

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DEL TIEMPO DE AGOSTE EN LA CALIDAD DE CAÑA  
DE AZÚCAR DE LA EMPRESA AGROTECHI SAC”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**JULIO CÉSAR MÉNDEZ SUYÓN**

**LIMA - PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“EFECTO DEL TIEMPO DE AGOSTE EN LA CALIDAD DE CAÑA  
DE AZÚCAR DE LA EMPRESA AGROTECHI SAC”**

Presentado por:

**JULIO CÉSAR MÉNDEZ SUYÓN**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Dra. Indira M. Betalleluz Pallardel

PRESIDENTE

---

Dra. Ana C. Aguilar Gálvez

MIEMBRO

---

Mg. Sc. Diana M. Nolazco Cama

MIEMBRO

---

Gabriela C. Chire Fajardo, PhD.

ASESORA

## **DEDICATORIA**

A Dios, por bendecirme con salud, y  
demostrarme que con humildad y sabiduría  
todo es posible.

A toda mi familia, por estar siempre conmigo  
y motivarme a ser cada día mejor.

A la memoria de mi maestra,  
Gladys Nilda Cortez Valdivia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria La Molina,  
por formarme académicamente y permitirme  
tener la dicha de ser Molinero.

A mi maestra y asesora, la PhD. Gabriela  
Cristina Chire Fajardo, por sus pacientes  
asesorías y compartir sus conocimientos  
conmigo.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## *ABSTRACT*

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.1.1. COMPOSICIÓN	3
2.1.2. VARIEDADES	3
2.1.3. CAÑA PLANTA Y CAÑA SOCA	3
2.1.4. MANEJO AGRONÓMICO	4
2.1.5. CICLO DE CRECIMIENTO	7
2.1.6. PRODUCCIÓN	7
2.1.7. SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	10
2.2. MADURACIÓN	11
2.2.1. TIEMPO DE AGOSTE	11
2.2.2. CONTROL DE MADURACIÓN	11
2.2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MADURACIÓN	13
2.2.4. COSECHA	15
2.2.5. PARÁMETROS DE CALIDAD	17
<b>III. METODOLOGÍA</b>	21
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	21
3.2. MATERIA PRIMA	21
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	22
3.3.1. MATERIALES	22
3.3.2. EQUIPOS	22
3.3.3. REACTIVOS	23
3.4. MÉTODO DE ANÁLISIS	23
3.4.1. DETERMINACIÓN DE SACAROSA	24
3.4.2. DETERMINACIÓN DE BRUX	24
3.4.3. DETERMINACIÓN DE PUREZA	25
3.4.4. ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES	25
3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	25
3.5.1. CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE AGOSTE Y LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	27

3.5.2. TIEMPO DE AGOSTE NECESARIO	27
3.5.3. EFECTO DEL TIEMPO DE AGOSTE ADICIONAL EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIDAD BRUTA	27
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
3.6.1. PRUEBA DE PEARSON	28
3.6.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	29
4.1. CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE AGOSTE Y LA CALIDAD	29
4.1.1. CAMPO SANTA MARÍA 1	29
4.1.2. CAMPO SANTA MARÍA 2	32
4.1.3. CAMPO SAN ANTONIO	35
4.1.4. CAMPO YENNY	38
4.1.5. CAMPO SANTA ROSA	41
4.2. MÍNIMO TIEMPO DE AGOSTE PARA OBTENER UNA CAÑA DE AZÚCAR DE CALIDAD	44
4.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIDAD BRUTA	47
4.3.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA CAÑA PLANTA	47
4.3.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA CAÑA SOCA	51
4.4. APLICACIONES DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES	59
<b>V. CONCLUSIONES</b>	61
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	62
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	63
<b>VIII. ANEXOS</b>	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la caña de azúcar.....	4
Tabla 2: Principales países productores de caña de azúcar - 2018.....	8
Tabla 3: Producción nacional anual de caña de azúcar - 2019.....	10
Tabla 4: Subproductos obtenidos al procesar 100 t de caña.....	11
Tabla 5: Parámetros de calidad de la caña de azúcar .....	18
Tabla 6. Fechas de cosecha de cada variedad y cultivo de caña de azúcar .....	22
Tabla 7: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa María 1 .....	30
Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa María 1.....	32
Tabla 9: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa María 2.....	33
Tabla 10: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa María 2.....	35
Tabla 11: Control de maduración de caña de azúcar en el campo San Antonio .....	36
Tabla 12: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo San Antonio.....	38
Tabla 13: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Yenny.....	39
Tabla 14: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Yenny .....	41
Tabla 15: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa Rosa.....	41
Tabla 16: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa Rosa .....	44
Tabla 17: Mínimo tiempo de agoste para obtener una caña de azúcar de calidad .....	46
Tabla 18: Costos de producción de caña planta en la preparación de terreno.....	48
Tabla 19: Costos de producción de caña planta en la siembra .....	48
Tabla 20: Costos de producción de caña planta en los riegos .....	49
Tabla 21: Costos de producción de caña planta en el control de maleza .....	49
Tabla 22: Costos de producción de caña planta en la fertilización .....	50
Tabla 23: Costos de producción de caña planta en otros costos fijos y variables .....	50
Tabla 24: Costos de producción por hectárea de una caña planta.....	51
Tabla 25: Costos de producción de caña soca en la preparación de terreno .....	52
Tabla 26: Costos de producción de caña soca en la resiembra.....	52

Tabla 27: Costos de producción de caña soca en los riegos .....	53
Tabla 28: Costos de producción de caña soca en el control de maleza .....	53
Tabla 29: Costos de producción de caña soca en la fertilización .....	54
Tabla 30: Costos de producción de caña soca en otros costos fijos y variables.....	54
Tabla 31: Costos de producción por hectárea de una caña soca.....	55
Tabla 32: Variación de costos de producción entre una caña planta y una caña soca, de acuerdo a las labores agronómicas. ....	56
Tabla 33: Variación de costos de producción entre una caña planta y una caña soca,.....	56
Tabla 34: Costos de producción adicionales al prolongarse un mes el tiempo de agoste ...	57
Tabla 35: Variación de utilidad bruta al prolongarse el tiempo de agoste .....	58
Tabla 36: Estimación en la disminución de utilidad bruta por el tiempo de agoste adicional .....	59
Tabla 37. Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral .....	60
Tabla 38. Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en la producción y comercialización de caña de azúcar.....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estadios de crecimiento de la caña de azúcar .....	7
Figura 2. Proceso general para determinar la calidad de la caña.....	24
Figura 3. Flujo de operaciones del trabajo de investigación .....	26
Figura 4. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa María 1.....	31
Figura 5. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa María 2.....	34
Figura 6. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo San Antonio.....	37
Figura 7. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Yenny .....	40
Figura 8. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa Rosa .....	43
Figura 9. Mínimo tiempo de agoste por cada variedad de caña de azúcar .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA MARÍA 1 .....	68
ANEXO 2: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA MARÍA 2 .....	73
ANEXO 3: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SAN ANTONIO .....	77
ANEXO 4: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO YENNY .....	82
ANEXO 5: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA ROSA .....	87

## RESUMEN

Muchas veces el tiempo de agoste se prolonga sin existir una planificación, ocasionando pérdidas de tiempo y dinero para el cañicultor, por tal motivo se planteó como objetivo general, conocer el efecto del tiempo de agoste en la calidad de la caña de azúcar. El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en cinco campos de cultivo de la empresa Agrotechi SAC, ubicados en el distrito y provincia de Virú, departamento de La Libertad, tomando como muestra cinco variedades de caña de azúcar, CC93, H71, PCG12, CC87 y H32, una variedad para cada campo. Se realizó un análisis de correlación de Pearson y un análisis de varianza con análisis de regresión simple, así como una estimación de los costos de producción y utilidad bruta que variaron al prolongarse el tiempo de agoste. Se tuvo como resultados que el tiempo de agoste acelera la maduración e incrementa los niveles de sacarosa, brix y pureza, y disminuyendo los azúcares reductores en la caña de azúcar, afectando las utilidades de la empresa cañicultora si se prolonga más de lo necesario. Asimismo, existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de agoste y la sacarosa, brix y pureza, y una relación inversamente proporcional entre el tiempo de agoste y los azúcares reductores. No se encontró una buena correlación entre las variables, siendo la variedad CC93 la que presenta un mayor coeficiente de correlación para sacarosa, brix y pureza, con 0,92; 0,87 y 0,97 respectivamente y la variedad H71, la que presenta un mayor coeficiente de correlación para azúcares reductores, con -0,86. El tiempo mínimo de agoste para las variedades H71, CC93, PCG12, CC87 y H32 fue de 62; 50; 57; 59 y 55 días, respectivamente, considerando una concentración de sacarosa en caña de 12 por ciento. En las cinco variedades no hay diferencias estadísticas significativas al comparar los parámetros de calidad. Prolongar el tiempo de agoste uno o dos meses más incrementa los costos de producción en cuanto a la mano de obra directa y los costos indirectos de producción, así como, disminuye el margen de utilidad bruta en un estimado de 2,43 por ciento si el agoste se prolonga un mes y 5,61 por ciento si el agoste se prolonga hasta dos meses.

**Palabras clave:** Correlación, sacarosa, brix, pureza, azúcares reductores, agoste.

## **ABSTRACT**

Many times the drought period is prolonged without planning, causing loss of time and money for the cane grower, for this reason the general objective was to know the effect of the aging period on the quality of the sugar cane. The work of professional sufficiency was developed in five fields of the Agrotechi SAC company, located in the district and province of Virú, department of La Libertad, taking as a sample five varieties of sugar cane, CC93, H71, PCG12, CC87 and H32, a variety for each field. A Pearson correlation analysis and an analysis of variance with simple regression analysis were carried out, as well as an estimate of production costs and gross profit that varied as the drought time was prolonged. The results were that the aging time accelerates the maturation and increases the levels of sucrose, brix and purity, and decreases the reducing sugars in the sugar cane, affecting the profits of the sugarcane company if it lasts longer than necessary. Likewise, there is a directly proportional relationship between the drought time and sucrose, brix and purity, and an inversely proportional relationship between the aging time and reducing sugars. A good correlation between the variables was not found, being the variety CC93 the one with the highest correlation coefficient for sucrose, brix and purity, with 0.92; 0.87 and 0.97 respectively and the variety H71, the one with the highest correlation coefficient for reducing sugars, with -0.86. The minimum aging time for varieties H71, CC93, PCG12, CC87 and H32 was 62; fifty; 57; 59 and 55 days, respectively, considering a sugarcane sucrose concentration of 12 percent. In the five varieties there are no statistically significant differences when comparing the quality parameters. Extending the aging time for one or two more months increases production costs in terms of direct labor and indirect production costs, as well as decreases the gross profit margin by an estimated 2.43 percent if the drought lasts a month and 5.61 percent if the drought lasts up to two months.

**Keywords:** Correlation, sucrose, brix, purity, reducing sugars, drought.

## I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). es una planta gramínea originaria de la India. Ingresó a América a través del segundo viaje de Cristóbal Colón, arribando a la Isla Española (pertenece a República Dominicana y Haití), para luego expandirse a los demás países del continente. Este producto es cultivado en la costa, sierra y selva del Perú; se siembra y cosecha durante todo el año. La costa es la principal zona productora, siendo las regiones del norte las que destacan, entre las que se incluye el Valle de Virú, ubicado a 51 kilómetros al sur de la ciudad de Trujillo.

Esta materia prima tiene un gran potencial de desarrollo agroindustrial, obteniendo como producto final, azúcar, etanol y otros productos derivados de su producción. El mayor uso industrial de la caña de azúcar es para la producción de azúcar; las áreas cultivadas con caña provienen de los ingenios azucareros en un 65 por ciento y el 35 por ciento restante a los sembradores particulares, este último grupo en su mayoría son micro y pequeñas empresas agrícolas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2019).

Muchos agricultores proveedores de caña de los ingenios azucareros aún tienen la idea de que la calidad aumenta cuando cesa el crecimiento de la planta, sin embargo, este aumento se debe a cambios bioquímicos que ocurren cuando la planta está sufriendo estrés, el mismo que puede ser causado por cambios de temperatura, disminución de riegos o déficit de nutrientes. Asimismo la edad del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, no necesariamente es un indicador de maduración, ya que si los nutrientes como el nitrógeno y la aplicación de riegos permanecen constantes, la planta no madura, en este sentido, el tiempo de agoste, tiempo en que se suspenden los riegos, influye directamente en la calidad de la caña de azúcar, ocasionando la madurez necesaria y a su vez los cambios bioquímicos adecuados para obtener una caña que sea destinada como materia prima para la elaboración de azúcar, sin embargo muchas veces el tiempo de agoste se prolonga sin existir una

planificación, ocasionando pérdidas de tiempo y dinero para el cañicultor. Agroindustrial Laredo solicita a sus proveedores un mínimo de 12 por ciento de sacarosa, mejorando el precio si estos parámetros van en aumento.

La investigación se justifica por su conveniencia, ya que es información que le sirve a la empresa investigada para mejorar sus procesos y presupuestos, en base al cálculo del tiempo mínimo de agoste y los costos de producción estimados. También se justifica por relevancia social, ya que la producción y comercialización de caña de azúcar es históricamente una de las actividades más importantes en el sector agrícola y agroindustrial, tal es así que según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI, 2019), se genera más de 492 mil empleos, de forma directa e indirecta; siendo en parte los micro y pequeños empresarios quienes se dedican a su cultivo.

El objetivo general del presente trabajo fue conocer el efecto del tiempo de agoste en la calidad de la caña de azúcar.

Los objetivos específicos fueron:

- Correlacionar el tiempo de agoste con las características de calidad de la caña de azúcar: porcentaje de sacarosa, porcentaje de brix, porcentaje de pureza y porcentaje de azúcares reductores.
- Determinar el mínimo tiempo de agoste necesario para obtener una caña de azúcar de calidad con respecto al porcentaje de sacarosa.
- Conocer el efecto del tiempo de agoste adicional en los costos de producción y utilidad bruta.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

#### **2.1.1. COMPOSICIÓN**

El tallo de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, en este se encuentra el jugo que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas.

Meade y Chen (1977), dividen la composición química de la caña en tallos, refiriéndose a la planta de caña y en los jugos refiriéndose a los sólidos solubles. Además, se detallan otros constituyentes como, azúcares no reductores, sales, proteínas, almidones, gomas, ceras y compuestos no fenólicos (Tabla 1).

#### **2.1.2. VARIEDADES**

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú ([MIDAGRI], 2015), en la costa del Perú se cultivan alrededor de 18 variedades de caña de azúcar, que difieren entre sí por su brotamiento, formación de macollo, crecimiento, producción, riqueza de pol y tiempo de maduración. Entre las variedades más comerciales están la H32-8560, PCG12-745 (azul casa grande), H71-4441, CC 93-7711 y CC87-434 (laredo).

#### **2.1.3. CAÑA PLANTA Y CAÑA SOCA**

Se conoce como caña planta cuando se encuentra en su primer año de cultivo, por lo tanto, será la primera cosecha, a partir del segundo año de cultivo se denomina caña soca, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta los 10 años de edad, dependiendo del mantenimiento y resiembros que se haga, con el fin de no bajar la producción (Camus, 2019).

## 2.1.4. MANEJO AGRONÓMICO

También es conocido como las labores culturales e incluye las operaciones que se realiza para proteger a la planta de la presencia de enfermedades, evitar la maleza, lograr un crecimiento óptimo y maximizar la producción (Helfgott, 2016).

**Tabla 1: Composición química de la caña de azúcar**

Constituyente químico	Porcentaje (%)
En los tallos:	
Agua	73 - 76
Sólidos	24 - 27
sólidos solubles (brix)	10 - 16
fibra (seca)	11 - 16
En el jugo:	
Azúcares	
sacarosa	75 - 92
glucosa	70 - 88
fructosa	2 - 4
Sales	
inorgánicas	3,0 – 3,4
orgánicas	1,5 – 4,5
Ácidos orgánicos	1,0 – 3,0
Aminoácidos	1,5 – 5,5
Otros no azúcares	
proteína	0,5 – 0,6
almidones	0,001 – 0,050
gomas	0,3 – 0,6
ceras, grasas, etc.	0,15 – 0,50
compuestos fenólicos	0,10 – 0,80

FUENTE: Meade & Chen (1977)

### a. Preparación de suelo

Consiste en adaptar el suelo con el fin de que las semillas crezcan con raíces fuerte, así como obtener rendimientos máximos. Incluye varias actividades secuenciales (rastra, arado,



nivelación, levantamiento topográfico y surcado) que demandan energía mecánica por el tipo de implemento utilizado, profundidad de labranza, compactación y textura del suelo. La rastra o grada, consiste en pasar el gradon de discos hasta una profundidad de 40 cm con el fin de romper el suelo y destruir los residuos de cultivos anteriores. El arado tipo *killifer* consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables, mejorando la estructura y facilitando el movimiento del aire y agua. La nivelación se realiza con el fin de dejar la superficie del terreno lo más lisa posible. El levantamiento topográfico se realiza con el fin de obtener un plano que permita diseñar el sistema de riegos y definir los jirones (suertes) y cuarteles (tablones), semejante a las calles y caminos, permitiendo realizar en forma más eficiente las labores agrícolas. El surcado, consiste en aclarar los surcos, dándoles profundidad para colocar la semilla y por donde circular el agua de riego (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI), 2019).

#### **b. Siembra**

En la costa del Perú la siembra se realiza todo el año, sin embargo, es recomendable realizar siembras intensas durante los meses de octubre a marzo debido a las condiciones climáticas favorables para el brotamiento (crecimiento a partir de las yemas presentes en las estacas de caña planta o masa vegetativa en caña soca) y macollamiento (a partir de los tallos primarios se forman los secundarios y a partir de estos los terciarios y así sucesivamente). Su cultivo se aprovecha a lo largo de varios cortes (cosechas), requiriendo desde un inicio un manejo adecuado, incluyendo el uso de semilla de óptima calidad. En los principales países productores, los mayores desarrollos se han orientado a obtener variedades de alto rendimiento en sacarosa toda vez que su incremento no genera sobre costos en las labores de cosecha (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2015).

#### **c. Control de malezas**

Las malezas son plantas que crecen donde no son deseadas, siendo persistentes, no teniendo beneficios económicos para el agricultor, si no por el contrario compiten por nutrientes, agua y luz con el cultivo sembrado. Estas se pueden controlar utilizando diversos métodos y equipos en forma oportuna y efectiva (pre y post emergente), hasta que la caña alcance un

desarrollo óptimo que permita cubrir el suelo y alcanzar suficiente sombra para impedir el crecimiento de malezas. Esto se da generalmente entre los dos a cuatro meses de iniciada la plantación, ya sea caña planta o caña soca (Helfgott, 2016).

**d. Nutrición mineral y fertilización:**

Cuando se analiza una planta se pueden encontrar muchos elementos, pero solo 16 de ellos se consideran esenciales, siendo estos: C, H, O, K, Mg, N, P, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn. La deficiencia de estos limita a que la planta complete su ciclo vegetativo o reproductivo. Su deficiencia se corrige suministrando directamente al suelo o al follaje, estando involucrado directamente en la nutrición de las plantas. En casi todas las áreas cañeras del mundo, se fertiliza para aportar principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), ya que estos tres elementos suelen encontrarse en cantidades deficientes en muchos suelos, es así que son considerados como base en las fórmulas para fertilizar, siendo determinante para lograr altos rendimientos (Santisteban, 2015).

