar los malos olores y al manejo del pH en el compost. Además, humecta el compostaje con el “**agua miel**” o residual (Angel, 2016).

5.2.4.2 Fertirrigación con vinaza

Se trata de la estrategia utilizada en Brasil. Es considerando por su composición, que la adición de vinazas al suelo corresponde a una enmienda orgánica, es lógico esperar los efectos que generalmente son atribuidos a la materia orgánica cuando se incorpora a los suelos: posible incremento de pH, aumento en el contenido de nutrientes de retención de cationes por el suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad y un mejoramiento en algunos parámetros de la estructura física del suelo. Durante los primeros 30 días se ha observado una proliferación intensa de la población y actividad microbiana la cual posteriormente decrece (Vleiro & Rocío Portocarrero, 2017).

5.2.4.3 Los subproductos de la caña se pueden utilizar en la alimentación

5.2.4.3.1 Bovinos: Principalmente se utiliza el cogollo como forraje fresco y también como ensilaje (Fedepanela, 2017).

5.2.4.3.2 Equinos: Generalmente se utiliza para la alimentación de los animales de trabajo de la finca (cogollo, cachaza y el melote) (Fedepanela, 2017).

5.2.4.3.3 Porcinos: Se puede utilizar el jugo de la caña y el melote (Fedepanela, 2017).

5.2.4.3.4 Aves: Se utiliza el melote como suplemento de la alimentación de las aves de corral (Fedepanela, 2017).

5.3 Caracterización de los residuos

5.3.1 Caracterización química

5.3.1.1 Bagacillo

“El bagacillo se obtiene de la molienda de la caña, como sobrenadante en los prelimpiadores y representa del 1,0 al 3,0% del bagazo total” (Osorio, 2007). La caracterización del bagacillo se puede resaltar la Materia Seca (MS) en un 51,80% y la Fibra Bruta en un 45,1% como se puede observar en la tabla III (Osorio, 2007).

Tabla III: Caracterización del bagacillo

Muestra	MS (%)	PC (%)	Sacarosa (%)	Fibra Bruta (%)
Bagacillo	51,80	2,2	-	45,1

*MS: Materia seca *PC: Proteína cruda

Fuente: (Osorio, 2007)

5.3.1.2 Cachaza

La cachaza es el principal residuo de la industria del azúcar de caña, normalmente representa entre 3 y 5 % de la caña molida. Este porcentaje y su composición (Tabla IV) varían de acuerdo a las características de su procesamiento; la cachaza es producida durante la clasificación que se hace al jugo de caña en la industria azucarera. En cuanto a su composición fisicoquímica se puede resaltar una humedad con un 70,72%, materia orgánica de 64,03% y una relación carbono nitrógeno de 38,4%.

Tabla IV: Composición fisicoquímica de cachaza

Componente (%)	Valor	Componente (%)	Valor
Humedad	70.72	MgO	0.66
Densidad (g/L)	180	Carbono (C)	20
P2O5	3.21	Relación C/N	38.40
K2O	0.24	pH	7.22
CaO	2.94	Materia orgánica	64.03
N2 total	0.81	SO4	0.97
Si	0.27	Zn	0.51
Proteína cruda	16	Extracto en C6H6 (ceras, aceites y resinas)	14
Sacarosa y ART	14	Bagacillo	25
Hierro (Fe)	2	Manganeso (Mn)	0.16
Magnesio (Mg)	0.7	Cenizas	0.5
Cobre (Cu)	0.04	Aluminio (Al)	12

Fuente: (Aguilar Rivera, 2010)

5.4 Fertilizantes orgánicos utilizados en la industria de la caña panelera.

Los fertilizantes se convirtieron en un complemento importante en la agricultura ya que le proporcionan al suelo nutrientes adicionales que puedan ser asimilables por las plantas, esto hace que se incremente el rendimiento de los cultivos y se puedan satisfacer rápidamente las necesidades de alimentación de la población que con el tiempo va aumentando. El nitrógeno

y el fósforo son los macronutrientes que más requiere el cultivo de caña panelera (Romero, Olea, Scandaliaris, Alonso, & Digonzelli, 2014).

5.4.1 Uso del Biocane y otros.

5.4.1.1 Biocane: “Es un fertilizante orgánico mineral granulado (marca registrada INCAUCA) que actúa como un mejorador de suelos en sus características físicas, químicas y microbiológicas, que aporta poblaciones activas, materia orgánica, macro y micro elementos de liberación lenta” (INCAUCA S.A., 2015) (Ilustración V).

Ilustración V: *Biocane - G*



Fuente: (INCAUCA S.A., 2015)

5.4.1.2 YaraMila Activa: “Es una combinación de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) diseñada para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo. Además estimula el crecimiento de tallos fuertes y brinda un cierto grado de tolerancia a pestes y enfermedades ya que aumenta el grosor de la pared celular” (Yara, 2020). “El YaraMila Activa es utilizado en las plantaciones de caña durante la etapa de soca y/o crecimiento” (YaraLatinoamérica, 2016) (Ilustración VI).

Ilustración VI: *YaraMila Activa*



Fuente: (Yara, 2020)

5.4.1.3 YaraBela Nitromag: “Es un fertilizante especialmente diseñado para el aporte eficiente de N y Mg” (Yara, 2020). “Es utilizado normalmente para un proceso de reabono o segunda fertilizada en los cultivos de caña de esta manera se fortalece el sistema foliar de la planta para obtener una hoja más verde” (YaraLatinoamérica, 2016) (Ilustración VII).

Ilustración VII: *YaraBela Nitromag*



Fuente: (Yara, 2020)

5.5 Análisis multivariado

El método estadístico análisis multivariado es una herramienta usada en proyectos de investigación que busca analizar el comportamiento que tienen dos o más factores sobre el resultado de un objeto de estudio, por ejemplo, el impacto que tienen “x” variables sobre “y” cultivo; para ello se utiliza el método estadístico análisis multivariado que permite un mejor entendimiento del objeto de estudio ya que analiza un grupo de datos en los cuales hay diversas variables medibles para cada objeto de estudio; comúnmente en los experimentos en lo que se utilizan varios factores a analizar sobre un resultado, se implementan los diseños factoriales que son utilizados en trabajos de investigación y pueden servir como base para la realización de otros proyectos prácticos. Los diseños factoriales se constituyen de “k” factores cada uno con dos o tres niveles los cuales pueden ser cuantitativos o cualitativos, así *“Una réplica completa de tal diseño requiere que se recopilen $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y se conoce como diseño general 2^k ”* (ITCH, 2017). El análisis multivariado sirve para (Sancho, 2014):

- Representar datos de forma inteligible
- Esclarecer la distribución real de “varias variables”
- Desarrollar un modelo de predicción basado en múltiples
- Hallar las relaciones de causa – efecto entre variables

5.5.1 Diseño experimental 2^3

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (maquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). (Santiesteban, 2017). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar (Santiesteban, 2017).

El diseño experimental 2^3 es un diseño de 3 factores, cada uno a 2 niveles y consta de ocho combinaciones. Geométricamente el diseño es un cubo, cuyas esquinas son las ocho combinaciones. Este diseño permite estimar los 3 efectos principales (A, B, C), las tres interacciones de dos factores (AB, AC, BC) y la interacción de los tres factores (ABC) (Gonzalez, 2015).

La estimación de cualquier efecto principal o interacción en un diseño 2^k se determina al multiplicar las combinaciones de tratamientos de la primera columna de la tabla por los signos del correspondiente efecto principal o columna de interacción, sumando los resultados para obtener un contraste, y dividiendo el contraste por la mitad del número total de réplicas (Gonzalez, 2015).

5.5.2 ANOVA

El análisis de la varianza o abreviadamente ANOVA (del inglés analysis of variance) es un procedimiento estadístico que permite dividir la variabilidad observada en componentes independientes que pueden atribuirse a diferentes causas de interés. Es una técnica estadística para comparar más de dos grupos, es decir un método para comparar más de dos tratamientos y la variable de estudio o variable respuesta es numérica (Espinoza, 2019)

En este todas las corridas experimentales se deben de realizar en un orden aleatorio. De esta manera, si durante el estudio se hacen N pruebas, éstas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos (Piqueras, 2013).

6. Metodología

6.1 Obtención y preparación de la muestra

La obtención de la muestra se realizó a partir de la comunicación con la Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela) que facilitó el contacto con uno de los principales asociados de la federación en el municipio de Neira.

La asociada recibe el nombre de Amparo Gómez de Valencia, la cual es la representante legal de los agricultores de caña panelera en Neira. La hacienda de la asociada asume el nombre de “La Unión” (Ilustración VIII), la cual es elegida para la recolección de muestras como son los residuos de cachaza y de bagacillo, además, de proporcionar las 33 yemas para cada una de las variedades de caña POJ 28-79 (caña amarilla) y POJ 27 -14 (caña morada) (Ilustración

IX). La utilización de dos variedades diferentes para el análisis de este, es debido, porque en la hacienda trabaja con estos dos tipos de caña panelera y además es de mejor calidad el producto que sale de la variedad POJ 27 -14 (caña morada), en comparación a la variedad caña POJ 28-79 (caña amarilla).

Ilustración IX: *La Unión Imagen*



Fuente: Autoría propia

Ilustración VIII: *Bagacillo, cachaza y yemas de caña POJ 28-79 (caña amarilla) y POJ 27 -14 (caña morada)*



Fuente: Autoría propia

El fertilizante utilizado durante el proceso de sembrado es el Biocane, el cual, es normalmente utilizado por los productores de caña del municipio de Neira. El Biocane se obtuvo en una de las tiendas de la Asociación Nacional de Cafeteros por bulto de 40 Kg.

Nota: La recolección de muestra se realiza un día antes del sembrado para mantener la frescura de las mismas y evitar posibles repercusiones negativas hacia el crecimiento de las plantas de caña.

6.2 Características del Invernadero

Para construir el invernadero se tuvo en cuenta lo siguientes criterios (Ilustración X):

- Separación de la superficie del suelo y del descanso igual o superior a 1 metro.
- Separación del descanso y el techo superior a 1,5 metros.
- Protección de posibles depredadores
- Aeración alta.
- Entrada de luz solar alta.
- Evitar el paso de agua lluvia.

Los materiales utilizados para la construcción de invernadero son:

- Guadua para el esqueleto estructura del invernadero.
- Plástico de invernadero como protector para los laterales.
- Polisombra para el techo

El invernadero está ubicado en la vereda San Peregrino en la ciudad de Manizales más exactamente en la finca “Los Pomos”, la cual presenta condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento de las variedades de caña POJ 28-79 y POJ 27 -14.

Nota: Antes de iniciar la época de lluvia se realizó una modificación, que consistió en pasar la polisombra para los laterales y el plástico como techo. Esto para tener controlado el paso de agua lluvia en el invernadero.

Ilustración X: *Invernadero*



Fuente: Autoría propia

6.3 Definición y/o selección de las variables de entrada

Las variables entrada seleccionadas, son el Biocane, la cachaza y el bagacillo, el primero es el fertilizante orgánico normalmente utilizado por los asociados a FedePanela en los cultivos de caña y los otros dos últimas variables de entrada son los residuos seleccionados en los ensayos preliminares procedentes de la agroindustria de la panela (cachaza y el bagacillo).

En los ensayos preliminares se utilizaron residuos como ceniza, agua miel, bagacillo y cachaza, de los cuales el bagacillo y la cachaza obtuvieron mejores resultados, de igual manera, se realizó la revisión de información secundaria basada en diferentes tipos de abonos en bases a los residuos anteriormente mencionados ayudando a la definición y/o selección de estas dos últimas variables de entrada (Ilustración XI).

Ilustración XII: Ensayos preliminares



Fuente: Autoría propia

6.4 Caracterización física – químico de la cachaza.

La caracterización del residuo de cachaza consistió en tomar las mediciones de turbiedad <NTU>, conductividad < $\mu\text{S}/\text{cm}$ > y pH. Los valores encontrados se observan en la tabla V.

Nota: Debido a que la cachaza presenta un alto contenido de turbiedad, se decidió realizar la disolución al 20% de concentración de cachaza (% V/V), para la medición de los parámetros y facilitar la medición de la muestra.

Volumen de la solución: 10 ml

Volumen del diluyente (agua): 8 ml

Volumen del soluto (cachaza): 2 ml

$$\text{Disolución} \left(\% \frac{V}{V} \right) = \frac{\text{Solute} \langle ml \rangle}{\text{Solute} \langle ml \rangle + \text{Disolvente} \langle ml \rangle} * 100\% = \frac{2 \text{ ml}}{2 \text{ ml} + 8 \text{ ml}}$$

$$\text{Disolución} \left(\% \frac{V}{V} \right) = \frac{2 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} * 100\% = \frac{1}{5} * 100\% = 20\%$$

Tabla V: *Parámetros fisicoquímicos de la cachaza*

CACHAZA		
<i>Turbiedad</i> <i><NTU></i>	<i>Conductividad</i> <i><μS/cm></i>	<i>pH</i>
87,10	136,00	8,209

Fuente: Autoría propia

Nota: Debido a complicaciones por causa de la pandemia de Covid -19, no se pudo realizar más mediciones fisicoquímicas a la cachaza, de igual manera se generó el mismo problema con el bagacillo.

6.5 Dosis de las variables de entrada

Para saber la cantidad de dosis que se debe agregar de cada uno de los residuos a las muestras, se realizó una revisión bibliografía, sin embargo, no se encontró suficiente información para tener una base más amplia de datos, por lo tanto, se trabajó, con dos documentos que utilizan la cachaza y el bagacillo en dos tipos diferentes de cultivo, distintos a la caña panelera que

son: “*efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (zea mays)*” (Forero, Fernández, & Herrera, 2010) y “*efecto de la aplicación de tres dosis de cachaza al cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Tunja, Boyacá*” (Fernández, Garzón-Amaya, & ForeroUlloa, Dialnet, 2013). En el primer documento los autores especifican que el mayor rendimiento de la planta de maíz se obtuvo con 7.5 Ton/ha (Forero, Fernández, & Herrera, 2010) y el segundo documento plantea una alternativa diferente a la cachaza como abono que es el bagacillo y se aplica 8 Ton/ha cachaza (Fernández, Garzón-Amaya, & ForeroUlloa, Dialnet, 2013). En el caso del Biocane, el producto no tiene información de la dosis que debe emplear por hectárea de cultivo, por lo tanto, los agricultores toman una base de medida a partir de un volumen conocido, por esta razón, se acudió a la información presentada por medio de una entrevista a Cristian Andrés Marín Ospina que es el “coordinador técnico de Fedepanela en Caldas”, el cual dijo que se utiliza alrededor de 2 Ton/Ha de Biocane (ésta información no está estandarizada por la federación).

6.6 Cálculos para la determinación de las dosis

Basados en la información presentada por las dos fuentes bibliográficas y en la información del coordinador técnico de Fedepanela Cristian Andrés Marín Ospina, se eligieron estas tres dosis iniciales como se observa en la tabla V.

Tabla VI: Dosis para las variables de entrada

<i>Variables de Entrada</i>		
<i>Biocane</i> <Ton/Ha> ^a	<i>Bagacillo</i> <Ton/Ha> ^b	<i>Cachaza</i> <Ton/Ha> ^b
2	8	7,5

Fuentes: ^a (Ospina, Fedepanela, 2019) & ^b (Fernández, Amay, & Forero-Ulloa, Efecto de la aplicación de tres dosis de cachaza al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Tunja, Boyacá, 2013)

Paso seguido se debe realizar el proceso de conversión de unidades para saber qué cantidad de dosis se va adicionar en un volumen de tierra conocido.

Nota: La plantación se va a realizar en bolsas de semillero.

1 Tonelada → 1.000.000 gr

1 Hectárea → 100.000.000 cm²

6.6.1 Biocane:

$$2 \frac{\text{Ton}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{ ha}}{100.000.000 \text{ cm}^2} * \frac{1.000.000 \text{ gr}}{1 \text{ Ton}} = 0,02 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$$

6.6.2 Bagacillo:

$$8 \frac{\text{Ton}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{ ha}}{100.000.000 \text{ cm}^2} * \frac{1.000.000 \text{ gr}}{1 \text{ Ton}} = 0,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$$

6.6.3 Cachaza:

$$7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{ ha}}{100.000.000 \text{ cm}^2} * \frac{1.000.000 \text{ gr}}{1 \text{ Ton}} = 0,075 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$$

6.7 Dimensiones de las bolsas de siembra

Para saber cuál es la cantidad de residuos que se debe aplicar cada bolsa se midieron los siguientes datos:

Altura Total (A): 15 cm

Radio (R): 8 cm

La bolsa de siembra solo se va a llenar hasta los 14 cm de altura para evitar el desborde de la tierra.

6.7.1 Determinación del área de la base, lateral y total de bolsa

$$Al = 2\pi * AR$$

$$Al = 2\pi * (14 \text{ cm}) * (8 \text{ cm}) = 703,72 \text{ cm}^2$$

$$Ab = 2\pi * r^2$$

$$Ab = 2\pi * 8^2 = 402,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{total} = AL + Ab$$

$$A_{total} = 703,72 \text{ cm}^2 + 402,12 \text{ cm}^2 = 1105,84 \text{ cm}^2$$

6.7.2 Dosis para la adición a una bolsa

Basado en el área total que se va a utilizar de la bolsa con tierra, se halla la masa de la dosis máxima de las variables de entrada (Biocane, bagacillo y cachaza) tabla VII.

6.7.2.1 Biocane:

$$0,02 \frac{gr}{cm^2} * 1105,84 \text{ cm}^2 = 22,12 \text{ gr}$$

6.7.2.2 Bagacillo:

$$0,08 \frac{gr}{cm^2} * 1105,84 \text{ cm}^2 = 88,47 \text{ gr}$$

6.7.2.3 Cachaza:

$$0,075 \frac{gr}{cm^2} * 1105,84 \text{ cm}^2 = 82,94 \text{ gr}$$

Tabla VII: Dosis máxima de las variables de entrada

<i>Dosis máxima</i>		
<i>Biocane <g></i>	<i>Bagazo <g></i>	<i>Cachaza <g></i>
22,12	88,47	82,94

Fuente: Autoría propia

Para la preparación de la muestra, se seleccionó el diseño factorial 2^3 , la cual presenta 3 variables de entrada que son la cachaza, el bagacillo y el Biocane, como fertilizante. La cantidad residuos que se agrega se encuentran clasificados en la tabla IX, la clasificación se encuentra distribuida en 11 experimentos representadas por signos negativos, neutro y positivos (-1, 0 y 1), de igual manera el porcentajes respectivos (0% - 50% - 100%) como se muestra en la tabla VIII, los cuales permitirán saber la cantidad de muestra que se debe agregar para las combinaciones figuradas. Por cada combinación y especie de caña se realizaron 3 ejemplares iguales obteniendo 66 muestras en total.

Tabla VIII: Niveles

Variables de Entrada	Niveles					
	-1		0		1	
1) Biocane	(0% BC)	0 gr	(50% BC)	11,05 gr	(100% BC)	22,12 gr
2) Res. Sólido: Bagacillo	(0% BG)	0 gr	(50% BG)	44,24 gr	(100% BG)	88,47 gr
3) Res. Líquido: Cachaza	(0% CH)	0 gr	(50% CH)	41,47 gr	(100% CH)	82,94 gr

Fuente: Autoría propia

Tabla IX: Diseño experimental 2³, con once niveles.

NIVELES	Variables de Entrada								
	Biocane < BC >			Bagazo < BG >			Cachaza < CH >		
1	-1	(0% BC)	0 gr	-1	(0% BG)	0 gr	1	(100% CH)	82,94 gr
2	1	(100% BC)	22,12 gr	-1	(0% BG)	0 gr	1	(100% CH)	82,94 gr
3	-1	(0% BC)	0 gr	1	(100% BG)	88,47 gr	1	(100% CH)	82,94 gr
4	1	(100% BC)	22,12 gr	1	(100% BG)	88,47 gr	1	(100% CH)	82,94 gr
5	-1	(0% BC)	0 gr	-1	(0% BG)	0 gr	-1	(0% CH)	0 gr
6	1	(100% BC)	22,12 gr	-1	(0% BG)	0 gr	-1	(0% CH)	0 gr
7	-1	(0% BC)	0 gr	1	(100% BG)	88,47 gr	-1	(0% CH)	0 gr
8	1	(100% BC)	22,12 gr	1	(100% BG)	88,47 gr	-1	(0% CH)	0 gr
9	0	(50% BC)	11,06 gr	0	(50% BG)	44,24 gr	0	(50% CH)	41,47 gr
10	0	(50% BC)	11,06 gr	0	(50% BG)	44,24 gr	0	(50% CH)	41,47 gr
11	0	(50% BC)	11,06 gr	0	(50% BG)	44,24 gr	0	(50% CH)	41,47 gr

Fuente: Autoría propia

El proceso de sembrado inicia con la mezcla de las dosis correspondientes para cada muestra con la tierra, en seguida se llena una cuarta parte de la mezcla en la bolsa y se sitúa la yema para terminar de cubrir con la mezcla finalmente se le adiciona agua y se marca con el pin de color para su diferenciación (Ilustración XII).

