UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERES ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN.

VELEZ NARVAEZ JOAO STEFANO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERES ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN.

VELEZ NARVAEZ JOAO STEFANO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERES ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN.

VELEZ NARVAEZ JOAO STEFANO
INGENIERO AGRÓNOMO

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 18 DE MARZO DE 2020

MACHALA
2020

Tesis-1

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%	0%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 50 words
Excluir bibliografía	Apagado		

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, VELEZ NARVAEZ JOAO STEFANO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERES ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las dispociones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 18 de marzo de 2020

VELEZ NARVAEZ JOAO STEFANO
0705042547

DEDICATORIA

A Dios

El presente trabajo primeramente se lo dedico a Dios, ya que es el quien me da la vida y la vida a las personas que más quiero, la salud, la fuerza del día a día para continuar y la sabiduría que me brinda en mi día a día.

A mi madre

A mi madre que ha sido padre y madre a la vez, sin ella no hubiera logrado esto, gracias por estar a mi lado en todas las etapas de mi vida, tu apoyo económico, moral y entusiasmo que siempre me brindaste para seguir adelante en mis propósitos aun en los tiempos más difíciles que hemos vivido todo esto es gracias a ti.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Hipólito Pérez en calidad de maestro, de tutor y de amigo por todas sus enseñanzas brindadas en mis años como estudiante universitario para mi formación como un profesional.

Al Ing. Irán Rodríguez por sus enseñanzas tanto en sus horas de clase como en sus tiempos libres ya que sin él no hubiese realizado la parte estadística de mi trabajo de titulación.

A mi querido amigo Álvaro Sandoya que nos propusimos realizar esta investigación y terminarla apoyándonos uno al otro.

A mis amigos, Víctor Tinoco, Arturo Quezada y Carlos Tacuri que me brindaron su apoyo y amistad tanto dentro como fuera de las aulas.

Al señor Eduardo Chapín que me brindo su ayuda desinteresadamente cuando esta investigación recién comenzaba.

A todas las personas que de alguna u otra forma me brindaron su colaboración para realizar esta investigación.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR Y CARACTERES ASOCIADOS CON LA PRODUCCIÓN.

Autor

Joao Stefano Vélez Narváez

Tutor

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum spp*.) es actualmente el cultivo agroalimentario más productivo a nivel mundial, debido a la naturaleza química y bioquímica de la materia prima que produce, la cual presenta gran potencial para la diversificación productiva. Es un cultivo considerablemente distribuido a escala internacional; en la actualidad se produce en más de 130 países y territorios. Brasil es el principal productor, seguido por India, Pakistán, México, Tailandia y Colombia. El área cosechada globalmente es alrededor de 25’976.939 hectáreas, las cuales producen unas 1841’528.386 toneladas. En la agricultura ecuatoriana es la fuente fundamental de materia prima para la elaboración de azúcar, etanol y panela, la producción de caña se centra principalmente en cuatro provincias, Guayas, Cañar, Carchi e Imbabura, su mayor producción se concentra en la provincia del Guayas con el 87,1%, generando más de 30 000 plazas de trabajos directos y unas 80 000 indirectas en todo el país. Los tres ingenios azucareros que trabajan junto con el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Ecuador (CINCAE) son los más importantes por su capacidad de molida y de almacenamiento de sacos de azúcar de 50 kg. Las investigaciones para desarrollar el presente trabajo de Tesis se realizaron en el área experimental de la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5.5 de la vía Machala-Pasaje. Las observaciones se realizaron sobre los cultivares ECU-01, C87-51 y Ragnar, las cuales se evaluaron para determinar el índice de madurez y los caracteres asociados a la producción, en las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se ejecutó la investigación. Las variables evaluadas fueron: grados brix, superior e inferior, del tallo (índice de madurez), largo (m) y ancho de la hoja + 1 (cm), diámetro en la parte media del tallo (cm), altura del tallo (m) de la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible,

largo del entrenudo (cm) en la parte media del tallo, peso de los tallos (kg), densidad poblacional y producción de caña en t/ha. Estos parámetros se correlacionaron con el índice de madurez. Uno de los principales problemas que ha tenido este cultivo en Ecuador es la dependencia de un solo cultivar (Ragnar), lo cual representa un constante riesgo por la afectación del ataque de insectos-plagas, enfermedades, razón por la que no ha aumentado de rendimiento en los últimos 20 años. Actualmente el 66% de la caña sembrada para la producción de azúcar en el país es del cultivar Ragnar de origen australiano, para garantizar a largo plazo una buena producción es crucial la utilización de nuevos cultivares que se adapten a las características de las diferentes zonas de producción, el cultivar ECU-01 es una buena opción para implementarlo en los suelos de la Granja Santa Inés (inceptisol con buen drenaje) ya que estas condiciones, son favorables para el establecimiento de este cultivar a nivel comercial. Los resultados más sobresalientes confirmaron que los cultivares C 87-51 y Ragnar por la determinación de su índice de madurez reflejan que las fechas de corte están a partir de a mediados de julio y agosto ya que estas alcanzaron su madurez óptima; en cambio ECU-01 es intermedia porque alcanza su madurez óptima a mediados de agosto y septiembre, además es el mejor en cuanto a producción con un rendimiento agrícola de 125, 83 t/ha, en comparación con la C 87-51 que alcanzó el segundo lugar con 123,39 t/ha y de último la Ragnar con 97,77 t/ha). No se encontró correlación entre el índice de madurez y los parámetros agronómicos, largo y ancho de la hoja, largo del entrenudo, diámetro y largo del tallo, pero si se detectó correlación entre el índice de madurez y la edad del cultivo, de julio a diciembre, periodo en el cual se efectúa la cosecha, más allá del cual se invierte la sacarosa en azúcares reductores no cristalizables en el proceso de fabricación de azúcar.

Palabras Clave: Caña de azúcar, nuevos cultivares, parámetros agroproductivos.

DETERMINATION OF THE MATURITY INDEX OF THREE CULTIVARS OF SUGAR CANE AND CHARACTERS ASSOCIATED WITH PRODUCTION.