**e. Riegos**

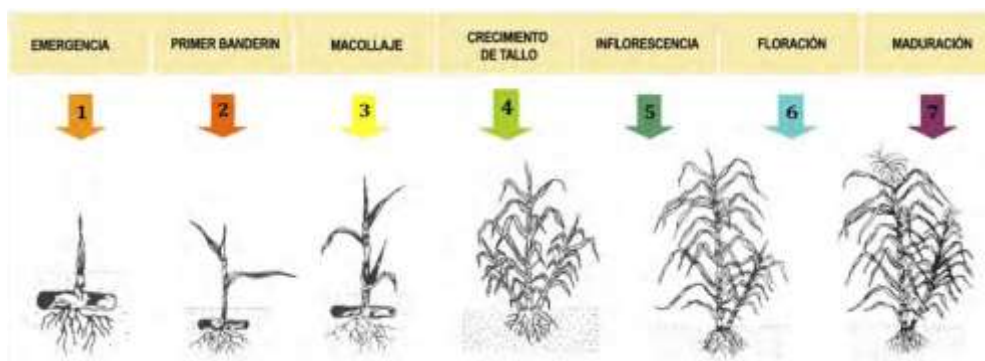
En el Perú la productividad de caña de azúcar está en función directa a la presencia de agua, este factor es el limitante en la mayor parte del área donde se cultiva, debido a que no siempre está disponible, dependiendo de las lluvias que provienen de la sierra que alimentan los ríos que desembocan en los campos ubicados en la costa (Helfgott, 2016). En algunos campos de la costa peruana se requiere un promedio de 10 000 m<sup>3</sup>/ha, pero en otros campos se puede necesitar hasta 20 000 m<sup>3</sup>/ha, esto significa que el volumen es variable, así como el número de riegos, por ejemplo, en los cultivos con riegos por gravedad, hay casos que necesitan solo diez riegos, otros quince o más. En los campos con riego por aspersión, la frecuencia se da cada cinco o diez días, mientras que en los cultivos con riego por goteo se puede dar diario o interdiario.

En las zonas productoras, el riego ha tenido un desarrollo significativo, es así que para optimizar el recurso hídrico se han instalado diferentes sistemas de riego como alternativa al tradicional riego por gravedad, como por ejemplo el riego por mangas, por goteo o por aspersión.

### 2.1.5. CICLO DE CRECIMIENTO

El ciclo vegetativo puede dividirse en varias etapas de desarrollo (figura 1), destacando las fases de emergencia, primer banderín, macollaje, crecimiento del tallo, inflorescencia, floración y maduración.

La emergencia se puede dar en dos circunstancias, o bien con la aparición de los primeros brotes, días después de realizar la siembra si fuera caña planta o bien después de la cosecha los brotes de la masa vegetativa subterránea si fuera caña soca. En el primer banderín la primera hoja del tallo primario alcanza un ancho aproximado de diez centímetros, separándose del tallo. El macollaje representa a los brotes de tallos secundarios, y a partir de estos la población de brotes terciarios, y así sucesivamente. Con el crecimiento de los tallos aumenta la longitud de los entrenudos, bajo condiciones climáticas, pudiendo disminuir en épocas de invierno. La aparición de la inflorescencia típica, se manifiesta en forma de flecha. Usualmente la floración no se puede observar, ya que en este momento la caña ya es cosechada. Con la maduración disminuye el crecimiento, ocasionando poca diferencia en concentración de azúcar entre la parte superior e inferior.



**Figura 1. Estadios de crecimiento de la caña de azúcar**

FUENTE: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú ([MIDAGRI] 2015)

### 2.1.6. PRODUCCIÓN

#### a. Producción global

En el mundo hay alrededor de 120 países que cultivan caña de azúcar con áreas que superan los 20 millones de hectáreas. Las cosechas pueden destinarse para producción de azúcar para consumo humano e industrial, no obstante en los últimos años se ha incrementado demanda de bioetanol y bioenergía (Rodrigues De Amorim et al., 2020).

Como se muestra en la tabla 2, Brasil e India lideran la mayor producción de caña de azúcar en el mundo, Perú ocupa el puesto 19, sin embargo se encuentra dentro de los tres países con mayor rendimiento por hectarea a nivel mundial, junto con Guatemala y Egipto (Atlas Big, 2021).

#### **b. Producción nacional**

El Perú tiene una posición geográfica con ciertas condiciones agroclimáticas bastante ventajosas respecto a otros países de la región en el cultivo de la caña de azúcar, permitiendo obtener los más altos rendimientos, al año 2019 registró 126,29 toneladas por hectárea, situándose por encima de los obtenidos por Brasil y Colombia.

**Tabla 2: Principales países productores de caña de azúcar - 2018**

N°	País	Producción (t)	Área cultivada (ha)	Rendimiento (t/ha)
1	Brasil	768 678 382	10 226 205	75,17
2	India	348 448 000	4 950 000	70,39
3	China	123 059 739	1 675 215	73,46
4	Tailandia	87 468 496	1 336 575	65,44
5	Pakistán	65 450 704	1 130 820	57,88
6	México	56 446 821	781 054	72,27
7	Colombia	36 951 213	416 626	88,69
8	Australia	34 403 004	447 204	76,93
9	Guatemala	33 533 403	259 850	129,05
10	Estados Unidos	29 926 210	370 530	80,77
11	Indonesia	27 158 830	472 693	57,46
12	Filipinas	22 370 546	410 104	54,55
13	Argentina	21 990 823	331 699	66,30
14	Cuba	18 890 972	442 307	42,71
15	Vietnam	16 313 145	256 322	63,64
16	Egipto	15 760 418	137 011	115,03
17	Sudáfrica	15 074 610	246 937	61,05
18	Myanmar	10 437 058	163 650	63,78
19	Perú	9 832 526	87 696	112,12
20	Ecuador	8 661 609	104 661	82,76
21	Irán	7 687 593	95 785	80,26
22	El Salvador	7 202 141	79 103	91,05
23	Kenia	7 094 619	86 876	81,66
24	Bolivia	6 910 805	152 306	45,37

FUENTE: Atlas big (2021)

Como se muestra en la tabla 3, La Libertad es el departamento con mayor producción, mayor áreas cosechadas y mayores rendimientos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2020).

**Tabla 3: Producción nacional anual de caña de azúcar - 2019**

N°	Región	Producción (t)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
1	La Libertad	5 514 278	38 717	142,43
2	Lambayeque	2 592 927	26 908	96,36
3	Lima	1 525 064	11 923	127,91
4	Ancash	957 461	7 101	134,83
5	Arequipa	64 633	605	106,83
6	Otras regiones	274 978	1 841	149,36
	Nacional	10 929 341	87 095	126,29

FUENTE: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2020

En el departamento de La Libertad se encuentran ubicados los ingenios azucareros más grandes del país, Casa Grande, Cartavio y Laredo; en Lambayeque se encuentran Agro olmos, Cayaltí, Pomalca, Tumán y Pucalá; en la costa norte de Lima destacan Paramonga y Andahuasi; en Ancash se encuentra San Jacinto; en Arequipa se encuentra Chucarapi; en Piura destacan Agro Aurora y Caña Brava. Asimismo, las áreas de cultivo también están representadas por un considerable grupo de terceros, llamados sembradores, que los conforman en su mayoría micro y pequeñas empresas, distribuidos en toda la costa norte del Perú, destacando en los valles de Huaura, Supe, Pativilca, Chancay, Santa, Nepeña, Chao, Moche, Virú, Chicama y Jequetepeque. En la industria de la caña de azúcar el sembrador es un aliado fundamental para los ingenios azucareros, produciendo más del 30 por ciento del área cosechada a nivel nacional, con cerca de 30 000 hectáreas, pudiendo incrementándose, dependiendo de la capacidad de la molienda de las agroindustrias y de las condiciones de los contratos que se den (Agroindustrial Laredo, 2021).

### **2.1.7. SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

Según León-martínez et al. (2013), la caña cuando alcanza su madurez se compone aproximadamente de 70 por ciento de tallos aptos para la molienda, y 30 por ciento de residuos agrícolas que se dividen en cogollo y paja (vainas y hojas secas). No obstante, para Palma (2014) de 100 toneladas de caña, se obtienen 60 toneladas de tallos, 30 toneladas de cogollo y 10 toneladas de paja; como se muestra en la tabla 4, de los tallos que se destinan a

producción de azúcar se pueden obtener otros subproductos, como bagazo, melaza y cachaza.

**Tabla 4: Subproductos obtenidos al procesar 100 t de caña**

Productos	Cantidades (t)	
	Mínimo	Máximo
Azúcar crudo	10,0	14,0
Bagazo (50% de humedad)	26,0	28,0
Miel final (70-85% de sólidos)	3,0	4,0
Cachaza (torta de filtros, 75% de humedad)	2,3	2,6
Residuos agrícolas	25,0	30,0

FUENTE: Palma (2014)

## **2.2. MADURACIÓN**

### **2.2.1. TIEMPO DE AGOSTE**

Consiste en la suspensión definitiva de los riegos, teniendo influencia el tipo de suelo del cultivo y la estación en la que se realiza, debe ser prudencial para evitar la muerte de las cepas y se debe llevar un control mediante el análisis de maduración para observar permanentemente la calidad de la caña (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2015).

El agoste es una práctica utilizada en la costa del Perú y en algunas regiones cañeras del mundo para acelerar el proceso de maduración e incrementar el contenido de sacarosa en el período previo a la cosecha. Se puede citar la investigación hecha por Taratima et al. (2020), quienes coincidieron en señalar que el agoste reduce los rendimientos de caña, pero incrementa tanto el porcentaje de sacarosa en caña como el azúcar recuperable.

### **2.2.2. CONTROL DE MADURACIÓN**

De acuerdo a Pinna et al. (2018), la maduración de la caña es un proceso fisiológico complejo, que dependen de diversos factores ecológicos, así como, características propias

de la planta, tales como: humedad de los tallos, contenido de nitrógeno, sacarosa, azúcares reductores y de otros componentes.

Esta etapa permite a los técnicos obtener información valiosa para que puedan tomar decisiones adecuadas sobre el mejor momento para iniciar la cosecha. La madurez de la caña y el precio de mercado óptimo ayudan a confirmar o alterar los roles de molienda preestablecidos, evitando así pérdidas importantes de caña y azúcar. Se realiza la toma de muestras para luego ser procesada y analizado en el laboratorio.

#### **a. Toma de muestras**

Las primeras cuatro semanas, iniciado el tiempo de agoste, los cambios en calidad son mínimos, la humedad disponible en el suelo después del último riego puede ser aun suficiente como para mantener el crecimiento casi sin restricciones, sobre todo en épocas de invierno. Regularmente la primera muestra se realiza dos meses después del riego de agoste y luego con intervalos de 20 a 30 días; tomando en cuenta los tallos con diferente grado de maduración, incluyendo los mamones o rebrotes y otros; se eliminan las hojas secas y verdes, dejando solamente el cogollo, reflejando de esta manera la situación real del campo, es así que el muestreo permite obtener información precisa sobre la calidad de la caña con el menor número de tallos posibles.

#### **b. Procesamiento y análisis de las muestras**

Generalmente los tallos se llevan al laboratorio del ingenio azucarero que realiza la molienda, se someten a la acción de un desfibrador, haciéndose muestreos en forma continua, después se tritura en una licuadora especial (*cutter-grinder*), se obtienen dos muestras. Una muestra de 100 g para determinar el contenido de humedad y la otra muestra de 200 g para determinar azúcares. A los 200 g se le agrega 500 ml de agua destilada, se licúa durante 10 minutos y se filtra a través de un lienzo corriente (yute). En el filtrado se determina: el brix del jugo absoluto empleando un refractómetro, el pol en caña usando un polarímetro y los azúcares reductores siguiendo el método de Fort (Helfgott, 2016).

Los datos obtenidos en las lecturas directas son transformados o corregidos mediante tablas y sirven para calcular la fibra, la pureza del jugo absoluto y el pol recuperable, utilizando



fórmulas conocidas y factores apropiados.

### **2.2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MADURACIÓN**

La maduración de los tallos de caña de azúcar se alcanza tomando en cuenta varios factores, tales como: temperaturas bajas, sequía moderada, carencia de nitrógeno, la edad y variedad de la caña o cuando se produce floración.

#### **a. Temperaturas bajas**

Helfgott, (2016), manifiesta que, bajo condiciones controladas de invernadero, se reducía el crecimiento y se aumentaba la acumulación de sacarosa, cuando las temperaturas bajas (13 °C a 15 °C) se mantenían en forma continua. Al aumentar la temperatura y mantenerla constante entre 27 °C y 29 °C, se incrementaba el crecimiento retardándose la acumulación de sacarosa.

#### **b. Disminución de humedad (Agoste)**

La temperatura del medio ambiente no puede ser modificada por el hombre, en consecuencia, el factor humedad tiene gran importancia en la maduración de la caña tanto en los trópicos que tienen marcadas épocas de lluvia y sequía, como en aquellas regiones en las que se practica el riego. En el primer caso, la maduración tiene lugar durante la época seca. En el segundo caso, que es como sucede en el Perú, la maduración puede realizarse, prácticamente, en cualquier época del año, ya que los riegos se pueden suspender a voluntad (Helfgott, 2016).

La eliminación de los riegos y, por consiguiente, la disminución progresiva de la humedad de los suelos en la zona radicular es lo que comúnmente se conoce como agoste.

Las plantas pierden agua a través de la cutícula y estomas de las hojas mediante el proceso de transpiración y al mismo tiempo absorben agua del suelo. En campos agostados, la absorción de agua por el sistema radicular de la planta es cada vez más difícil y por ello la tensión de humedad de las plantas se va acrecentando lo que ocasiona una progresiva reducción en el crecimiento y en el número de hojas verdes activas. En consecuencia, la

demanda de azúcares reductores para la formación de ciertos componentes celulares y la acción de las invertasas acida, son cada vez menores. Esto permite que la acumulación de sacarosa aumente, aun cuando se ha observado que, al bajar la humedad de la planta, el ritmo de la fotosíntesis disminuye y la traslocación de sacarosa es más lenta.

### **c. Ausencia de nitrógeno**

La ausencia de nitrógeno favorece la concentración de sacarosa, ya que restringe los procesos fisiológicos asociados al crecimiento. La investigación hecha por Rasche et al. (2014) afirma que altos niveles de nitrógeno pueden estimular el crecimiento vegetativo excesivo y la acumulación de agua en las células, retrasando la maduración y disminuyendo la acumulación de sacarosa.

Por ello, normalmente se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado lo más temprano posible, durante el primer tercio del ciclo vegetativo.

### **d. Edad y variedad**

Son importantes pues influyen en la maduración de la caña por estar genéticamente determinados y sujetos a interacción con una serie de factores y variables. Para Delgado-Mora et al. (2016), uno de los elementos que afecta la calidad de la caña es el desfase, esto se da cuando la caña cosechada no ha llegado a su madurez o se ha sobrepasado el momento de su madurez óptima, lo que afecta la composición del jugo en cuanto a su calidad.

La caña crece vigorosamente, almacenando poca cantidad de sacarosa, bajo condiciones adecuadas de clima y suelo. Después de pasar el estado de máximo crecimiento vegetativo, su ritmo de crecimiento disminuye. Entonces, la sacarosa es acumulada en los entrenudos de los tallos, primero en los basales y luego en los apicales.

Sin embargo, la maduración de la caña de azúcar no va paralela con la edad. Si el agua y el nitrógeno se mantuvieran abundantes, los tallos madurarían al azar.

La edad de la caña en la que se produce la concentración óptima de sacarosa depende, entre otros, de la variedad. Los genetistas han logrado producir variedades de caña de maduración temprana (ciclos de 10-14 meses), intermedia (ciclos de 15-17 meses) y tardía (ciclos de 18-

24 meses).

Es importante señalar que el medio ambiente puede alterar la fisiología de la planta, trayendo como consecuencia que variedades de maduración tardía maduren más temprano. Por ejemplo, para Helfgott (2016) al incrementarse las temperaturas, como consecuencia del fenómeno de El Niño del año 1982, se acortaron los ciclos de diferentes variedades de caña, en la costa peruana.

#### **e. Floración**

La floración en la caña de azúcar es imprescindible para los programas de mejoramiento, pero no es un carácter deseable en la producción de variedades comerciales debido a que tiene un efecto negativo en el rendimiento y en la calidad.

Los efectos negativos de la floración dependen de la intensidad con la que se presente y de la edad del cultivo. Para Helfgott (2016), la floración es más dañina cuando ocurre en plantas jóvenes. En cañas cuyo ciclo es cercano a dos años, es más dañina durante el primer año que durante el segundo, ya que muchos de los tallos que florecieron, mueren antes de la cosecha. Si la floración ocurre cuando la planta se encuentra en la fase final de su proceso de maduración, las pérdidas en peso son mínimas y la producción de azúcar puede aumentar, ya que, al cesar el crecimiento del tallo, se favorece la acumulación de sacarosa. Por otra parte, si la floración ocurre al inicio del proceso de maduración, puede ocurrir tanto la formación de la médula corchosa, como la inversión de sacarosa.

#### **2.2.4. COSECHA**

Es una actividad que no está aislada de las otras labores culturales, si no es que es la etapa final de un ciclo y el inicio de otro. En la mayoría de los países productores se emplea el término zafra para mencionar a los meses en que se cosecha, sin embargo, en el Perú y otros lugares, como Colombia, Brasil, Venezuela y Hawaii, no se usa este término, debido a que la actividad se realiza durante todo el año (Helfgott, 2016).

Según Dos Santos et al. (2014) es considerada como una de las operaciones más importantes del proceso, ya que debe satisfacer la materia prima que demanda el ingenio azucarero en calidad y costo competitivo. Para Freitas et al. (2019) el corte, carga y transporte desde el

campo hasta la fábrica corresponden a cerca del 40 por ciento de los costos de todas las operaciones.

El momento óptimo de cosecha es cuando el porcentaje de sacarosa se encuentra en un punto anterior a su máximo valor, tomando en cuenta que no se realiza en un solo día, planificando de esta manera que se llegue al máximo valor de sacarosa al finalizar toda la cosecha (Dolres Marcelo & Diestra Aldana, 2011).

La obtención de caña limpia para su envío a las fábricas depende de una serie de factores, siendo los más importantes los que están relacionados a las labores culturales realizadas en el campo, como por ejemplo la preparación del terreno, la siembra en el momento oportuno, la fertilización y riegos óptimos. Estas operaciones conducen a cañas maduras en épocas de cosecha, permitiendo realizar una buena quema, para luego realizar el corte, carguío y transporte.

#### **a. Quema**

En la mayoría de los países cañeros aún se permite la quema, para eliminar hojas secas y material vegetativo que no contiene sacarosa, no llevar basura a los ingenios y facilitando las siguientes operaciones al reducir costos; sin embargo, acelera el proceso de deterioro de la caña, tiene efectos negativos sobre la salud y aumenta la contaminación ambiental.

#### **b. Corte**

Puede ser manual o mecánico. El corte manual puede realizarse con machete, hoz o cuchillo, permitiendo tener una caña de mejor calidad y reduciendo las pérdidas, siendo el de mayor uso a nivel global. El corte mecánico, ya sea de tallos enteros o trozados, implica el uso de diferentes implementos, siendo una alternativa al corte manual cuando el salario del cortador es demasiado alto en relación con el precio de mercado de la caña, y cuando la disponibilidad de mano de obra es escasa.

**c. Alce**

Una vez iniciado el corte los encargados del servicio de transporte empiezan a borrar calles y acequias convirtiéndolos en caminos que servirán para el acarreo de la caña. El arrume y carguío propia mente dicho se realiza con un cargador frontal con una cuadrilla de cuatro personas para realizar el recojo de la caña caída que serán lanzadas a los tendales subsiguientes para que no sean pisoteados por la cargadora.

**d. Transporte**

Es de conocimiento que en el proceso de cosecha se generan tantas o más pérdidas de las que normalmente se tienen en la fábrica, ocasionados principalmente por los tiempos de permanencia y los porcentajes de materia extraña con que llegan al ingenio.

Las unidades de transporte pueden ser camiones de remolques o semirremolque dependiendo del relieve y la accesibilidad del campo a cosechar. Para determinar el porcentaje de impurezas se realizan al azar derivando uno o más carros para luego vaciar todo el carro o parte de ella; esta determinará el porcentaje de impurezas de los campos procedentes. Es necesario tener una persona para que verifique los resultados y que la muestra corresponda a su campo en cosecha.