Ilustración XII: Primer día de siembra



Fuente: Autoría propia

7. Resultados y análisis

Las variables de salida que se miden durante un mes aproximadamente en el semillero son:

- Altura de la planta de caña,
- pH del suelo,
- Conductividad del suelo.

La altura inicialmente era medida por reglas de 30 cm de longitud, las cuales se instalaron para cada una de las bolsas, pero debido al magnífico e inesperado crecimiento que presentaron algunas muestras se optó por utilizar un metro. El pH y la conductividad se midieron a través de un pH-metro y conductímetro respectivamente (Ilustración XIII). Las mediciones iniciaron el 9/02/2020 y finalizaron el 05/03/2020 (Anexo I y II).

Para las fechas 25 al 27 de febrero del año 2020, no se hicieron las mediciones de altura debido a que las plantas sobre pasaban la longitud presente por la regla utilizada, por esta

razón se propuso dejar la última altura medida en la fecha 22/02/2020 como se evidencia en los Anexo I y II. Cabe recalcar que estos valores repetidos se encuentran subrayados con rojo. A partir del 29/02/2020 se siguieron realizando las mediciones de altura con un metro. Conjuntamente se evidencian en azul los valores de altura y en rojo los valores que no presentaron crecimiento para la planta.

Ilustración XIII: *Medición de pH y conductividad*



Fuente: Autoría propia

7.1 Descripción de las yemas o plantas de caña

Luego de tres meses desde la creación semillero se evidencia que la mezcla de estos residuos junto al abono favoreció el crecimiento de la mayoría de las plantas de caña amarilla, sin embargo, para la caña morada no presento tan buenos resultados debido a que no se desarrolló la planta de caña a partir de la yema. En los anexo III y IV la se identifican las tres muestras por cada uno de los experimentos con su respectiva imagen de la planta o yema a la cual, se le realiza una breve descripción del resultado final después de tres meses de siembra.

De las 33 plantas de la especie POJ 28-78 (caña amarilla) creció el 79% de ellas, las cuáles presentaban en su mayoría raíces abundantes y prolongadas, un tallo alto y hojas de un color verde sano. El 21% restante no presentó ningún crecimiento de tallo ni de hojas, sin embargo, algunas muestran crecimiento en sus raíces. Esta descripción se puede observar más detalladamente sobre cada experimento en el anexo III.

De las 33 plantas de la especie POJ 27-14 (caña morada) solamente creció el 33% de ellas, a diferencia de la otra especie, estas presentan tallos cortos y algunas hojas menos firmes que otras. El 67% restante no presentó ningún crecimiento de tallo ni de hojas, sin embargo, algunas muestran crecimiento en sus raíces. Esta descripción se puede observar más detalladamente sobre cada experimento en el anexo IV.

7.2 Graficas y análisis ANOVA (POJ 28 – 78)

La realización de las gráficas y tablas ANOVA, se crean a través del software Action Stat, utilizando los valores últimos tomados para la fecha del 05/03/2020. Además, se tiene en cuenta que el p-valor deben ser menor a 0,05, los valores que cumplan esta condición permitirán realizar la ecuación y observar el comportamiento de ésta. De igual manera se analizará el R^2 , que debe estar entre los rangos de 0,95 – 0,9.

7.2.1 Tablas ANOVA

7.2.1.1 Altura <cm>

Según la tabla X, el p-valor de 0,002 que representa a la cachaza, tiene un efecto significativo en relación a la altura (H) de la planta de caña para la variedad POJ 28 -78. Sin embargo, el R^2 como se evidencia en la tabla XII (0,38), no se encuentra entre los rangos antes mencionados debido a las diferencias entre alturas de las tres muestras por cada nivel.

Para la ecuación lineal negativa de la altura (H), se tiene en cuenta los resultados menores a 0,005 que son el intercepto y la cachaza como se observa en la tabla XI. El aumento en las dosis de la cachaza ocasiona la disminución de la altura.

$$H = -12,25 * CH + 27,303$$

$$H = -12,25CH + 27,303$$

Tabla X: ANOVA altura

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	10,6666667	10,6666667	0,03416009	0,85480086
BG	1	450,6666667	450,6666667	1,44326372	0,24044158
CH	1	3601,5	3601,5	11,5338335	0,0022061
BC:BG	1	140,1666667	140,1666667	0,44888491	0,5087723
BC:CH	1	770,6666667	770,6666667	2,46806636	0,12827223
BG:CH	1	80,6666667	80,6666667	0,25833567	0,61555144
Resíduos	26	8118,63636	312,255245		

Fuente: Autoría propia

Tabla XI: Ecuación (altura)

Coeficientes				
Preditor	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Intercepto	27,3030303	3,07608195	8,87591123	2,3887E-09
BC	-0,6666667	3,60702581	-0,1848245	0,85480086

Predictor	Coeficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat.t	P-valor
BG	-4,3333333	3,60702581	-1,2013591	0,24044158
CH	-12,25	3,60702581	-3,3961498	0,0022061
BC:BG	-2,4166667	3,60702581	-0,6699887	0,5087723
BC:CH	-5,6666667	3,60702581	-1,5710081	0,12827223
BG:CH	-1,8333333	3,60702581	-0,5082673	0,61555144

Fuente: Autoría propia

Tabla XII: R^2 (altura)

Medida Descriptiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R^2	R^2 Ajustado
17,67074545	26	0,383689741	0,241464297

Fuente: Autoría propia

7.2.1.2 pH

En la tabla XIII, no hay p-valor que cumpla con la condición, es decir, no existe ninguna variable que interactúe o sea significativa con respecto al pH, de igual manera el R^2 de la tabla XV, esta condicionado a un nivel de confianza de 0,9, sin embargo, el valor de 0,21, no cumple con la condición.

Para el caso del pH, el intercepto cumple la condición con un valor de $3,62 * 10^{-26}$ (Tabla XIV).

pH= 4,79

Tabla XIII: P - valor (pH)

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	0,09375	0,09375	0,29479201	0,59197426
BG	1	0,40041667	0,40041667	1,25908942	0,27248544
CH	1	0,63375	0,63375	1,99279397	0,17037489
BC:CH	1	0,07041667	0,07041667	0,22142155	0,64203851
BC:BG	1	1,00041667	1,00041667	3,14575827	0,08830803
BG:CH	1	0,00041667	0,00041667	0,00131019	0,97141315
Resíduos	25	7,95052083	0,31802083		

Fuente: Autoría propia

Tabla XIV: Ecuación (pH)

Preditor	Coefficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Intercepto	4,796875	0,09969028	48,1177825	3,6232E-26
BC	-0,0625	0,11511241	-0,5429475	0,59197426
BG	-0,1291667	0,11511241	-1,1220915	0,27248544
CH	0,1625	0,11511241	1,41166355	0,17037489
BC:CH	-0,0541667	0,11511241	-0,4705545	0,64203851
BC:BG	0,20416667	0,11511241	1,77362856	0,08830803
BG:CH	-0,0041667	0,11511241	-0,0361965	0,97141315

Fuente: Autoría propia

Tabla XV: R² (pH)

Medida Descritiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R²	R² Ajustado
0,563933359	25	0,216673338	0,028674939

Fuente: Autoría propia

7.2.1.3 Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$

La tabla XVI, se observa que las variables de entrada de bagacillo y la mezcla entre este último y la cachaza genera cambios en la conductividad, con un p-valor de 0,0085 y 0,030 respectivamente. En la tabla XVIII, el R^2 es de 0,47 la cual no cumple con el nivel de confianza debido a las variaciones tan amplias de conductividad entre las muestras.

Las variables de entrada que cumplen la condición para la ecuación son: el bagacillo, la mezcla de este con la cachaza y de igual manera el intercepto (tabla XVII).

$$C = 50,66 * BC + 63,58 * BC * CH + 160,12$$

$$C = 50,66BC + 63,58(BCCH) + 160,12$$

Tabla XVI: P – valor (conductividad)

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	61610,6667	61610,6667	3,34666846	0,0788326
BG	1	149152,667	149152,667	8,1019173	0,00851682
CH	1	49868,1667	49868,1667	2,70882024	0,11183163
BC:BG	1	32856	32856	1,78472568	0,19314668
BC:CH	1	97028,1667	97028,1667	5,27053387	0,03000328
BG:CH	1	50233,5	50233,5	2,72866501	0,11058967
Resíduos	26	478648,348	18409,5519		

Fuente: Autoría propia

Tabla XVII: Ecuación (conductividad)

Coeficientes				
Preditor	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Intercepto	160,121212	23,6191704	6,77929029	3,4025E-07
BC	50,6666667	27,6959322	1,82939019	0,0788326
BG	-78,8333333	27,6959322	-2,8463867	0,00851682
CH	45,58333333	27,6959322	1,6458494	0,11183163
BC:BG	-37	27,6959322	-1,3359363	0,19314668

Predictor	Coeficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat.t	P-valor
BC:CH	63,5833333	27,6959322	2,29576433	0,03000328
BG:CH	-45,75	27,6959322	-1,6518671	0,11058967

Fuente: Autoría propia

Tabla XVIII: R^2 (conductividad)

Medida Descriptiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R^2	R^2 Ajustado
135,6818037	26	0,479389121	0,359248149

Fuente: Autoría propia

7.2.2 Graficas de efectos

7.2.2.1 Altura <cm>

Según la gráfica de efectos para altura <H> Vs Biocane <BC>, existe un crecimiento significativo, cuando no se agrega el fertilizante orgánico (-1), la variedad de caña POJ 28-78 alcanza una altura de 33,43 cm, de igual manera se puede observar que en la adición total de la dosis del fertilizante (1), hay crecimiento de la misma con una altura de 32,1cm; mientras que al adicionar la mitad de la dosis (0), no presenta un crecimiento tan significativo, obteniendo una altura de 12,71 cm.

En la gráfica de efectos para altura <H> Vs bagacillo <BG>, se observa que para una dosis de 0% y de 50% de este residuo (-1; 0), presenta en la variedad de caña POJ 28-78 una altura de 30,45 cm, sin embargo, al adicionar la dosis completa del bagacillo (1), el crecimiento de la caña amarilla tiende a bajar hasta la altura de 21,78 cm.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos para altura <H> Vs cachaza <CH>, que al adicionar el 0% y el 50% (-1; 0) de la dosis del residuo hay un aumento de la altura en 36,21 cm, lo cual hace evidencia que son las dosis más adecuadas para que la planta crezca. No obstante, al agregar el 100% de la dosis (1) existe la disminución en la altura de la caña hasta los 11,71 cm.

Cabe anotar que la sombra roja obedece al poco ajuste de los datos para el modelo presentado, además los valores anteriormente mencionados se presentan en la tabla XIX y gráfica I.

Tabla XIX: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la H

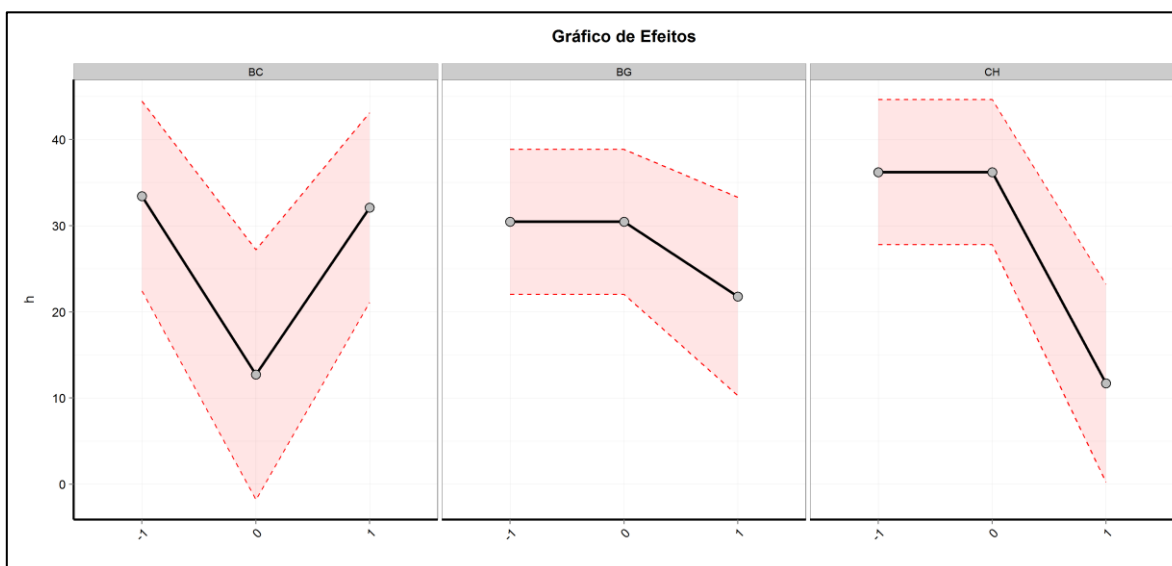
<i>Tabela de Efeito</i>			
<i>BC</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Efeito</i>	<i>Limite Superior</i>
-1	22,43163531	33,43939394	44,44715257
0	-1,775215938	12,71717172	27,20955937
1	21,09830198	32,10606061	43,11381923

<i>Tabela de Efeito</i>			
<i>BG</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Efeito</i>	<i>Limite Superior</i>
-1	22,0379972	30,45454545	38,87109371
0	22,0379972	30,45454545	38,87109371
1	10,28328222	21,78787879	33,29247536

<i>Tabela de Efeito</i>			
<i>CH</i>	<i>Limite Inferior</i>	<i>Efeito</i>	<i>Limite Superior</i>
-1	27,79557295	36,21212121	44,62866947
0	27,79557295	36,21212121	44,62866947
1	0,20752464	11,71212121	23,21671778

Fuente: Autoría propia

Gráfica I: Gráfica de efectos <H>



Fuente: Autoría propia

7.2.2.2 pH

Según la gráfica de efectos para el pH <PH> Vs Biocane <BC>, se evidencia que para la dosis del 0% (-1) del fertilizante, el pH es de 4,42 y la dosis del 100% (1), el pH es de 4,30, pero para la dosis del 50% (0) de Biocane el pH aumenta hasta los 5,25.

En la gráfica de efectos para pH <PH> Vs bagacillo <BG>, se observa que para una dosis de 0% y de 50% de este residuo (-1; 0), el pH se mantiene constante en 4,91, sin embargo, al adicionar la dosis completa del bagacillo (1), el pH tiende a bajar hasta los 4,6 cm.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos para pH <PH> Vs cachaza <CH>, al adicionar el 0% y el 50% (-1; 0) de la dosis, el pH se mantiene constante en 4,70, no obstante, al agregar el 100% de la dosis (1) existe el aumento de pH en el suelo a 5,02.

Cabe anotar que la sombra roja obedece a la poca dispersión entre los datos según el modelo presentado. Además, surge la necesidad de aplicar correctivos al suelo para incrementar el pH de éste y que esté entre los rangos de 5,5 y 7,5 para obtener el buen desarrollo del cultivo (ICA, 2011). Para los valores anteriormente mencionados se encuentran presentados en la tabla XX y la gráfica II.

Tabla XX: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre el pH

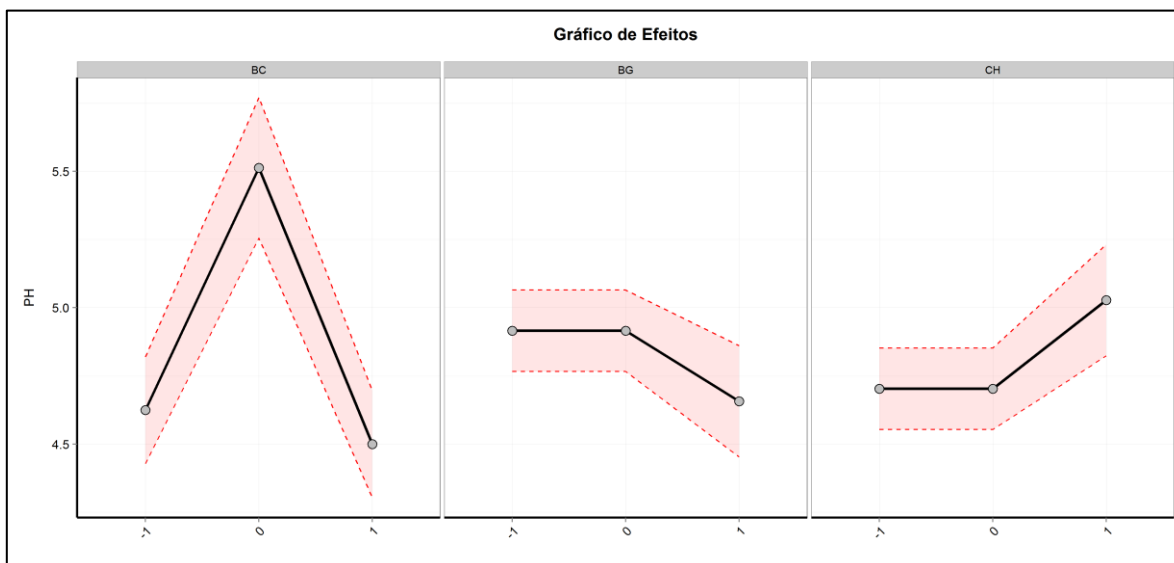
Tabela de Efeito			
BC	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	4,428740369	4,624242424	4,819744448
0	5,255740897	5,513131313	5,77052173
1	4,303740369	4,499242424	4,694744448

Tabela de Efeito			
BG	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	4,765670359	4,915151515	5,064632671
0	4,765670359	4,915151515	5,064632671
1	4,452492092	4,656818182	4,861144272

Tabela de Efeito			
CH	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	4,553549147	4,703030303	4,852511459
0	4,553549147	4,703030303	4,852511459
1	4,823704213	5,028030303	5,232356393

Fuente: Autoría propia

Grafica II: Gráfica de efectos <pH>



Fuente: Autoría propia

7.2.2.3 Conductividad <μS/cm>

La gráfica de efectos de conductividad <C> Vs Biocane <BC>, evidencia que en la dosis de 0% (-1) del fertilizante, la conductividad se encuentra en los 136,64 <μS/cm>, mientras que en la dosis del 50% (0) la conductividad tiende a bajar hasta los 96,43 <μS/cm>, por último, la dosis del 100% (1) del Biocane, aumenta significativamente la conductividad con respecto a los otros valores presentados, alrededor de los 237,97 <μS/cm>.

En la gráfica de efectos de conductividad <C> Vs bagacillo <BG>, se observa que la conductividad de 223,71 <μS/cm> se mantiene constante para las dosis de 0% y 50% (-1; 0), mientras que para la dosis del 100% (1) de <BG> la conductividad baja hasta los 66,05 <μS/cm>.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos de conductividad <C> Vs cachaza <CH>, que al adicionar las dosis de 0% y 50% (-1; 0) la conductividad se mantiene constante en 130,40 <μS/cm> y para la dosis del 100% (1) la conductividad aumenta significativamente hasta obtener 221,57 <μS/cm>.

Lo anterior representa la alta variabilidad entre los datos, produciendo la amplia franja roja, es decir, que no se puede determinar el efecto de los residuos en este parámetro, sin embargo, los valores medidos de conductividad se encuentran dentro del rango esperados para cultivos de caña menor a 1,7 <dS/m> (INTAGRI, 2017) o 1700 <μS/cm>, es decir, que las plantas no gastan tanta energía para la absorción del agua (Castillo, Morales, & Vargas, 2015). Además, los valores anteriormente mencionados se presentan en la tabla XXI y en la gráfica III.