Author

Joao Stefano Vélez Narváez

Tutor

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum spp*.) is currently the most productive agri-food crop worldwide, due to the chemical and biochemical nature of the raw material it produces, which presents great potential for productive diversification. It is a crop that is considerably distributed internationally; it is currently produced in more than 130 countries and territories. Brazil is the main producer, followed by India, Pakistan, Mexico, Thailand and Colombia. The area harvested globally is about 25'976.939 hectares, which produce about 1841'528.386 tons. In Ecuadorian agriculture is the main source of raw material for the manufacture of sugar, ethanol and panela, sugarcane production is concentrated mainly in four provinces, Guayas, Cañar, Carchi and Imbabura, its largest production is concentrated in the province of Guayas with 87.1%, generating more than 30 000 direct jobs and about 80 000 indirect jobs throughout the country. The three sugar mills that work together with Ecuador's Sugar Cane Research Center (CINCAE) are the most important due to their milling and storage capacity for 50 kg sacks of sugar. The research to develop this thesis work was carried out in the experimental area of the Santa Inés farm, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala, located at km 5.5 of the Machala-Pasaje road. Observations were made on cultivars ECU-01, C87-51 and Ragnar, which were evaluated to determine the maturity index and the characteristics associated with production, in the soil and climate conditions of the area where the research was carried out. The variables evaluated were: brix degrees, upper and lower, of the stem (maturity index), length (m) and width of the leaf + 1 (cm), diameter in the middle of the stem (cm), height of the stem (m) from the soil surface to the first visible dewlap, length of the internode (cm) in the middle of the stem, weight of the stems (kg), population density and cane production in t/ha. These parameters

were correlated with the maturity index. One of the main problems that this crop has had in Ecuador is the dependence on a single cultivar (Ragnar), which represents a constant risk due to the effect of insect pest attack, diseases, which is why it has not increased its yield in the last 20 years. Currently 66% of the cane planted for sugar production in the country is the Ragnar cultivar of Australian origin, to ensure a good long-term production is crucial to use new cultivars that are adapted to the characteristics of different production areas, the cultivar ECU-01 is a good option for implementation in the soils of the Santa Ines Farm (inceptisol with good drainage) as these conditions are favorable for the establishment of this crop at the commercial level. The most outstanding results confirmed that the cultivars C 87-51 and Ragnar by determining its maturity index reflect that the cutting dates are from mid-July and August as they reached their optimum maturity, however ECU-01 is intermediate because it reaches its optimum maturity in mid-August and September, it is also the best in terms of production with an agricultural yield of 125, 83 t / ha, compared to the C 87-51 which reached second place with 123.39 t / ha and finally the Ragnar with 97.77 t / ha). No correlation was found between maturity index and agronomic parameters, leaf length and width, internode length, diameter and stem length, but there was a correlation between maturity index and crop age, from July to December, period in which the harvest is carried out, beyond which sucrose is invested in non-crystallizable reducing sugars in the sugar manufacturing process.

Keywords: Sugarcane, new cultivars, agroproductive parameters.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 15
1. INTRODUCCIÓN 15
1.1. Objetivo General 16
1.2. Objetivos específicos 16
CAPÍTULO II 17
2. DESARROLLO 17
2.1. Origen de la caña de azúcar 17
2.2. Historia de la caña de azúcar en Ecuador 18
2.3. Producción en Ecuador 19
2.4. Ingenios Azucareros 22
2.5. Clima y Suelo 24
2.5.1. Clima 24
2.5.2. Suelo 25
2.6. Nutrición 28
2.7. Cultivares 30
2.7.1. ECU-01 30
2.7.2. C 87-51 31
2.7.3. Ragnar 32
2.8. Madurez 34
2.9. Grados Brix 34
CAPÍTULO III 35
3. MATERIALES Y MÉTODOS 35
3.1. Materiales 35
3.1.1. Localización de estudio 35
3.1.2. Ubicación Geográfica 35
3.1.3. Clima y Ecología 36
3.1.4. Equipos, Materiales. 36
3.2. Métodos 37
3.2.1. Metodología 37

3.2.2. Variables Analizadas 37
3.2.3. Medición de Variables 38
CAPÍTULO IV 40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40
4.1 Parámetros agronómicos del cultivo de caña de azúcar 40
4.1.1. Largo de la hoja 40
4.1.2. Ancho de la hoja 43
4.1.3. Largo del entrenudo 46
4.1.4. Diámetro del tallo 49
4.1.5. Largo del tallo 52
4.1.6. Floración 55
4.1.7. Producción 56
4.2 Índice de madurez en la caña de azúcar 58
4.3 Relación entre índice de madurez y parámetros agronómicos del cultivo de caña de azúcar 64
CAPÍTULO V 66
5. CONCLUSIONES 66
6. RECOMENDACIONES 68
7. BIBLIOGRAFÍA 69
8. ANEXOS 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de caña plantada y cosecha, producción y ventas de caña de azúcar en Ecuador en los años 2017 y 2018 21
Tabla 2. Condiciones de suelo para el cultivo de caña de azúcar 28
Tabla 3. Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas 29
Tabla 4. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo de la hoja por cultivar . 40
Tabla 5. Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo de la hoja +1 de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 41
Tabla 6. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable ancho de la hoja +1 por cultivar 43
Tabla 7. Pruebas de efectos inter-sujetos en el ancho de la hoja de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 44
Tabla 8. Largo y ancho de la hoja +1 de los tres cultivares estudiados 45
Tabla 9. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo del entrenudo por cultivar 46
Tabla 10. Prueba de efectos inter-sujetos en el largo del entrenudo de tres cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 47
Tabla 11. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable diámetro del tallo por cultivar 49
Tabla 12. Prueba de efectos inter-sujetos en el diámetro del tallo de tres cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 50
Tabla 13. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo del tallo por cultivar .. 52
Tabla 14. Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo del tallo de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 53
Tabla 15. Porcentaje de floración de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 55
Tabla 16. Cantidad de tallos/ha, Peso de un tallo y rendimiento agrícola de los tres cultivares estudiados a los 12 meses de edad 56
Tabla 17. ANOVA de un factor inter-grupos para la variable índice de madurez por cultivar 58
Tabla 18. Pruebas de efectos inter-sujetos en el índice de madurez de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar 59
Tabla 19. Características Climáticas históricas de la Granja Santa Inés (20 años) 60
Tabla 20. Diferencia de temperatura entre el día y la noche de la Granja Santa Inés 63
Tabla 21. Correlación entre las variables índice de madurez y edad por cultivar 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de la caña de azúcar (millones de toneladas) en Ecuador durante el periodo (2012-2016) 20
Figura 2. Mapa de ubicación de ingenios azucareros en el Ecuador 22
Figura 3. Producción de caña y azúcar de los principales cultivares de caña de azúcar cosechadas en los ingenios azucareros San Carlos, Valdez y COAZUCAR. Zafra 2018 24
Figura 4. Mapa de zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar en Ecuador 27
Figura 5. Cultivar ECU-01 a los 12 meses de edad 31
Figura 6. Cultivar C 87-51 a los 12 meses de edad 32
Figura 7. Cultivar Ragnar a los 12 meses de edad 33
Figura 8. Plano de la Granja Santa Inés 35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Largo de la hoja +1 de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 40
Gráfico 2. Largo de la hoja (m) de tres cultivares de caña de azúcar por meses 42
Gráfico 3. Ancho de la hoja de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 43
Gráfico 4. Ancho de la hoja +1 (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses 45
Gráfico 5. Largo del entrenudo (cm) de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 46
Gráfico 6. Largo del entrenudo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses 48
Gráfico 7. Diámetro del tallo de caña (cm) de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 . 50
Gráfico 8. Diámetro del tallo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses 51
Gráfico 9. Largo del tallo de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 52
Gráfico 10. Largo del tallo (m) de tres cultivares de caña de azúcar por meses 54
Gráfico 11. Índice de madurez de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01 59
Gráfico 12. Índice de madurez de los tres cultivares de caña de azúcar evaluados por meses 62
Gráfico 13. Dispersión del Índice de madurez de los tres cultivares de caña de azúcar por meses 65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de datos de la investigación 79
Anexo 2. Largo de los entrenudos por cada mes de los 3 cultivares de caña (ECU-01 – C 87-51 – Ragnar) 79
Anexo 3. Cosecha de la caña a los 18 meses de edad 80
Anexo 4. Soca 1 en el cultivo de caña de azúcar al primer mes 80
Anexo 5. Medición de la variable diámetro del tallo con el pie de rey 81
Anexo 6. Medición de la variable largo del entrenudo 81
Anexo 7. Medición de la variable ancho de la hoja 82
Anexo 8. Medición de la variable grados brix con refractómetro de mano y cala para pinchar 82
Anexo 9. Cosecha de los tres cultivares a los 18 meses de edad 83
Anexo 10. Peso de 10 tallos molibles con el tutor de la investigación 83