**2.2.5. PARÁMETROS DE CALIDAD**

Según Helfgott (2016), el jugo de la caña de azúcar está conformado por agua y sólidos solubles (sacarosa, azúcares reductores y otros componentes), que se representan por brix % caña, pudiendo variar entre 16 y 18 al inicio de la maduración, aumentando hasta un intervalo de 18 y 22 al final de la maduración. Asimismo, un jugo de buena calidad es el que contiene un alto contenido de sacarosa en el jugo (soluto más importante), pudiendo ser aceptado desde un valor de 13 por ciento aumentando hasta valores de 18 por ciento a más. La pureza del jugo es la razón entre la sacarosa en el jugo y el brix, con intervalos considerados muy buenos desde 86% a más. Otro de los parámetros importantes es el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa), pudiendo variar entre 0,5 por ciento a 0,8 por ciento al inicio de la maduración de la caña, disminuyendo hasta un intervalo de 0,1 por ciento y 0,2 por

ciento al final de la maduración. Estos valores se muestran en la tabla 5.

Los parámetros de calidad es una de las condiciones fundamentales para determinar algunos factores como, si una variedad es mejor que otra, si las prácticas culturales se hicieron de manera eficaz o que la edad del corte fue en el momento óptimo (Larrañondo, 2005).

La calidad de la caña de azúcar depende de varias condiciones: la variedad de caña, el suelo en que se cultiva, las prácticas de manejo agronómico, edad de madurez, etc. Es en el campo donde se define la calidad de la caña que la fábrica después procesará y el rendimiento que se obtendrá. La calidad de caña se determina en el proceso de molienda por la cantidad de azúcar obtenida por tonelada de caña molida (Calderón, 2014).

**Tabla 5: Parámetros de calidad de la caña de azúcar**

Parámetros de calidad	
Sacarosa aparente (%)	
Bajo	< 13
Regular	13-14
Bueno	14-16
Muy bueno	16-18
Brix (%)	
Inicio	16-18
Final	18-22
Pureza jugo (%)	
Bajo	65-78
Regular	78-80
Bueno	80-86
Muy bueno	86-90
Azúcares reductores (%)	
Inicio	0,5-0,8
Final	0,1-0,2

FUENTE: Helfgott (2016)

En la industria azucarera se aplican diversos métodos para los análisis de calidad, es decir, entre los laboratorios no hay unanimidad en la selección del método más adecuado, entre los

más empleados se encuentran el método directo por desintegración húmeda GS5/7-1 siguiendo la metodología ICUMSA, el método de análisis directo por prensa hidráulica y el método que combina ambas metodologías, conocido como balance masa o método ponderado.

**a. Sacarosa aparente (pol)**

Es la cantidad de sacarosa contenida en una disolución expresada en % peso la cual es posible determinar por un polarímetro (también llamado sacarímetro). En soluciones puras el %Pol equivale a la cantidad de sacarosa total. En otras sustancias impuras, como el jugo de caña y las mieles, que contienen otras sustancias óptimamente activas, existirá una diferencia la cual es mayor, por lo tanto, el valor de Pol es aceptado internacionalmente como sacarosa aparente (Ramazzini, 2017). Para Rafer (2017), la medición de sacarosa también se puede usar un sacarímetro, el cual es un tipo de polarímetro configurado para mostrar la rotación óptica en la Escala de Azúcar Internacional (ISS – °Z) para el funcionamiento en la industria de procesamiento azucarero, como lo define ICUMSA.

Para Granja y Vidal (2014), la calidad de la caña también se puede cuantificar a través del porcentaje de sacarosa en caña, la cual es representado como el porcentaje de sacarosa de la caña que se recupera en el jugo mezclado, luego de realizar la extracción de sacarosa directa.

**b. Brix**

Es una unidad de medida que expresa el porcentaje en peso de sólidos disueltos en una solución pura de sacarosa. Es el porcentaje de sólidos totales (azúcares y no azúcares), disueltos en el jugo (Estrada, 2012). Asimismo, para la AOAC (2016) 983.17 es el porcentaje de sólidos solubles del medio acuoso, colocando 1-2 gotas del medio acuoso en el prisma del refractómetro bajo la luz solar, observando la escala a través del ocular.

**c. Pureza**

Representa el contenido de sacarosa expresado como porcentaje de la sustancia seca o el contenido de sólidos disueltos. Los sólidos comprenden la sacarosa y no sacarosas tales como azúcares invertidos, cenizas y elementos colorantes (Calderón, 2014).

**d. Azúcares reductores**

También llamados azúcares invertidos, determinados midiendo el contenido de sustancias reductoras mediante análisis de laboratorio. Los ejemplos más comunes son los de la glucosa y la fructosa que resultan de la hidrólisis de la sacarosa (Calderón, 2014).



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La investigación se desarrolló en los campos de cultivo de la empresa Agrotechi SAC, ubicados en el distrito y provincia de Virú, departamento de La Libertad.

#### **3.2. MATERIA PRIMA**

La mayor parte de las instituciones de investigación de caña en el mundo identifican a las variedades mediante un prefijo abreviado que denota la localidad, seguido por números que identifican la serie o código. Tomando en cuenta esta información se empleó cinco variedades de caña de azúcar:

- CC93, proveniente del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), identificado con el código 93.
- H71, proveniente de Hawai, USA, identificado con el código 71.
- PCG12, producida en Perú, identificado con el código 12. También se le conoce como Azul Casa Grande.
- CC87, proveniente de CENICAÑA, Colombia, identificado con el código 87. También se le conoce como Laredo.
- H32, proveniente de Hawai, USA, identificado con el código 32. Es la variedad más cultivada en el Perú durante las últimas décadas.

Estas variedades de caña de azúcar fueron cultivadas en cinco campos de cultivo ubicados en la provincia de Virú, en las zonas de Santa Elena, El Carmelo y Huancaquito Bajo, durante los años 2014 al 2021. Se muestreo 10 tallos de caña de azúcar por cosecha por campo de cultivo (cada campo de cultivo con una variedad diferente), las que fueron transportadas y

analizadas en los laboratorios del ingenio azucarero Agroindustrial Laredo, dichas actividades estuvieron a cargo de personal de la empresa en mención. Se hizo la solicitud para tener acceso a los laboratorios, pero por restricciones durante la pandemia COVID 19 no se permitió observar el proceso de análisis de calidad, sin embargo, en otras circunstancias si se puede previa coordinación y charla de inducción del departamento de seguridad.

La tabla 6 muestra las fechas en que fueron cosechadas los cinco campos de cultivo, desde la primera cosecha (caña planta) hasta la última cosecha registrada en los resultados (caña soca 3), habiendo variación en las fechas. Las condiciones climáticas en que se realizó el cultivo y el agoste fue con veranos cortos, pero calurosos, e inviernos largos y nublados, con intervalos de temperatura desde los 16°C hasta 28°C, asimismo, la costa norte del Perú se caracteriza por ser un desierto subtropical, con una precipitación anual aproximada de 20 mm.

**Tabla 6: Fechas de cosecha de cada variedad y cultivo de caña de azúcar**

<b>Variedad</b>	<b>CC93</b>	<b>H71</b>	<b>PCG12</b>	<b>CC87</b>	<b>H32</b>
Caña Planta	09/05/2017	24/08/2015	03/06/2014	18/05/2017	06/03/2015
Caña Soca 1	04/07/2018	09/09/2016	11/08/2015	19/07/2018	14/03/2016
Caña Soca 2	20/09/2019	06/10/2017	09/09/2016	30/10/2019	17/04/2017
Caña Soca 3	04/12/2020	13/11/2018	10/10/2017	03/02/2021	17/07/2018

### **3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

#### **3.3.1. MATERIALES**

- Material de vidrio: probetas, erlenmeyers, vaso de precipitación, tubos de ensayo.
- Embudos
- Papel filtro
- Espátulas

#### **3.3.2. EQUIPOS**

- Balanza analítica digital
- Refractómetro de precisión digital

- Polarímetro digital
- Desfibradora
- Prensa hidráulica

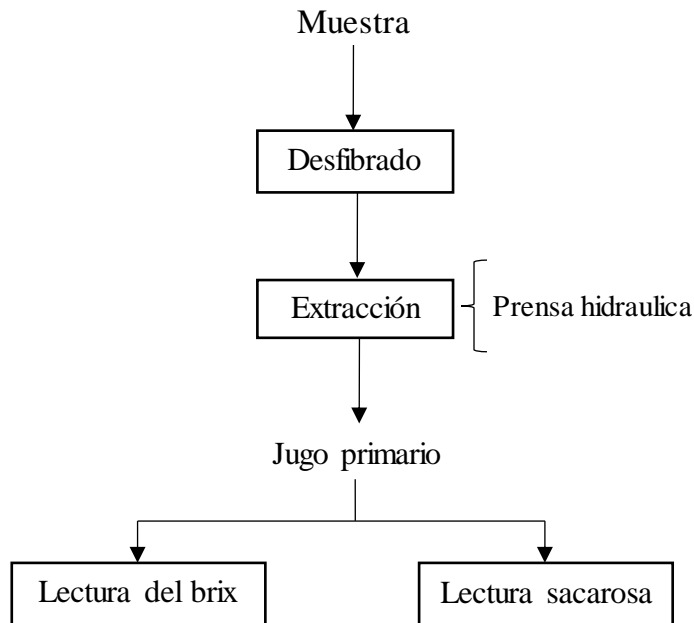
### **3.3.3. REACTIVOS**

- Subacetato de plomo
- Octapol
- Tierra silíceo

## **3.4. MÉTODO DE ANÁLISIS**

La recolección de tallos se realizó al azar, cortándose desde la base de la planta hasta el punto de quiebre natural, siendo en promedio 10 unidades por cada campo, que se llevaron al laboratorio para luego realizar los análisis de calidad con los métodos que generalmente se usan en la industria de procesamiento azucarero, como lo define la Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis de Azúcar (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis [ICUMSA], 2005).

Como se muestra en la figura 2, el proceso de análisis se inicia con la muestra, para luego realizar un desfibrado, obteniendo partículas pequeñas, luego pasa a la prensa hidráulica donde se realiza la extracción del líquido para obtener el jugo primario, este pasa al laboratorio para realizar las lecturas del brix y de sacarosa. Mientras más alto sea el rendimiento, más alto será la extracción, obteniendo en promedio 70 por ciento de extracción.



**Figura 2. Proceso general para determinar la calidad de la caña**

El análisis se procesó el mismo día del muestreo con el fin de que los parámetros de calidad no se vean afectados por la deshidratación, de acuerdo al método analítico de la Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis de Azúcar (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis [ICUMSA], 2005).

### **3.4.1. DETERMINACIÓN DE SACAROSA**

Del jugo primario se clarificó 100 ml en un erlenmeyer con la mínima cantidad de subacetato de plomo sólido (0,2 gramos aproximadamente), se agitó, luego que reposó hasta que la floculación fue completa. En seguida se realizó el filtrado a través de un papel filtro, cubriendo con un vidrio reloj el embudo de filtración; finalmente se polarizó el filtrado en un tubo de 200 milímetros dentro del polarímetro (Estrada, 2012).

### **3.4.2. DETERMINACIÓN DE BRUX**

Se obtuvo 100 mililitros del jugo primario y se agregó un gramo de coadyuvante de filtración (tierras silíceas) y luego se filtró en un papel whatman No. 06. cubriendo el embudo con un vidrio reloj; en seguida se determinó el porcentaje de brix del extracto con un refractómetro

de precisión, este equipo fue calibrarse previamente a cero con agua destilada (Estrada, 2012).

### **3.4.3. DETERMINACIÓN DE PUREZA**

Para determinar la pureza presente en el jugo se utilizó la ecuación (1), a partir de la relación entre la sacarosa (porcentaje de pol) y los brix. Para Ramazzini (2017), la pureza indica que porcentaje de sólidos totales disueltos representa la sacarosa.

$$Pureza = \frac{Pol(\%)}{Brix} \times 100 \quad Ec (1)$$

### **3.4.4. ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES**

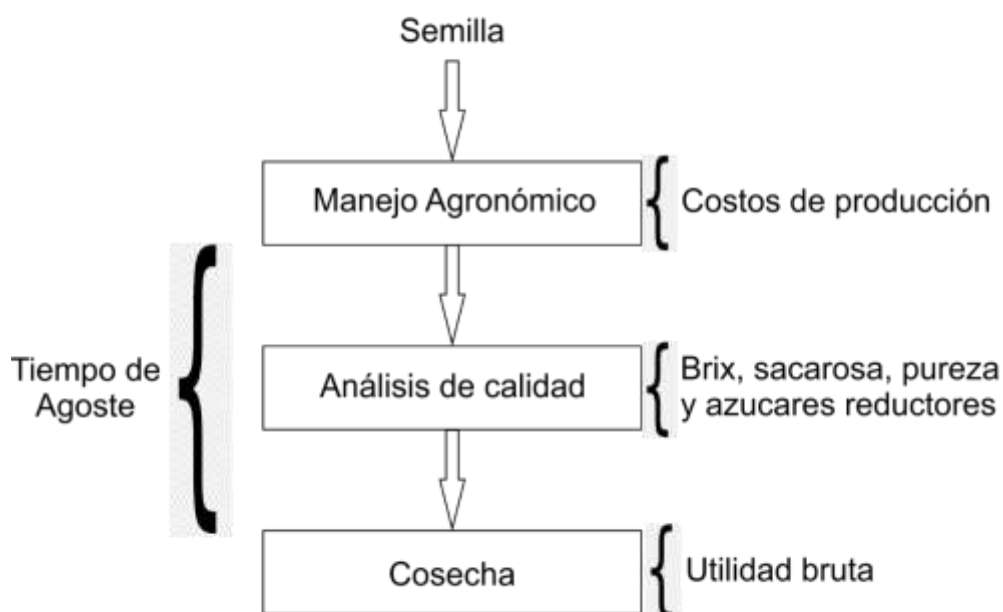
Se determinó mediante el método de Lane y Eyton que utilizó una medición que involucra una titulación para determinar la reducción de una solución de Fehling. Este método, incluye otras sustancias como oligosacáridos que también serán cuantificados como azúcares reductores (Calderón, 2014).

### **3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Se seleccionaron cinco campos de cultivo de caña de la empresa Agrotechi SAC, siendo una variedad diferente de caña por cada campo de cultivo, estos tienen por nombre Santa María 1 (variedad H71), Santa María 2 (variedad CC93), San Antonio (variedad PCG12), Yenny (variedad CC87) y Santa Rosa (variedad H32). Cada campo tuvo un área distinta, siendo dos hectáreas para los dos primeros, 13,5 hectáreas para San Antonio, cinco hectáreas para Yenny y tres hectáreas para Santa Rosa. Todos los campos tuvieron características de suelo de textura franco limoso; con una temperatura media aproximada de 22 °C y humedad relativa promedio de 81 por ciento.

Las muestras se tomaron durante cuatro cosechas consecutivas en cada campo, siendo la primera cosecha (caña planta) con un tiempo de cultivo de 16 a 18 meses, y las tres siguientes (caña soca 1, caña soca 2 y caña soca 3) con un tiempo de cultivo entre los 12 y 13 meses.

Como se describe en la figura 3, la investigación se desarrolló en las operaciones de: manejo agronómico, análisis de calidad (realizado durante el agoste) y cosecha.



**Figura 3. Flujo de operaciones del trabajo de investigación**

Se inició con la elección de la semilla de caña, tallos que se pueden obtener de campos de caña planta o caña soca, siendo recomendable que sea de caña planta o la primera caña soca, ya que la calidad de la semilla juega un papel muy importante considerando que el cultivo se aprovechara a lo largo de varios cortes.

Dentro de las labores agronómicas, se incluyeron operaciones como la preparación de suelos, siembra, control de maleza, fertilización y riegos. Se analizó los costos de producción en cada una de estas operaciones, que incluye materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de producción.

Durante el agoste, antes de iniciar la cosecha se realizó el muestreo para el análisis de calidad de la caña de azúcar, tomando en cuenta los parámetros de sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores. En base a la experiencia se hizo una estimación de los costos de producción si llegara a prolongarse el tiempo de agoste con la finalidad que la sacarosa siga aumentando hasta llegar a un valor de 13 por ciento, consiguiendo un mejor precio de venta por la cosecha. Con los resultados obtenidos se resolvió preguntas de importancia para el cañicultor

como: ¿en cuánto es la variación de la utilidad bruta si se prolonga el tiempo de agoste?, ¿es rentable para la empresa prolongar el tiempo de agoste?

### **3.5.1. CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE AGOSTE Y LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR.**

La primera etapa de la investigación fue correlacionar el tiempo de agoste con las características de la caña de azúcar, tales como sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores, es decir cuál es la variación que se da en estos parámetros de calidad conforme se prolonga el agoste hasta llegar a la cosecha de la caña.

### **3.5.2. TIEMPO DE AGOSTE NECESARIO**

En la segunda etapa de la investigación se determinó el tiempo de agoste necesario para obtener una caña de azúcar que cumpla los parámetros de calidad con respecto al porcentaje de sacarosa.

### **3.5.3. EFECTO DEL TIEMPO DE AGOSTE ADICIONAL EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIDAD BRUTA**

En la tercera y última etapa del trabajo, se conoció el efecto del tiempo de agoste adicional en los costos de producción y utilidad bruta, considerando un porcentaje alcanzado de 13 por ciento de sacarosa. Para llegar a estos resultados se tomó en cuenta los costos de producción en el manejo agronómico para un cultivo de caña planta y un cultivo de caña soca, con un porcentaje de sacarosa de 12 por ciento, asimismo la producción de la cosecha y el precio de venta. Se aplicó tres elementos del costo de producción: materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de producción, luego se determinó los costos en cada operación del manejo agronómico (Cuevas, 2018). Los cálculos se realizaron en base a una hectárea, durante el periodo 2018-2019. Los resultados no incluyeron impuestos. La mano de obra estuvo calculada en base a la ley 27360, del régimen agrario.

Se estimó los costos de producción que se producirían si se prolongará el tiempo de agoste un mes y dos meses, luego se calculó las ventas que se producirían en dos escenarios, el primero, al precio de venta promedio cuando se alcanza 12 por ciento de sacarosa, y el segundo escenario, cuando se prolongue el tiempo de agoste hasta llegar a un valor de 13 por ciento de sacarosa con un precio de venta mayor en tres soles por tonelada de caña, pero tomando en cuenta los costos de producción adicionales. Con estos datos se obtuvo la utilidad bruta y márgenes de utilidad bruta.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para alcanzar los dos primeros objetivos específicos, se realizó un análisis estadístico, que se detalla de la siguiente manera:

#### **3.6.1. PRUEBA DE PEARSON**

Se aplicó la prueba de Pearson, para correlacionar el tiempo de agoste con las cuatro características de calidad de la caña de azúcar: sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores.

#### **3.6.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN**

Se realizó un análisis de varianza con análisis de regresión, para determinar el mínimo tiempo de agoste necesario para obtener una caña de azúcar de calidad respecto al porcentaje de sacarosa, seleccionando de cada variedad de caña de azúcar el coeficiente de relación de Pearson más fuerte. Con este análisis se fundamenta la correlación planteada entre el tiempo de agoste y las características de la calidad de la caña de azúcar.



## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE AGOSTE Y LA CALIDAD**

En base a los resultados de control de maduración que se registró en los cinco campos de cultivo se realizó una correlación entre el tiempo de agoste y los principales parámetros de calidad de la caña de azúcar: sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores. En cada campo se realizó cuatro cosechas, las mismas que fueron comercializadas con el ingenio azucarero Agroindustrial Laredo.