Tabla XXI: *Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la conductividad*

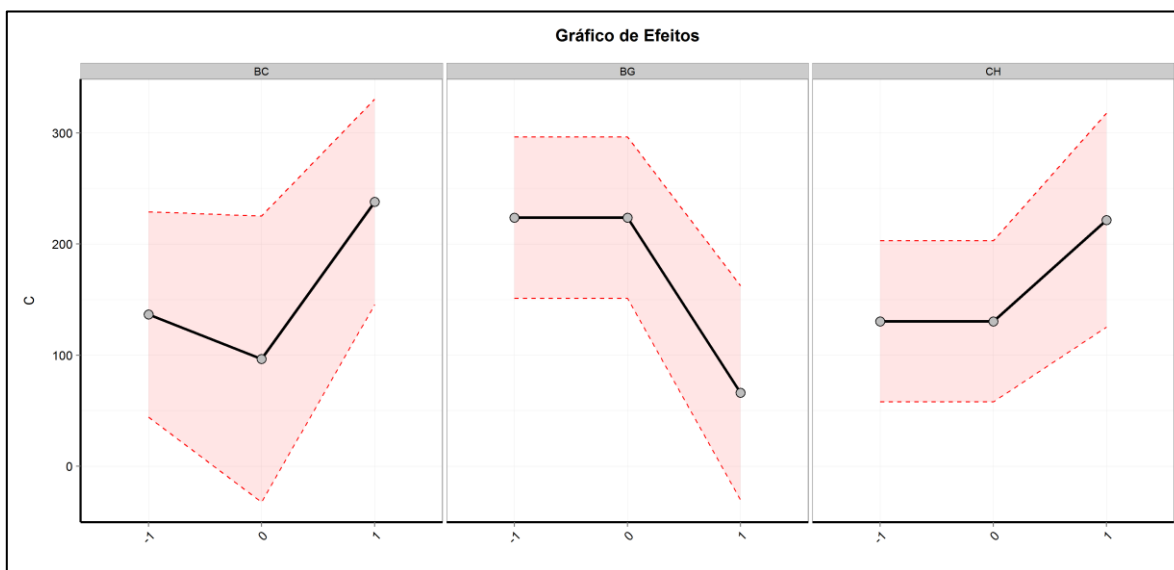
Tabela de Efeito			
BC	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	44,29757501	136,6458333	228,9940917
0	-32,22773524	96,4375	225,1027352
1	145,6309083	237,9791667	330,327425

Tabela de Efeito			
BG	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	151,1417691	223,71875	296,2957309
0	151,1417691	223,71875	296,2957309
1	-30,28425001	66,05208333	162,3884167

Tabela de Efeito			
CH	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	57,82926914	130,40625	202,9832309
0	57,82926914	130,40625	202,9832309
1	125,2365833	221,5729167	317,90925

Fuente: Autoría propia

Grafica III: Gráfica de efectos <C>



Fuente: Autoría propia

7.2.3 Graficas de interacciones

7.2.3.1 Altura <cm>

La siguiente información la podemos observar en la gráfica IV.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y bagacillo <BG> para la variable de salida de altura <H>

La primera gráfica tiende a tener una interacción positiva entre las variables. La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de Biocane aumenta se produce el crecimiento gradual de la altura en la plata de caña que va desde los 30,5 cm hasta los 35 cm. En el caso del triángulo azul y la línea verde segmentada,

los cuales figuran como el bagacillo al "1" (100%) provocan junto Biocane en aumento en sus dosis, el descenso en la altura de la variedad de caña POJ 28 -78, pasando de una altura de 38 cm hasta los 20,2 cm. Además, existe mayor interacción entre estas dos variables de entrada. El bagacillo en "0" (50% de la dosis) representa el punto medio de crecimiento de la altura para la planta.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y cachaza <CH> para la variable de salida de altura <H>

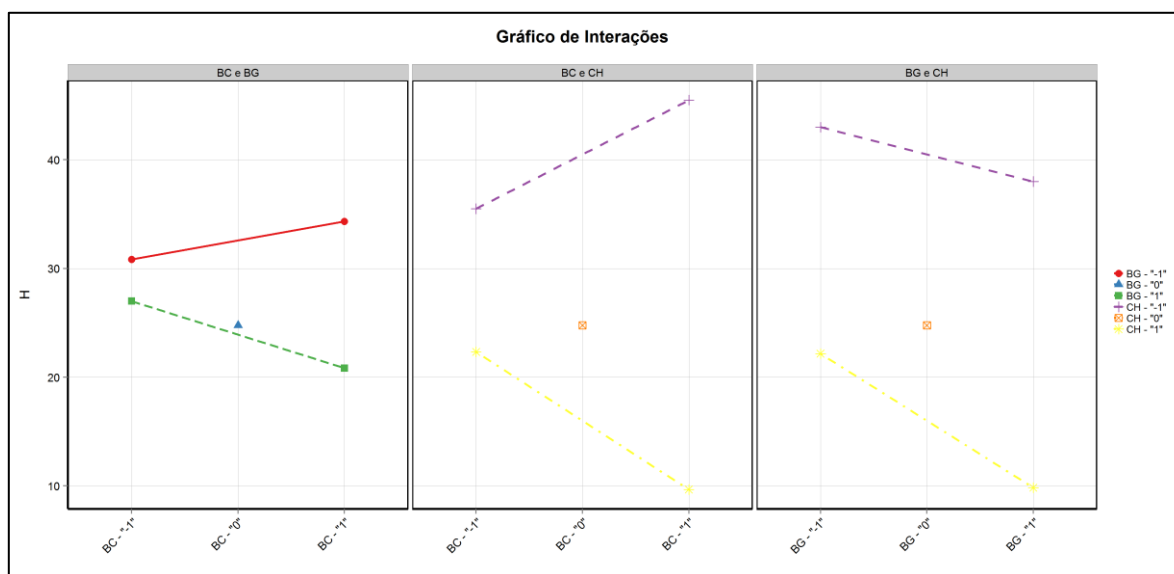
La segunda gráfica presenta poca interacción entre las variables de entrada, pero son inversas entre si y existir la posibilidad de que, en un punto por fuera de la gráfica, estas variables interactúen. La adición de una mayor dosis de Biocane en mezcla con una mayor dosis cachaza tiende a disminuir la altura de la planta, mientras que, si se utiliza la mayor dosis de cachaza y se incrementa la proporción de Biocane, la planta presenta un incremento significativo en su altura.

Gráfica de interacciones entre bagacillo <BG> y cachaza <CH> para la variable de salida de altura <H>

La tercera gráfica es más evidente que existe el efecto de paralelismo entre el bagacillo y cachaza, por lo tanto, no hay una relación entre estas dos variables, las cuales no producen algún efecto en la altura <H> de la planta. La línea segmentada morada representa la cachaza "1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en aumento, la altura de la variedad de caña POJ 28 -78 disminuye pasando de 44 cm hasta los 38 cm. En el caso de la línea segmentada amarilla (cachaza "1") que al momento de

interactuar con el bagacillo en aumento genera en la altura, a la disminución de esta misma pasando de 21,5 cm hasta los 10 cm.

Grafica IV: Gráfica de interacciones <H>



Fuente: Autoría propia

7.2.3.2 pH

La siguiente información la podemos observar en la gráfica V.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y bagacillo <BG> para la variable de salida de pH <PH>

Para la primera gráfica existe una interacción o relación inversa entre las variables de entrada que afectan al pH. La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de Biocane aumenta se produce la disminución del pH en el suelo donde se encuentra la plata de caña que va desde los 4,9 hasta los 4,45. En el caso de la línea

verde segmentada , la cual figuran como el bagacillo al "1" (100% de la dosis) provocan junto Biocane en aumento, el ascenso del pH pasando de 4,3 hasta los 4,63. El bagacillo en "0" o punto medio representa las condiciones de pH más altas, las cuales tiende hacer el mejor pH para los cultivos de caña panelera.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y cachaza <CH> para la variable de salida de pH <PH>

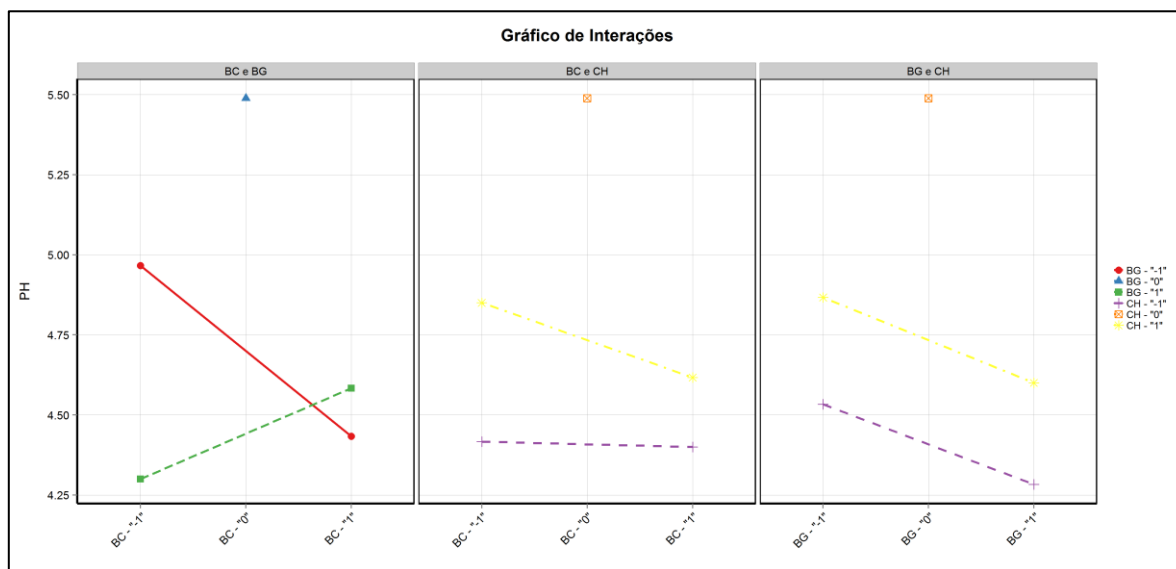
La segunda gráfica no presenta ninguna interacción entre las variables de entrada, puede existir en algún punto por fuera de la gráfica que estas variables interactúen. La línea segmentada morada representa la cachaza "-1'", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el Biocane en aumento, el suelo de la planta en el pH se mantiene estable con valores de 4,40 y 4,35. Para la línea segmentada amarilla que representa el 100% de la dosis de la cachaza "1" e interactúa con el Biocane en aumento produce la disminución en el pH del suelo de la planta pasando de 4,8 a 4,6. El cachaza en "0" o punto medio representa las condiciones de pH más altas, las cuales tiende hacer el mejor pH para los cultivos de caña panelera.

La gráfica de interacciones entre bagacillo <BG> y cachaza <CH> para la variable de salida de pH <PH>

La tercera gráfica es más evidente que existe el efecto de paralelismo entre el bagacillo y cachaza, por lo tanto, no hay una relación entre estas dos variables, las cuales no producen algún efecto en el pH del suelo. La línea segmentada morada representa la cachaza "-1'", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en aumento, el pH disminuye pasando de 4,55 hasta los 4,23. En el caso de la línea segmentada amarilla

(cachaza "1") que al momento de interactúa con el bagacillo en aumento, genera el pH la disminución de esta misma pasando de 4,81 a 4,62. El cachaza en "0" o punto medio representa las condiciones de pH más altas, las cuales tiende hacer el mejor pH para los cultivos de caña panelera.

Grafica V: *Gráfica de interacciones <pH>*



Fuente: Autoría propia

7.2.3.3 Conductividad <μS/cm>

La siguiente información la podemos observar en la gráfica VI.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y bagacillo <BG> para la variable de salida de conductividad <C>

La primera gráfica no presenta ninguna interacción entre las variables de entrada, puede existir en algún punto por fuera de la gráfica que estas variables interactúen. La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de

Biocane aumenta se produce el crecimiento significativo en la conductividad en el suelo donde se encuentra la plata de caña que va desde los 180 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$ hasta los 375 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$. En el caso de la línea verde segmentada, la cual figura como el bagacillo al "1" (100% de la dosis) provocan junto Biocane en aumento, el ascenso de la conductividad pasando de 50 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$ hasta los 110 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y cachaza <CH> para la variable de salida de conductividad <C>

Para la segunda gráfica existe una interacción inversa, es decir, que las variables de entrada afectan a la conductividad al momento de cruzarse. La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el Biocane en aumento, el suelo de la planta disminuye en conductividad pasando de 145 a 120 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$. Para la línea segmentada amarilla que representa el 100% de la dosis de la cachaza "1" e interactúa con el Biocane en aumento produce el crecimiento en la conductividad del suelo de la planta pasando de 105 a 365 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$.

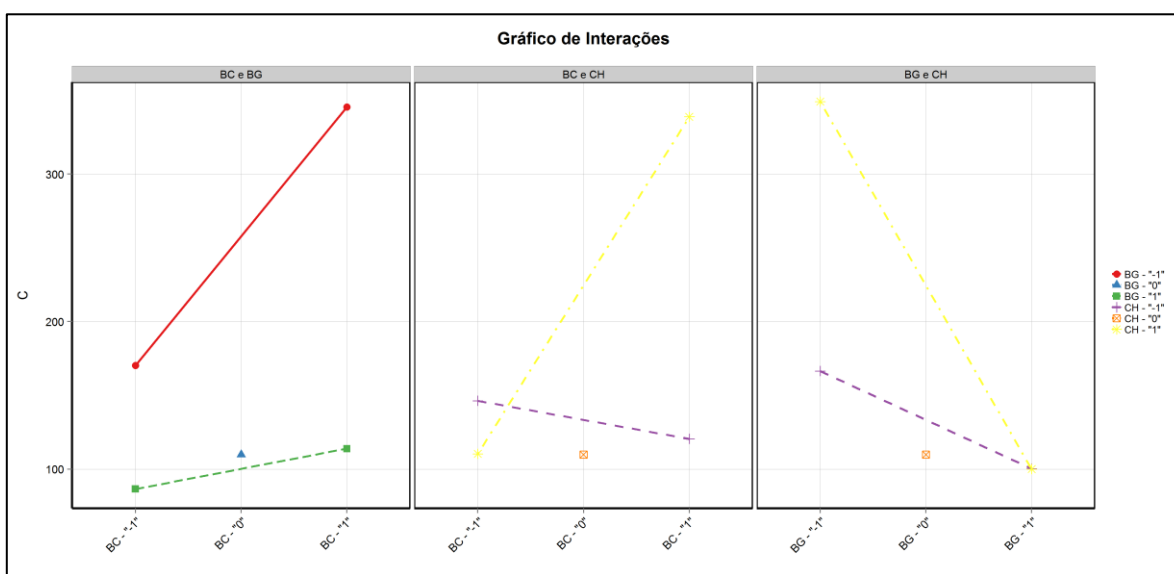
La gráfica de interacciones entre bagacillo <BG> y cachaza <CH> para la variable de salida de conductividad <C>:

En la tercera gráfica existe una interacción entre las variables de entrada que afectan a la conductividad. La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en aumento, la conductividad disminuye pasando de 160 hasta los 100 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$. En el caso de la línea segmentada amarilla (cachaza "1") que, al momento de interactuar con el bagacillo en

aumento, genera en la conductividad la disminución de esta misma pasando de 390 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los puntos medios "0" de las tres graficas que son Biocane y cachaza respectivamente producen que la conductividad sea baja en comparación con la información de las gráficas.

Grafica VI: Gráfica de interacciones $\langle C \rangle$



Fuente: Autoría propia

7.2.4 Gráficos de barras

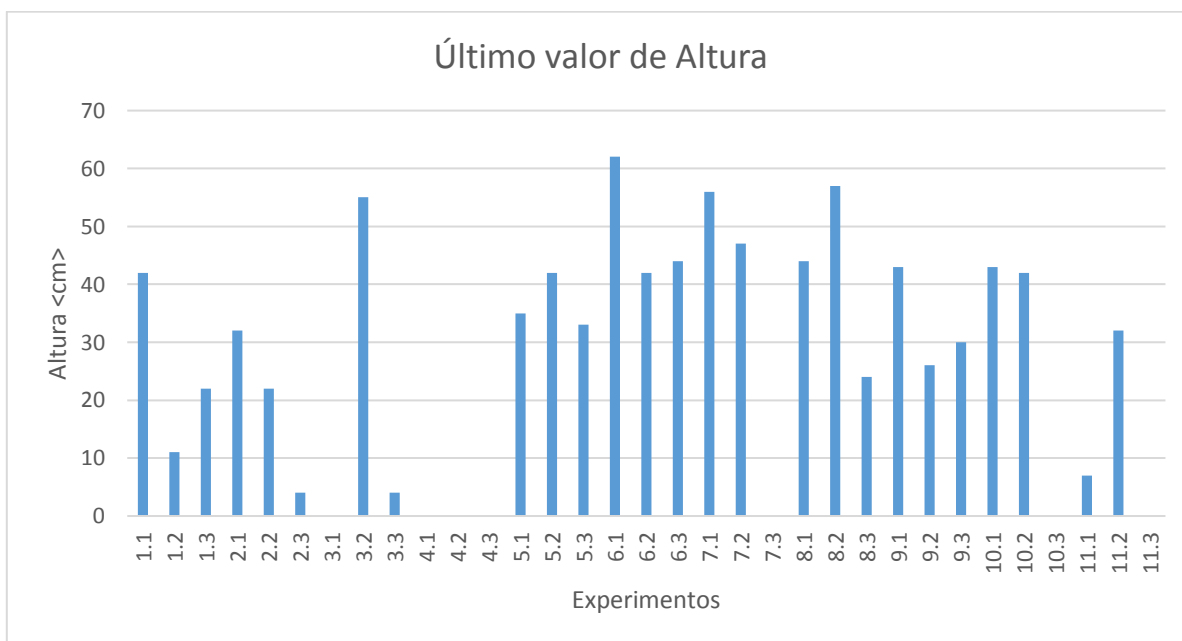
7.2.4.1 Altura $\langle \text{cm} \rangle$

En general la especie POJ 28 - 78 presentó un buen crecimiento. El mayor promedio de crecimiento se obtiene en las plantas 6.1, 6.2 y 6.3 las cuales tienen presencia de 100% de

Biocane, esto significa que este fertilizante usado comúnmente en los cultivos tiene un gran efecto en el crecimiento de las plantas. De igual manera se evidencia que el 100% del contenido de Biocane y bagacillo para los nivel 8.1, 8.2 y 8.3 genera buenos resultados en la altura y produciendo un buen complemento del bagacillo al Biocane (Grafica VII).

Las especies 4.1, 4.2 y 4.3 no mostraron ningún crecimiento, éstas tienen adición del 100% de Biocane, bagacillo y cachaza lo que significa que, las tres variables no tienen ningún efecto en el crecimiento de las plantas y por lo tanto no es recomendable usarlas en una sola planta (Grafica VII).

Grafica VII: *Altura para cada uno de los niveles de la caña amarilla*

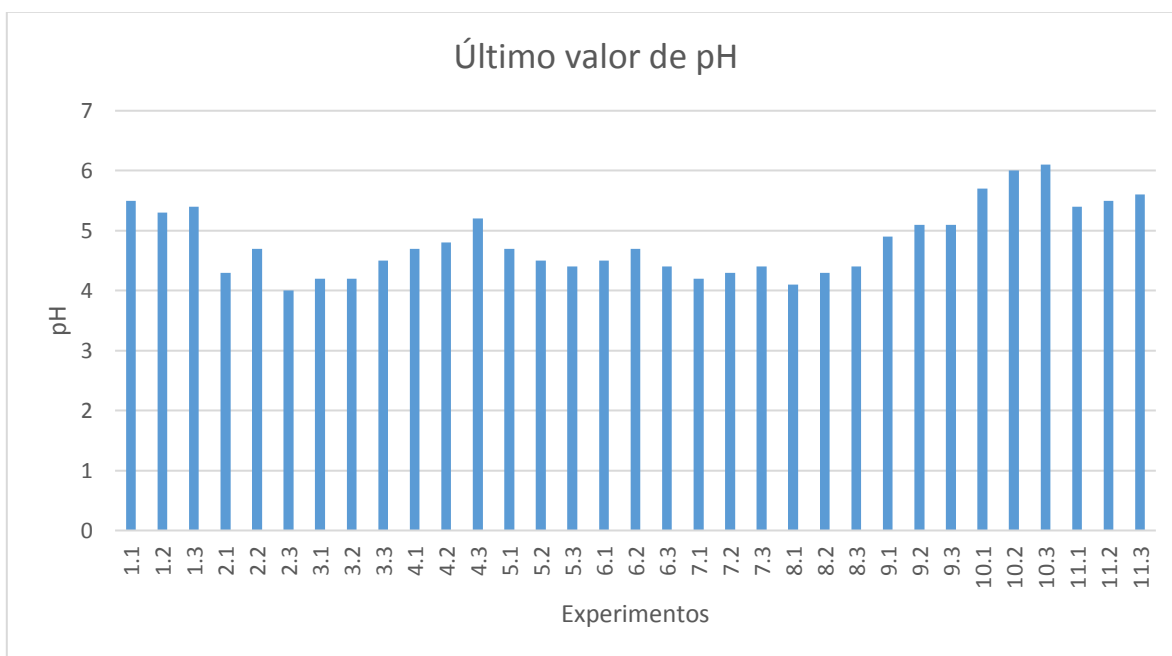


Fuente: Autoría propia

7.2.4.2 pH

Como se puede observar en la gráfica de barras los últimos valores tomados de pH de todas las muestras se conservan entre 4 y 6,1, para la optimización de este cultivo el rango recomendado es entre 5,5 y 7,5 (ICA, 2011), para los valores que se encuentran por debajo de 5,5 se es necesario aplicar correctivos que disminuyan la acidez del suelo. Los mejores suelos para este cultivo son los franco-arcilloso ya que presentan buen drenaje y evitan encharcamiento. Según la tabla # los niveles que cumplen con esta información son el 1, 10 y 11 (Gráfica VIII).