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp*.) es un cultivo considerablemente distribuido a nivel mundial, en la actualidad se produce en más de 130 países y territorios (Sentíes-Herrera *et al*., 2016), siendo Brasil el principal productor de caña de azúcar con un total de 34% de la producción mundial, seguido por India con un 18%, en tercer lugar se encuentra Pakistán con un 4%, un cuarto puesto ocupa México con el 4%, como quinto país a Tailandia con un 3% y en octavo lugar Colombia con un 3%, otros países conforman el 27%; el área cosechada a escala internacional es de 25'976.939 hectáreas, con una producción de 1841'528.386 toneladas (FAO, 2017).

Según Criollo-Chan *et al*., (2016) el lugar de origen de la caña de azúcar es Nueva Guinea, luego esta tuvo un paso por la India, posteriormente fue trasladada a Persia hasta llegar a Egipto a través de las invasiones de los árabes, extendiéndose por la cuenca del Mediterráneo a principios del siglo XVIII (Pérez *et al*., 2016).

El Almirante Cristóbal Colón introdujo la caña de azúcar en América en el año 1493, en la isla de La Española, hoy República Dominicana; existen argumentos que afirman, haber logrado plantaciones en Santo Domingo, de las cuales se expandió la caña por el Caribe y América (Procaña, 2013), lo permitió que esta gramínea se asentara en este continente. De acuerdo con (Avila, 2011) citado por (Matute, 2016) el general Juan José Flores en 1832, construyo un ingenio, en la hacienda de nombre Elvira en las inmediaciones de Babahoyo, donde se cultivaba 60 cuadras de caña de azúcar, realizando dos zafras al año por el que el suelo era muy fértil.

Citando a García *et al*., (2018) el cultivo de la caña de azúcar es uno de los más importantes en la agricultura ecuatoriana, porque es la fuente fundamental de materia prima para la elaboración de azúcar, etanol y panela. Teniendo en cuenta tanto la superficie cultivada como el valor producido y el empleo generado, la producción de caña se centra principalmente en cuatro provincias: Guayas, Cañar, Carchi e Imbabura (Cartay *et al*, 2019).

De acuerdo con la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), del INEC (2018), la superficie plantada de caña de azúcar a nivel nacional fue de 101.898

hectáreas con una producción total de 7’502.251 toneladas de caña. La mayor producción se concentra en la provincia del Guayas con el 87,1% seguida por Cañar con un 6% e Imbabura con un 2,5%. En el país la industria más innovadora es la azucarera, por que cubre todo el proceso agroindustrial de la caña de azúcar, dicha actividad representa el 8.7% del PIB agrícola ecuatoriano (CINCAE, 2017a).

Los ingenios azucareros que trabajan junto con el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) son los tres más importantes del país; COAZUCAR, San Carlos y Valdez, con una capacidad de almacenamiento de 50.000 sacos de 50 kg.

CINCAE, (2007) uno de los principales problemas que ha tenido este cultivo es la dependencia de una sola variedad (Ragnar) este monocultivo representa un constante riesgo por la afectación de insectos-plagas y enfermedades, además de no haber aumentado de rendimiento en los últimos 20 años. Actualmente el 66% de la caña sembrada para la producción de azúcar en el país, es del cultivar Ragnar de origen australiano, para garantizar a largo plazo una buena producción es crucial la obtención de nuevos cultivares como las que desarrolla el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. El primer cultivar o variedad como le dicen normalmente los productores, obtenida por el CINCAE, en el año 2007, fue ECU-01 la cual se encuentra extendida de forma comercial en los tres ingenios más importantes del Ecuador a partir de ese año (CINCAE, 2013).

1.1. Objetivo General

- Comprobar la relación que existe entre el índice de madurez y los caracteres agronómicos asociados de los cultivares de caña de azúcar en la Granja Santa Inés.

1.2. Objetivos específicos

- Demostrar la influencia del cultivar de caña de azúcar y la edad de la planta en parámetros agronómicos del cultivo.
- Evidenciar el efecto de la edad del cultivar de caña de azúcar en el índice de madurez.
- Correlacionar el índice de madurez con parámetros agronómicos del cultivo de caña de azúcar.

CAPÍTULO II

2. DESARROLLO

2.1. Origen de la caña de azúcar

Pérez *et al*., (2016) mencionan que el origen de este cultivo es un tema polémico y discutido, se considera que en general es originaria del sudeste asiático, el lugar exacto no está bien definido, aunque se acepta a Nueva Guinea como el lugar de origen más probable. La caña de azúcar (*Saccharum spp*.) se cultiva en zonas de climas tropicales y subtropicales, se trata de un cultivo que no soporta heladas, porque el crecimiento se detiene a temperaturas menores a los 12 °C, el pH del suelo debe de estar entre 6.0 a 7.5, ya que se adapta muy bien a este rango (Guerrero-Peña *et al*., 2017).

Alrededor del año 4.500 A.C. los navegantes la trasladaron a la India, donde paso a China y a varias regiones orientales. Tiempo después los persas tomaron India, por lo tanto, se apoderaron de este cultivo. En el año 510 A.C. el ejercito de Darío rey persa en esa época la conocían como la caña que da miel sin abejas, estos lo llevaron al norte de África, siendo los egipcios los que empezaron a refinarla. El azúcar llego en la edad media a Europa, esta se usó para los alimentos, medicina e incluso el conocido “mal de amor” (SIAP, 2015).