#### **4.1.1. CAMPO SANTA MARÍA 1**

Considerando los resultados obtenidos durante cuatro campañas de cultivo de caña de azúcar, variedad H71, se correlacionó el tiempo de agoste con sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores. Como se muestra en la tabla 7, se puede observar que el mínimo tiempo de agoste arrojó los valores más bajos en cuanto a sacarosa y brix, pero no en pureza, afectando las condiciones de negociación entre el ingenio azucarero y la empresa cañicultora, tomando en cuenta que aquel exige como requisito un mínimo de 12 por ciento de sacarosa, sin embargo, pudo cosecharse antes de alcanzar este valor, pero con un precio de venta inferior que generalmente se reduce de tres a cinco soles por tonelada de caña. Partiendo de esta disyuntiva que tienen las empresas cañicultoras en la práctica, saber el momento indicado en que puedan iniciar la cosecha, pero sin perjudicar la utilidad que obtendrán de las mismas. Generalmente el ingenio azucarero maneja tres precios de compra, siendo el más común y aceptado, aquel que se negocia cuando de acuerdo a los análisis de calidad, se obtiene 12 por ciento de sacarosa en caña, sin embargo, en otras ocasiones la caña aún no ha madurado lo suficiente debido a diversos factores, que hacen que el resultado sea menor a 12, pagando un precio más bajo por tonelada, algo semejante puede ocurrir cuando los niveles de sacarosa pueden llegar hasta 13 por ciento o más, el ingenio azucarero podría

pagar entre tres a cinco soles más por tonelada; pero eso se consigue prolongando el tiempo de agoste, tal como se muestra para el resultado de la caña soca 3.

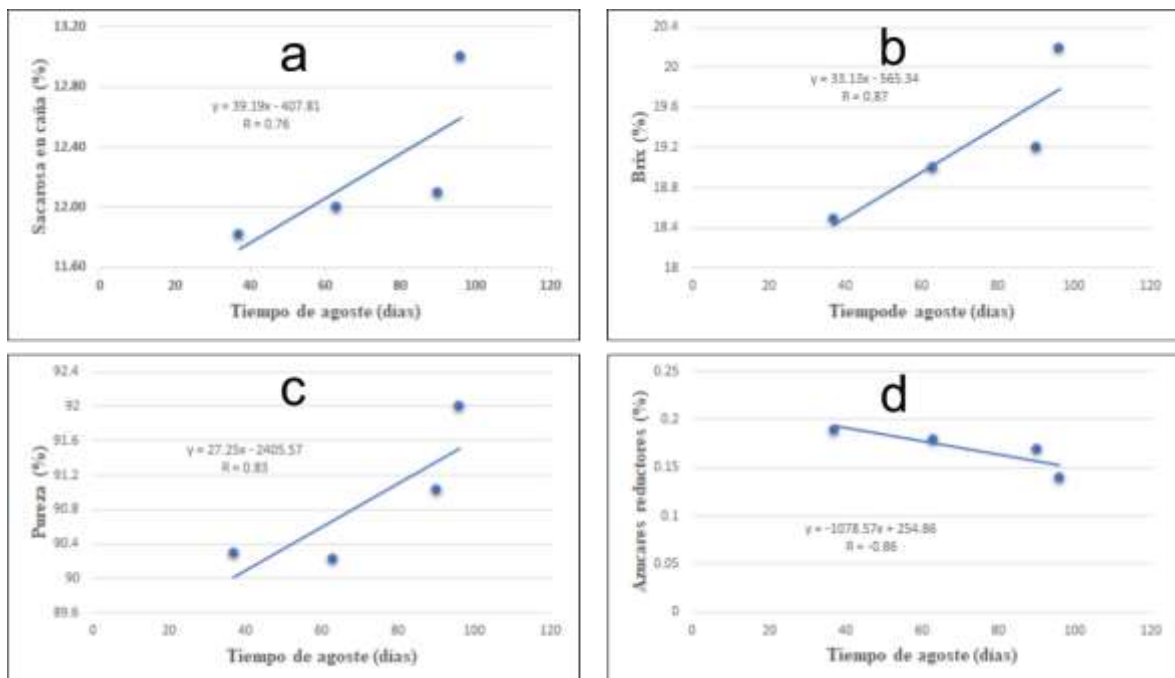
**Tabla 7: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa María 1**

<b>Parámetros</b>	<b>Planta</b>	<b>Soca 1</b>	<b>Soca 2</b>	<b>Soca 3</b>
Tiempo de Agoste (días)	90	37	63	96
Sacarosa en caña (%)	12,10	11,82	12,00	13,00
Brix (%)	19,20	18,49	19,00	20,19
Pureza (%)	91,03	90,30	90,22	92,00
Azúcares reductores (%)	0,17	0,19	0,18	0,14

En cuanto a los azúcares reductores, el resultado más alto se registró en la caña soca 1, con menor tiempo de agoste y el valor más bajo se dio con el mayor tiempo de agoste. Existe semejanza con lo obtenido por Delgado-Mora et al. (2016), quienes evaluaron y compararon tres variedades en caña planta y caña soca, con edades de cultivo desde los 9 meses hasta los 24 meses con la intención de determinar la influencia del agoste en el contenido de sacarosa, identificando en qué edad se produce el desfase por déficit de agoste (la caña cosechada no ha llegado a su madurez óptima) y desfase por exceso de agoste (la caña cosechada ha sobrepasado su madurez óptima), teniendo como resultados un intervalo de edad de cultivo de 9 a 11 meses para el déficit de agoste y un intervalo de 18 a 22 meses para el exceso de agoste, sosteniendo que la caña de azúcar debe cosecharse en su madurez óptima para obtener la mejor calidad con el contenido de sacarosa y brix necesarios, y menor concentración de azúcares reductores. Asimismo, manifiestan que el desfase ocasiona los niveles más bajos de sacarosa, pero no especifican el tiempo de agoste que debería darse en los tiempos antes mencionados, no obstante, precisa que el agoste da mejores resultados en épocas de verano.

Como se muestra en la figura 4a, existe una relación directa entre el tiempo de agoste y el porcentaje de sacarosa en caña, es decir, conforme avanza el tiempo de agoste, se incrementa los niveles de sacarosa, así pues, para 37 días de agoste se obtuvo 11,82 por ciento de

sacarosa, cuando la cosecha se da a los 63 días se obtiene 12 por ciento de sacarosa en caña, si la prolongación continua hasta los 90 y 96 días, estos valores se incrementan hasta llegar a 12,1 y 13,0 por ciento, respectivamente. Esta tendencia guarda similitud con la investigación de Pinna et al. (2018), quienes realizaron un análisis de calidad a la caña de azúcar, considerando parámetros como sacarosa, brix, pureza, azúcares reductores, fibra y humedad, en cuanto a la edad de cosecha, teniendo resultados desde los 12 meses hasta los 26 meses, sin precisar los tiempos de agoste, sosteniendo que el estrés que se produce en el cultivo causado por la disminución de humedad, ocasiona que durante el agoste se produzca cambios bioquímicos que favorecen el incremento de sacarosa, aumentando de esta manera la calidad de la caña de azúcar que a su vez hará que sea más rentable su industrialización.



**Figura 4. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa María 1**

Otros parámetros importantes son los brix y pureza (figura 4b y 4c), así pues, también existe una relación directa con el tiempo de agoste. Estos complementan a la sacarosa en el análisis de calidad. Por ejemplo, la investigación hecha por Bustamante y Paar (2018), manifiestan que a inicios del siglo XX, los azúcares se comercializaban con altas cantidades de impurezas, por lo que se establecieron instrumentos de alta precisión que permiten

determinar la pureza en soluciones de azúcar para asegurar la calidad de sacarosa. En la figura 4d, la relación entre el tiempo de agoste y los azúcares reductores es inversa, al respecto la investigación de Bello et al. (2006), sostienen que conforme se incrementa la concentración de sacarosa y brix, los azúcares reductores tienen que disminuir.

Los coeficientes de correlación de Pearson al comparar el tiempo de agoste con sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores, arrojaron valores de 0,76; 0,87; 0,83 y -0,86, respectivamente (tabla 8). De estos resultados, se deduce que las tres primeras comparaciones tienen una correlación positiva, es decir tienen una asociación en sentido directo, siendo la comparación tiempo de agoste y brix la que más asociación directa positiva presenta; para la comparación con los azúcares reductores existe una relación inversa. Según Gutiérrez y De la Vara (2008)), si el coeficiente de correlación es cercano a cero, no existe correlación lineal, pero si es cercano a uno, entonces se tiene una relación lineal positiva fuerte.

**Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa María 1**

<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
Sacarosa en caña	0,76
Brix	0,87
Pureza	0,83
Azúcares reductores	-0,86

#### **4.1.2. CAMPO SANTA MARÍA 2**

Para la variedad de caña CC93, los resultados obtenidos se dieron durante cuatro campañas. Antes de realizar la correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores, se muestra en la tabla 9 el mínimo tiempo de agoste, que fue un valor menor a 12 por ciento de sacarosa en caña, es decir no cumplió el requisito de calidad más importante, sin embargo, en ocasiones el ingenio azucarero puede variar los criterios de calidad y disminuir el valor de sacarosa a 11,5 por ciento, dependiendo de la oferta y la demanda que ocurra en el mercado azucarero, y este fue un ejemplo de ello. En las memorias financieras de Agroindustrial Laredo detallan que el azúcar que se produce en el Perú en su mayoría es

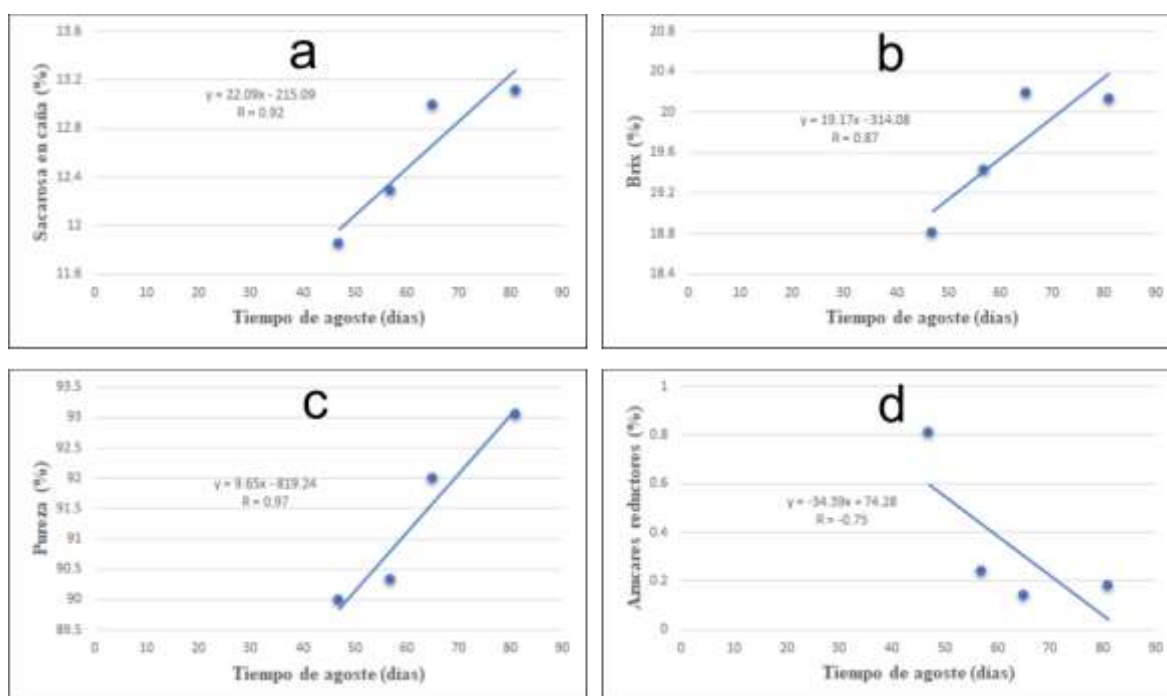
para el mercado nacional, por lo que en ocasiones es necesario importar azúcar, cuando la demanda es mayor que la oferta, es en estos casos la necesidad inmediata de caña de azúcar como materia prima (Agroindustrial Laredo, 2021). Asimismo, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú ([MIDAGRI], 2020), en sus boletines anuales detalla que el Perú ocupa los últimos lugares (puesto 43) en cuanto a exportación de azúcar, ya que la producción se destina para el mercado local.

**Tabla 9: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa María 2**

<b>Control de maduración de caña de azúcar – CC93</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Planta</b>	<b>Soca 1</b>	<b>Soca 2</b>	<b>Soca 3</b>
Tiempo de Agoste (días)	81	47	57	65
Sacarosa en caña (%)	13,12	11,85	12,29	13,00
Brix (%)	20,14	18,81	19,43	20,19
Pureza (%)	93,06	90,00	90,34	92,00
Azúcares reductores (%)	0,18	0,81	0,24	0,14

En este campo también se consiguió valores por encima de 13 por ciento de sacarosa en caña, en este caso el ingenio azucarero aumento el precio de compra en 3 soles más la tonelada, pero los tiempos de agoste fueron variables en el caso de la caña planta y la caña soca 3. Al respecto, la investigación hecha por Taratima et al. (2020), en Tailandia, compararon y evaluaron el efecto del estrés hídrico en dos variedades de caña de azúcar, en intervalos de sequía desde los 30 días hasta los 90 días, ocasionando cambios en su anatomía foliar, principalmente en cuanto al grosor y longitud de los tallos. Bajo este fundamento, si bien es cierto que al prolongar el tiempo de agoste hasta cierto punto se incrementan los niveles de sacarosa, puede ocurrir variaciones en el peso, considerando este factor importante desde el punto de vista rentable, ya que la comercialización de este cultivo es en base a las toneladas cosechadas, pudiendo disminuir los rendimientos si se prolonga el agoste.

Existe una relación directa entre el tiempo de agoste y la sacarosa, el brix y la pureza (figura 5a, 5b y 5c), sin embargo, tal es el caso de la caña planta, con 81 días de agoste se obtuvo 20,14 por ciento de brix, no obstante, en la caña soca 3 con 65 días de agoste se obtuvo 20,19 por ciento de brix, es decir un resultado mayor con menor tiempo de agoste, estos resultados pudieron darse por diversos factores, por ejemplo la estación en que se realizó el agoste, pudiendo influenciar las temperaturas altas en la maduración. En este sentido se guarda relación con lo expuesto por Helfgott (2016), quien manifiesta que bajo condiciones de temperaturas bajas constantes se reduce el crecimiento, pero aumenta la concentración de sacarosa. Asimismo, Larrahondo (2005), manifiesta que las temperaturas nocturnas altas incrementan el uso de los azúcares que se produce en el día, ocasionando que la ganancia de sacarosa se reduzca.



**Figura 5. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa María 2**

Ocurre algo semejante con los azúcares reductores (figura 5d), con una tendencia inversa, pero mostrando un incremento entre la caña de 65 días a 81 días de agoste, cuando la tendencia debería ser a disminuir, sin embargo, se debe tomar en cuenta que son cosechas que se dan en distintos meses del año, por lo que pueden verse influenciado por las

temperaturas características de cada estación, asimismo puede influenciar otros factores agronómicos aparte del tiempo de agoste, como el tipo de suelo, la fertilización, la cantidad de riegos o el control de malezas. Al respecto, Rasche et al. (2014), manifiestan que en cuanto que los niveles de nitrógeno y la floración pueden influir en la calidad de la caña de azúcar, es decir una alta fertilización y una baja floración influyen en una caña con niveles óptimos de sacarosa.

Los coeficientes de correlación de Pearson para la sacarosa, brix y pureza, con respecto al tiempo de agoste, fueron: 0,92; 0,87; 0,97 respectivamente (tabla 10), es decir las dos variables que se comparan cambian y se mueven en la misma dirección, teniendo una relación positiva y fuerte (Loo, 2019), sin embargo la relación de tiempo de agoste con azúcares reductores mostró un r de -0,75, lejos de ser fuerte, además que muestra una relación inversa es decir que al aumentar el tiempo de agoste ocasiona el descenso de los valores de azúcares reductores.

**Tabla 10: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa María 2**

<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
Sacarosa en caña	0,92
Brix	0,87
Pureza	0,97
Azúcares reductores	-0,75

Pinna et al. (2018), correlacionaron el tiempo de agoste con pureza encontrando un valor máximo de valor de 0,898, siendo menor al 0,97 de la pureza que resulto en este campo de cultivo.

#### **4.1.3. CAMPO SAN ANTONIO**

Como se muestra en la tabla 11, los resultados obtenidos en cuatro cosechas consecutivas de caña de azúcar, variedad PCG12, se correlacionó el tiempo de agoste con sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores, se puede observar que el mínimo tiempo de agoste se da en la caña planta a 54 días, arrojando los valores más bajos en cuanto a sacarosa en caña, brix y

pureza; en la caña soca 1 y soca 2, el agoste se dio en 57 días y 66 días respectivamente, sin embargo, el incremento de los tres primeros parámetros no fue constante; los valores de azúcares reductores se mantuvieron constantes. En el otro extremo, con el tiempo de agoste más prolongado, con 72 días, la caña soca 3, se registraron los niveles más altos de sacarosa en caña y pureza, pero no de brix, en esta cosecha los azúcares reductores tienen un ligero incremento respecto a la caña soca 1 y caña soca 2. Estos resultados muestran diferencias con lo expuesto por Aucatoma et al. (2015), quienes manifiestan que el incremento de sacarosa y brix, en los tallos de la caña de azúcar está asociado a la edad del corte y tiempo de agoste, tal es así que a medida que la edad de corte se prolongue más, los parámetros de calidad antes mencionados aumentaran, teniendo variaciones de hasta 33 por ciento en una diferencia de 30 días de agoste.

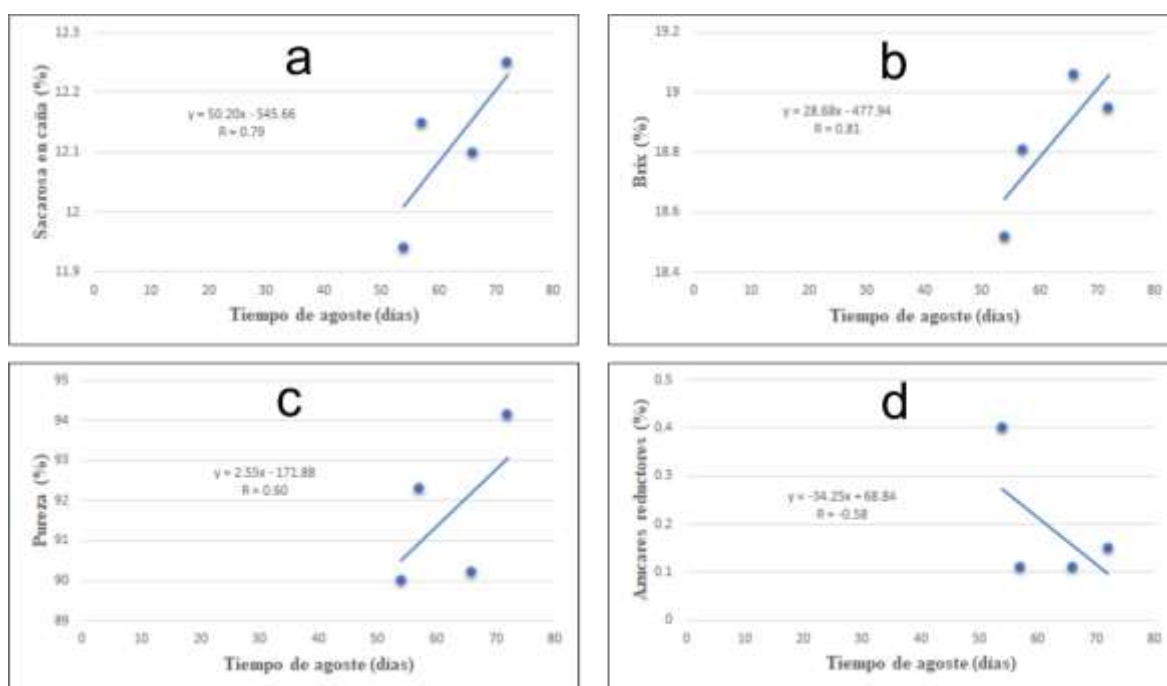
**Tabla 11: Control de maduración de caña de azúcar en el campo San Antonio**

<b>Parámetros</b>	<b>Planta</b>	<b>Soca 1</b>	<b>Soca 2</b>	<b>Soca 3</b>
Tiempo de Agoste (días)	54	57	66	72
Sacarosa en caña (%)	11,94	12,15	12,10	12,25
Brix (%)	18,52	18,81	19,06	18,95
Pureza (%)	90,01	92,30	90,22	94,15
Azúcares reductores (%)	0,40	0,11	0,11	0,15

Como se muestra en la figura 6a, 6b y 6c, existe una relación directa entre el tiempo de agoste con respecto a: la sacarosa en caña, los brix y la pureza; y una relación inversa con los azúcares reductores (figura 6d). En cuanto a los primeros tres parámetros no es uniforme, ya que se muestran diferencias que en lugar de aumentar, ocurre una disminución, tal es el caso de los resultados de la caña soca 1 con 57 días de agoste muestra 12,15 por ciento de sacarosa, sin embargo, en la caña soca 2 con 66 días de agoste la sacarosa hubiese sido mayor, sin embargo, muestra un resultado menor, siendo 12,10; en este sentido las causas pudieron darse principalmente porque se tratan de campañas distintas, en diferentes tiempos de clima, el agoste se realizó en diferentes estaciones (tabla 6) y con diferentes manejo agronómico. Semejante es el caso de los brix, que disminuyen de 19,06 a 18,95, de la caña soca 2 a la caña soca 3, asimismo la pureza disminuye de 92,30 por ciento a 90,22 por ciento,



de la caña soca 1 a la caña soca 2. En este sentido, de acuerdo a lo mencionado por Calderón (2014), la calidad de la caña de azúcar depende principalmente de la variedad de la caña, el suelo en que se cultiva, las labores agronómicas y la edad del cultivo, sin embargo en este caso, se trata de la misma variedad, el mismo tipo de suelo, pero siendo diferentes las labores agronómicas y la edad del cultivo que guarda relación con los días de agoste.