Gráfica VIII: pH para cada uno de los niveles de la caña amarilla



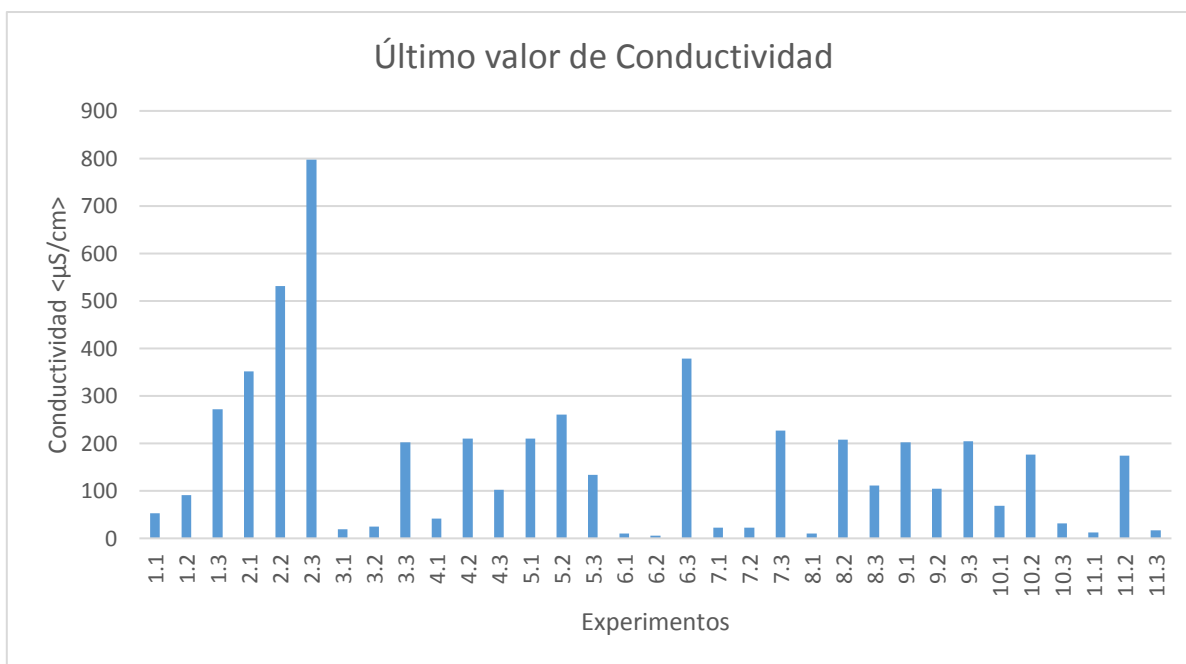
Fuente: Autoría propia

7.2.4.3 Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$

En la gráfica de barras se puede observar cómo varió el último valor de la conductividad entre los experimentos en las diferentes muestras, sin embargo, las mediciones generadas cumple con el valor de conductividad menor a $1,7 \text{ $\text{dS}/\text{m}$$ (INTAGRI, 2017) o $1700 \text{ $\mu\text{S}/\text{cm}$$ para cultivo de caña (Gráfica IX).

La relación entre humedad y conductividad es directamente proporcional, es decir, que al presentar un menor valor de humedad la conductividad disminuirá.

Gráfica IX: Conductividad para cada uno de los niveles de la caña amarilla

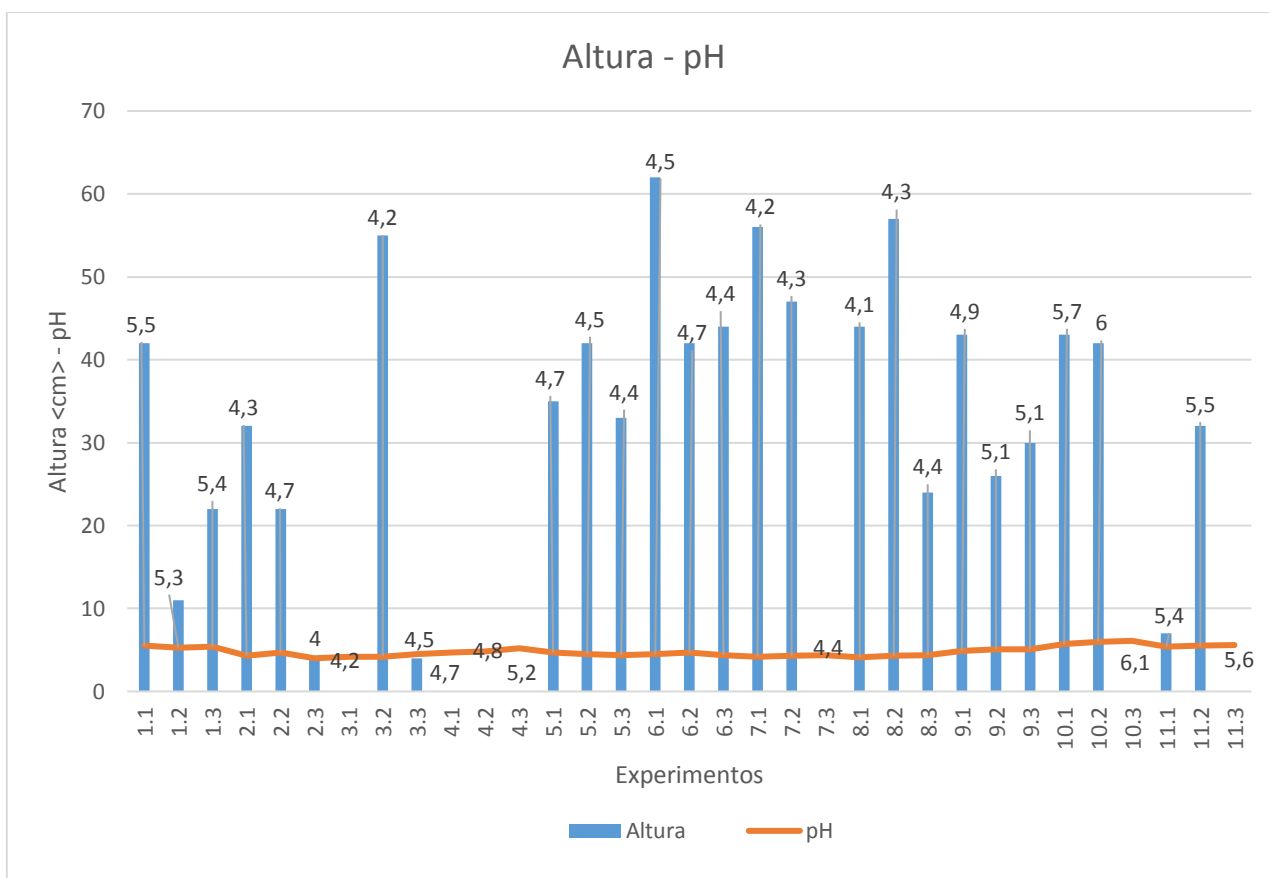


Fuente: Autoría propia

7.2.4.4 Altura <cm> y pH POJ 28 – 78 (amarilla)

Según la gráfica X, se evidencia que el crecimiento de la especie relacionada a la caña amarilla no se ve afectada por los pH ácidos medidos, con base en el rango de 5,5 a 7,5 (ICA, 2011) el cual es el pH adecuado para cultivos de caña. Como ejemplo tenemos que la caña amarilla que creció más fue el experimento 6,1 con una altura de 62 cm y un pH de 4,5. Además sólo 6 experimentos de 33 no generaron crecimiento alguno.

Grafica X: Altura - pH

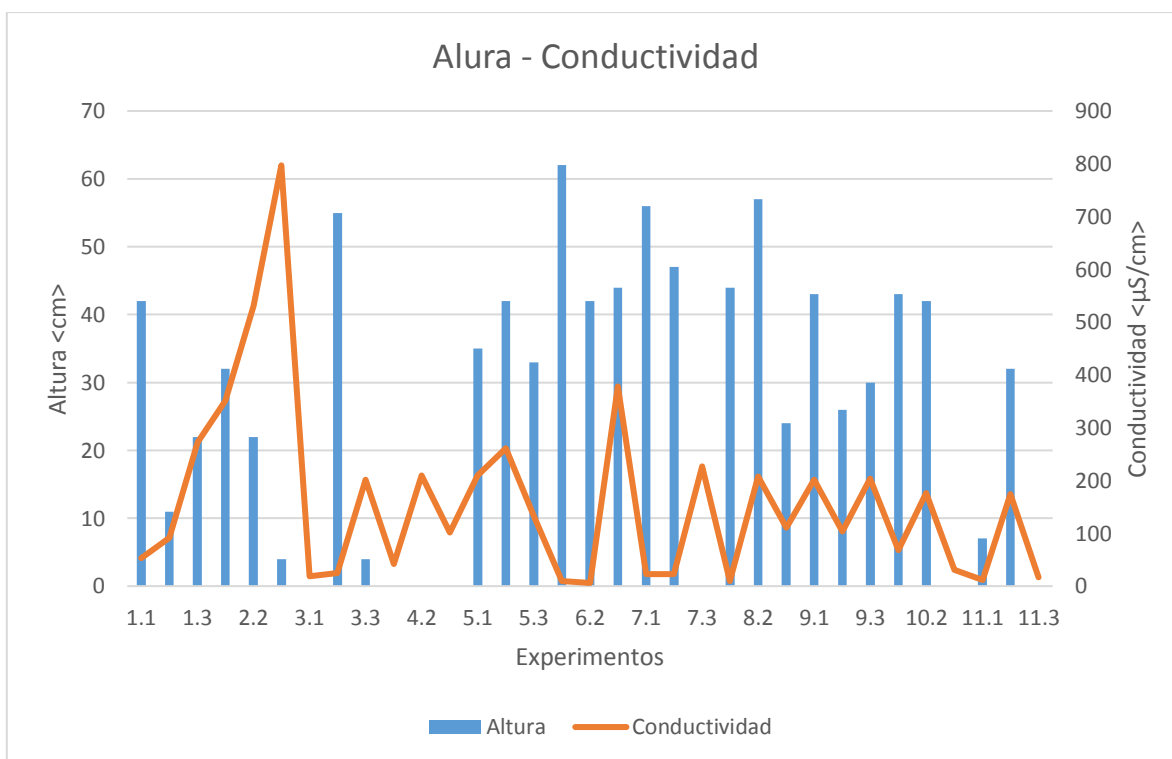


Fuente: Autoría propia

7.2.4.5 Altura <cm> y conductividad <μS/cm> POJ 28 – 78 (amarilla)

Según la gráfica XI, la conductividad en todos los casos se mantiene dentro del valor adecuados que es menor a 1700 <μS/cm> (INTAGRI, 2017). lo cual permite el adecuado crecimiento de las cañas amarillas. Como ejemplo tenemos que la caña amarilla que creció más fue el experimento 6,1 con una altura de 62 cm y una conductividad de 10 μS/cm. Además, sólo 6 experimentos de 33 no generaron crecimiento alguno.

Gráfica XI: Altura - Conductividad



Fuente: Autoría propia

7.3 Gráficas y análisis ANOVA (POJ 27 – 14)

La realización de las gráficas y tablas ANOVA, se crean a través del software Action Stat, utilizando los valores últimos tomados para la fecha del 05/03/2020. Además, se tiene en cuenta que el p-valor deben ser menor a 0,05, los valores que cumplan esta condición permitirán realizar la ecuación y observar el comportamiento de ésta. De igual manera se analizará el R^2 , que debe ser superior o igual a 0,95.

7.3.1 Tablas ANOVA

7.3.1.1 Altura <cm>

Según la tabla XXII, el p-valor de 0,042 que representa a la cachaza, tiene un efecto significativo en relación a la altura (H) de la planta de caña para la variedad POJ 27 - 14. Sin embargo, el R^2 como se evidencia en la tabla XXIV (0,299), no se encuentra entre los rangos antes mencionados debido a las diferencias entre alturas de las tres muestras por cada nivel.

Para la ecuación lineal negativa de la altura (H), se tiene en cuenta los resultados menores a 0,005 que son el intercepto y la cachaza como se observa en la tabla XXIV. El aumento en las dosis de la cachaza ocasiona la disminución de la altura.

$$H = -6,29 \cdot CH + 8$$

$$H = -6,29CH + 27,303$$

Tabla XXII: ANOVA (altura)

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	301,0416667	301,0416667	1,438515614	0,241196156
BG	1	0,375	0,375	0,001791923	0,966558163
CH	1	950,0416667	950,0416667	4,539736266	0,042740534
BC:BG	1	828,375	828,375	3,958356945	0,057254519
BC:CH	1	92,04166667	92,04166667	0,439817438	0,513048044
BG:CH	1	155,0416667	155,0416667	0,740860429	0,397253586
Resíduos	26	5441,083333	209,2724359		

Fuente: Autoría propia

Tabla XXIII: Ecuación de (altura)

Coeficientes				
Preditor	Estimativa	Desvio Padrão	Estat.t	P-valor
Intercepto	8	2,518251172	3,176807813	0,003815687
BC	3,541666667	2,952911246	1,199381346	0,241196156
BG	-0,125	2,952911246	-0,042331106	0,966558163
CH	-6,291666667	2,952911246	-2,130665686	0,042740534
BC:BG	5,875	2,952911246	1,989561998	0,057254519
BC:CH	-1,958333333	2,952911246	-0,663187333	0,513048044
BG:CH	2,541666667	2,952911246	0,860732496	0,397253586

Fuente: Autoría propia

Tabla XXIV: R^2 (altura)

Medida Descritiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R^2	R^2 Ajustado
14,46625162	26	0,299551579	0,137909636

Fuente: Autoría propia

7.3.1.2 pH

En la tabla XXV, presenta dos el p-valor, el primero de 7,331E-11 para cachaza y el segundo de 0,022 para Biocane con cachaza, es decir, que estos residuos tienen un efecto significativo en relación al pH del suelo de la planta de caña para la variedad POJ 27 – 14. Sin embargo, el R² de la tabla XXVII, esta acondicionado a un nivel de confianza de 0,95, sin embargo, el valor de 0,826, no cumple con la condición.

Para la ecuación lineal negativa del pH, se tiene en cuenta los resultados menores a 0,005 que son el intercepto, la cachaza y la combinación de cachaza con Biocane como se observa en la tabla XXVI.

$$\text{pH} = -0,84 \cdot \text{CH} - 0,19 \cdot \text{BC} \cdot \text{CH} + 5,05$$

$$\text{pH} = -0,84\text{CH} - 0,19(\text{BC})(\text{CH}) + 5,05$$

Tabla XXV: ANOVA (pH)

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	0,05041667	0,05041667	0,32461588	0,5737372
BG	1	0,02041667	0,02041667	0,13145602	0,71985786
CH	1	17,1704167	17,1704167	110,554509	7,3831E-11
BC:BG	1	0,57041667	0,57041667	3,67272011	0,06636439
BC:CH	1	0,92041667	0,92041667	5,92625181	0,02208942
BG:CH	1	0,57041667	0,57041667	3,67272011	0,06636439
Resíduos	26	4,03810606	0,15531177		

Fuente: Autoría propia

Tabla XXVI: Ecuación (pH)

Preditor	Coeficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Intercepto	5,05757576	0,06860333	73,7220121	1,0033E-31
BC	0,04583333	0,08044454	0,56975071	0,5737372
BG	-0,0291667	0,08044454	-0,3625686	0,71985786

Predictor	Coeficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
CH	-0,8458333	0,08044454	-10,51449	7,3831E-11
BC:BG	0,15416667	0,08044454	1,91643422	0,06636439
BC:CH	-0,1958333	0,08044454	-2,4343894	0,02208942
BG:CH	-0,1541667	0,08044454	-1,9164342	0,06636439

Fuente: Autoría propia

Tabla XXVII: R2 (pH)

Medida Descriptiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R ²	R ² Ajustado
0,394096145	26	0,826992236	0,787067368

Fuente: Autoría propia

7.3.1.3 Conductividad <μS/cm>

La tabla XXVIII, se observa que las variables de entrada de Biocane, bagacillo y la mezcla entre Biocane y cachaza genera cambios en la conductividad, con un p-valor de 0,00376136; 0,00042755; 0,02399906 respectivamente. En la tabla XXX, el R² es de 0,56 la cual no cumple con el nivel de confianza debido a las variaciones tan amplias de conductividad entre las muestras.

Las variables de entrada que cumplen la condición para la ecuación son: el Biocane, el bagacillo y la mezcla entre Biocane y cachaza y de igual manera el intercepto (Tabla XXIX).

$$C = 84,08*BC - 106,58*BG + 63,33*BC*CH + 204,96$$

$$C = 84,08BC - 106,58BG + 63,33(BC)(CH) + 204,96$$

Tabla XXVIII: P- valor (conductividad)

Tabela da ANOVA					
Fatores	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
BC	1	169680,167	169680,167	10,1289699	0,00376136
BG	1	272640,167	272640,167	16,2751139	0,00042755
CH	1	6868,16667	6868,16667	0,40999166	0,52757689
BC:BG	1	27202,6667	27202,6667	1,62384913	0,21382841
BC:CH	1	96266,6667	96266,6667	5,74658892	0,02399906
BG:CH	1	54	54	0,0032235	0,9551578
Resíduos	26	435551,136	16751,9668		

Fuente: Autoría propia

Tabla XXIX: Ecuación (conductividad)

Preditor	Coeficientes			
	Estimativa	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Intercepto	204,969697	22,5307647	9,09732536	1,4633E-09
BC	84,0833333	26,4196634	3,18260426	0,00376136
BG	-106,58333	26,4196634	-4,0342427	0,00042755
CH	16,9166667	26,4196634	0,64030591	0,52757689
BC:BG	-33,666667	26,4196634	-1,2743034	0,21382841
BC:CH	63,3333333	26,4196634	2,3972044	0,02399906
BG:CH	-1,5	26,4196634	-0,0567759	0,9551578

Fuente: Autoría propia

Tabla XXX: R² (conductividad)

Medida Descritiva da Qualidade do Ajuste			
Desvio Padrão dos Resíduos	Graus de Liberdade	R ²	R ² Ajustado
129,4293892	26	0,568018315	0,468330234

Fuente: Autoría propia

7.3.2 Graficas de efectos

7.3.2.1 Altura <cm>

Según la gráfica de efectos para altura <H> Vs Biocane <BC>, existe un crecimiento significativo cuando se agrega el fertilizante orgánico (1), la variedad de caña POJ 27-14 alcanza una altura de 15,55 cm, de igual manera se puede observar que cuando no haya adición del fertilizante (-1), hay crecimiento de la misma con una altura de 8,58cm; mientras que al adicionar la mitad de la dosis (0), no presenta crecimiento.

En la gráfica de efectos para altura <H> Vs bagacillo <BG>, se observa que para una dosis de 0% y de 50% de este residuo (-1; 0), en la variedad de caña POJ 28-78 se presenta una altura de 8,09 cm, sin embargo, al adicionar la dosis completa del bagacillo (1), el crecimiento de la caña amarilla tiende a bajar a 7, 84 cm.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos para altura <H> Vs cachaza <CH>, que al adicionar el 0% y el 50% (-1; 0) de la dosis del residuo se presenta una altura de 12,57cm, no obstante, al agregar el 100% de la dosis (1) no existe crecimiento.