De acuerdo con Subirós, (1995) citado por (Elizalde, 2015) Cristóbal Colón en su segundo viaje que realizó a América en 1493, trajo a la isla La Española (hoy República Dominicana) la caña de azúcar, Creola fue el clon introducido, se presume que es un híbrido entre (S. *barberi* y S. *officinarum*). De República Dominicana pasó a la isla se de Cuba, donde se adaptó muy bien a las condiciones edafoclimáticas de este país; posteriormente se introdujo en Puerto Rico, México, Colombia, Perú, Brasil y otros países del continente americano.

Según Hernández *et al*., (2013) en la época de la conquista de América, la caña de azúcar se expandió por todo el continente, por consecuencia se perdió grandes bosques vírgenes ante la necesidad de situar un área para este cultivo. En América Latina este cultivo encontró las condiciones adecuadas para la reproducción como para su industrialización, pero por ello también la discordia, avaricia, severidad, tiranía, esclavitud, lucha de interés, corrupción política, injusticia y abusos, pero representó también para ciertas regiones; la notable alternativa de subsistir. La expansión fue en casi toda Latinoamérica debido al favorable clima, así como el abrupto crecimiento de la demanda de consumidores, lo que claramente

explica como significativamente supero la producción de este cultivo al resto del mundo en un tiempo inferior de 100 años.

2.2. Historia de la caña de azúcar en Ecuador

La caña de azúcar fue introducida al país desde México, por los comerciantes cacaoteros en los años de 1526 y 1533, cultivada en la región sierra primeramente (Avila, 2011). Mucha caña de azúcar se producía en Daule, aunque no tenía la categoría de exportable. Se tenía la capacidad de abastecer azúcar a toda la provincia antigua de Guayaquil, de aguardiente y mieles. En el siglo XVIII, esto no tuvo un buen rol protagónico. En 1778 Guayaquil no se convirtió en la fuente principal de ingresos de la Corona española, a comienzos del siglo XIX, por eso la producción de Daule no cubría con la demanda de toda la provincia en azúcar, principal motivo para que se importe desde la Sierra o bien desde el vecino país de Perú (Deidán de la Torre, 2015).

En el gobierno del General Juan José Flores en el año de 1832, se colocó un ingenio pequeño en la Hacienda la Elvira ubicada en la capital de la provincia de Los Ríos, Babahoyo (Saltos, 2015). Según Ávila, (2011) citado por (Espinoza, 2017) se cultivaron cerca de 60 cuadras de caña de azúcar usando a 40 trabajadores y 60 esclavos para las respectivas actividades en el manejo del cultivo. En 1836 existe evidencia que, en los valles de la Sierra, los habitantes de la comunidad implantaban de manera artesanal varios trapiches e ingenios estos tenían una producción cerca de 8.000 cuadras distribuidas en la provincia de Chimborazo, Azuay e Imbabura.

Elizalde, (2015) citado por (Luzuriaga, 2018) menciona que Rafael Parducci de nacionalidad italiana, arribó a la cuidad de Guayaquil en el año de 1862, fundando así el ingenio azucarero La María en 1889, con la última generación de maquinaria e instalo la industria, la propiedad paso a la categoría agroindustrial por que producía hasta 20.000 quintales de azúcar por zafra y subproductos como: licores, panela, melaza.

En 1892 existían unas 7.420 ha de caña de azúcar sembradas en Ecuador, Homero Morla decide construir el ingenio azucarero de nombre “Santa Rosa” en la parroquia de Chobo, perteneciente al cantón Milagro, que luego pasaría a llamarse “Isabel María”. A principios del siglo XX se evidenció que, en los cantones Babahoyo, Daule, Yaguachi, Milagro y

Galápagos, ya se tenía en producción algunos ingenios, entre los cuales sobresalía el ingenio Valdez, el cual era uno de los más importantes en aquel entonces, número uno en su zona, donde el crecimiento económico se afianzó por parte de los habitantes que residían, y de los que llegaban al lugar en busca de empleo (Espinoza, 2017).

En el año 1884, entre los pocos ingenios que quedaban, se encontraba el que creó Rafael Valdez Cervantes el 28 de junio de 1881, cuando el falleció la administración del ingenio pasó a los herederos, alcanzando una producción entre 30.000 y 45.000qq de azúcar en la primera década del siglo XX. Entre 1912 y 1922 se produce la modernización, tanto en las maquinarias como en las instalaciones, se termina la construcción de drenajes, con el objetivo de que las inundaciones durante la época de lluvias no causen daños a las plantaciones de caña (Vicuña, 2007) citado por (Luzuriaga, 2018).

En 1928, Valdez invirtió 4 millones de sucres, con esta inversión pudo alcanzar entre los años de 1929 y 1937, una producción significativa de 553.379 qq de azúcar. En 1964 con 16.000 ha sembradas de caña de azúcar y una capacidad de molida de 7.000 toneladas diarias, se creó el ingenio azucarero tropical Aztra, su dramática trayectoria se compara con la del ingenio El Progreso en Galápagos, el cual no resultó rentable y con ellos trajo una serie de conflictos que conducen a la masacre de muchos empleados (Avila, 2011).

Luzuriaga, (2018) expone que cuando Fidel Castro asumió el poder del gobierno cubano el primero de enero de 1959, Estados Unidos dejo de importar azúcar de esta isla, con esto se creó un mercado a consignación de cuotas beneficiando al Ecuador. El ingenio San Carlos que en los años de 1960 y 1961 exportaba 12.900 y 26.700 toneladas de azúcar; en 1970 llegó exportar 67.559 toneladas y en 1972 alcanzó la cifra de 87.328 toneladas.

2.3. Producción en Ecuador

La cadena productiva que genera la caña de azúcar es uno de los pilares fundamentales del desarrollo agrícola del Ecuador, representando cerca del 3.9% del PIB agrícola, generando más de 30 000 plazas de trabajos directos y unas 80 000 indirectas. Esta es una de las agroindustrias más innovadoras y emprendedoras, que con varios de sus proyectos ha hecho que este cultivo, no sólo sea fuente de materia prima, para la producción de azúcar y alcohol, ya que además es capaz de generar la energía eléctrica para producir estos materiales y

abonos orgánicos; que se utilizan en la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo, a partir de sus subproductos, lo cual lo hace un sector fuerte en la economía ecuatoriana, con una gran responsabilidad social y ambiental (CINCAE, 2017c).