**Figura 6. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo San Antonio**

Tomando en cuenta que existe una relación directa entre la sacarosa y los brix, una alternativa para reducir el tiempo en los resultados de calidad sería tener un refractómetro portátil que mida los brix, pudiendo realizarse en el mismo campo de cultivo de manera instantánea, por ejemplo, se pudo considerar los resultados de la tabla 11 y figura 6c, a valores por encima de los 18,52% de brix, se pudo estimar un porcentaje de sacarosa que cumpla el requisito mínimo de calidad. En este sentido, la investigación hecha por Da Costa et al. (2021), manifiestan que uno de los inconvenientes en la industria azucarera es determinar el momento adecuado de la cosecha con la máxima concentración de sacarosa, esto es principalmente debido a la falta de instrumentos que permitan la medición de concentración de brix en caña de azúcar, pero a bajo costo y no destructivo.

La correlación de Pearson positiva que presenta mayor asociación se da entre el tiempo de agoste y los brix (0,81), es decir, a medida que aumenta el tiempo de agoste, también lo hace el porcentaje de brix, sin embargo este resultado es menor al 0,95 que obtuvo Pinna et al. (2018) al comparar estas dos variables en un cultivo de 20 meses. Los azúcares reductores presentan una relación inversa (tabla 12).

**Tabla 12: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo San Antonio**

<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>
Sacarosa en caña	0,79
Brix	0,81
Pureza	0,60
Azúcares reductores	-0,58

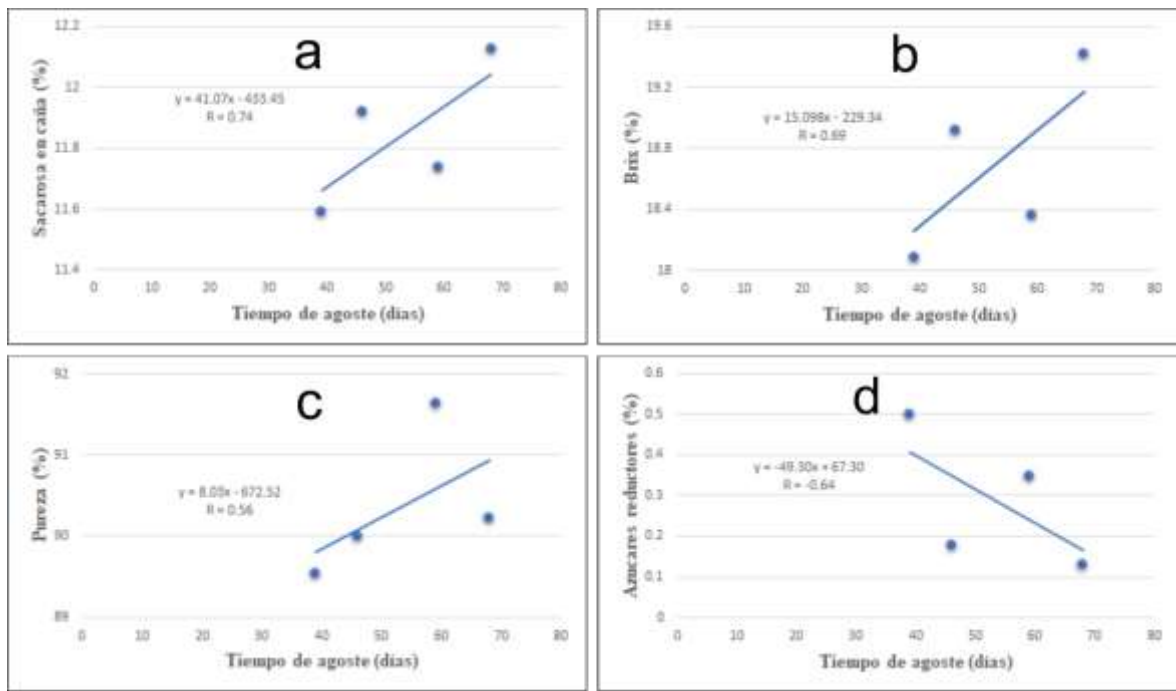
#### **4.1.4. CAMPO YENNY**

Los resultados obtenidos durante cuatro cosechas consecutivas de caña de azúcar, variedad CC87, en el campo Yenny, tal como se muestran en la tabla 13, donde se proporcionó por cada cosecha los resultados de tiempo de agoste, sacarosa en caña, brix, pureza y azúcares reductores. Se puede observar que el mínimo tiempo de agoste se da en 39 días, en la caña soca 1, arrojando los valores más bajos en cuanto a sacarosa, brix y pureza, así como el valor más alto en azúcares reductores. El tiempo de agoste más extenso se dio en la caña planta, con 68 días, arrojando los niveles más altos de sacarosa y brix, pero no necesariamente en pureza, esto se puede deber a que existen otros compuestos que hacen que la pureza disminuya. Al respecto se encontró relación con lo expuesto por Meade y Chen (1977), quienes manifiestan que aparte de los azúcares que forman parte del jugo de la caña, se encuentran otros constituyentes químicos, como sales inorgánicas, sales orgánicas, aminoácidos, proteínas, almidones, gomas, ceras y otros compuestos fenólicos que pueden disminuir la pureza en cuanto a sacarosa.

**Tabla 13: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Yenny**

<b>Parámetros</b>	<b>Planta</b>	<b>Soca 1</b>	<b>Soca 2</b>	<b>Soca 3</b>
Tiempo de Agoste (días)	68	39	59	46
Sacarosa en caña (%)	12,13	11,59	11,74	11,92
Brix (%)	19,42	18,09	18,37	18,92
Pureza (%)	90,23	89,54	91,64	90,00
Azúcares reductores (%)	0,13	0,50	0,35	0,18

Como se muestra en la figura 7a, 7b y 7c, existe una relación directa entre el tiempo de agoste con respecto a: la sacarosa en caña, los brix y la pureza; y una relación inversa con respecto a los azúcares reductores (figura 7d). Para el porcentaje de sacarosa, a medida que el tiempo de agoste avanza, la sacarosa debería aumentar, pero se observa un descenso entre el segundo y tercer punto (soca 3 y soca 2) de 11,92 por ciento de sacarosa a 11,74 por ciento de sacarosa, es decir un resultado menor con mayor tiempo de agoste. En el estudio realizado por Pinna et al. (2018), manifiestan que la edad de la plantación y el tiempo de sequía, no necesariamente producen la maduración en los cultivos de caña, pudiendo también influenciar la cantidad de nitrógeno y la concentración de humedad, sin embargo, los estados de estrés es lo que ocasiona que aumente la calidad, disminuyendo la evapotranspiración de las plantas y produciendo los cambios bioquímicos necesarios para el aumento de sacarosa. Del mismo modo ocurre con los azúcares reductores, como se muestra en la figura 7d, donde muestra una disminución conforme los días de agoste son más extensos, sin embargo, hay un incremento en la caña soca 2, con 59 días de agoste. Al respecto, Larrahondo (2005), manifiesta que cuando decrece el contenido de humedad en la caña se produce la deshidratación necesaria para transformar los azúcares reductores en sacarosa.



**Figura 7. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Yenny**

Se puede observar que esta variedad de caña fue una de las que arrojó menores valores de sacarosa, teniendo solo a la caña planta que superó el 12 por ciento. Por su parte, Salgado et al. (2016), en la investigación realizada en México, comparan la calidad de los jugos de caña de azúcar en tres variedades, teniendo como resultado que una variedad puede tener buenos rendimientos de producción, siendo necesario dos meses para el agoste, inclusive mencionan a los meses de octubre y noviembre los más óptimos para alcanzar un valor de sacarosa de 12,10 por ciento, en este sentido el agoste se realiza con el fin de lograr la disminución de humedad en el suelo y en la planta, induciendo a una restricción progresiva del crecimiento, pero manteniendo su sistema fisiológico responsable de la acumulación de sacarosa.

**Tabla 14: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Yenny**

<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
Sacarosa en caña	0,74
Brix	0,69
Pureza	0,56
Azúcares reductores	-0,64

Los coeficientes de correlación de Pearson entre el tiempo de agoste con respecto a: sacarosa, brix y pureza, respectivamente, arrojaron valores mayores a cero, siendo la mayor correlación la del tiempo de agoste con la sacarosa (0,74), sin embargo no está clasificada como una relación fuerte (Loo, 2019) y es menor al valor encontrado por Pinna et al. (2018), al comparar las mismas variables llego a un valor máximo de 0,972 en un campo de 12 meses de edad incluido el agoste. Los demás coeficientes r tienen valores menores (tabla 14).

#### **4.1.5. CAMPO SANTA ROSA**

Los resultados obtenidos durante cuatro cosechas consecutivas de caña de azúcar, variedad H32, se observa en la tabla 15 que, para lograr un resultado de 12 por ciento de sacarosa en caña, en la caña soca 1 el mínimo tiempo de agoste se dio a los 45 días, pero en la caña soca tomo 63 días de agoste. Se infiere que esta variedad no logró resultados altos de sacarosa, a pesar de tener agoste mayor a dos meses como es el caso de la caña planta.

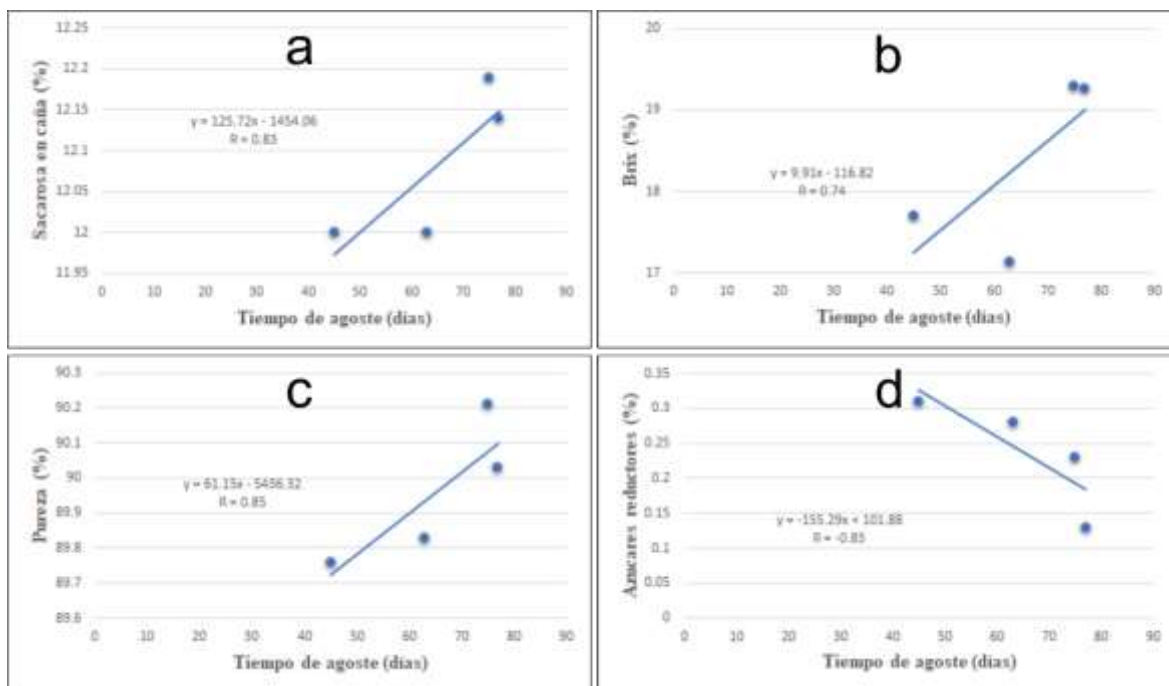
**Tabla 15: Control de maduración de caña de azúcar en el campo Santa Rosa**

<b>Parámetros</b>	<b>Planta</b>	<b>Soca 1</b>	<b>Soca 2</b>	<b>Soca 3</b>
Tiempo de Agoste (días)	77	45	63	75
Sacarosa en caña (%)	12,14	12,00	12,00	12,19
Brix (%)	19,26	17,70	17,14	19,30
Pureza (%)	90,03	89,76	89,83	90,21
Azúcares reductores (%)	0,13	0,31	0,28	0,23

Comparado con la investigación hecha en México por Cifuentes et al. (2011), acerca de variedades genéticas de caña que permitan acumulación temprana de sacarosa, fundamentan que es más rentable para el cañicultor cultivar variedades de caña con acumulación temprana de sacarosa, ya que permite iniciar más temprano la cosecha, obteniendo ganancias semejantes en menos tiempo.

Se correlacionó el tiempo de agoste con los parámetros de calidad existiendo una relación directa entre el tiempo de agoste con respecto a: la sacarosa en caña, los brix y la pureza (figura 8a, 8b, 8c) y una relación inversa respecto a los azúcares reductores (figura 8d). Comparado con el estudio hecho en Cuba por Blanco et al. (2003), acerca de crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de caña de azúcar mencionan que la cosecha también es conocida como zafra en algunos países como Cuba o México, esta solo se da en determinada época del año, iniciando en noviembre, con lo cual la acumulación de sacarosa llega a los niveles más altos, sin embargo surge la necesidad de disponer de nuevas variedades con igual o más concentración de sacarosa en menos tiempo, tal es así que identifican una variedad de caña que logra resultados óptimos de sacarosa en caña a los 11 meses de edad de cultivo.

Respecto a los azúcares reductores, como se muestra en la figura 8d, los resultados no pasan del 0,31 por ciento. Respecto a esto, Larrahondo (2005), manifiesta que su composición no debe sobrepasar el dos por ciento respecto al jugo de caña, manteniendo así los parámetros de calidad que exigen los ingenios azucareros.



**Figura 8. Correlación entre el tiempo de agoste y sacarosa (a), tiempo de agoste y brix (b), tiempo de agoste y pureza (c) y tiempo de agoste y azúcares reductores (d) – Campo Santa Rosa**

Es importante tomar el registro exacto de la fecha en que se suspenden los riegos, para obtener resultados más confiables y no caer en errores o datos falsos. Para Nadeem et al. (2018), manifiestan que el último riego (riego de pre agoste), se debe registrar y tomar en cuenta, ya que a partir de ese día se inicia el agoste, el tiempo que se prolongue va depender de diversos factores, así pues, se toma en cuenta el tipo de suelo, la época del año (estación), la variedad de caña y la experiencia del cañicultor.

Al observar la tabla 16, los coeficientes de correlación de Pearson entre el tiempo de agoste con respecto a: sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores, arrojaron valores de 0,83; 0,74; 0,85 y -0,83, siendo las relaciones tiempo de agoste con respecto a sacarosa, pureza y azúcares reductores, los que tuvieron relación fuerte (Loo, 2019).

**Tabla 16: Coeficiente de correlación de Pearson en cada parámetro de calidad del campo Santa Rosa**

<b>Parámetro de calidad</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
Sacarosa en caña	0,83
Brix	0,74
Pureza	0,85
Azúcares reductores	-0,83

Para la relación entre el tiempo de agoste y los azúcares reductores, Pinna et al.(2018), tuvo un resultado máximo de r de 0,935.

#### **4.2. MÍNIMO TIEMPO DE AGOSTE PARA OBTENER UNA CAÑA DE AZÚCAR DE CALIDAD**

La caña de azúcar es la materia prima para la industrialización y obtención de azúcar como producto principal y subproductos como alcohol hidratado y energía, que es aprovechado por el mismo ingenio azucarero al que se comercializa, para este caso Agroindustrial Laredo. Con el fin de estimar si existe algún beneficio económico para el cañicultor, este debe decidir entre dejar prolongar el tiempo de agoste hasta llegar a un valor de 13 por ciento de sacarosa en caña o cumplir con el requisito mínimo de 12 por ciento, estos valores determinan el precio de venta de la tonelada de caña cosechada, existiendo una diferencia de tres a cinco soles por tonelada entre los dos valores de sacarosa, es decir a mayor sacarosa, mayor precio de venta. Para Granja y Vidal (2014), el parámetro principal de calidad de caña es el pol, también llamado sacarosa aparente o sacarosa en el jugo, pero en la práctica también se puede cuantificar a través del porcentaje de sacarosa en caña o también llamado pol en caña, luego de realizar la extracción de sacarosa directa, es decir tomando como dato el pol y descontando la extracción se obtiene la sacarosa en caña, cuyo valor no debe ser menor a 12% para luego ser comercializado.

Como se muestra en la tabla 17, se analizaron cinco variedades de caña de azúcar, para encontrar el mejor tiempo de agoste, lo que se simboliza como la variable (Y), tomando en cuenta que la sacarosa (X) es el parámetro más importante y determinante en cuanto a calidad, es decir con un resultado mínimo de 12 por ciento ya está en condiciones de poder ser cosechado, sin embargo, esta en la decisión final del cañicultor autorizar la cosecha o



seguir con el agoste, con el fin de aumentar más sacarosa en la caña de azúcar. Con la maduración de la caña lograda, se procede a iniciar las operaciones de cosecha, iniciándose con la quema, seguido de el corte manual, el alce mecánico y finalizando con el transporte hacia el ingenio azucarero. Estos servicios los realiza el mismo ingenio azucarero, mediante contratos con terceros.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con regresión, detallando las ecuaciones que arrojó el programa estadístico “R”, así como los coeficientes de correlación, sin encontrar diferencias estadísticas significativas en las cinco variedades analizadas al compararse los parámetros de calidad. Los resultados van desde los 50 días de agoste para la variedad CC93 (campo santa maría 2) hasta los 62 días en la variedad H71 (campo santa maría 1). Los resultados estadísticos se detallan desde el anexo 1 hasta el anexo 5.

Se guarda relación con lo descrito por Pinna et al. (2018), quienes investigaron el efecto de las diferentes edades de cosecha en la calidad de la caña de azúcar, tomando como parámetros, sacarosa, brix, pureza, azúcares reductores, fibra y humedad, encontrando en la mayoría de resultados que no hay diferencias estadísticas significativas, y en los casos que si hubo diferencias, se aplicó las pruebas de comparación múltiple de medias (LCD) y la de Tukey, resultando que los niveles de sacarosa, brix, pureza y azúcares reductores varían con las diversas edades de cosecha, que van desde los 12 meses hasta los 26 meses. Sin embargo, en la investigación de Blanco et al. (2003), analizaron cuatro variedades de caña, aspectos fisiológicos (biomasa, área foliar y masa fresca) y aspectos de calidad (sacarosa, brix y pureza). En este último encontraron que las cuatro variedades presentan similares resultados en el mismo tiempo de maduración, sin encontrar diferencias significativas, resaltando que las cosechas se iniciaron a los 10 y 11 meses de edad, alcanzando valores de sacarosa aceptable, sin embargo, no detallan con números, pero en la imagen presentada en la investigación se puede deducir que inician con valores de 11,5 hasta llegar a los 13 meses con valores de 13,3 por ciento de sacarosa en caña.