Cabe anotar que la sombra roja obedece al poco ajuste de los datos para el modelo presentado, además lo valores anteriormente mencionados se presentan en la tabla XXXI y en la gráfica XII.

Tabla XXXII: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la H

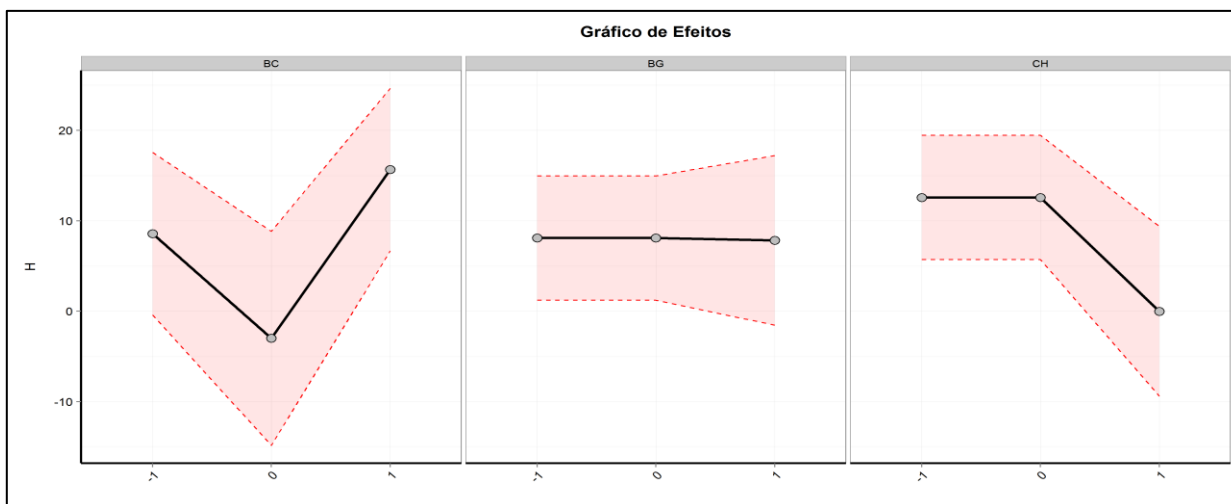
Tabla de Efeito			
BC	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	-0,403980162	8,583333333	17,57064683
0	-14,83234804	-3	8,832348035
1	6,679353171	15,66666667	24,65398016

Tabela de Efeito			
BG	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	1,219196118	8,090909091	14,96262206
0	1,219196118	8,090909091	14,96262206
1	-1,552049052	7,840909091	17,23386723

Tabela de Efeito			
CH	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	5,704044603	12,57575758	19,44747055
0	5,704044603	12,57575758	19,44747055
1	-9,400533901	-0,007575758	9,385382386

Fuente: Autoría propia

Grafica XII: Grafica de interacciones <H>



Fuente: Autoría propia

7.3.2.2 pH

Según la gráfica de efectos para pH <PH> Vs Biocane <BC>, se evidencia que para la dosis del 0% (-1) del fertilizante el pH es de 5,05 y la dosis del 100% (1) el pH es de 5,14, pero

para la dosis del 50% (0) de Biocane el pH disminuye a 4,94, sin embargo, no son diferencias significativas.

En la gráfica de efectos para pH <PH> Vs bagacillo <BG>, se observa que para una dosis de 0% y de 50% de este residuo (-1; 0), el pH se mantiene constante en 5,07, sin embargo, al adicionar la dosis completa del bagacillo (1), el pH se mantiene casi constante en 5,02.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos para pH <PH> Vs cachaza <CH>, al adicionar el 0% y el 50% (-1; 0) de la dosis del pH se mantiene constante en 5,67, no obstante, al agregar el 100% de la dosis (1) existe una disminución de pH en el suelo a 4,18.

Cabe anotar que la sombra roja obedece al adecuado ajuste de los datos para el modelo presentado en las gráficas de <BG>y <CH>. El pH que mejor se ajusta entre el rango de 5,5 a 7,5 (ICA, 2011), para la obtención de cultivo de caña panelera adecuado, es cuando las dosis esta entre 0% y el 50% de cachaza y los demás resultados obtenidos que se encuentran por debajo del rango se le deben aplicar correctivos para obtener pH más alto (ICA, 2011). Para los valores anteriormente mencionados se encuentran presentan en la tabla XXXII y la gráfica XIII.

Tabla XXXII: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre el pH

Tabela de Efeito			
BC	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	4,86319928	5,05530303	5,247406781
0	4,688497801	4,941414141	5,194330482
1	4,954865946	5,146969697	5,339073448

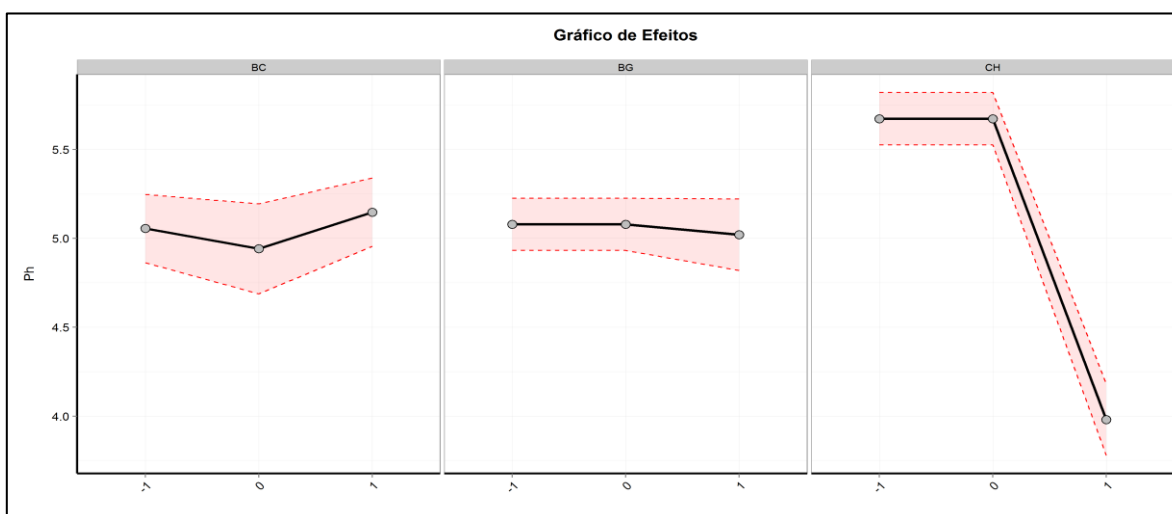
Tabela de Efeito			
BG	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	4,931905072	5,078787879	5,225670686
0	4,931905072	5,078787879	5,225670686

1	4,819680144	5,020454545	5,221228947
---	-------------	-------------	-------------

Tabela de Efeito			
CH	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	5,525844465	5,672727273	5,81961008
0	5,525844465	5,672727273	5,81961008
1	3,780286204	3,981060606	4,181835008

Fuente: Autoría propia

Grafica XIII: Gráfica de efectos pH



Fuente: Autoría propia

7.3.2.3 Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$

La gráfica de efectos de conductividad $\langle C \rangle$ Vs Biocane $\langle BC \rangle$ evidencia que en la dosis de 0% (-1) del fertilizante la conductividad se encuentra en los 175,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que, en la dosis de 50% (0) la conductividad tiende a bajar hasta los 60,12 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por último, la dosis del 100% (1) del Biocane aumenta significativamente con respecto a las otras presentando una conductividad alrededor de los 343,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la gráfica de efectos de conductividad <C> Vs bagacillo <BG>, se observa que la conductividad de 282,48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se mantiene constante para las dosis de 0% y 50% (-1; 0), mientras que para la dosis del 100% (1) de <BG> la conductividad baja hasta los 69,31 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Por último, se evidencia en la gráfica de efectos de conductividad <C> Vs cachaza <CH>, que al adicionar las dosis de 0% y 50% (-1: 0) la conductividad se mantiene constante en 192,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para la dosis del 100% (1) la conductividad aumenta significativamente hasta obtener 226,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las gráficas muestran el mal ajuste de los datos debido a la alta variabilidad entre los datos, es decir, que no se puede determinar el efecto de los residuos en este parámetro, sin embargo todos los valores de conductividad se encuentran en el rango deseado para cultivo de caña que son menores a 1,7 dS/m (INTAGRI, 2017) o 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es decir, que las plantas no gastan tanta energía para la absorción del agua (Castillo, Morales, & Vargas, 2015). Además, los valores anteriormente mencionados se presentan en la tabla XXXIII y la gráfica XIV.

Tabla XXXIII: Tablas de efectos de las variables de entrada sobre la conductividad

Tabela de Efeito			
BC	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	94,90477963	175,2045455	255,5043113
0	-45,5983421	60,12121212	165,8407663
1	263,0714463	343,3712121	423,6709779

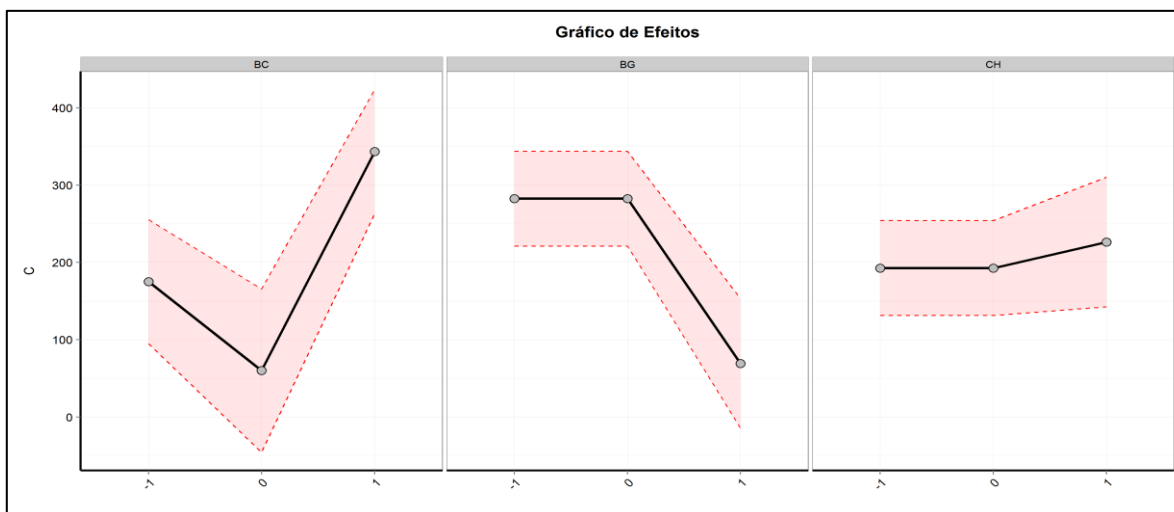
Tabela de Efeito			
BG	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	221,0875307	282,4848485	343,8821663
0	221,0875307	282,4848485	343,8821663

1	-14,60593407	69,31818182	153,2422977
---	--------------	-------------	-------------

Tabela de Efeito			
CH	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
-1	131,2693489	192,6666667	254,0639844
0	131,2693489	192,6666667	254,0639844
1	142,5758841	226,5	310,4241159

Fuente: Autoría propia

Grafica XIV: Gráfica de efectos <C>



Fuente: Autoría propia

7.3.3 Gráficas de interacciones

7.3.3.1 Altura <cm>

La siguiente información la podemos observar en la gráfica XV.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y bagacillo <BG> para la variable de salida de altura <H>:

La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de Biocane disminuye se produce el crecimiento gradual de la altura en la planta de caña que va desde los 8 cm hasta los 13,5 cm aproximadamente. En el caso del triángulo azul que representa una dosis de bagacillo al 50% muestra que la planta creció 0,2cm lo cual es muy poco y la línea verde segmentada, que figura como el bagacillo en "1" (100% de la dosis) provocan junto Biocane en aumento, el aumento en la altura de la variedad de caña POJ 27-14 pasando de una altura de 0,1 cm hasta los 20 cm. Además, el cruce de las rectas del bagacillo al 0% y el bagacillo al 100% significa una interacción entre ambas variables.

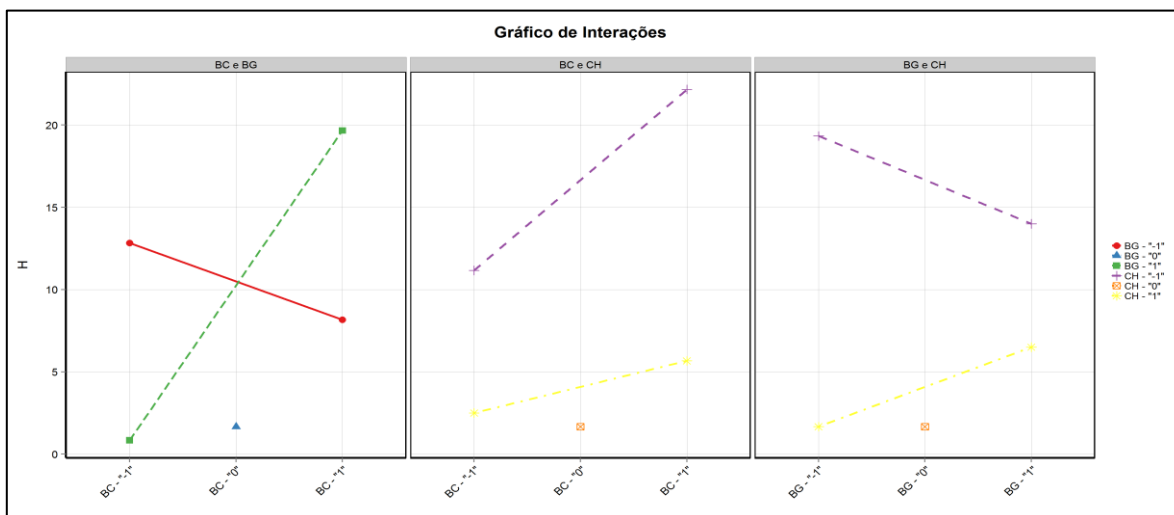
La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y cachaza <CH> para la variable de salida de altura <H>:

La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el Biocane en aumento, la planta crece en altura superando los 20 cm. Para la línea segmentada amarilla que representa el 100% de la dosis de la cachaza "1" e interactúa con el Biocane en aumento produce un crecimiento en la altura de la planta que pasa de 0,25 cm hasta los 6 cm.

La gráfica de interacciones entre bagacillo <BG> y cachaza <CH> para la variable de salida de altura <H>:

La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en disminución la altura de la variedad de caña POJ 27 -14 disminuye pasando de 14 cm hasta los 19 cm. En el caso de la línea segmentada amarilla (cachaza "1") que al momento de interactuar con el bagacillo en aumento genera en la altura el aumento de esta misma pasando de 0,2 cm hasta los 7 cm.

Grafica XV: Gráfica de interacciones <H>



Fuente: Autoría propia

7.3.3.2 pH

La siguiente información la podemos observar en la gráfica XVI.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y bagacillo <BG> para la variable de salida de pH <PH>:

La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de Biocane disminuye se produce el crecimiento gradual del pH hasta 5 en la planta de caña. En el caso del triángulo azul que representa una dosis de bagacillo al 50% muestra que la planta obtuvo un mayor valor de pH hasta 5,6. y la línea verde segmentada, que figura como el bagacillo en "1" (100% de la dosis) provocan junto con el Biocane en aumento, el aumento de pH hasta 5.0 en la variedad de caña POJ 27-14.

La gráfica de interacciones entre Biocane <BC> y cachaza <CH> para la variable de salida de pH <PH>:

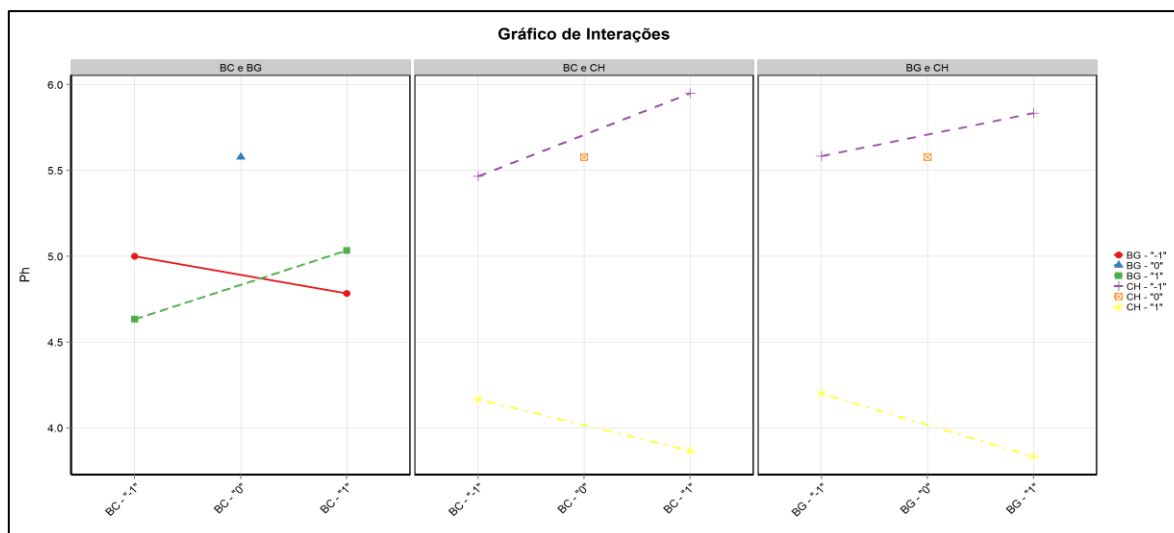
La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el Biocane en aumento, el suelo aumenta su pH hasta 6.0.

Para la línea segmentada amarilla que representa el 100% de la dosis de la cachaza "1" e interactúa con el Biocane en disminución produce un aumento de pH hasta 4.2 en el suelo.

La gráfica de interacciones entre bagacillo <BG> y cachaza <CH> para la variable de salida de pH <PH>:

La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en aumento el pH del suelo pasando de 5,6 a los 5,8 aproximadamente. En el caso de la línea segmentada amarilla (cachaza "1") que al momento de interactuar con el bagacillo en disminución genera que el pH aumente pasando de 3,6, hasta los 4,2.

Gráfica XVI: Gráfico de interacciones <pH>



Fuente: Autoría propia

7.3.3.3 Conductividad $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$

La siguiente información la podemos observar en la gráfica XVII.

La gráfica de interacciones entre Biocane $\langle\text{BC}\rangle$ y bagacillo $\langle\text{BG}\rangle$ para la variable de salida de conductividad $\langle\text{C}\rangle$:

La línea roja representa el bagacillo "-1", es decir, que la dosis es de 0% y a medida que las dosis de Biocane aumenta se produce el crecimiento gradual de la conductividad en el suelo de la planta de caña, que va desde los 220 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$, hasta los 490 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$ aproximadamente. En el caso del triángulo azul que representa una dosis de bagacillo al 50% y la línea verde segmentada con el 100% de la dosis, provocan disminución de la conductividad obteniendo 150 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$ y 110 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$ respectivamente.

La gráfica de interacciones entre Biocane $\langle\text{BC}\rangle$ y cachaza $\langle\text{CH}\rangle$ para la variable de salida de conductividad $\langle\text{C}\rangle$:

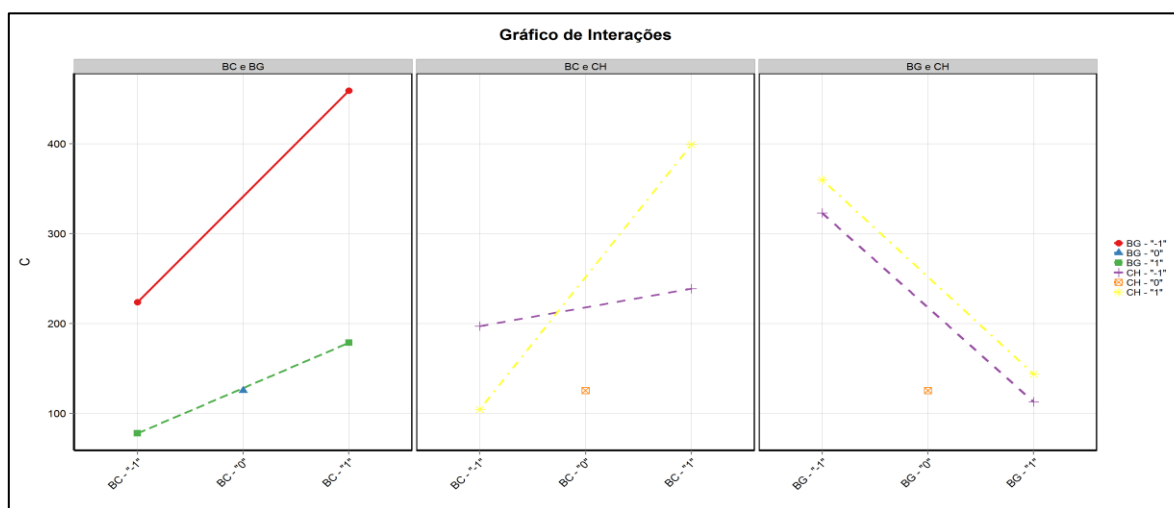
La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el Biocane en aumento, el suelo aumenta su conductividad superando los 200 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$. Para la línea segmentada amarilla que representa el 100% de la dosis de la cachaza "1" e interactúa con el Biocane en aumento produce un crecimiento en la conductividad del suelo que pasa de 100 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$, hasta los 400 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$.