En la Figura 1 se puede apreciar el comportamiento de la producción de caña a partir del año 2012 hasta el 2016 en el país. Se observa un incremento de 3024 millones de toneladas (t) en el 2016 con respecto al 2012. En el año 2013 la cosecha disminuyó un 3%; debido principalmente a las desfavorables condiciones climáticas; los promedios fueron bajos, 46% de lluvias y 31% de brillo solar, con relación al año 2012 (CINCAE, 2014).

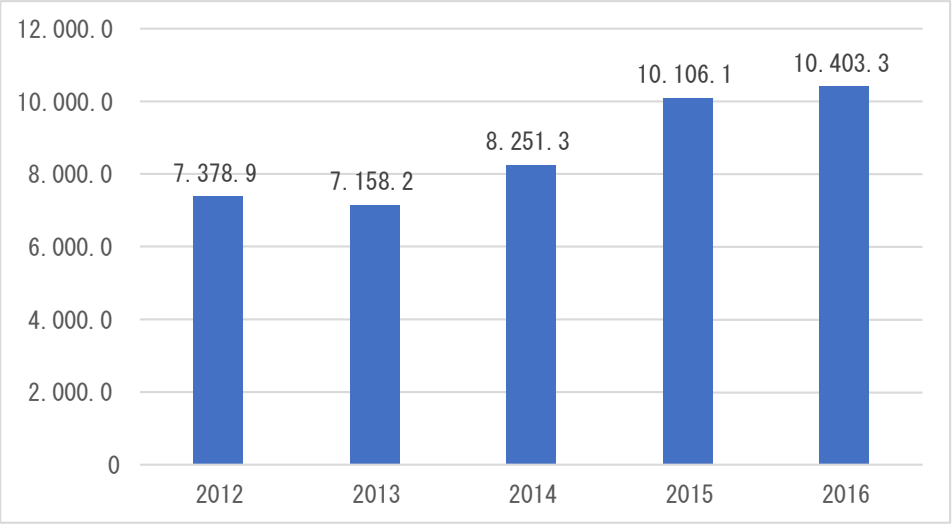


***Figura 1**. Producción de la caña de azúcar (millones de toneladas) en Ecuador durante el periodo (2012-2016)*

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2016)

En el año 2014 se originó un incremento con una producción de 8.25 millones de t, que representa un 15 % más con respecto al 2013. Este incremento de producción se debió, a que los ingenios azucareros tuvieron que moler más caña, para obtener el azúcar planificado, lo cual fue causado por un menor contenido de azúcar en la caña, debido a las altas precipitaciones que se presentaron en el mes de mayo y las ligeras lloviznas del mes de junio. Este año fue muy bueno porque la industria azucarera sobrepasó sus metas, tanto en producción de azúcar y alcohol (CINCAE, 2015).

Con respecto al año 2015 la producción de caña de azúcar alcanzó un total de 10.16 millones de t, lo que significa un aumento de 22% con relación al 2014, lo cual que fue muy bueno para la industria azucarera del país. Sin embargo, la zafra de 2015 fue una de las más difíciles de realizar en los últimos años, hubo mucha incertidumbre debido al factor climático y comercial. En la región costa los resultados de la producción azucarera no alcanzaron las metas establecidas, los ingenios tuvieron que posponer la fecha de corte hasta 60 días, la zafra comenzó con altas producciones de caña y poca extracción de azúcar, obligando a los ingenios acelerar los procesos industriales para aproximarse a sus metas de producción y satisfacer la demanda nacional (CINCAE, 2016). Las provincias que mayor incidencia tuvieron en la producción de caña en el año 2015 fueron Loja y Cañar (Luzuriaga, 2018).

La producción del año 2016 se incrementó con respecto al año anterior en un 3 % con un volumen de 10.40 millones de t de caña. Sin embargo, las condiciones climáticas del año 2015 influyen mucho en la producción de azúcar del 2016, porque se dejó de cosechar mucha caña. Esta caña diferida a inicios de la zafra 2016 originó altos tonelajes de caña, tallos secos, chupones jóvenes y varios materiales extraños que bajaron la capacidad de extracción de judo de óptima calidad en las fábricas (CINCAE, 2017b).

En los años 2017 y 2018 se originó un descenso en la producción de caña. En el 2017 se cosecharon 110 603 ha que dieron una producción total de 9.03 millones de t de caña; en la zafra del 2018 la producción fue solo de 7.5 millones de toneladas, es decir se produjeron 1’527,823 t menos que en el 2017, ya que sólo se pudieron cosechar 98.856 ha (Tabla 1) (INEC, 2018).

Tabla 1. *Superficie de caña plantada y cosecha, producción y ventas de caña de azúcar en Ecuador en los años 2017 y 2018*

NACIONAL				
Año	**Superficie (Ha)**		**Producción (Tm)**	**Ventas (Tm)**
	Plantada	**Cosechada**		
2017	116.483	110.603	9’030.074	8’506.382
2018	101.898	98.856	7’502.251	6’186.779

Fuente: (INEC, 2018).

Según Castillo, (2019) el año 2018 se identificó por tener condiciones poco favorables climáticas, para la producción de caña y de azúcar, fundamentalmente en la provincia del Guayas, la cual representa más del 80 % del área plantada a en el Ecuador.

2.4. Ingenios Azucareros

En la Figura 2 se puede apreciar la ubicación de los ingenios azucareros de Ecuador

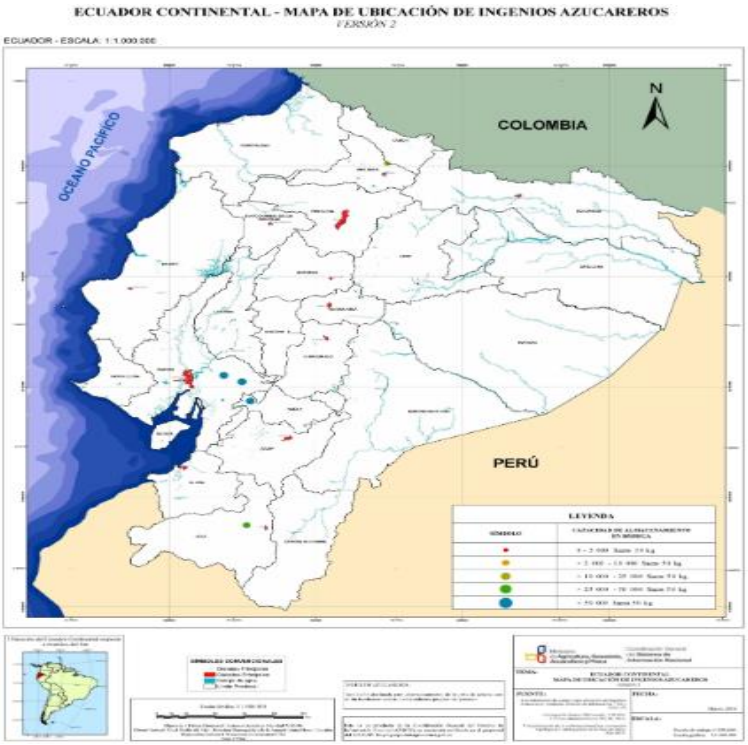


Figura 2. *Mapa de ubicación de ingenios azucareros en el Ecuador*

Fuente: Geo portal de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG, 2016a)