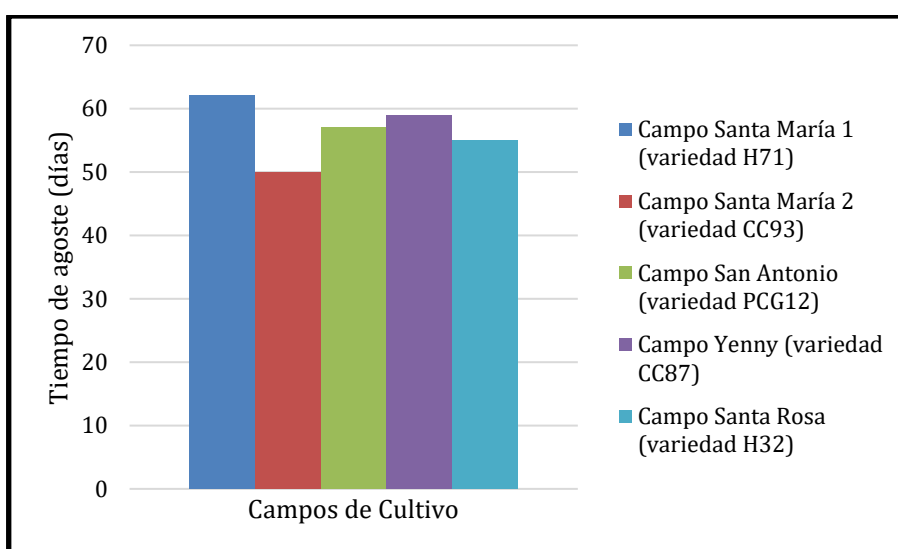
La tabla 17 también muestra las ecuaciones de regresión que relacionan el tiempo de agoste (Y) con el contenido de sacarosa (X), encontrando que sólo los campos: Santa María 2 y Santa Rosa tienen una relación fuerte, con  $r > 0,80$  (Loo, 2019). Con estas ecuaciones se proyecta que el tiempo de agoste mínimo para alcanzar un porcentaje de sacarosa de 12 por

ciento ocurre con la variedad CC93, en el campo Santa María 2 con 50 días de agoste, mientras que el mayor tiempo se da en la variedad H71, el campo Santa María 1 con 62 días de agoste (figura 9).

**Tabla 17: Mínimo tiempo de agoste para obtener una caña de azúcar de calidad**

Campos	Variedad de caña de azúcar	Ecuación de regresión	Coefficiente de correlación (R)	Sacarosa (X = 12)	Tiempo mínimo (días)
Santa María 1	H71	$Y = -407.81 + 39.19X$	0,76	12	62
Santa María 2	CC93	$Y = -215.09 + 22.09X$	0,92	12	50
San Antonio	PCG12	$Y = -545.66 + 50.20X$	0,79	12	57
Yenny	CC87	$Y = -433.45 + 41.068X$	0,74	12	59
Santa Rosa	H32	$Y = -1454.06 + 125.72X$	0,83	12	55

Estos resultados sirvieron a la empresa poder realizar una mejor planificación en sus operaciones, identificar las variedades con menor y mayor tiempo de agoste y a su vez tomar decisiones si cosechar en los días estimados de agoste o prolongar este tiempo hasta alcanzar niveles más altos de sacarosa, con el fin de lograr mayores utilidades para la empresa.



**Figura 9. Mínimo tiempo de agoste por cada variedad de caña de azúcar**

### **4.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y UTILIDAD BRUTA**

La empresa brindo información de los registros de costos de producción para un cultivo de caña planta y caña soca, tomando como muestra el campo San Antonio, variedad PCG12. Se consideró estos factores, ya que guardan relación directa con el tiempo de agoste y son requisito para determinar si existe algún beneficio económico para la empresa prolongar el agoste hasta llegar a 13 por ciento de sacarosa, considerando que ese tiempo adicional ocasiona costos de producción, principalmente mano de obra directa y costos indirectos de producción, que a su vez causan variación en la utilidad bruta, ya sea un cultivo de caña planta o un cultivo de caña soca.

Es necesario primero identificar los costos de producción que se dan en cualquier proceso de transformación, siendo estos los materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de producción (Magueyal, 2020). Estos costos se detallaron en cada operación de todas las labores agronómicas realizadas en caña planta y caña soca. Luego se hizo una estimación de los costos adicionales durante agoste prolongado, en base a la experiencia del cañicultor, originando un nuevo costo de producción que a su vez tuvo variación en la utilidad bruta.

#### **4.3.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA CAÑA PLANTA**

Como se muestra en la tabla 18, para la preparación del terreno se contrató maquinaria en alquiler, siendo estos implementos, el *killifer*, rastra, arado y surcado, que suman un total de 1 020 soles.

**Tabla 18: Costos de producción de caña planta en la preparación de terreno**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				-
<b>Costos Indirectos de producción</b>				
Killifer	Ha	2	220,00	440,00
Rastra	H	1	120,00	120,00
Arado	Ha	1	220,00	220,00
Surcado	Ha	1	240,00	240,00
<b>Total</b>				<b>1 020,00</b>

La siembra se realizó tomando en cuenta los tres tipos de costos de producción, considerando como materia prima a la semilla, la mano de obra directa a la persona o personas que participan en esta actividad y los costos indirectos al transporte de la semilla desde los semilleros hacia el campo donde se sembró (tabla 19).

**Tabla 19: Costos de producción de caña planta en la siembra**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				2 000,00
Semilla puesta en campo (incluye corte y carguio al camión)	Tercios	800	2,50	2 000,00
<b>Mano de obra directa</b>				126,87
Siembra: Incluye descarga y siembra (tendido y tapado) - 1 trabajadores en 2 días de trabajo	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Retapado de semilla	Rem. Diaria	1	42,29	42,29
<b>Costos Indirectos de producción</b>				700,00
Transporte de semilla (Laredo - Santa Elena)	Viajes	1	700,00	700,00
<b>Total</b>				<b>2 826,87</b>

Como se muestra en la tabla 20, para una caña planta, que tiene una edad de cultivo de 18 meses en promedio, en el cual se realizó 18 riegos, registrando los costos de mano de obra del regador, y como costos indirectos la compra de agua que proviene del proyecto Chavimochic.

**Tabla 20: Costos de producción de caña planta en los riegos**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa (18 riegos)</b>				761,22
Mano de obra - 1 regador	Rem. Diaria	18	42,29	761,22
<b>Costos Indirectos de producción</b>				900,00
Compra de agua (18 veces)	Riegos	18	50,00	900,00
<b>Total</b>				<b>1 661,22</b>

En cuanto al control de maleza, también se consideró a la mano de obra directa y como costos indirectos a los insumos, es decir los herbicidas que se aplican para combatir la maleza que compiten con la caña por los nutrientes, agua y luz solar (Tabla 21).

**Tabla 21: Costos de producción de caña planta en el control de maleza**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				126,87
Aplicaciones de Herbicidas (2 veces)	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Deshierbo manual (con palana)	Rem. Diaria	1	42,29	42,29
<b>Costos indirectos de producción</b>				129,66
Herbicidas (2 aplicaciones)				
Herbicidas: Ametrex	Litro	2	27,12	54,24
Herbicidas: Deferon	Litro	1	17,80	17,80
Herbicidas: Exodo	Litro	1	23,73	23,73
Herbicidas: Erezzer	Kg.	1	33,90	33,90
<b>Total</b>				<b>256,53</b>

La nutrición que necesita los cultivos de caña se aplica mediante la fertilización, siendo los más importantes el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), con el fin de lograr altos rendimientos e incrementar la calidad en cuanto al contenido de sacarosa. En esta operación se consideró la mano de obra directa y como insumos a la urea, nitrato de amonio y fosfato di amónico, sin embargo, estos pueden variar dependiendo de las características de suelo (Tabla 22).

**Tabla 22: Costos de producción de caña planta en la fertilización**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				169,16
Aplicaciones de Fertilizantes (2 veces)	Rem. Diaria	4	42,29	169,16
<b>Costos indirectos de producción</b>				1 235,00
Compra de Fertilizantes (2 veces)				
Urea (46% de N)	Bolsa (50 kg)	10,00	65,00	650,00
Nitrato de Amonio	Bolsa (50 kg)	5,00	66,00	330,00
Fosfato Di Amonico (de fondo)	Bolsa (50 kg)	3,00	85,00	255,00
<b>Total</b>				<b>1 404,16</b>

Considerando otros costos que se dan durante el manejo agronómico, pero no necesariamente directamente en una de las operaciones antes mencionadas se consideró como mano de obra directa a las labores que se realiza en la limpieza de lances y acequias, los beneficios sociales que recibe este trabajador; y como costos indirectos, al consumo de energía con actividades directamente relacionadas a la producción, el combustible para trasladarse hacia los campos de cultivo y el mantenimiento del mismo que se realiza de manera anual (Tabla 23).

**Tabla 23: Costos de producción de caña planta en otros costos fijos y variables**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				1 271,44
Limpieza de lances (2 veces)	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Limpieza de acequias, regaderas y pies (3 veces)	Rem. Diaria	6	42,29	253,74
EsSalud Planilla Trabajador de campo	Rem Mensual	16	55,80	892,80
SCTR Planilla trabajador de campo	Rem Mensual	16	2,52	40,32
<b>Costos indirectos de producción</b>				1 780,00
Consumo de energía eléctrica	soles/mes	16	30,00	480,00
Mantenimiento Vehículo	soles / campaña	1	500,00	500,00
Combustible	soles/mes	16	50,00	800,00
<b>Total</b>				<b>3 051,44</b>

Sumando los costos en cada operación antes mencionadas, se tiene un costo total de producción por hectárea de 10 220,22 soles, siendo los que ocasionan mayor gasto, otros costos y la siembra (Tabla 24). Comparado con la investigación hecha por Cuevas (2018), realizada en la provincia del Santa a una micro empresa cañicultora determinó que los costos agrícolas en los procesos de producción de una caña planta fue de S/ 9 307,5 (2 899 dólares americanos) por hectárea, tomando en cuenta el tipo de cambio según la Superintendencia de Banca y Seguros ([SBS],2021) concluyendo que la empresa no realiza una clasificación de costos de producción por lo que no conocen con exactitud la inversión realizada.

En la investigación hecha por Cifuentes et al. (2011), manifiestan que el aumento del contenido de sacarosa guarda relación directa con un incremento marginal de los costos de producción, porque si se realiza un adecuado control y planificación se permitirá incrementar los ingresos a los ingenios azucareros, ya que, a través de una cosecha con parámetros de calidad adecuados, generando una rentabilidad 1,8 veces mayor sobre la base de una misma cantidad de azúcar producida.

**Tabla 24: Costos de producción por hectárea de una caña planta**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Total (S/)</b>
Preparación del terreno	1 020,00
Siembra	2 826,87
Riegos	1 661,22
Control de Maleza	256,53
Fertilización	1 404,16
Otros costos fijos y variables	3 051,44
<b>Total costos de producción / ha</b>	<b>10 220,22</b>

#### **4.3.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA CAÑA SOCA**

Los costos de producción en una caña soca se reducen, ya que los costos en la preparación de terreno y siembra no son tan necesarios como en la caña planta, por ejemplo, en la preparación del suelo (Tabla 25), no se realizan las mismas actividades porque el terreno ya está formado, pero si será necesario darle un mantenimiento como una limpieza y quemado del cogollo que quedo de la última cosecha, y luego aplicar con maquinaria el arado de subsuelo o *killifer* para remover la tierra.

**Tabla 25: Costos de producción de caña soca en la preparación de terreno**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				-
<b>Costos Indirectos de producción</b>				<b>304,58</b>
Limpieza y quemado de cogollo	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Subsolación	Ha	1	220,00	220,00
<b>Total</b>				<b>304,58</b>

Como se muestra en la tabla 26, se realizó una resiembra, disminuyendo la cantidad de semilla de 800 a 50 tercios por hectárea, aplicando en las zonas donde no hubo rebrote. También se consideró los tres tipos de costos de producción, es decir, la semilla (materia prima), las labores agrícolas como mano de obra y el transporte desde los semilleros hacia el campo donde se sembró.

**Tabla 26: Costos de producción de caña soca en la resiembra**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				125,00
Semilla puesta en campo (incluye corte y carguío al camión)	Tercios	50	2,50	125,00
<b>Mano de obra directa</b>				126,87
Siembra: Incluye descarga y siembra (tendido y tapado) - 1 trabajador en 2 días de trabajo	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Retapado de semilla	Rem. Diaria	1	42,29	42,29
<b>Costos Indirectos de producción</b>				-
<b>Total</b>				<b>251,87</b>

Los riegos también disminuyen, debido a que la edad del cultivo de caña soca se reduce, siendo en promedio de 12 a 14 meses, reduciéndose a 16 riegos, sin embargo, esto va a depender del tipo de suelo del campo y del clima durante el cultivo (Tabla 27).



**Tabla 27: Costos de producción de caña soca en los riegos**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa (16 riegos)</b>				676,64
Mano de obra - 1 regador	Rem. Diaria	16	42,29	676,64
<b>Costos Indirectos de producción</b>				800,00
Compra de agua (16 veces)	Riegos	16	50,00	800,00
<b>Total</b>				<b>1 476,64</b>

Como se muestra en la tabla 28, los costos en el control de maleza en una caña soca son semejantes al de una caña planta, considerando también a la mano de obra directa y a los herbicidas como costos indirectos.

**Tabla 28: Costos de producción de caña soca en el control de maleza**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				126,87
Aplicaciones de Herbicidas (2 veces)	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Deshierbo manual (con palana)	Rem. Diaria	1	42,29	42,29
<b>Costos indirectos de producción</b>				129,66
Herbicidas (2 aplicaciones)				
Herbicidas: Ametrex	Litro	2	27,12	54,24
Herbicidas: Deferon	Litro	1	17,80	17,80
Herbicidas: Exodo	Litro	1	23,73	23,73
Herbicidas: Erezzer	Kg.	1	33,90	33,90
<b>Total</b>				<b>256,53</b>

En la fertilización, los costos de una caña soca también son semejantes al de una caña planta, sin embargo los precios de los fertilizantes pueden variar, incrementando considerablemente los costos totales de producción, Otra alternativa para la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), es aplicar insumos orgánicos, como guano de isla, humus de lombriz o compost, sin embargo, estas aplicaciones se dan más en los valles interandinos, y la producción se destina para el procesamiento de panela orgánica. En los costos, también se consideran mano de obra directa y costos indirectos de producción (Tabla 29).

**Tabla 29: Costos de producción de caña soca en la fertilización**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				169,16
Aplicaciones de Fertilizantes (2 veces)	Rem. Diaria	4	42,29	169,16
<b>Costos indirectos de producción</b>				1 235,00
Compra de Fertilizantes (2 veces)				
Urea (46% de N)	Bolsa (50 kg)	10,00	65,00	650,00
Nitrato de Amonio	Bolsa (50 kg)	5,00	66,00	330,00
Fosfato Di Amónico (de fondo)	Bolsa (50 kg)	3,00	85,00	255,00
<b>Total</b>				<b>1 404,16</b>

Respecto a otros costos que se dan durante las operaciones agronómicas, también se reducen, debido al menor tiempo que se da la caña soca. Se consideran también la mano de obra directa, como las labores que se realiza en la limpieza de lances y acequias, los beneficios sociales que recibe este trabajador; y como costos indirectos, el consumo de energía de actividades directamente relacionadas a la producción, el combustible para trasladarse hacia los campos de cultivo y el mantenimiento de este que se realiza de manera anual (Tabla 30).

**Tabla 30: Costos de producción de caña soca en otros costos fijos y variables**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
<b>Materiales directos</b>				-
<b>Mano de obra directa</b>				1 096,48
Limpieza de lances (2 veces)	Rem. Diaria	2	42,29	84,58
Limpieza de acequias, regaderas y pies (3 veces)	Rem. Diaria	6	42,29	253,74
EsSalud Planilla Trabajador de campo	Rem Mensual	13	55,80	725,40
SCTR Planilla trabajador de campo	Rem Mensual	13	2,52	32,76
<b>Costos indirectos de producción</b>				1 540,00
Consumo de energía eléctrica	soles/mes	13	30,00	390,00
Mantenimiento vehículo	soles / campaña	1	500,00	500,00
Combustible	soles/mes	13	50,00	650,00
<b>Total</b>				<b>2 636,48</b>

Sumando los costos en las operaciones de caña soca se tiene un costo total de producción por hectárea de 6 330,26 soles (1972 dólares americanos), siendo los que ocasionan mayor gasto, otros costos y la fertilización (Tabla 31). Comparado con el estudio de Goenadi y Santi (2013), en la cual sostienen que el mayor gasto en el cultivo de caña de azúcar ocurre en la fertilización, principalmente siendo los fertilizantes fosfatados los de mayor precio, pero también los que incrementan los niveles de sacarosa en caña, asimismo, en la investigación hecha en México por Rebollar et al. (2017), tienen como resultado que los costos de producción por hectárea cultivada fue de 80 487 pesos mexicanos (3 986 dólares americanos) y 87 287 pesos mexicanos (4 322 dólares americanos), generando utilidades por hectárea de 41 567 pesos mexicanos (2 058 dólares americanos) y 34 767 pesos mexicanos (1 722 dólares americanos). Se concluye que la actividad económica es rentable, pero esta afecta a las variaciones del precio de mercado, considerando un incremento de precio en los últimos años en los meses de octubre y noviembre.

**Tabla 31: Costos de producción por hectárea de una caña soca**

<b>Operación / Actividad</b>	<b>Total (S/)</b>
Preparación del terreno	304,58
Siembra	251,87
Riegos	1 476,64
Control de Maleza	256,53
Fertilización	1 404,16
Otros costos fijos y variables	2 636,48
<b>Costos de producción / ha</b>	<b>6 330,26</b>

Como se muestra en la tabla 32, se resume los costos de producción en cada operación de las labores agronómicas, siendo las variaciones más resaltantes las operaciones de preparación de terreno y siembra, disminuyendo en 70,14 por ciento y 91,09 por ciento respectivamente; en menor porcentaje disminuyen los costos en las operaciones de riegos y otros costos fijos y variables, con 11,11 por ciento y 13,60 por ciento respectivamente. Las operaciones que no sufren variación son el control de maleza y la fertilización. Al comparar los costos de ambas cosechas, se disminuye en un 38,06 por ciento en la caña soca respecto a la caña planta. No se tomó en cuenta los costos de cosecha, ya que estos son asumidos por el ingenio azucarero con el que se comercializó.

**Tabla 32: Variación de costos de producción entre una caña planta y una caña soca, de acuerdo a las labores agronómicas.**

<b>Labores agronómicas</b>	<b>Caña Planta (S/)</b>	<b>Caña Soca (S/)</b>	<b>Variación (%)</b>
Preparación del terreno	1 020,00	304,58	70,14
Siembra / resiembra	2 826,87	251,87	91,09
Riegos	1 661,22	1476,64	11,11
Control de Maleza	256,53	256,53	0,00
Fertilización	1 404,16	1 404,16	0,00
Otros costos fijos y variables	3 051,44	2 636,48	13,60
<b>Costos de producción / ha</b>	<b>10 220,22</b>	<b>6 330,26</b>	<b>38,06</b>

Los resultados de acuerdo con los tipos de costos de producción fueron iguales a los costos de producción por labores agronómicas, y esto se confirma al observar la tabla 33. Se consideró como materiales directos a la materia prima que se utilizó en el proceso de transformación, para este caso fue la semilla a sembrar en la caña planta. En el caso de la caña soca pudo aplicarse semilla o plantines para la resiembra. En cuanto a la mano de obra directa se consideró las labores ligadas al proceso productivo, en este caso a las labores de campo, estos incluyeron las labores agronómicas de siembra, riegos, control de maleza, fertilización y limpieza de acequias. Se incluyeron todos los beneficios sociales de los trabajadores. Dentro de los costos indirectos se tomó en cuenta a los demás costos, por ejemplo, maquinaria en la preparación de terreno y en la fertilización, transporte de semilla y de personal, agua para riegos, insumos como herbicidas y fertilizantes, energía eléctrica, mantenimiento de vehículo y combustible.