La gráfica de interacciones entre bagacillo $\langle\text{BG}\rangle$ y cachaza $\langle\text{CH}\rangle$ para la variable de salida de conductividad $\langle\text{C}\rangle$:

La línea segmentada morada representa la cachaza "-1", es decir, que la dosis es de 0%, y al mismo tiempo que interactúa con el bagacillo en disminución la conductividad de la variedad de caña POJ 27 -14 aumenta pasando de 100 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$, hasta los 310 $\langle\mu\text{S}/\text{cm}\rangle$. En el caso de

la línea segmentada amarilla (cachaza "1") que al momento de interactuar con el bagacillo en aumento genera en la conductividad el aumento de esta misma pasando de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hasta los 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Gráfica XVII: Gráfico de interacciones <C>



Fuente: Autoría propia

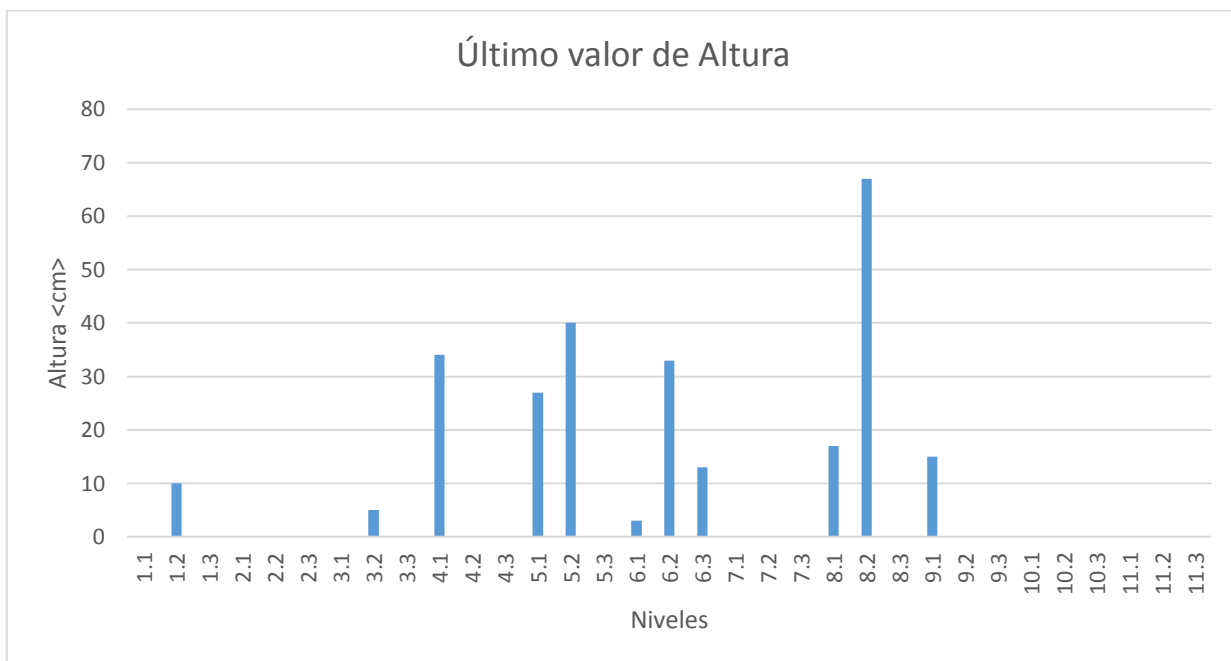
7.3.4 Gráficos de barras

7.3.4.1 Altura <cm>

En general la especie POJ 27 - 14 presentó un bajo crecimiento. De las 33 plantas solo crecieron once plantas de las cuáles la que mayor evidenció crecimiento fue la 8,2 que tenía adición de 100% de Biocane y 100% Bagacillo, esto significa que estos fertilizantes usados comúnmente en los cultivos junto con el bagacillo tienen un efecto en el crecimiento de las plantas.

Las especies 5,1 y 5,2 no contienen adición de ninguno de los fertilizantes, pero sin embargo presentan crecimiento. Por lo anterior se puede concluir que los fertilizantes y/o residuos agregados no causan un efecto relevante en esta especie (Gráfico XVIII).

Gráfica XVIII: Altura para cada uno de los niveles de caña morada



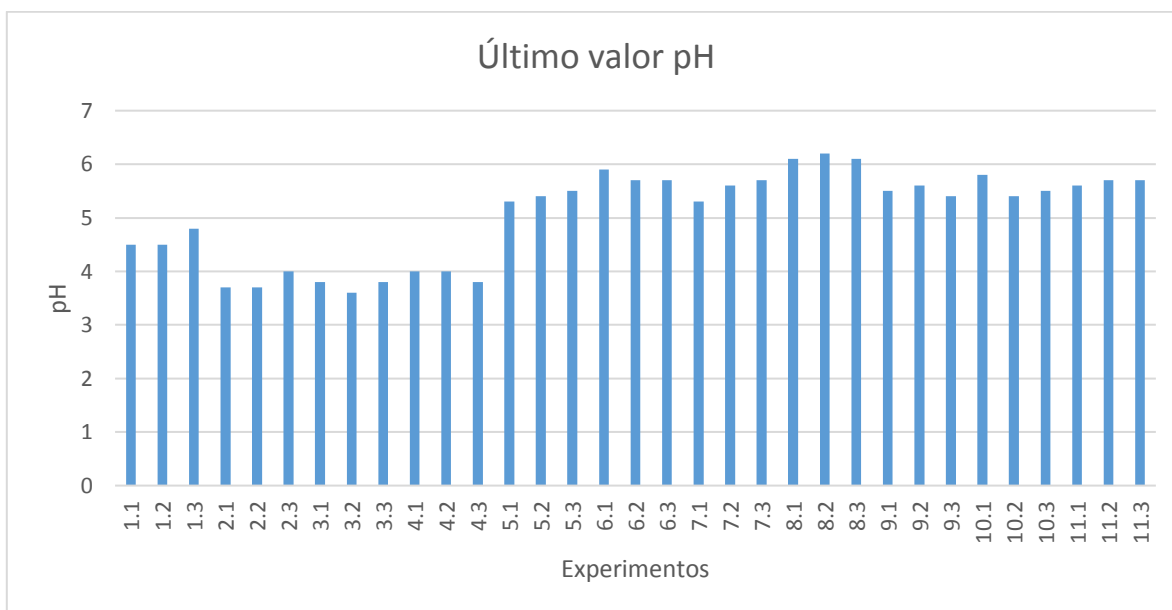
Fuente: Autoría propia

7.3.4.2 pH

Como se puede observar en la gráfica de barras los últimos valores tomados de pH de todas las muestras se conservan entre 3,6 y 6,2, para la optimización de este cultivo el rango recomendado es entre 5,5 y 7,5 (ICA, 2011), para los valores que se encuentran por debajo de 5,5 se es necesario aplicar correctivos que disminuyan la acidez del suelo. Los mejores

suelos para este cultivo son los franco-arcilloso ya que presentan buen drenaje y evitan encharcamiento (Gráfica XIX).

Gráfica XIX: pH para cada uno de los niveles de la caña morada



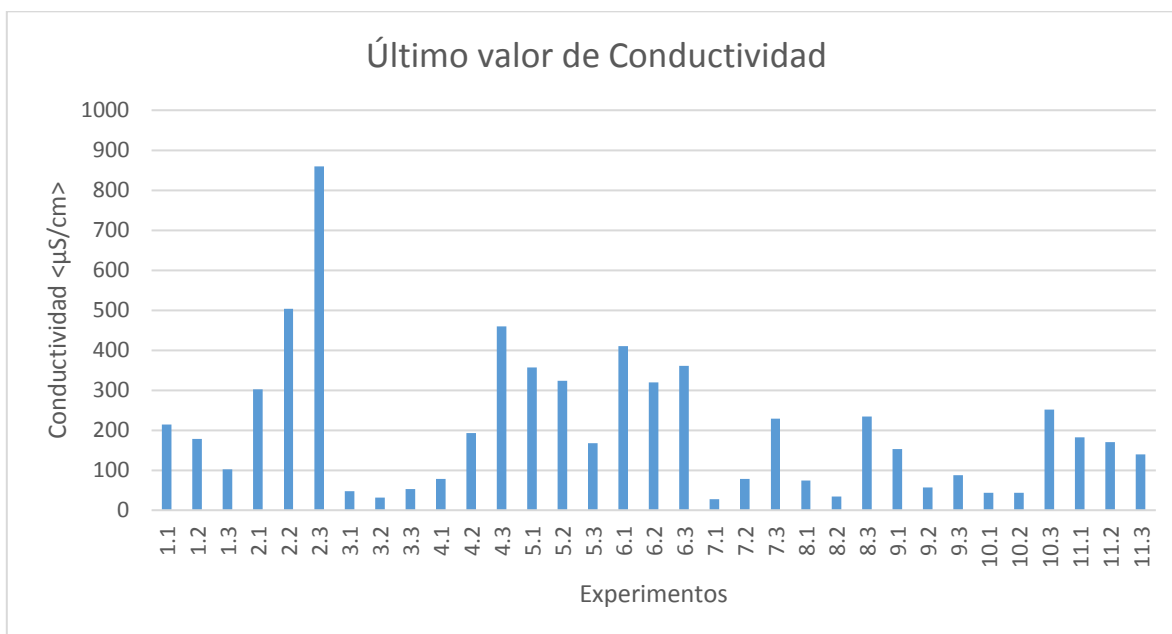
Fuente: Autoría propia

7.3.4.3 Conductividad <math>\mu\text{S}/\text{cm}>

En la gráfica de barras se puede observar cómo varió el último valor de la conductividad entre un mismo nivel en las diferentes muestras, sin embargo los valores se encuentra dentro del rango <math>1,7 < \text{dS}/\text{m}></math> (INTAGRI, 2017) o <math>1700 < \mu\text{S}/\text{cm}></math> para cultivo de caña. (Gráfica XX).

La relación entre humedad y conductividad es directamente proporcional, es decir, que al presentar un menor valor de humedad la conductividad disminuirá.

Grafica XX: Conductividad para cada uno de los niveles de la caña morada

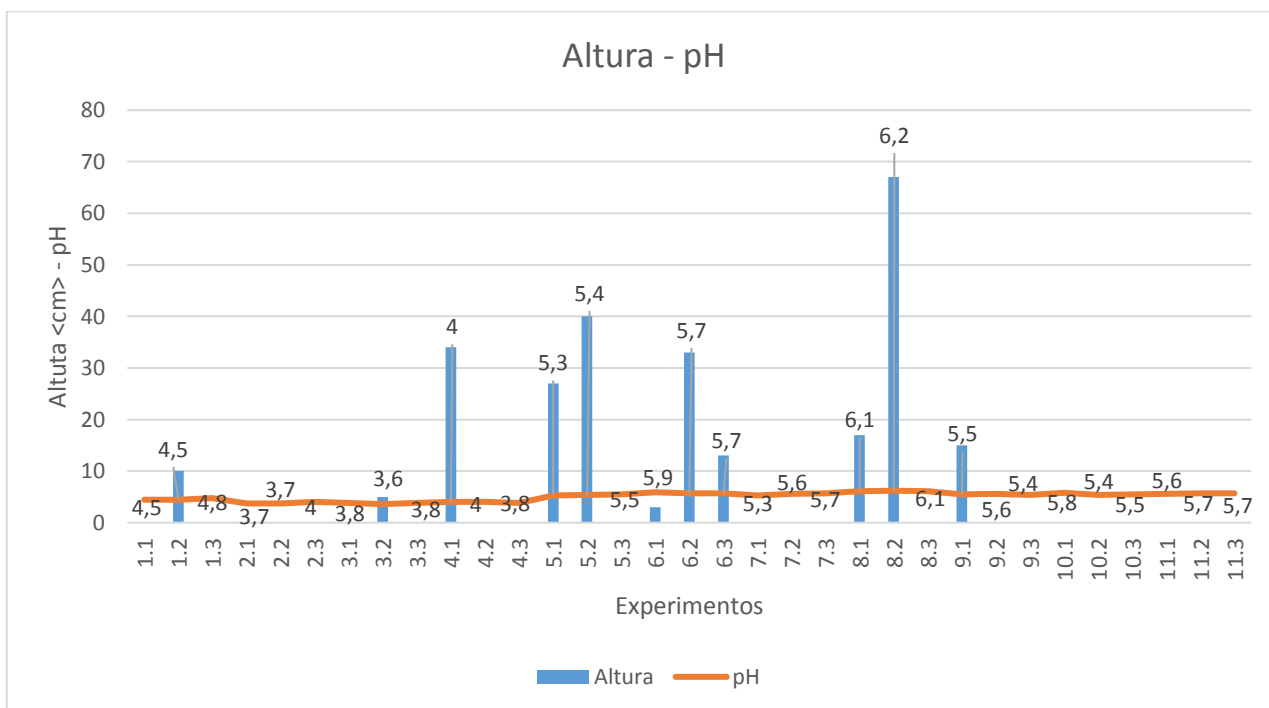


Fuente: Autoría propia

7.3.4.4 Altura <math>\text{cm}> y pH POJ 27 - 14 (morada)

Como se puede observar en la gráfica XXI los valores de pH son variables y algunos se encuentran fuera del rango establecido para este tipo de cultivos, lo cual significa que esto pudo haber afectado el crecimiento de las plantas ya que solamente crecieron 11 de 33 de ellas. La planta 8.2 presento la mayor altura con un valor de 67cm y un pH de 6,2.

Grafica XXI: Altura - pH

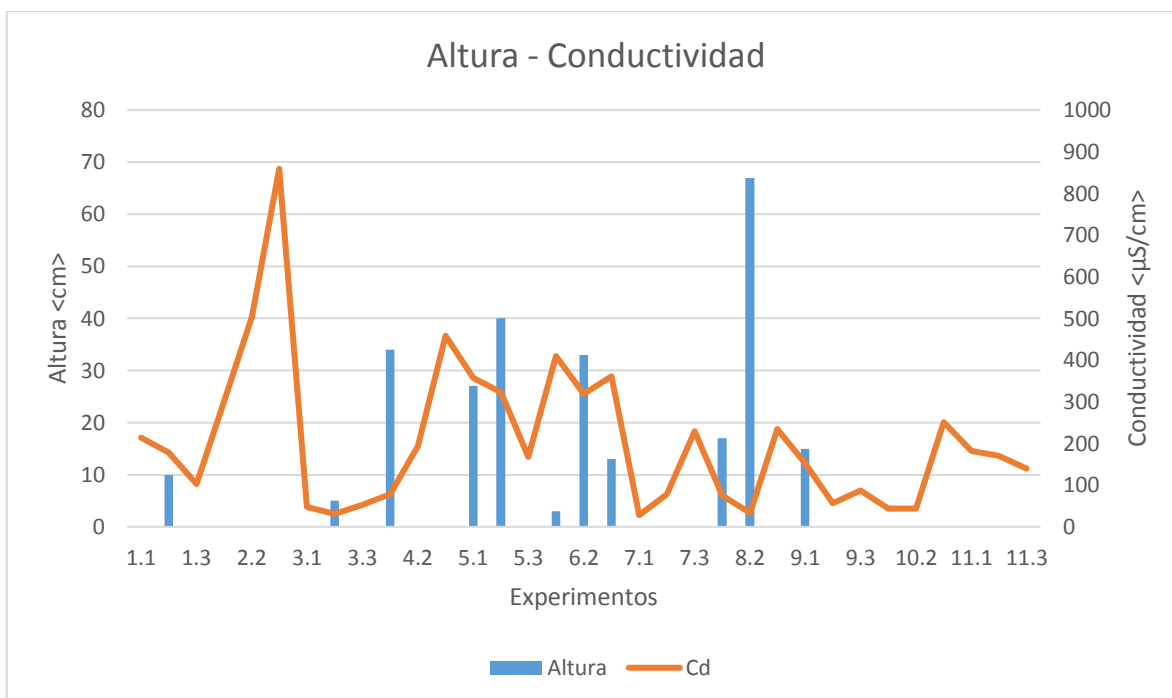


Fuente: Autoría propia

7.3.4.5 Altura <cm> y conductividad <μS/cm> POJ 27 – 14 (morada)

En la gráfica XXII se puede evidenciar que la conductividad en todos los casos se mantiene dentro del valor adecuado que es menor a 1,7 <μS/cm>, sin embargo, de los 33 experimentos no generaron crecimiento 22. La planta 8.2 presentó la mayor altura con un valor de 67cm y una conductividad de 34 <μS/cm>.

Grafica XXII: Altura - conductividad



Fuente: Autoría propia

8. Conclusiones

Altura

Independiente de todos los resultados la cachaza <CH> es la única representativa porque afecta el sistema (a pesar del error los datos son notorios y sensibles).

Debido a que la varianza es tan amplia, en las gráficas de interacción de ambas especies (POJ 28 - 78; POJ 27 - 14) los resultados no representan un efecto significativo en la altura, debido a que se trata de un espacio exploratorio y se puede generar errores humanos y/o biológicos.

Los R^2 de la variedad POJ 27 – 14 (caña morada) que fueron encontrados en el programa Action Stat, lanza mejores resultados, debido, a que no presenta una variabilidad tan alta como la POJ 28 - 78 (caña amarilla). Sin embargo, esta variedad no presentó un crecimiento significativo en comparación a la caña amarilla.

PH

El pH no genera un efecto significativo en la altura de las plantas.

Se evidencia que la tendencia del pH del suelo está por debajo del rango de 5,5 – 7,5 (ICA, 2011), de esta manera se sugiere utilizar correctivos para el suelo del cultivo de caña y alcanzar un pH adecuado.

En la caña morada el rango de pH se mantiene en 14 muestras dentro del rango óptimo de 5,5 – 7,5, mientras que la caña amarilla está por debajo de este con tan sólo 6 muestras.

Según la tabla ANOVA para el pH de la caña morada, las variables de entrada que generaron efectos significativos fueron la cachaza y la mezcla de Biocane con cachaza.

Según la tabla ANOVA para la caña amarilla ninguna de las variables de entrada provocó cambios, sin embargo, ninguno de los R^2 , cumplieron con el nivel de confianza establecido.

Conductividad

Para cada una de las especies de caña la mayoría de las variables de entrada generaban un efecto sobre la conductividad, sin embargo, el R^2 no cumple con el nivel de confianza (superior o igual a 0,95).

La conductividad registro valores positivos para el crecimiento del cultivo que son por debajo de $1700 \mu\text{S}/\text{cm}$.

General

Los resultados obtenidos se deben a que se trabajó con un sistema biológico y es natural que ocurran variabilidades durante el procedimiento experimental.

Los experimentos realizados con relación a las variables de entrada arrojan resultados poco similares, lo que significa que los datos trabajados en las gráficas se encuentran dispersos y no se puede forzar al programa analizar algo que estadísticamente no se puede.

Debido a la falta de bibliografía se dificultó obtener información acerca de la cantidad de dosis que se debe adicionar de cada uno de los residuos o variables de entrada por área de suelo.

9. Recomendaciones

La alta variabilidad de los datos se consiguió por solo trabajar con 3 muestras, se recomienda entonces trabajar con un mayor número de muestras superior a 7 por ser un proceso biológico y así se obtendrá una unidad de medida más estándar.

Al encontrarse que la cachaza <CH>, si es importante, con un mayor número de muestras se puede analizar el óptimo de <CH> bajo otras condiciones.

Establecer una coordinación al momento de recolección de las muestras (residuos y yemas) y el sembrado, de tal forma que toda la actividad se realice de un día para otro, para evitar el posible deterioro de las muestras, debido, a que puede perjudicar el desarrollo de la planta.