La agroindustria azucarera en Ecuador cuenta con cinco ingenios azucareros, Valdez, San Carlos, COAZUCAR, Monterrey y Del Norte; ubicados en las provincias de Guayas, Cañar, Loja e Imbabura (MAGAP, 2012)**.**

El Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Ecuador obtiene, estudia y recomienda Cultivares (variedades) fundamentalmente para tres ingenios azucareros más grandes, Valdez, San Carlos y Coazucar, los cuales son sus auspiciadores (CINCAE, 2017c). Estos ingenios representan más del 90 % de la superficie total plantada del país. Además, los

ingenios San Juan (Guayas), IANCEM (Imbabura), MALCA (Loja) e Isabel María (Los Ríos) también influyen en la producción nacional (Saltos, 2015).

MAG, (2016a) indica que en la provincia del Guayas los ingenios Valdez y San Carlos poseen una capacidad de almacenamiento en bodega mayor de 50 000 sacos de 50 kg, el mismo valor se da para la provincia de Cañar en la cual se ubica el ingenio Coazucar, siendo estas dos provincias las más importantes de Ecuador, en lo que a producción de caña y azúcar se refiere. La provincia de Loja, en la cual se ubica el ingenio azucarero Monterrey y en la provincia de Imbabura donde está el ingenio Del Norte cuentan con una capacidad de almacenamiento inferior.

Desde 2007 el ingenio azucarero Valdez abandonó la acostumbrada quema de la caña para la cosecha, implantando un sistema mecanizado que corta la planta en fresco, evitando afectaciones al ambiente y a las personas que viven en poblados cerca de los campos de caña. Las empresas Valdez, Coazucar, San Carlos producen y comercializan el 90 % del azúcar destinado al mercado interno del Ecuador, el otro 10 % restante se lo dividen Monterrey y Del Norte (EL TELÉGRAFO, 2019b).

En la zafra del 2018 el rendimiento azucarero promedio de los ingenios San Carlos, Valdez y COAZUCAR fue de 9.0 %. El ingenio COAZUCAR tuvo el rendimiento más alto (10.1%), siendo el mejor (CINCAE, 2019). Estos ingenios en la zafra 2018 cosecharon 76 158.10 ha de caña, correspondiendo a San Carlos la mayor superficie cosechada de 28 433.40 ha, seguido por Coazucar y posteriormente Valdez (CINCAE, 2019).

En la zafra de 2018 los ingenios azucareros San Carlos, Valdez, Coazucar, alcanzaron, una producción promedio de caña/ha superior a las 50 t/ha y una producción de azúcar/ha por encima de las 5.1 t/ha. El cultivar que produjo más t de caña/ha fue la EC-08 con un rendimiento promedio de 80 t/ha, seguido por la EC-06 (75 t/ha) y EC-02 (73 t/ha), correspondiendo a la EC-08 la mayor producción de azúcar con 8 t/ha que superando a todas las demás (CINCAE, 2019). Figura 3

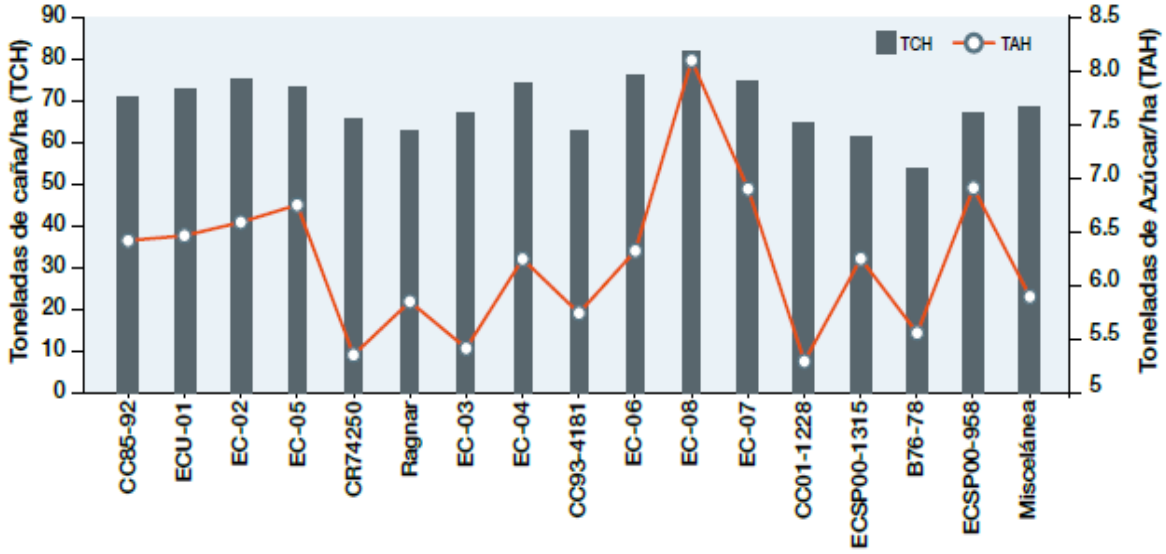


Figura 3. *Producción de caña y azúcar de los principales cultivares de caña de azúcar cosechadas en los ingenios azucareros San Carlos, Valdez y COAZUCAR. Zafra 2018*

Fuente: (CINCAE, 2019)

2.5. Clima y Suelo

2.5.1. Clima

Un problema importante en la agricultura es el cambio climático, es preciso tomar medidas en varios aspectos, para reducir sus efectos nocivos, que son; las altas temperaturas, alta evaporación y el alto brillo solar. La consecuencia del mismo será, que la producción agrícola se afecte en un gran porcentaje, especialmente en la reducción del área disponible y en la productividad (Díaz, 2019). (Figueroa Rodríguez *et al*., 2015) explican que previos estudios establecen, que las variables cruciales para el rendimiento en el cultivo de caña de azúcar es el clima, el cultivar, densidades de siembra, la fertilización, la disponibilidad de riego, tipo de suelo y las plagas afines con las condiciones climáticas.

Según Cruz *et al.*, (2015) infieren que la industria del cultivo de caña de azúcar, hoy en día está afectada por la falta de materia prima, precios de petróleo muy altos y principalmente por las afectaciones climáticas, como la sequía, esto causa que en la actualidad haya bajos rendimientos agrícolas. Estos rendimientos varían según los tipos de suelos, clima, cultivares,

cepas de caña y tecnologías, todo esto se debe de tomar en cuenta para la sostenibilidad de la producción cañera.