**Tabla 33: Variación de costos de producción entre una caña planta y una caña soca**

<b>Tipos de costos</b>	<b>Caña Planta (S/)</b>	<b>Caña Soca (S/)</b>	<b>Variación (%)</b>
Materiales directos	2 000,00	125,00	93,75
Mano de obra directa	2 455,56	2 196,02	10,57
Costos indirectos de producción	5 764,66	4 009,24	30,45
<b>Costo total de producción</b>	<b>10 220,22</b>	<b>6 330,26</b>	<b>38,06</b>

En base a la experiencia en el rubro, se estimó los costos de producción por uno y dos meses en los cuales se prolongaría el tiempo de agoste con el fin de lograr que el nivel de sacarosa llegue a 13 por ciento. Los cálculos se realizaron en base a una hectárea, incluyendo los

costos de mano de obra directa y los costos indirectos de producción. En la mano de obra directa se incluyó un jornal de trabajo por mes que implica el mantenimiento de campo (limpieza de lances y acequias). En los costos indirectos de producción se incluyó el costo que se pagaría si el terreno estuviera arrendado, la mano de obra indirecta como la supervisión del campo, energía eléctrica y las movilidades). Considerando todos los costos mencionados acumulan S/ 628,96 en un mes por una hectárea (tabla 34).

**Tabla 34: Costos de producción adicionales al prolongarse un mes el tiempo de agoste**

<b>Costo de producción</b>	<b>S/</b>
Materiales directos	0
Mano de obra directa	42,29
Costos indirectos de producción	586,67
<b>Costos adicionales por mes</b>	<b>628,96</b>

Se estimó prolongar entre uno y dos meses el tiempo de agoste (tabla 35), en base a la experiencia en el rubro con el fin de evitar el desfase por agoste excesivo, y tomando en cuenta la literatura de referencia. Por ejemplo, para Helfgott (2016), se debe evitar el agoste excesivo (sobre agoste) ya que se origina un déficit interno de agua ocasionando una hidrólisis o inversión de la sacarosa acumulada, ocasionando una relación negativa en los porcentajes de cañas y la pureza de los jugos. Con el tiempo de agoste determinado en los resultados del segundo objetivo (tabla 17) más los días adicionados se tendría un nuevo agoste, adicionándose de 30 a 60 días.

La producción de caña en condiciones normales fue de 150 toneladas por hectárea y se consideró la misma producción al adicionar 30 o 60 días, ya que según la experiencia en campo la pérdida de peso no representa un valor significativo y se considera la misma producción, lo cual difiere con Helfgott (2016), quien señala que en la medida que el agoste se prolongue incrementa el porcentaje de sacarosa en caña y el azúcar recuperable, pero disminuye los rendimientos de caña, sin embargo no detalla un estimado de esta pérdida. Asimismo, para Taratima et al. (2020) el efecto del estrés en intervalos de sequía desde los 30 días hasta los 90 días, ocasionan cambios en la anatomía foliar de la caña, principalmente en el grosor y longitud de los tallos, ocasionando variaciones en el peso, sin embargo tampoco presenta un estimado de variación. Considerando la producción como un factor

importante desde el punto de vista rentable, ya que la comercialización se da peso (toneladas cosechadas).

**Tabla 35: Variación de utilidad bruta al prolongarse el tiempo de agoste**

<b>Factores</b>	<b>Tiempo de agoste necesario</b>	<b>Un mes adicional</b>	<b>Dos meses adicionales</b>
Sacarosa en caña (%)	12	13 a más	13 a más
Producción (t)	150	150	150
Precio / t	129	132	132
Venta (S/)	19 350	19 800	19800
Costos de Producción (S/)	6 330,26	6 959,22	7 588,18
Utilidad bruta (S/)	13 019,74	12,840.78	12 211,82
Margen utilidad bruta (%)	67,29	64,85	61,68
Disminución de margen de utilidad bruta (%)		2,43	5,61

Para los cálculos de la venta producida en una cosecha de caña se tomó en cuenta la producción, que puede variar entre 100 toneladas hasta las 220 toneladas por hectárea, sin embargo para los cálculos se consideró una producción de 150 toneladas por hectárea, asimismo se tomó en cuenta el precio de venta por tonelada de caña a octubre del 2019, sin incluir impuestos, el cual fue de 129 soles por tonelada, como requisito alcanzando 12 por ciento de sacarosa, aumentando tres soles más la tonelada si llegara a 13 por ciento o más de sacarosa, es decir se pagaría 132 soles por tonelada de caña. Al multiplicar el precio de venta por la producción se obtuvo ingresos mayores en la caña con mayor concentración de sacarosa, sin embargo, al descontar los costos de producción, se observa que las utilidades disminuyen en los campos con más tiempo de agoste, es decir, resulta menos rentable para la empresa extender el tiempo de agoste uno o dos meses más, generando márgenes de utilidad menores que si se hubiese cosechado en el tiempo de agoste necesario.

Tomando en cuenta que la empresa Agrotechi SAC a octubre del 2019 tenía 35 hectáreas cultivables de caña de azúcar, si se decidiera prolongar el tiempo de agoste, la utilidad bruta disminuiría en S/ 6 263,60 (1 875 dólares americanos) a un mes adicional y S/ 28 277,20 (8 466 dólares americanos) si fuese dos meses (tabla 36).

**Tabla 36: Estimación en la disminución de utilidad bruta por el tiempo de agoste adicional**

<b>Factores</b>	<b>Tiempo de agoste necesario</b>	<b>Un mes adicional</b>	<b>Dos meses adicionales</b>
Utilidad bruta por hectárea (S/)	13 019,74	12 840,78	12 211,82
Utilidad bruta total (S/)	455 690,86	449 427,26	427 413,66
Disminución de utilidad bruta (S/)		6 263,60	28 277,20

Los resultados guardan relación con lo expuesto por Cifuentes et al. (2011), quienes recomiendan elegir variedades de caña con alto contenido y acumulación temprana de sacarosa, pues esto trae mayores beneficios tanto para el cañicultor como para el ingenio azucarero, para el cañicultor porque disminuye los tiempos de cultivo e inicia más temprano el periodo de cosecha, disminuyendo los costos de producción y aumentando los ingresos; para el ingenio azucarero también es beneficioso, pues con el mejor contenido de sacarosa se permite incrementar los rendimientos de azúcar en la industrialización.

#### **4.4. APLICACIONES DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES**

Agrotechi SAC, es una MYPE dedicada a la producción y comercialización de caña de azúcar, posee 35 hectáreas cultivadas de este producto, en el distrito y provincia de Virú, departamento de La Libertad, área de influencia del proyecto especial Chavimochic. Actualmente se ejerce funciones de dirección de la empresa, teniendo a cargo 11 colaboradores, repartidos en las áreas de producción, finanzas y administración.

En la producción de caña de azúcar, se realizó análisis de calidad durante el tiempo de agoste y control de maduración, principalmente parámetros como porcentaje de sacarosa en caña, porcentaje de brix, porcentaje de pureza y porcentaje de azúcares reductores. Estos controles se realizaron apropiadamente, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, tal como se muestra en la tabla 37.

**Tabla 37. Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Gestión de la calidad	Cumplimiento de los requisitos mínimos de calidad.
Análisis de alimentos	Cumplimiento de los parámetros y composición esperada.
Fisicoquímica de alimentos	Metodologías fisicoquímicas.
Gestión ambiental	Impacto ambiental y equilibrio con los intereses económicos.
Estadística general	Tendencia entre variables y análisis de gráficos.
Métodos estadísticos	Análisis de regresión lineal y coeficiente de relación

Asimismo, en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se consideró los factores para obtener una caña de azúcar que cumpla los requisitos de calidad que exige el proveedor, entre otras funciones relacionadas a estimación de costos, determinación de la utilidad por cada campo de cultivo y planificación financiera. Estos conocimientos guardan relación con las asignaturas mostradas en la tabla 38.

**Tabla 38. Cursos y conocimientos adquiridos aplicados en la producción y comercialización de caña de azúcar.**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Alimentación y nutrición humana	Contenido de macronutrientes y micronutrientes.
Análisis de alimentos	Cumplimiento de los parámetros y composición esperado.
Fisicoquímica de alimentos	Metodologías fisicoquímicas.
Gestión ambiental	Impacto ambiental y equilibrio con los intereses económicos.
Contabilidad general	Relación entre costos de producción y utilidad.
Mercadeo agrario interno	Comercialización de productos agrícolas.

Entre las habilidades y competencias que se desarrolló durante la formación académica, se encuentran el trabajo en equipo, flexibilidad, empatía y liderazgo, permitiendo un correcto desempeño en el centro laboral.



## V. CONCLUSIONES

1. El tiempo de agoste fue estadísticamente igual en todos los parámetros de calidad de la caña de azúcar, sin encontrar una buena correlación entre las variables, no obstante, se presentó una tendencia a incrementar los niveles de sacarosa en caña, brix y pureza, y disminuir los niveles de azúcares reductores, afectando las utilidades de la empresa cañicultora si se dejara prolongar más tiempo de lo necesario.
2. Existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de agoste con respecto a la sacarosa en caña, brix y pureza, y una relación inversamente proporcional entre el tiempo de agoste y los azúcares reductores; siendo la variedad de caña de azúcar CC93 la que presenta un mayor coeficiente de correlación para sacarosa en caña, brix y pureza, con 0,92; 0,87 y 0,97 respectivamente y la variedad H71, la que presenta un mayor coeficiente de correlación para azúcares reductores, con -0,86.
3. El tiempo mínimo de agoste para las variedades H71, CC93, PCG12, CC87 y H32 fue de 62; 50; 57; 59 y 55 días, respectivamente, considerando una concentración de sacarosa en caña de 12 por ciento. Asimismo, en las cinco variedades, no hay diferencias estadísticas significativas, es decir no se encontró ningún efecto en los parámetros de calidad con respecto al tiempo de agoste, pudiendo cosecharse desde los 50 hasta los 62 días.
4. Prolongar el tiempo de agoste uno o dos meses más incrementa los costos de producción en cuanto a la mano de obra directa y los costos indirectos de producción, así como disminuye el margen de utilidad bruta en un estimado de 2,43 por ciento si el agoste se prolonga un mes y 5,61 por ciento si el agoste se prolonga hasta dos meses. Considerando las 35 hectáreas de caña cultivable que posee la empresa podría disminuir la utilidad bruta en S/ 6 263,60 (1 875 dólares americanos) para un mes adicional de agoste y S/ 28 277,20 (8 466 dólares americanos) para dos meses de agoste.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Correlacionar el tiempo de agoste con los parámetros de calidad de caña de azúcar, tomando en cuenta una sola campaña de cultivo con el fin de tomar muestras desde que se inicia el agoste hasta que se llega a los niveles mínimos de calidad en cuanto a sacarosa, esto permitiría identificar el tiempo en el que alcanza el 12 por ciento de sacarosa, así como el nivel de sacarosa máximo.
- Obtener nuevas variedades de caña de azúcar, con el fin de mejorar la genética y así alcanzar los niveles de calidad en menos edad de cultivo y en menos tiempo de agoste.
- Diseñar un sistema de costos de producción en el cultivo de caña de azúcar con la finalidad de generar una cosecha con los niveles deseados de calidad, obteniendo alta rentabilidad.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agroindustrial Laredo. (2021). *Memoria del Directorio y del Gerente General de la Compañía*, Año 2020. <https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Memoria%20del%20Directorio%202020f1.pdf>
- Atlas Big. (2021). *Los principales países productores de caña de azúcar del mundo*. 12-01-2021. <https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-cana-de-azucar>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist, Estados Unidos). 2016. *Official Methods of Analysis of Association of AOAC International*. 20 ed. Latimer, GW (eds). Maryland, USA. 3100 p.
- Aucatoma, B., Castillo, R., Mendoza, J., & Garcés, F. (2015). Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador - CINCAE, June*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1398.1528>
- Bello, D., Carrera, E., & Diaz, Y. (2006). Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. *Icidca*, 40, 45–50. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, vol XL, num. 2, mayo-agosto, 2006, pp.45. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la caña de azúcar. Ciudad de La Habana. Cuba.
- Blanco, M. A., Borroto, J., Golles, J. L., Capdesuñer, Y., Cervantes, A., Rodríguez, S., Rivas, M., & Peralta, H. (2003). Dinámica del crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de caña de azúcar (*saccharum sp.*): aspectos fisiológicos y azucareros. *Cultivos Tropicales*, 24(1), 47–54.
- Bustamante, M., & Paar, A. (2018). *Pureza aparente de la sacarosa una ventana a soluciones en azúcar*. <http://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2018/11/14.-F%C3%81BRICA-ELABORACI%C3%93N-XL.pdf>
- Calderón, H. (2014). *Determinación de un modelo matemático para el cálculo de sacarosa en caña mediante la comparación de los métodos de desintegración húmeda y prensa hidráulica*. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

- Camus, O. (2019). *Evaluación de doce variedades de caña de azúcar en la zona alta del valle Chicama por tres cortes consecutivos planta, soca uno y soca dos, 2018*. Tesis Mg Sc. Universidad Nacional de Trujillo.
- Cifuentes, E., González, F. C., Molina Galán, J. D., Riquelme, I. B., Varela, A. S., & Torres, R. C. (2011). Selección de progenitores, varianzas genéticas y heredabilidad para acumulación temprana de sacarosa en caña de azúcar. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), 107–114.
- Cuevas, M. (2018). Diagnóstico de los costos agrícolas de la empresa “Group Contreras Perú SAC.”; Santa 2018. Universidad César Vallejo. *Tesis para obtener el título profesional de Contador Público*. file:///C:/Users/MUNDO-PC/Downloads/marketing digital 2.pdf
- Da Costa, M. V. A., Fontes, C. H., Carvalho, G., & Júnior, E. C. de M. (2021). UltraBrix: A device for measuring the soluble solids content in sugarcane. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13031227>
- Delgado-Mora, I., Suarez, H. J., Vera, A., Hernández-Cornide, M. T., Díaz-Mujica, F. R., Gómez-Perez, J., Suárez-Sánchez, O., & Puchades-Isaguirre, Y. (2016). Influencia de la edad y cultivar de caña de azúcar en el momento de la cosecha. *Centro Agrícola*, 43(2), 59–65.
- Dolores Marcelo, H., & Diestra Aldana, A. M. (2011). *Manejo Integrado del Cultivo de Caña de Azúcar*. 34. [https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Cania/MANEJO\\_INTEGRADO\\_DEL\\_CULTIVO\\_DE\\_CANA\\_DE\\_AZUCAR.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Cania/MANEJO_INTEGRADO_DEL_CULTIVO_DE_CANA_DE_AZUCAR.pdf)
- Dos Santos, N. B., Silva, R. P., & Gadanha Junior, C. D. (2014). Economic analysis for sizing of sugarcane (*Saccharum spp.*) mechanized harvesting. *Engenharia Agrícola*, 34(5), 945–954. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162014000500013>
- Estrada, M. (2012). Comparación de cinco métodos analíticos para determinar la calidad de la caña de azúcar. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Freitas, L. D., De Melo Duarte Borges, T., Martins, A. S., Panaino, R. C., Neto, J. B. N., & Filho, M. G. (2019). Analysis and proposal of reduction of lead time in the process of cutting, loading and transportation in a sugar cane factory: A study case. *Gestao e Producao*, 26(3). <https://doi.org/10.1590/0104-530X3446-19>

- Goenadi, D. H., & Santi, L. P. (2013). Bio-superphosphate (Bio-SP) application on sugar cane (*Saccharum officinarum* L.). *Agrivita*, 35(1), 8–12. <https://doi.org/10.17503/agrivita-2012-35-1-p008-012>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Analisis y diseno de experimentos*. Mexico, Mexico DF. McGraw Hill Interamericana. Segunda edición.
- Helfgott, S. (2016). *El cultivo de la caña de azúcar en la costa peruana*. Segunda Edición. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina.
- International Commision for Uniform Methods of Sugar Analysis [ICUMSA]. (2005). *Libro de métodos*. (p. 390 p.).
- Larrahondo, J. (2005). Composición química de la caña y factores que afectan la determinación de sacarosa y el proceso azucarero. *Xiv Congreso De Técnicos Azucareros De Guatemala*, 4–69. [https://www.atagua.org/presentaciones/XIVCongresoNacional2017/fabrica/composicion\\_quimica\\_dr\\_larrahondo.pdf](https://www.atagua.org/presentaciones/XIVCongresoNacional2017/fabrica/composicion_quimica_dr_larrahondo.pdf)
- León-martínez, T. S., Dopico-ramírez, D., & Triana-hernández, O. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 47(2), 13–22.
- Loo, J. (2019). Variación de la conductividad eléctrica del medio acuoso por inmersión de granos de cacao CCN-51 con diferentes índices de fermentación. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Magueyal, J. L. (2020). *Análisis y reflexiones sobre los costos de producción y ventas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*. Editorial Digital.
- Meade, G., & Chen, J. (1977). *Sugar cane handbook* (10 ed.). John Wiley and Sons.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI). (2019). Observatorio de Commodities: Azúcar. 1, 8.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI]. (2015). *Ficha Técnica - Requerimientos agroclimáticos del cultivo de caña de azúcar*.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI]. (2020). *Commodities 2020 - Azúcar*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities\\_arroz\\_abr-jun\\_2020.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities_arroz_abr-jun_2020.pdf)
- Nadeem, M., Ahmad, R., Tanveer, A., & Yaseen, M. (2018). Comparative growth, productivity, quality and profitability of plant and ratoon crop of sugarcane under

- different pit dimensions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 55(3), 483–488.  
<https://doi.org/10.21162/PAKJAS/18.7010>
- Palma, J. (2014). Uso De Residuos Agroindustriales En Alimentación De Rumiantes Y Métodos Para Mejorar Su Eficiencia De Uso. In *Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina*. Universidad del Chile
- Pinna, J., Valdivia S, S., & Valdivia V, S. (2018). Fertilización nitrogenada , edad de cosecha y calidad de la caña de azúcar en un suelo moderadamente salino. *Agrociencia Uruguay*.
- Rafer. Innovación Tecnológica para Laboratorio. (2017). *Refractómetros y polarímetros digitales*.
- Ramazzini, M. (2017). *Análisis estadístico de los resultados de la concentración de sacarosa en la miel final obtenidos a través de utilizar tres metodologías de análisis diferentes, en un ingenio azucarero guatemalteco* (Vol. 11, Issue 1). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rasche Álvarez, J. W., Schaefer, G. L., Drescher, G., Muller, E. A., Cabral Antúnez, C. C., & Gómez López, V. A. (2014). Fertilización nitrogenada y su efecto en la productividad y el ataque del taladrador de la caña en dos variedades de caña de azúcar. *Investigación Agraria*, 16(1), 1–10.
- Rebollar, S., Cervantes, A., Jaramillo, B., Cardoso, D., & Rebollar, A. (2017). Costos de producción y rentabilidad de la caña de azúcar para fruta (*Saccharum officinarum*) en una región del estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios.*, 41, 808–817.
- Rodrigues De Amorim, F., Ospina, M., & Lopes, D. (2020). *Ingeniería Agrícola Materiales y métodos. Métodos y costo de preparación del suelo para proveedores y*. 1–6.
- Salgado, S., Castelán-Estrada, M., Aranda-Ibañez, E. M., Ortiz-Laurel, H., Lagunes-Espinoza, L. C., & Córdova-Sánchez, S. (2016). Calidad de jugos de caña de azúcar (*saccharum spp.*) según el ciclo de cultivo en Chiapas, México. *Agroproductividad*, 9(7), 23–28. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/781/647%0A%0A>
- Santisteban, E. (2015). *Manejo agronómico de Saccharum officinarum L., en Santiago de Cao, Ascope- La Libertad*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Trujillo.