Se recomienda que el lugar donde se va a realizar el sembrado, sea cercano al lugar de recolección de las muestras, ya que, debido a la gran cantidad de materiales a utilizar, se dificulta el transporte.

Fomentar el estudio de estos residuos para su valorización ya sea como abono o fertilizante orgánico y obtener dosis estandarizadas por hectárea.

Tener claro las condiciones de crecimiento de la planta para el diseño y construcción del invernadero. Se deben utilizar los materiales adecuados para evitar el paso de agua lluvia, lograr una buena entrada de luz solar y aire e impedir el posible daño de la planta.

10. Dificultades

Durante el desarrollo de la parte experimental del trabajo, la mayor dificultad fue que el lugar de recolección de muestras se encontraba fuera de la ciudad y esto generaba problemáticas al momento de transportar las muestras, sobre pasando el presupuesto estimado.

Debido a la pandemia no se pudieron realizar más toma de muestras y complementar el análisis experimental en el laboratorio.

Anexos

Anexo I: Tabla de datos y mediciones para la caña amarilla (POJ 28 – 78)

Caña Amarilla (POJ 28 - 78)																																											
Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																											Análisis de la altura									
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)			Medida 2 (11/02/2020)			Medida 3 (13/02/2020)			Medida 4 (16/02/2020)			Medida 5 (18/02/2020)			Medida 6 (20/02/2020)			Medida 7 (22/02/2020)			Medida 8 (25/02/2020)			Medida 9 (27/02/2020)				Medida 10 (29/02/2020)			Medida 11 (3/03/2020)			Medida 12 (5/03/2020)		
							pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	Ultima Altura <cm>		
1.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,6	114	0	5,5	229	0	5,1	48	0	4,8	8	0	4,1	272	0	5,1	200	7	4,9	125	8	5,6	197	8	6,2	187	8	5,7	123	38	6,4	17	40	5,5	53	42	
1.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,7	100	0	5,1	321	0	5	34	0	4,4	8	0	4,2	112	0	4,7	238	0	4,9	157	1	5,4	91	1	6,1	193	1	5,8	220	6	6	57	10	5,3	91	11	
1.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,5	129	0	4,4	268	0	4,7	59	0	4,8	6	0	4,3	251	0	5,3	295	0	5,2	230	0	5,3	265	0	6	227	0	5,8	207	14	5,9	2	18	5,4	272	22	
2.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,4	134	0	5,2	187	0	5,4	106	0	4,1	10	0	3,8	283	0	5,3	291	3	5	155	4	5	280	4	5,6	206	4	5,8	111	20	5,5	93	32	4,3	351	32	
2.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,2	87	0	4,8	59	0	5,2	40	0	4	4	0	4,5	206	0	5,3	280	4	5,1	163	8	5	251	8	5,4	259	8	5,5	12	5	5,3	70	15	4,7	531	22	
2.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,1	110	0	4,6	282	0	5	40	0	3,9	8	0	4,3	412	0	5,2	276	0	5,1	208	0	4,9	257	0	5,4	264	0	5,3	45	0	5,4	178	0	4	797	4	
3.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	4	170	0	5,2	55	0	5,4	70	0	4,4	12	0	4	401	0	5,4	276	0	4,6	65	0	5	202	0	5,3	257	0	5,4	90	0	5,2	9	0	4,2	19	0	No hubo crecimiento de la planta
3.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	3,9	100	0	5	51	0	5	70	0	4	21	0	3,8	14	0	5,2	234	0	4,5	131	7	4,8	253	7	5,2	255	7	5,4	100	36,5	5	4	49	4,2	25	55	
3.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	3,9	102	0	4,8	100	0	5,1	23	0	4,1	16	0	3,9	36	0	5,1	272	0	4,5	27	8	4,9	259	8	5,2	253	8	5,4	233	0	5,2	36	0	4,5	202	4	
4.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	4,3	119	0	5,1	102	0	5,1	31	0	3,8	60	0	3,9	40	0	5,3	240	0	3,7	21	0	4,5	142	0	5,2	259	0	5,1	155	0	5,1	51	0	4,7	42	0	No hubo crecimiento de la planta
4.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	4,4	108	0	4,9	36	0	5,2	34	0	3,7	73	0	3,9	12	0	5,2	242	0	4,3	246	0	4,4	29	0	5,1	259	0	5	97	0	4,8	74	0	4,8	210	0	No hubo crecimiento de la planta
4.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	4,4	101	0	5	29	0	5,1	40	0	3,8	41	0	4,1	38	0	5,4	374	0	3,6	146	0	4,3	89	0	5	270	0	5,3	83	0	4,7	106	0	5,2	102	0	No hubo crecimiento de la planta
5.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	4,1	110	0	4,8	191	0	5,1	91	0	3,6	36	0	4	189	0	4,8	278	0	4,1	214	1	4,1	180	1	4,8	189	1	5,2	106	20	5,1	89	29	4,7	210	35	
5.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	3,6	123	0	4,6	152	0	4,9	76	0	3,6	45	0	3,9	229	0	4,9	206	0	4,1	206	0	4,1	219	0	4,8	163	0	5,1	75	30	5,3	63	35	4,5	261	42	

Caña Amarilla (POJ 28 - 78)																																											
Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																											Análisis de la altura									
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)			Medida 2 (11/02/2020)			Medida 3 (13/02/2020)			Medida 4 (16/02/2020)			Medida 5 (18/02/2020)			Medida 6 (20/02/2020)			Medida 7 (22/02/2020)			Medida 8 (25/02/2020)			Medida 9 (27/02/2020)				Medida 10 (29/02/2020)			Medida 11 (3/03/2020)			Medida 12 (5/03/2020)		
							pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <μS/cm>	Altura <cm>
5.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	3,6	101	0	4,4	100	0	4,8	87	0	3,5	93	0	3,8	187	0	4,7	251	0	3,7	234	5	4	95	5	4,8	174	5	5	243	22	5,1	142	28	4,4	134	33	
6.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	4,2	112	0	4,6	168	0	5,3	57	0	3,3	15	0	4,1	230	0	4,6	136	6	3,4	119	15	4	138	15	4,7	163	15	4,9	141	46	5,3	14	49	4,5	10	62	
6.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	3,7	125	0	4,8	57	0	4,9	102	0	3,3	70	0	4,2	246	0	4,7	158	0	3,5	231	0	4,1	127	0	4,7	172	0	4,8	136	24	5,7	65	33	4,7	6	42	
6.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	4,1	103	0	5	44	0	4,9	74	0	3,6	65	0	4,2	223	0	4,8	468	2	5	157	4	4,2	246	4	5	214	4	4,7	145	27	5,6	31	37	4,4	378	44	
7.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,2	89	0	5	91	0	4,5	87	0	4,3	23	0	4,1	65	0	4,8	87	5	3,5	40	11	4,3	74	11	4,8	206	11	4,6	78	38	4,9	6	48	4,2	23	56	
7.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,2	70	0	4,9	44	0	4,2	74	0	4,2	14	0	4,2	108	0	4,7	172	3	3,9	106	4	4,3	157	4	4,7	225	4	4,9	123	37	5	25	47	4,3	23	47	
7.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,4	65	0	4,5	38	0	4,2	85	0	4,3	9	0	4,1	34	0	4,6	61	0	3,8	225	0	4,2	210	0	4,6	227	0	4,9	163	0	5	19	0	4,4	227	0	No hubo crecimiento de la planta
8.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,5	108	0	4,9	12	0	5,2	27	0	4,1	51	0	4,5	36	0	4,6	23	0	3,4	44	4	4,2	12	4	4,7	219	4	5,3	206	33	5,2	27	44	4,1	10	44	
8.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,4	114	0	5	17	0	4,9	91	0	4,2	92	0	4,6	110	0	4,7	34	4	3,7	14	11	4,1	17	11	4,6	172	11	5,5	272	41	5	68	51	4,3	208	57	
8.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	4,4	115	0	4,7	42	0	5,2	80	0	4,2	77	0	4,8	106	0	4,6	127	0	3,8	182	0	4,1	91	0	4,6	208	0	5,5	255	18	4,8	55	22	4,4	111	24	
9.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	5,5	132	0	5,1	125	0	4,9	85	0	4,5	40	0	4,7	276	0	4,5	127	0	4	187	0	4,2	234	0	4,7	38	0	5,4	229	26	4,5	80	33	4,9	202	43	
9.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,7	100	0	5	170	0	4,9	57	0	4,5	13	0	5,3	285	0	4,7	321	0	4,4	221	0	4,2	304	0	4,9	89	0	5,5	263	13	4,6	40	18	5,1	104	26	
9.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,6	103	0	4,9	125	0	4,9	72	0	4,5	6	0	5,8	104	0	4,7	395	1	4,5	229	3	4	312	3	5,1	191	3	5,5	219	17	4,6	155	20	5,1	204	30	
10.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,7	124	0	5,2	104	0	4,9	125	0	4,7	9	0	5	246	0	4,7	117	0	4,7	48	7	4,2	314	7	5,1	227	7	5,4	210	30	4,8	2	37	5,7	68	43	
10.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,8	98	0	5,1	87	0	4,8	38	0	4,6	10	0	5	95	0	4,7	106	0	4,8	136	6	4,3	312	6	5,2	229	6	5,4	234	29	4,8	85	34	6	176	42	
10.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,9	123	0	5,2	46	0	4,8	40	0	4,7	4	0	4,5	44	0	4,8	191	0	4,7	68	0	4,3	278	0	5,2	129	0	5,4	233	0	4,6	42	0	6,1	31	0	No hubo crecimiento de la planta
11.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,5	80	0	5	125	0	5,3	25	0	4,8	12	0	4,9	36	0	4,6	59	0	4,6	23	0	4,3	326	0	5,2	129	0	5,2	376	2,5	4,9	8	11	5,4	12	7	
11.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7,6	77	0	5,2	80	0	5,2	12	0	4,9	21	0	6,4	134	0	4,7	25	1	4,4	127	6	4,1	317	6	5,1	53	6	5,2	355	27	4,9	19	32	5,5	174	32	

Caña Amarilla (POJ 28 - 78)																																											
Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																								Análisis de la altura												
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)		Medida 2 (11/02/2020)		Medida 3 (13/02/2020)		Medida 4 (16/02/2020)		Medida 5 (18/02/2020)		Medida 6 (20/02/2020)		Medida 7 (22/02/2020)		Medida 8 (25/02/2020)		Medida 9 (27/02/2020)		Medida 10 (29/02/2020)		Medida 11 (3/03/2020)		Medida 12 (5/03/2020)														
	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>									
11.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	7	120	0	5,1	115	0	5,2	21	0	4,5	19	0	6,4	182	0	4,7	202	0	3,9	265	0	4,1	70	0	5,4	270	0	5,3	211	0	4,5	4	0	5,6	17	0	No hubo crecimiento de la planta

Anexo II: Tabla de datos y mediciones para la caña morada (POJ 27 – 14)

Caña Morada (POJ 27 - 14)																																											
Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																								Análisis de la altura												
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)		Medida 2 (11/02/2020)		Medida 3 (13/02/2020)		Medida 4 (16/02/2020)		Medida 5 (18/02/2020)		Medida 6 (20/02/2020)		Medida 7 (22/02/2020)		Medida 8 (25/02/2020)		Medida 9 (27/02/2020)		Medida 10 (29/02/2020)		Medida 11 (3/03/2020)		Medida 12 (5/03/2020)														
	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	Ultima Altura <cm>					
1.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,9	90	0	4,5	91	0	5,2	159	0	4,7	19	0	4,6	123	0	4,8	17	0	4,7	221	0	4,4	202	0	5,1	259	0	5,1	168	0	4,6	44	0	4,5	214	0	No hubo crecimiento de la planta
1.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	4,9	107	0	4,4	74	0	4,8	148	0	4,6	40	0	4,8	240	0	4,7	334	0	4,6	202	0	4,6	255	0	5,6	253	0	5	274	1,2	5	55	10	4,5	178	10	
1.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	5	121	0	4,4	91	0	4,8	134	0	4,7	93	0	5	27	0	4,7	106	0	4,5	240	0	4,6	261	0	5,5	263	0	5	270	0	4,7	61	0	4,8	102	0	No hubo crecimiento de la planta
2.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	5,2	123	0	4,9	65	0	5,1	104	0	4,3	57	0	4,6	168	0	4,6	423	0	4,5	253	0	4,4	76	0	5,2	223	0	4,9	91	0	4,8	278	0	3,7	302	0	No hubo crecimiento de la planta
2.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	5,2	101	0	4,6	31	0	4,6	48	0	4,2	4	0	4,5	270	0	4,4	259	0	4,3	127	0	4,3	287	0	5,3	261	0	4,9	206	0	4,9	174	0	3,7	504	0	No hubo crecimiento de la planta





Caña Morada (POJ 27 - 14)

Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																								Análisis de la altura												
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)			Medida 2 (11/02/2020)			Medida 3 (13/02/2020)			Medida 4 (16/02/2020)			Medida 5 (18/02/2020)			Medida 6 (20/02/2020)			Medida 7 (22/02/2020)			Medida 8 (25/02/2020)				Medida 9 (27/02/2020)			Medida 10 (29/02/2020)			Medida 11 (3/03/2020)			Medida 12 (5/03/2020)		
							pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>			
2.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)	5,3	87	0	4,4	42	0	4,4	202	0	4,1	165	0	4,7	485	0	4,2	259	0	4,2	623	0	4,5	287	0	5,3	262	0	5	225	0	4,7	174	0	4	859	0	No hubo crecimiento de la planta
3.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,4	75	0	5,1	48	0	4,3	59	0	4,4	36	0	4,3	23	0	4,4	34	0	4,1	114	0	4,3	285	0	5,2	263	0	4,9	165	0	4,8	178	0	3,8	48	0	No hubo crecimiento de la planta
3.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,5	23	0	5,2	14	0	4,7	36	0	4,2	44	0	4,2	178	0	4,2	146	0	4,3	155	0	4,3	282	0	5,2	263	0	4,5	132	4	4,7	170	5	3,6	31	5	
3.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,1	107	0	5,1	14	0	4,6	25	0	4,1	19	0	4,4	153	0	4,4	157	0	4,5	142	0	4,3	276	0	5,2	259	0	4,4	146	0	4,8	4	0	3,8	53	0	No hubo crecimiento de la planta
4.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,4	94	0	4,9	21	0	4,8	6	0	4,6	8	0	4,5	44	0	4,5	72	0	4,6	282	0	4,3	276	0	4,8	272	0	4,5	176	20	4,8	189	28	4	78	34	
4.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,5	114	0	4,8	87	0	4,7	119	0	4,5	106	0	4,3	17	0	4,5	89	0	4,5	221	0	4,2	168	0	4,8	274	0	4,5	184	0	4,8	63	0	4	193	0	No hubo crecimiento de la planta
4.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)	5,5	133	0	4,8	134	0	4,5	238	0	4,7	63	0	4,1	363	0	4,5	55	0	4,5	376	0	4,2	165	0	4,6	272	0	4,4	144	0	4,6	8	0	3,8	459	0	No hubo crecimiento de la planta
5.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,4	45	0	4,8	100	0	4,7	389	0	4,2	306	0	4,4	204	0	4,6	210	0	4,2	253	0	4,2	242	0	4,2	272	0	4,5	180	15	4,5	63	21	5,3	357	27	
5.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,4	76	0	4,6	85	0	4,4	70	0	4,1	187	0	4,8	247	0	4,6	180	3	4,3	317	3	4,4	251	3	4,6	265	3	4,6	171	22	4,2	63	30	5,4	323	40	
5.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,2	112	0	4,4	80	0	4,6	80	0	4	27	0	4,5	382	0	4,7	272	0	4,2	185	0	4,4	127	0	4,6	270	0	4,5	166	0	4,5	148	0	5,5	168	0	No hubo crecimiento de la planta
6.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,7	142	0	4,9	63	0	4,5	159	0	4,3	270	0	4,9	212	0	4,7	155	0	4	319	0	4,2	189	0	4,6	265	0	4,7	333	0	4,7	100	0	5,9	410	3	
6.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,9	106	0	4,7	46	0	4,6	210	0	4,6	155	0	4,8	336	0	4,7	117	2	4,1	265	6	4,2	274	6	4,7	259	6	4,7	389	27	4,4	74	28	5,7	319	33	
6.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)	5,8	88	0	4,8	19	0	4,4	217	0	4,6	234	0	4,6	265	0	4,6	89	0	4,1	272	0	4	185	0	4,6	265	0	4,6	254	8	4,5	97	10	5,7	361	13	
7.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,2	123	0	4,4	59	0	4,7	40	0	4,7	31	0	5,5	10	0	4,6	240	0	4,2	121	0	4	225	0	4,5	268	0	4,7	102	0	4,5	10	0	5,3	28	0	No hubo crecimiento de la planta
7.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,1	44	0	4,3	12	0	4,8	22	0	4,7	46	0	5,2	6	0	4,7	42	0	4,2	151	0	4	208	0	4,4	263	0	4,6	163	0	4,3	19	0	5,6	78	0	No hubo crecimiento de la planta






Caña Morada (POJ 27 - 14)

Niveles	Variables de Entrada						Variables de Salida																								Análisis de la altura												
	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Medida 1 (9/02/2020)			Medida 2 (11/02/2020)			Medida 3 (13/02/2020)			Medida 4 (16/02/2020)			Medida 5 (18/02/2020)			Medida 6 (20/02/2020)			Medida 7 (22/02/2020)			Medida 8 (25/02/2020)				Medida 9 (27/02/2020)			Medida 10 (29/02/2020)			Medida 11 (3/03/2020)			Medida 12 (5/03/2020)		
							pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>		pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>	pH	Condu. <µS/cm>	Altura <cm>			
7.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,1	97	0	4,3	25	0	4,8	48	0	4,5	68	0	5,3	42	0	4,6	119	0	4,2	155	0	3,9	251	0	4,4	268	0	4,6	98	0	4,3	104	0	5,7	229	0	No hubo crecimiento de la planta
8.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,2	34	0	5	70	0	4,8	57	0	4,7	68	0	5,1	127	0	4,5	138	0	3,8	91	0	3,9	285	0	4,9	261	0	5	268	4,3	4,3	108	10	6,1	74	17	
8.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,1	75	0	4,7	155	0	4,8	65	0	4,5	55	0	5	78	0	4,7	19	12	4,1	19	13	3,8	157	13	4,7	263	13	5,1	210	50	3,7	78	64	6,2	34	67	
8.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)	6,2	74	0	4,8	53	0	4,9	38	0	4,6	10	0	5,1	102	0	4,7	129	0	4,2	19	0	4,1	229	0	5	270	0	5,2	212	0	3,7	44	0	6,1	234	0	No hubo crecimiento de la planta
9.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,3	109	0	4,5	48	0	4,4	61	0	4	17	0	6	89	0	4,9	72	0	4	229	0	4,3	219	0	4,9	214	0	5	219	7	3,8	23	13	5,5	153	15	
9.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,1	103	0	4,7	155	0	4,5	10	0	4,3	127	0	6,3	76	0	4,6	59	0	4,3	263	0	4,2	372	0	5,2	270	0	5	372	0	4	36	0	5,6	57	0	No hubo crecimiento de la planta
9.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,3	88	0	4,4	53	0	4,4	12	0	4,2	6	0	6,3	48	0	4,7	6	0	4,3	21	0	4,3	400	0	4,8	214	0	5,1	361	0	4,2	6	0	5,4	87	0	No hubo crecimiento de la planta
10.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,2	109	0	4,7	140	0	4,8	14	0	4,9	14	0	6,4	27	0	5	55	0	4,6	76	0	4,1	17	0	4,8	270	0	5,3	170	0	4,2	87	0	5,8	44	0	No hubo crecimiento de la planta
10.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,4	65	0	4,7	47	0	4,7	185	0	4,5	12	0	6,6	42	0	5	12	0	4,8	106	0	4,3	144	0	4,9	274	0	5,2	49	0	4,2	46	0	5,4	44	0	No hubo crecimiento de la planta
10.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,9	40	0	4,7	170	0	4,7	88	0	4,7	17	0	6,6	39	0	4,9	21	0	4,8	185	0	4,3	155	0	5,1	242	0	5,3	155	0	4,1	59	0	5,5	251	0	No hubo crecimiento de la planta
11.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,3	34	0	4,8	80	0	5,3	59	0	4,8	146	0	6,7	200	0	5	93	0	4,8	204	0	4,3	48	0	5,5	248	0	5,2	240	0	4,1	102	0	5,6	182	0	No hubo crecimiento de la planta
11.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,3	55	0	4,9	144	0	5,1	27	0	4,8	123	0	6,7	95	0	5,1	17	0	4,7	153	0	4,5	144	0	5,3	274	0	5,2	135	0	4,4	8	0	5,7	170	0	No hubo crecimiento de la planta
11.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)	8,1	101	0	5	89	0	4,9	97	0	5	106	0	6,8	42	0	5	112	0	4,9	17	0	4,5	234	0	5,5	229	0	5,2	71	0	4	46	0	5,7	140	0	No hubo crecimiento de la planta

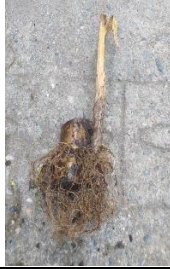



Anexo III: Descripción de la caña amarilla (POJ 28 – 78)

CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)								
NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
1.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 1.1 presenta hojas de color verde intenso y algunas secas al inicio del tallo que corresponden a las más antiguas, además, presenta raíces abundantes y largas de color café caramelo.
1.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 1.2 presenta hojas alargadas de color verde claro y algunas secas. Su tallo es largo al igual que sus raíces que son abundantes y de color café claro.
1.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 1.3 presenta hojas más extensas y abundantes que las muestras 1.1 y 1.2, además, sus raíces son largas y copiosas.
2.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 2.1 presenta hojas largas y cortas, de varias tonalidades de verde. Muestra abundancia y ondulación en la punta de sus raíces.





CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
2.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 2.2 presenta pocas hojas, algunas alargadas de color verde y/o secas. Sus raíces son alargadas, menos abundantes que las de la muestra 2.1.
2.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 2.3 presenta poca pronlogación en sus hojas y además, exhibe escases en sus raíces
3.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 3.1 no presento crecimiento de raíces, ni de planta.
3.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 3.2 presenta hojas extensas y cortas. Sus raíces están aglomeradas alrededor de la yema.
3.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 3.3 presenta pocas hojas pero extensas y algunas en crecimiento. Sus raíces son abundantes y se encuentran un poco





CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
								aglomeradas alrededor de la yema.
4.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.1 solo presenta crecimiento de raíces y un poco de tallo seco.
4.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.2 presenta poco crecimiento de raíces. Contiene una hoja y un tallo degradados que se quemaron durante el crecimiento.
4.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.3 no presenta crecimiento alguno.
5.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 5.1 presenta hojas largas, algunas de color verde y otras cortas secas. Sus raíces son escasas y cortas.





CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
5.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 5.2 presenta hojastanto secas como sanas, además, sus raíces se encuentran aglomeradas y son abundantes.
5.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 5.3 tiene hojas extensas y un rallo un poco seco. Sus raíces son cortas, de color café oscuros y están aglomeradas.
6.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 6.1 presenta crecimiento de tres tallos junto con hojas secas y sanas, de igual manera presenta raíces alargadas pero no abundan.
6.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 6.2 presenta un tallo y unas hojas de un color verde intenso. Sus raíces son alargadas y rodean un la yema.





CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)


NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
6.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 6.3 presenta hojas largas, algunas de color verde y otras secas. Sus raíces son poco abundantes y se encuentran adheridas a la yema.</p>
7.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 7.1 presenta hojas extensas y de color verde intenso, el inicio del tallo se encuentra un poco seco. Sus raíces son escasas y extensas.</p>
7.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 7.2 presenta hojas muy extensas y rectas y de color verde oscuro. Sus raíces son alargadas.</p>
7.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 7.3 no presenta crecimiento alguno.</p>

CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
8.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.1 presenta un tallo y hojas extensas. Sus raíces son escasas y alargadas.
8.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.2 presenta 3 hojas de largo crecimiento y algunas secas y cortas al inicio del tallo. Tiene pocas y cortas raíces.
8.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.3 presenta hojas de mediano crecimiento y de un color verde intenso. Sus raíces son poco abundantes y alargadas.
9.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.1 presenta hojas extensas y algunas un poco irregulares. Sus raíces son cortas y escasas.



CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
9.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.2 presenta pocas hojas pero extensas y de buen color. Sus raíces son largas y rodean la yema.
9.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.3 presenta abundancia en hojas de color verde intenso y otras pocas secas. Sus raíces son abundantes y extensas.
10.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		
10.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		
10.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 10.2 no presenta crecimiento alguno.
11.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 11.1 presenta hojas largas de diferentes tonalidades verdes y una seca. Sus raíces son abundantes, extensas y crecen alrededor de toda la llema.
11.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		





CAÑA AMARILLA (POJ 28 - 78)								
NIVEL	Biocane < BC >		Bagacillo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
11.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 11.3 no presenta crecimiento alguno.

Fuente: Autoría propia






Anexo IV: Descripción de la caña morada (POJ 27 – 14)

CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)								
NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
1.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 1.1 solo presenta crecimiento de raíces abundantes sin presencia de planta.
1.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 1.2 presenta abundantes hojas de color verde. Sus raíces son copiosas y extensas.
1.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		
2.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		





CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
2.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		
2.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	1	(100% CH)		La muestra 2.3 no presenta ningún crecimiento.
3.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		
3.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 3.2 presenta hojas extensas, de color verde oscuro y una seca. Sus raíces son escasas y extensas.
3.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 3.3 no presenta ningún crecimiento.
4.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.1 presenta pocas hojas extensas y de buen color. Sus raíces son abundantes largas.





CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
4.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.2 presenta solamente crecimiento de raíces largas.
4.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	1	(100% CH)		La muestra 4.3 no presenta crecimiento alguno.
5.1	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 5.1 presenta hojas de tamaño mediano y otras cortas y secas. Sus raíces son abundantes y estan aglomeradas alrededor de la yema.
5.2	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 5.2 presenta hojas largas, de color verde oscuro. Sus raíces son abundantes y extensas.
5.3	-1	(0% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		La muestrs 5.3 solo presenta crecimiento de raíces un poco largas y de color café oscuro.






CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)






NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
6.1	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 6.1 presenta abundantes hojas, alargadas y de un color verde vivo.</p> <p>Sus raíces son extensas.</p>
6.2	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 6.2 presenta hojas largas de color verde oscuro y otras pocas cortas y secas.</p> <p>Sus raíces son abundantes y extensas.</p>
6.3	1	(100% BC)	-1	(0% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 6.3 presenta varias hojas, de color verde intenso y otras cortas al inicio del tallo.</p> <p>Sus raíces y son cortas y escasas.</p>
7.1	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		<p>La muestra 7.1 no presenta un poco de raíces en crecimiento.</p>

CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
7.2	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 7.2 presenta un poco de raíces en crecimiento.
7.3	-1	(0% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 7.3 no presenta ningún crecimiento.
8.1	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.1 presenta abundantes hojas de mediano crecimiento y de color verde intenso. Sus raíces son abundantes y alargadas.
8.2	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.2 presenta abundancia en hojas. Sus raíces son abundantes, extensas y se aglomeran en la yema.

CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)

NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
8.3	1	(100% BC)	1	(100% BG)	-1	(0% CH)		La muestra 8.3 no presenta ningún crecimiento.
9.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.1 presenta extensas hojas de buen color y una en crecimiento. Sus raíces son escasas y están entrelazadas entre sí.
9.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.2 no presenta ningún crecimiento.
9.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 9.3 no presenta ningún crecimiento.
10.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 10.1 presenta crecimiento de raíces larga pero no de planta.

CAÑA MORADA (POJ 27 – 14)								
NIVEL	Biocane < BC >		Bagazo < BG >		Cachaza < CH >		Planta de caña	Descripción de la planta
10.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 10.2 al igual que la 10.1 solo presenta crecimiento de raíces extensas.
10.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 10.3 no presenta ningún crecimiento y se encuentra partida a la mitad por posible degradación de la yema.
11.1	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 11.1 no presenta crecimiento alguno.
11.2	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 11.2 no presenta crecimiento alguno.
11.3	0	(50% BC)	0	(50% BG)	0	(50% CH)		La muestra 11.2 presenta raíces en crecimiento.

Fuente: Autoría propia

Referencias

- Aguilar Rivera, R. L. (2010). AZÚCAR, COPRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS EN LA. *Virtual Pro: Procesos Industriales*. Obtenido de <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/azucar-coproductos-y-subproductos-en-la-diversificacion-de-la-agroindustria-de-la-cana-de-azucar.pdf>
- Alberto, M. (24 de 06 de 2014). *Composición Química de la Cachaza*. Obtenido de Cagnazucar: <http://cagnazucar.blogspot.com/2014/06/composicion-quimica-de-la-cachaza.html>
- Angel, J. G. (04 de 08 de 2016). Elaboración de Abono Orgánico con Residuos de Caña de Azúcar. (TvAgro, Entrevistador)
- Arev, A. (24 de 07 de 2012). *Bagazo de caña*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/arturoarev/bagazo-de-cao>
- Barbieri, V. (1993). *Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) : um modelo matemático-fisiológico de estimativa*. Obtenido de Teses.usp.br: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20191220-105447/pt-br.php>
http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%91ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf
- Bustamante, J. F. (2015). *LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum) PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA. CASO: NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA*. Obtenido de <http://www.panelamonitor.org/>: [http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-\(saccharum-officinarum\)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-(saccharum-officinarum)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf)
- Campos, J. (19 de 03 de 2011). *Caña dulce, caña brava*. Obtenido de Listin Diario: <https://listindiario.com/la-vida/2011/03/18/181384/cana-dulce-cana-brava#:~:text=Una%20tonelada%20de%20ca%C3%B1a%20de,de%20miel%20fina%20o%20melaza>.
- Castillo, A. N., Morales, J. A., & Vargas, R. E. (10} de 2015). *SALINIDAD EN SUELOS POR CULTIVOS DE CAÑA AZUCARERA EN LA ZONA DEL VALLE DEL CAUCA*. Obtenido de reserachgate: https://www.researchgate.net/publication/283318121_SALINIDAD_EN_SUELOS_POR_CULTIVOS_DE_CANA_AZUCARERA_EN_LA_ZONA_DEL_VALLE_DEL_CAUCA
- Castro, N., Chávez, H. V., & Díaz, D. D. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CAÑA PANELERA EN LA VEREDA LAS MERCEDES DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO (META)*. Obtenido de libertadores.edu.co: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3046/Castro_%20Nell

y_Ch%C3%A1vez_%20H%C3%A9ctor_%20D%C3%ADaz_%20David_2013.pdf?
sequence=1&isAllowed=y

Central Azucarera Tempique, S.A. (2012). *La Cachaza y su Empleo como Abono Orgánico en Plantaciones de Caña de Azúcar*. Obtenido de CATSA: <https://www.catsa.net/wp-content/uploads/2018/11/LA-CACHAZA-Y-SU-EMPLEO-COMO-ABONO-ORG%C3%81NICO-EN-PLANTACIONES-DE-CA%C3%91A-DE-AZ%C3%9ACAR.pdf>

Chandler, C., Ferrer, J., Mármol, Z., & Ramones, G. P. (2008). *Efecto de la aireación en el compostaje del bagacillo*. Obtenido de pdf: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90480103.pdf>

Corpoica – Sena. (1998). *Variedades*. Obtenido de Fao.org: <http://www.fao.org/3/a1525s/a1525s03.pdf>

Corporación para el Desarrollo Microempresarial; Fundación Educativa Monseñor Pedro Antonio Gómez. (2000). *Proyecto fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del municipio de Granada*. Obtenido de Biblioteca Digital: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4091/1/068.pdf>

DANE . (Marzo de 2017). *Particularidades del cultivo de la caña panelera (Saccharum officinarum L) en Colombia*. Obtenido de DANE : https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_mar_2017.pdf

Díaz, M., & Rojas, A. (08 de 2011). *Análisis multivariado*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/federicodonneysg/analisis-multivariado-8829215>

Espinoza, E. D. (28 de Julio de 2019). *Cuadro Sinóptico*. Obtenido de Universidad del Valle de México: <https://www.coursehero.com/file/p3qm617k/El-dise%C3%B1o-experimental-se-plantea-un-conjunto-de-pruebas-documentadas-de-manera/>

FAO. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la Producción de Caña y Panela*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-a1525s.pdf>

FAO. (2010). *Variedades*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1525s/a1525s03.pdf>

Fauconnier, R., & Bassereau, D. (1975). *La caña de azúcar: Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Obtenido de iberlibro: <https://www.iberlibro.com/primer-edicion/ca%C3%B1a-azucar-T%C3%A9nicas-agr%C3%ADcolas-producciones-tropicales/13025711265/bd>
http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA

- Fedepanela. (2017). *APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA PANELERA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL*. Obtenido de Fedepanela: <http://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/Subproductos.pdf>
- Fedepanela. (07 de 11 de 2019). *EXPORTACIONES DE PANELA CRECIERON UN 40% ENTRE ENERO Y JULIO DE 2019*. Obtenido de Fedepanela: <https://fedepanela.org.co/gremio/exportaciones-de-panela-crecieron-un-40-entre-enero-y-julio-de-2019/>
- Fernández, C. E., Amay, G. M., & Forero-Ulloa, F. (06 de 2013). *Efecto de la aplicación de tres dosis de cachaza al cultivo de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) en Tunja, Boyacá*. Obtenido de Ciencia y Agricultura : <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a09.pdf>
- Fernández, C. E., Garzón-Amaya, G. M., & ForeroUlloa, F. (Junio de 2013). Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4986478>
- Forero, F. E., Fernández, J. P., & Herrera, J. G. (2010). *Efecto de diferentes dosis de cachaza*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a09.pdf>
- García, N. P. (09 de 2015). *Caña de azúcar*. Obtenido de core.ac.uk/: <https://core.ac.uk/download/pdf/55525851.pdf>
- Gomez, A. (8 de Octubre de 2019). Trapiche La Unión. (M. C. Arias, & M. R. Castillo, Entrevistadores)
- Gonzalez, Y. (2015). *Diseño factorial 2k*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/yahairalgonzalez/diseo-factorial-2k>
- http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4959/1/20061024151158_Agronomia%20cultivo%20de%20la%20cana%20panelera.pdf. (2002). *Capacitación en Obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa*. Obtenido de Biblioteca digital: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4959/1/20061024151158_Agronomia%20cultivo%20de%20la%20cana%20panelera.pdf
- ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de caña panelera*. Obtenido de ICA: <https://www.ica.gov.co/getattachment/6a54658e-1723-488d-a7ab-2f4baad793cb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-cana-panele.aspx#:~:text=Preparaci%C3%B3n%20del%20terreno,-Primero%2C%20es%20conveniente&text=Por%20ejemplo%2C%20en%20Antioquia%20y,oscila%20e>
- INCAUCA S.A. (07 de Julio de 2015). *Biocane - G*. Obtenido de INCAUCA S.A.: <http://www.recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/Fichas/FTBiocane2015710103346.pdf>

- Infoagro. (2011). *El cultivo de la caña de azúcar*. Obtenido de Infoagro: [https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp#:~:text=La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20pertenece,\(spontaneum%2C...\)&text=A%20d%C3%ADa%20de%20hoy%2C%20muchos,productores%20de%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp#:~:text=La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20pertenece,(spontaneum%2C...)&text=A%20d%C3%ADa%20de%20hoy%2C%20muchos,productores%20de%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar)
- INTAGRI. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo en el desarrollo de los cultivos*. Obtenido de Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura : <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>
- ITCH. (2017). *UNIDAD 1 Introducción a la Ingeniería de Calidad*. Obtenido de itchiuhua: <http://www.itchiuhua.edu.mx/academic/industrial/ingcalidad/unidad1.html>
- Life; Agro Waste; CTC; CSIC & AGRUPAL. (2017). *Vermicompostaje*. Obtenido de pdf: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/vermicompostaje.pdf>
- Mejía, F. (4 de 08 de 2016). *Elaboración de Abono Orgánico con Residuos de Caña de Azúcar*. (J. G. Angel, Entrevistador) Obtenido de TvAgro: <https://www.youtube.com/watch?v=Y8BVqg4NDuI&t=54s>
- Ministerio de Agricultura. (12 de 2018). *CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PANELA*. Obtenido de Minagricultura: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2018-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2002). *Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa*. Obtenido de Biblioteca digital: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4959/1/20061024151158_Agronomia%20cultivo%20de%20la%20cana%20panelera.pdf
- Ministerio de la Protección Social. (17 de Marzo de 2006). *Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-779-de-2006.pdf
- Minitab. (2019). *¿Qué es el método de Tukey para comparaciones múltiples?* Obtenido de support.minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>

- Morales, J. C., & Figueroa, J. R. (2003). *Análisis Estadístico del Cultivo y Producción de la Caña de Azúcar*. Obtenido de pdf: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2094/1/4071.pdf>
- Nutrimon; Vadecum; Monomeros. (2014). *Cultivos de clima medio*. Obtenido de monomeros: http://www.monomeros.com/descargas/vadem_climamedio_WEB.pdf
- Orjuela, J. A., Huertas, I., Figueroa, J. C., Kalenatic, D., & Kadena, K. (2011). Potencial de producción de Bioetanol a partir de Caña Panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo. *Revista Udistrital*. Obtenido de revista.udistrital.edu.co
- Osorio, F. L. (19 de Octubre de 2007). *LA CAÑA PANELERA (Saccharum officinarum) EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO*. Obtenido de SEMINARIO DE PASTOS: <http://www.panelamonitor.org/documents/353/la-cana-panelera-saccharum-officinarum-en-la-alime/download/>
- Ospina, C. A. (2019). Fedepanela. (M. Rodriguez, Entrevistador)
- Ospina, C. A. (17 de Septiembre de 2019). Residuos producidos durante el proceso de recolección, transformación y empaque de la panela. (M. C. Arias, & M. R. Castillo, Entrevistadores)
- Palma López, D., Zavala Cruz, J. C., Ruiz Maldonado, E., & Salgado García, S. (2018). *Uso de Residuos de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (Saccharum spp.) para la Elaboración de Abonos Orgánicos*. Obtenido de pdf: <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/782/648/>
- Parra, G. A. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la cana panele*. Obtenido de Ica.gov: <https://www.ica.gov.co/getattachment/6a54658e-1723-488d-a7ab-2f4baad793cb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-cana-panele.aspx>
- Piqueras, V. Y. (27 de 04 de 2013). *Análisis de la Varianza ANOVA*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/diseno-completamente-al-azar-y-anova/>
- Rivera, N. A. (2015). *Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar*. Obtenido de nutriciondebovinos.com: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%91ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf
- Romero, E. R., Olea, I., Scandaliaris, J., Alonso, J., & Dignonzelli, P. (11 de 2014). *RECOMENDACIONES PARA LA FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR*. Obtenido de Profertilnutrientes: <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/recomendaciones-para-la-fertilizacion-de-la-cao-de-azucar>

- Romero, E. R., Scandaliaris, J., Tonatto, J., Neme, M. F., & Alfonso, L. (2005). *Emergencia y crecimiento inicial de caña planta de la variedad TUCCP 77- 42 en diferentes épocas de plantación*. Obtenido de Revista Industrial y Agrícola de Tucumán: <https://riat.eaac.org.ar/ojs/index.php/riat/article/viewFile/v82n1-2a05/149>
- Sancho, J. J. (2014). *Análisis Multivariante*. Obtenido de acmcb: <http://www.acmcb.es/files/425-3501-DOCUMENT/Sancho-9-14Maig12.pdf>
- Santiesteban, C. (30 de 04 de 2017). *Diseños Factoriales* . Obtenido de Issu : https://issuu.com/claudiasantiesteban12/docs/cap__tulo_5_dise__os_factoriales_2_
- Vleiro, A., & Rocío Portocarrero, E. U. (2017). *Los Residuos de la Industria Sucro-Alcoholera Argentina*. Obtenido de INTA/Ediciones : https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_residuos_sucro_alcoholera_argentina.pdf
- Wong-González, E. (2010). *¿DESPUÉS DE UN ANÁLISIS DE VARIANCI...QUÉ? EJEMPLOS EN CIENCIA DE ALIMENTOS*. Obtenido de mag.go.cr: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v21n02_349.pdf
- Yara. (2020). *YaraBela NITROMAG*. Obtenido de Yara: <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/productos/yarabela/yarabela-nitromag/>
- Yara. (2020). *YaraMila Activa*. Obtenido de Yara: <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/productos/yaramila/yaramila-actyva/>
- YaraLatinoamérica (Dirección). (2016). *Cápsula de Nutrición Yara para Caña de Azúcar* [Película].