El cultivo de la caña, a nivel mundial es de gran importancia, ya que se utiliza para la producción de azúcar, actualmente tiene una tendencia hacia la diversificación productiva (Velasco-Velasco *et al*., 2017). Tiene mucha importancia económica ya que es una especie alta productividad, eficiente en el uso de recursos e insumos (Galicia-Romero *et al*., 2017).

De acuerdo con López, (2015) la caña de azúcar se puede sembrar desde los 0 hasta los 1800 msnm, este cultivo requiere de días muy luminosos, mínimo cuatro horas de sol al día. La temperatura óptima se encuentra entre los 26 y 32 °C en el día y entre 13 y 17 °C en la noche, esta relación entre la temperatura del día y de la noche, es fundamental para que exista una buena concentración de sacarosa, con relación a los vientos se debe de tener mucho cuidado, porque la caña se puede virar teniendo así perdidas económicas, estas pueden alcanzar un 40%. La humedad relativa debe estar cerca de 75% cuando esta es mayor 90% - 95% puede causar una proliferación de enfermedades que causan los hongos.

La caña de azúcar puede adaptarse a una gran variedad de zonas con diferentes regímenes de humedad, la cantidad de agua suministrada, ya sea de forma natural o por riego, es muy importante para su crecimiento y desarrollo. En promedio se requieren 1200 a 1500 mm de precipitación anuales, bien distribuidos en todo su ciclo vegetativo, en el periodo previo a la cosecha, lo mejor es que haya una disminución de la humedad para reducir el crecimiento y beneficiar a la formación y concentración de sólidos; en los ingenios azucareros las labores de riego deben suspenderse de seis a ocho semanas antes de la cosecha (Salgado *et al*., 2013).

En las condiciones de Ecuador, país de clima muy diverso, donde se distinguen tres regiones ecológicas bien diferenciadas, región Costa, Sierra y Amazonía; la caña de azúcar se cultiva en climas tropicales y subtropicales (Roldan *et al*., 2015).

2.5.2. Suelo

Los suelos degradados tienen su origen en factores económicos, sociales y culturales, debido a una excesiva explotación y en las prácticas de manejo que no son consideradas como prioritarias, la conservación del recurso hídrico y del edáfico son cruciales para la sostenibilidad de las generaciones presentes y futuras (Rodríguez *et al*, 2017). Los procesos

fotosintéticos que pasan en la tierra, producen residuos orgánicos que están alrededor de 155 billones de toneladas al año, de esta una parte mínima es aprovechada por el hombre y los animales, la otra parte es una fuente de contaminación ambiental para los ecosistemas, siendo el suelo afectado por la degradación, causando uno de los principales problemas que acarrea el mundo (Pérez *et al*., 2017).

La producción de azúcar ha disminuido por las afectaciones de un grupo de factores, entre los principales encontramos la degradación de los suelos, bajo aprovechamiento del potencial genético de los cultivares, incorrecto manejo de las plantaciones, pérdidas en cosecha y la afectación originada por plagas (Pérez *et al*., 2017). No obstante, uno de los retos del sector azucarero es la mejora de tecnologías alternativas para mejorar la fertilidad de los suelos y al mismo tiempo reducir los impactos ambientales que afectan al ecosistema (Sanclemente *et al*., 2015).

El significado de la calidad del suelo se define como la capacidad específica para funcionar dentro de los límites de un ecosistema, ya sea natural o alterado, para el sostén de la vida, la producción de plantas y animales como también el soporte de vivienda (Barrezueta *et al*., 2017).

La producción de caña necesita varios insumos y uno de estos son los fertilizantes nitrogenados, pero el mal uso y el exceso de los mismos incrementan los costos de producción, y son altamente contaminantes de los mantos freáticos, debido a los nitratos exponen que en este cultivo existen problemas como la disminución de la materia orgánica y la alta emisión de carbono, que es causada por la quema y la requema de residuos en el proceso de la cosecha en el periodo de zafra (Moreno-seceña *et al*., 2016). (Bustos & Curchod, 2018).

Como es bien conocido el contenido de materia orgánica del suelo es un indicador valioso para el mantenimiento e incremento de la fertilidad, física, química y biológica del suelo, incide directamente en la estabilidad de los agregados, mejorando la tasa de infiltración del agua y favorece la retención de humedad, lo cual es de vital importancia para el buen crecimiento y desarrollo del cultivo (Lopes *et al*., 2016).

Betancourt-Rodríguez *et al*., (2018) infieren que la mecanización agrícola, es una de las fuentes principales de suelos deteriorados, cuando se implementan técnicas inadecuadas. Las causas principales de la degradación son, la compactación que favorece la erosión hídrica, disminución de la infiltración del agua y de oxígeno por obstrucción de los poros del suelo, que aceleran la pérdida gradual de la MOS.

En Ecuador los mejores suelos para el cultivo de la caña de azúcar, están ubicados en ciertos sectores de las provincias del Guayas, Cañar y Manabí, por su grado de aptitud óptima. La provincia del Guayas posee la mayor cantidad de hectáreas de suelos idóneos para este cultivo, por las condiciones naturales, clima y relieve. También la provincia de Los Ríos posee un grado moderado para establecer caña, ya que las condiciones que presenta tiene ligeras limitaciones que pueden ser mejoradas con prácticas de manejo adecuadas (MAG, 2016b). Figura 4.

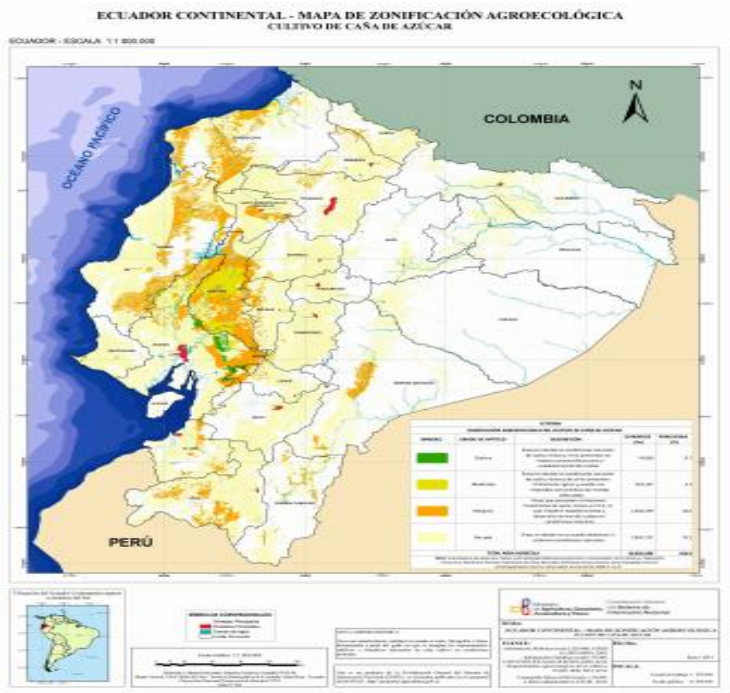


Figura 4. *Mapa de zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar en Ecuador*