Superintendencia de Banca y Seguros [SBS]. (2021). Cotización de oferta y demanda tipo de cambio promedio ponderado. [https://www.sbs.gob.pe/app/pp/sistip\\_portal/paginas/publicacion/tipocambiopromedio.aspx](https://www.sbs.gob.pe/app/pp/sistip_portal/paginas/publicacion/tipocambiopromedio.aspx)

Taratima, W., Ritmaha, T., Jongrungklang, N., Maneerattanarungroj, P., & Kunpratum, N. (2020). Effect of stress on the leaf anatomy of sugarcane cultivars with different drought tolerance (*Saccharum officinarum*, poaceae). *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1159–1170. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.41031>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA MARÍA 1

Analisis de Correlacion: Santa Maria 1

Obs	X1	X2	X3	X4	X5
1	90	12.10	19.20	91.03	0.17
2	37	11.82	18.49	90.30	0.19
3	63	12.00	19.00	90.22	0.18
4	96	13.00	20.19	92.00	0.14

Analisis de Correlacion: Santa Maria 1

The CORR Procedure

5 Variables: X1 X2 X3 X4 X5

#### Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
X1	4	71.50000	27.11088	286.00000	37.00000	96.00000
X2	4	12.23000	0.52624	48.92000	11.82000	13.00000
X3	4	19.22000	0.71241	76.88000	18.49000	20.19000
X4	4	90.88750	0.82637	363.55000	90.22000	92.00000
X5	4	0.17000	0.02160	0.68000	0.14000	0.19000



Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1.00000	0.76073	0.87069	0.83074	-0.85943
		0.2393	0.1293	0.1693	0.1406
X2	0.76073	1.00000	0.97750	0.94472	-0.98521
	0.2393		0.0225	0.0553	0.0148
X3	0.87069	0.97750	1.00000	0.93536	-0.99416
	0.1293	0.0225		0.0646	0.0058
X4	0.83074	0.94472	0.93536	1.00000	-0.96723
	0.1693	0.0553	0.0646		0.0328
X5	-0.85943	-0.98521	-0.99416	-0.96723	1.00000
	0.1406	0.0148	0.0058	0.0328	

Analisis de regresion: Santa Maria 1

**SACAROSA**

Obs	X2	X3	X4	X5	Y
1	12.10	19.20	91.03	0.17	90
2	11.82	18.49	90.30	0.19	37
3	12.00	19.00	90.22	0.18	63
4	13.00	20.19	92.00	0.14	96

Analisis de regresion: Santa Maria 1

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1276.06355	1276.06355	2.75	0.2393

Error	2	928.93645	464.46822
Corrected Total	3	2205.00000	
Root MSE	21.55152	R-Square	0.5787
Dependent Mean	71.50000	Adj R-Sq	0.3681
Coeff Var	30.14199		

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-407.80766	289.37269	-1.41	0.2941
X2	1	39.19114	23.64448	1.66	0.2393

$Y = -407.80766 + 39.19114X$

Analisis de regresion: Santa Maria 1

#### **BRIX**

The REG Procedure

Model: MODEL2

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1671.61599	1671.61599	6.27	0.1293
Error	2	533.38401	266.69201		
Corrected Total	3	2205.00000			

Root MSE	16.33071	R-Square	0.7581
Dependent Mean	71.50000	Adj R-Sq	0.6372
Coeff Var	22.84015		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-565.33765	254.50078	-2.22	0.1564
X3	1	33.13411	13.23464	2.50	0.1293

$$Y = -565.33765 + 33.13411X$$

Analisis de regresion: Santa Maria 1,

**PUREZA**

The REG Procedure

Model: MODEL3

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read	4
Number of Observations Used	4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1521.73831	1521.73831	4.45	0.1693
Error	2	683.26169	341.63085		
Corrected Total	3	2205.00000			

Root MSE	18.48326	R-Square	0.6901
Dependent Mean	71.50000	Adj R-Sq	0.5352
Coeff Var	25.85071		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
----------	----	--------------------	----------------	---------	---------

Intercept 1 -2405.56618 1173.70681 -2.05 0.1769

X4 1 27.25420 12.91344 2.11 0.1693

$$Y = -2405.56618 + 27.25420X$$

Analisis de regresion: Santa Maria 1

### **AZÚCARES REDUCTORES**

The REG Procedure

Model: MODEL4

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1628.64286	1628.64286	5.65	0.1406
Error	2	576.35714	288.17857		
Corrected Total	3	2205.00000			
Root MSE	16.97582	R-Square	0.7386		
Dependent Mean	71.50000	Adj R-Sq	0.6079		
Coeff Var	23.74241				

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	254.85714	77.59429	3.28	0.0815
X5	1	-1078.57143	453.69796	-2.38	0.1406

$$Y = 254.85714 - 1078.57143X$$

## ANEXO 2: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA MARÍA 2

Análisis de Correlación: Santa María 2

Obs	X1	X2	X3	X4	X5
1	81	13.12	20.14	93.06	0.18
2	47	11.85	18.81	90.00	0.81
3	57	12.29	19.43	90.34	0.24
4	65	13.00	20.19	92.00	0.14

Análisis de Correlación: Santa María 2

The CORR Procedure

5 Variables: X1 X2 X3 X4 X5

Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
X1	4	62.50000	14.36431	250.00000	47.00000	81.00000
X2	4	12.56500	0.60114	50.26000	11.85000	13.12000
X3	4	19.64250	0.65459	78.57000	18.81000	20.19000
X4	4	91.35000	1.43634	365.40000	90.00000	93.06000
X5	4	0.34250	0.31436	1.37000	0.14000	0.81000

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1.00000	0.92454	0.87368	0.96517	-0.75257
X2	0.0755	1.00000	0.98937	0.95541	-0.85434
X3	0.1263	0.0106	1.00000	0.90231	-0.90570
X4	0.0348	0.0446	0.0977	1.00000	-0.69179
X5	0.2474	0.1457	0.0943	0.3082	1.00000

Análisis de regresión: Santa María 2

**SACAROSA**

Obs	X2	X3	X4	X5	Y
1	13.12	20.14	93.06	0.18	81
2	11.85	18.81	90.00	0.81	47
3	12.29	19.43	90.34	0.24	57
4	13.00	20.19	92.00	0.14	65

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	529.10479	529.10479	11.77	0.0755
Error	2	89.89521	44.94761		

Corrected Total      3    619.00000  
 Root MSE            6.70430    R-Square    0.8548  
 Dependent Mean    62.50000    Adj R-Sq    0.7822  
 Coeff Var            10.72688

Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-215.08671	80.97548	-2.66	0.1173
X2	1	22.09206	6.43900	3.43	0.0755

$$Y_i = -215.08671 + 22.09206X$$

Analysis de regression: Santa Maria 2

**BRIX**

The REG Procedure

Model: MODEL2

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read      4  
 Number of Observations Used      4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	472.49151	472.49151	6.45	0.1263
Error	2	146.50849	73.25424		
Corrected Total	3	619.00000			

Root MSE            8.55887    R-Square    0.7633  
 Dependent Mean    62.50000    Adj R-Sq    0.6450  
 Coeff Var            13.69419

Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-314.08407	148.34132	-2.12	0.1684
X3	1	19.17190	7.54892	2.54	0.1263

$$Y = -314.08407 + 19.17190X$$

Analisis de regresion: Santa Maria 2

### PUREZA

The REG Procedure

Model: MODEL3

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read	4
Number of Observations Used	4

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	576.62826	576.62826	27.22	0.0348
Error	2	42.37174	21.18587		
Corrected Total	3	619.00000			
Root MSE	4.60281	R-Square	0.9315		
Dependent Mean	62.50000	Adj R-Sq	0.8973		
Coeff Var	7.36450				

### Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-819.23738	169.02647	-4.85	0.0400
X4	1	9.65230	1.85015	5.22	0.0348

$$Y = -819.23738 + 9.65230X$$



Analisis de regresion: Santa Maria 2

### AZÚCARES REDUCTORES

The REG Procedure

Model: MODEL4

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	350.57939	350.57939	2.61	0.2474
Error	2	268.42061	134.21030		
Corrected Total	3	619.00000			
Root MSE	11.58492	R-Square	0.5664		
Dependent Mean	62.50000	Adj R-Sq	0.3495		
Coeff Var	18.53587				

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	74.27768	9.30890	7.98	0.0153
X5	1	-34.38739	21.27644	-1.62	0.2474

$$Y = 74.27768 - 34.38739X$$

### ANEXO 3: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SAN ANTONIO

Analisis de Correlacion: San Antonio

Obs	X1	X2	X3	X4	X5
1	11.94	18.52	90.01	0.40	54
2	12.15	18.81	92.30	0.11	57
3	12.10	19.06	90.22	0.11	66
4	12.25	18.95	94.15	0.15	72

Analisis de Correlacion: San Antonio

The CORR Procedure

5 Variables: X1 X2 X3 X4 X5

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
X1	4	12.11000	0.12936	48.44000	11.94000	12.25000
X2	4	18.83500	0.23360	75.34000	18.52000	19.06000
X3	4	91.67000	1.94982	366.68000	90.01000	94.15000
X4	4	0.19250	0.13961	0.77000	0.11000	0.40000
X5	4	62.25000	8.26136	249.00000	54.00000	72.00000

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1.00000	0.73247	0.88427	-0.80657	0.78603
		0.2675	0.1157	0.1934	0.2140
X2	0.73247	1.00000	0.34111	-0.88667	0.81096
	0.2675		0.6589	0.1133	0.1890
X3	0.88427	0.34111	1.00000	-0.46800	0.60280
	0.1157	0.6589		0.5320	0.3972
X4	-0.80657	-0.88667	-0.46800	1.00000	-0.57873
	0.1934	0.1133	0.5320		0.4213
X5	0.78603	0.81096	0.60280	-0.57873	1.00000
	0.2140	0.1890	0.3972	0.4213	

Analisis de regresion: San Antonio

**SACAROSA**

Obs	X2	X3	X4	X5	Y
1	11.94	18.52	90.01	0.40	54
2	12.15	18.81	92.30	0.11	57
3	12.10	19.06	90.22	0.11	66
4	12.25	18.95	94.15	0.15	72

Analisis de regresion: San Antonio

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	126.50199	126.50199	3.23	0.2140
Error	2	78.24801	39.12400		
Corrected Total	3	204.75000			

Root MSE 6.25492 R-Square 0.6178

Dependent Mean 62.25000 Adj R-Sq 0.4268

Coeff Var 10.04806

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-545.66235	338.09015	-1.61	0.2479
X2	1	50.19920	27.91707	1.80	0.2140

$$Y = -545.66235 + 50.19920X$$

Analisis de regresion: San Antonio

**BRIX**

The REG Procedure

Model: MODEL2

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	1	134.65501	134.65501	3.84	0.1890
Error	2	70.09499	35.04750		
Corrected Total	3	204.75000			

Root MSE	5.92009	R-Square	0.6577
Dependent Mean	62.25000	Adj R-Sq	0.4865
Coeff Var	9.51019		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t
		Estimate	Error		
Intercept	1	-477.94746	275.60991	-1.73	0.2250
X3	1	28.68051	14.63202	1.96	0.1890

$$Y = -477.94746 + 28.68051X$$

Analisis de regresion: San Antonio

**PUREZA**

The REG Procedure

Model: MODEL3

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		

Model	1	74.39957	74.39957	1.14	0.3972
Error	2	130.35043	65.17521		
Corrected Total	3	204.75000			
Root MSE	8.07312	R-Square	0.3634		
Dependent Mean	62.25000	Adj R-Sq	0.0451		
Coeff Var	12.96886				

Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-171.88007	219.17291	-0.78	0.5150
X4	1	2.55405	2.39048	1.07	0.3972

$$Y = -171.88007 + 2.55405X$$

Analisis de regresion: San Antonio

**AZÚCARES REDUCTORES**

The REG Procedure

Model: MODEL4

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

	Sum of	Mean			
Source	DF	Squares	Square	F Value	Pr > F
Model	1	68.57642	68.57642	1.01	0.4213
Error	2	136.17358	68.08679		
Corrected Total	3	204.75000			
Root MSE	8.25147	R-Square	0.3349		
Dependent Mean	62.25000	Adj R-Sq	0.0024		
Coeff Var	13.25538				

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	68.84224	7.75687	8.88	0.0125
X5	1	-34.24540	34.12293	-1.00	0.4213

$$Y = 68.84224 - 34.24540X$$

**ANEXO 4: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO YENNY**

Analisis de Correlacion: Yenny

Obs	X1	X2	X3	X4	X5
1	68	12.13	19.42	90.23	0.13
2	39	11.59	18.09	89.54	0.50
3	59	11.74	18.37	91.64	0.35
4	46	11.92	18.92	90.00	0.18

Analisis de Correlacion: Yenny

The CORR Procedure

5 Variables: X1 X2 X3 X4 X5

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
X1	4	53.00000	12.98717	212.00000	39.00000	68.00000
X2	4	11.84500	0.23302	47.38000	11.59000	12.13000
X3	4	18.70000	0.59099	74.80000	18.09000	19.42000
X4	4	90.35250	0.90500	361.41000	89.54000	91.64000
X5	4	0.29000	0.16872	1.16000	0.13000	0.50000

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1.00000	0.73687	0.68706	0.55955	-0.64044
X2	0.2631	1.00000	0.99699	0.01683	-0.96399
X3	0.3129	0.0030	1.00000	-0.05921	-0.96043
X4	0.4404	0.9832	0.9408	1.00000	-0.07641
X5	0.3596	0.0360	0.0396	0.9236	1.00000

Analisis de regresion: Yenny

**SACAROSA**

Obs	X2	X3	X4	X5	Y
1	12.13	19.42	90.23	0.13	68
2	11.59	18.09	89.54	0.50	39
3	11.74	18.37	91.64	0.35	59
4	11.92	18.92	90.00	0.18	46

Analisis de regresion: Yenny

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	274.74586	274.74586	2.38	0.2631
Error	2	231.25414	115.62707		

Corrected Total 3 506.00000

Root MSE 10.75300 R-Square 0.5430  
Dependent Mean 53.00000 Adj R-Sq 0.3145  
Coeff Var 20.28868

Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-433.45212	315.62203	-1.37	0.3033
X2	1	41.06814	26.64215	1.54	0.2631

Y = -433.45212 + 41.06814X

Analisis de regresion: Yenny

**BRIX**

The REG Procedure

Model: MODEL2

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	238.85513	238.85513	1.79	0.3129
Error	2	267.14487	133.57244		
Corrected Total	3	506.00000			

Root MSE 11.55735 R-Square 0.4720  
Dependent Mean 53.00000 Adj R-Sq 0.2081  
Coeff Var 21.80633

Parameter Estimates



	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-229.33823	211.21436	-1.09	0.3910
X3	1	15.09830	11.29066	1.34	0.3129

$$Y = -229.33823 + 15.09830X$$

Analisis de regresion: Yenny

### PUREZA

The REG Procedure

Model: MODEL3

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

#### Analysis of Variance

	Sum of	Mean		
Source	DF	Squares	Square	F Value Pr > F
Model	1	158.42939	158.42939	0.91 0.4404
Error	2	347.57061	173.78530	
Corrected Total	3	506.00000		
Root MSE	13.18277	R-Square	0.3131	
Dependent Mean	53.00000	Adj R-Sq	-0.0303	
Coeff Var	24.87314			

#### Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-672.51909	759.89542	-0.89	0.4695
X4	1	8.02987	8.41003	0.95	0.4404

$$Y = -672.51909 + 8.02987X$$

Analisis de regresion: Yenny

## AZÚCARES REDUCTORES

The REG Procedure

Model: MODEL4

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	207.54215	207.54215	1.39	0.3596
Error	2	298.45785	149.22892		
Corrected Total	3	506.00000			
Root MSE	12.21593	R-Square	0.4102		
Dependent Mean	53.00000	Adj R-Sq	0.1152		
Coeff Var	23.04892				

### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	67.29625	13.57441	4.96	0.0384
X5	1	-49.29742	41.80205	-1.18	0.3596

$$Y = 67.29625 - 49.29742X$$

## ANEXO 5: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN – CAMPO SANTA ROSA

Analisis de Correlacion: Santa Rosa

Obs	X1	X2	X3	X4	X5
1	77	12.14	19.26	90.03	0.13
2	45	12.00	17.70	89.76	0.31
3	63	12.00	17.14	89.83	0.28
4	75	12.19	19.30	90.21	0.23

Analisis de Correlacion: Santa Rosa

The CORR Procedure

5 Variables: X1 X2 X3 X4 X5

### Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
X1	4	65.00000	14.69694	260.00000	45.00000	77.00000
X2	4	12.08250	0.09743	48.33000	12.00000	12.19000
X3	4	18.35000	1.09806	73.40000	17.14000	19.30000
X4	4	89.95750	0.20353	359.83000	89.76000	90.21000
X5	4	0.23750	0.07890	0.95000	0.13000	0.31000

Pearson Correlation Coefficients, N = 4

Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1.00000	0.83342	0.74028	0.84690	-0.83364
		0.1666	0.2597	0.1531	0.1664
X2	0.83342	1.00000	0.95938	0.97710	-0.71444
	0.1666		0.0406	0.0229	0.2856
X3	0.74028	0.95938	1.00000	0.87774	-0.78297
	0.2597	0.0406		0.1223	0.2170
X4	0.84690	0.97710	0.87774	1.00000	-0.61079
	0.1531	0.0229	0.1223		0.3892
X5	-0.83364	-0.71444	-0.78297	-0.61079	1.00000
	0.1664	0.2856	0.2170	0.3892	

Analisis de regresion: Santa Rosa

**SACAROSA**

Obs	X2	X3	X4	X5	Y
1	12.14	19.26	90.03	0.13	77
2	12.00	17.70	89.76	0.31	45
3	12.00	17.14	89.83	0.28	63
4	12.19	19.30	90.21	0.23	75

The REG Procedure

Model: MODEL1

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read	4
Number of Observations Used	4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	450.09306	450.09306	4.55	0.1666
Error	2	197.90694	98.95347		
Corrected Total	3	648.00000			
Root MSE	9.94754	R-Square	0.6946		
Dependent Mean	65.00000	Adj R-Sq	0.5419		
Coeff Var	15.30390				

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-1454.06409	712.28047	-2.04	0.1780
X2	1	125.72432	58.94998	2.13	0.1666

$$Y = -1454.06409 + 125.72432X$$

Analisis de regresion: Santa Rosa

**BRIX**

The REG Procedure

Model: MODEL2

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	355.11047	355.11047	2.42	0.2597
Error	2	292.88953	146.44476		
Corrected Total	3	648.00000			
Root MSE	12.10144	R-Square	0.5480		
Dependent Mean	65.00000	Adj R-Sq	0.3220		
Coeff Var	18.61759				

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	-116.81577	116.91470	-1.00	0.4230
X3	1	9.90822	6.36284	1.56	0.2597

$$Y = -116.81577 + 9.90822X$$

Analisis de regresion: Santa Rosa

**PUREZA**

The REG Procedure

Model: MODEL3

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read 4

Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	1	464.77570	464.77570	5.07	0.1531
Error	2	183.22430	91.61215		
Corrected Total	3	648.00000			

Root MSE            9.57142    R-Square    0.7172  
 Dependent Mean    65.00000    Adj R-Sq    0.5759  
 Coeff Var            14.72527

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t
		Estimate	Error		
Intercept	1	-5436.32368	2442.43415	-2.23	0.1560
X4	1	61.15470	27.15093	2.25	0.1531

$$Y = -5436.32368 + 61.15470X$$

Analisis de regresion: Santa Rosa

**AZÚCARES REDUCTORES**

The REG Procedure

Model: MODEL4

Dependent Variable: Y

Number of Observations Read            4

Number of Observations Used            4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	1	450.33467	450.33467	4.56	0.1664
Error	2	197.66533	98.83266		
Corrected Total	3	648.00000			

Root MSE            9.94146   R-Square   0.6950  
 Dependent Mean    65.00000   Adj R-Sq   0.5424  
 Coeff Var            15.29456

Parameter Estimates

	Parameter	Standard			
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr >  t
Intercept	1	101.88086	17.97843	5.67	0.0298
X5	1	-155.28782	72.74781	-2.13	0.1664

$$Y = 101.88086 - 155.28782X$$