Fuente: (MAG, 2016b)

Un suelo para el cultivo de la caña de azúcar debe reunir ciertas características, en lo que respecta al pH el mejor rango se encuentra entre 6,5 y 7,2; la materia orgánica de 3 a 5 %, en

cuanto al fósforo > 20 ppm, los valores más apropiados para el potasio > 0,6 Meq/100 g, con respecto al calcio y el magnesio los contenidos son: Ca > 3 Meq/100g y el Mg > 1,5 Meq/100g. Estos valores son excelentes para tener un buen manejo nutricional del cultivo (Sanchez & Forero, 2016). Tabla 2

Tabla 2. *Condiciones de suelo para el cultivo de caña de azúcar*

Concepto	Excelente	Bueno	Regular	Inadecuado
pH	6,5 – 7,2	5,5 – 6,5	4,5 – 5,5	>7,2 - 4,5
	Alto	Medio	Bajo	
Materia orgánica (%)	5 % o más	3 – 5%	< 3%	
Fósforo (ppm)	>20	10 – 20	< 10	
Potasio (Meq/100 g)	>0,6	0,3 – 0,6	< 0,3	
Calcio (Ca) Meq/100g	>3,0	1,5 – 3,0	< 1,5	
Magnesio Meq/100g	>1,5	0,5 – 1,5	< 0,5	

Fuente: (Sanchez & Forero, 2016)

2.6. Nutrición

Pérez Iglesias *et al*, (2015) mencionan que los elementos esenciales para la nutrición de las plantas son 16. De ellos, tres: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) forman casi el 95% de la planta, estos derivan del agua y del aire. Estos tres actúan en la fotosíntesis. Los otros elementos restantes son 13 y se clasifican en primarios Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), secundarios Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y microelementos Boro (B), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn). Tabla 3

Si un elemento está formando parte de los tejidos de la planta no es un hecho que resulte esencial, pues para esto se debe cumplir estos tres requerimientos: el nutrimento debe participar directamente en el metabolismo de la planta, si presenta bajo contenido surgirán irregularidades o síntoma definidos, de no estar el elemento en cuestión en la solución de suelo, la planta no terminará su ciclo vegetativo o reproductivo. El Ca, Mg y el S se denominan secundarios porque sus insuficiencias son frecuentemente menores que la de los nutrimentos primarios (NPK), por lo cual se usan menos como fertilizantes (Pérez Iglesias *et al*., 2015).

Según Castillo *et al*, (2015) exponen que el fósforo (P) en el cultivo de la caña de azúcar, es de vital importancia para la síntesis y almacenamiento de azucares, siendo el responsable además, de aumentar el número de entrenudos y con ello el rendimiento agrícola. Pero en los suelos tropicales donde existen grandes cantidades de óxido de hierro y aluminio, hay una gran fijación de P por estos minerales, lo que trae como consecuencia que no esté disponible para las plantas, convirtiéndose en un factor limitante del normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

Tabla 3. *Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas*

Elementos o materiales	**Símbolo o fórmula**	**kg ha-1**
Suministrado por el aire y el agua		
Hidrógeno (agua)	H2O	2 - 6 millones
Oxígeno (aire)	O2	5 000 – 8 000
Carbono (dióxido de carbono)	CO2	15 000 – 25 000
Elementos primarios (Suministrados por el suelo y los fertilizantes)		
Nitrógeno	N	20 - 300
Fósforo	P	20 - 100
Potasio	K	20 - 400
Elementos secundarios (Suministrados por el suelo, fertilizantes o enmiendas)		
Calcio	Ca	20 - 400
Magnesio	Mg	20 - 100
Azufre	S	10 - 100
Microelementos (Suministrados por el suelo y los fertilizantes)		
Cloro	Cl	5 - 20
Hierro	Fe	1 - 5
Manganeso	Mn	0,5 - 5
Boro	B	0,2 - 2
Zinc	Zn	0,3 - 3
Cobre	Cu	0,2 - 2
Molibdeno	Mo	0,01 – 0,1

Fuente: (Pérez Iglesias et al., 2015)

2.7. Cultivares

2.7.1. ECU-01

De acuerdo con CINCAE, (2007) a través de sus ensayos en campo nos hace referencia que este cultivar posee las siguientes características.

- **Origen:** Ecuador
- **Progenitores:** SP81-6215 x SP80-1816
- **Altura del tallo:** 3.07 a 3.93 m
- **Alineación en zigzag:** Muy débil
- **Forma del entrenudo:** Conoidal con presencia de cera
- **Longitud del entrenudo:** Largo, entre 16.4 y 21.2 cm
- **Yema:** Redonda
- **Color de hoja:** Verde intenso
- **Longitud de la hoja:** Mediana, entre 1.56 y 1.95 m.
- **Ancho de la hoja:** Entre 5.67 y 6.99 cm.
- **Aurícula:** Forma deltoides
- **Vaina:** Color verde
- **Germinación:** Buena (>70%)
- **Población:** Entre 10 y 12 tallos por metro lineal
- **Floración:** Muy escasa (0 – 3%)
- **Producción (t de caña/ha):** 98.2
- **Producción de azúcar (t de azúcar/ha):** 9.1
- **Plagas:** Tolerante al saltahojas (Perkinsiella saccharicida) y al barrenador de tallo (Diatraea saccharalis)
- **Suelos:** Francos arenosos, francos arcillosos y francos limosos.

En la Figura 5 se puede apreciar las características que mostraba la hoja, la vaina y el tallo, este cultivar a los 12 meses de edad, en la parcela experimental donde se realizó este estudio

Figura 5. *Cultivar ECU-01 a los 12 meses de edad*

Fuente: Propio del autor.

2.7.2. C 87-51

Bernal, (1997) expone que este cultivar presenta las siguientes características.

- **Origen:** Cuba
- **Progenitores:** Co281 x POJ2878
- **Tallo:** Morado con visos amarillentos, de 2.72 cm de diámetro y 286 cm de altura.
- **Entrenudo:** Tiene forma cilíndrica, 12.5 cm de longitud, presenta una abundante banda cerosa y rajaduras de crecimiento largas y profundas.
- **Yema:** Obovada y en ocasiones ovada separadas ligeramente de la cicatriz foliar, a veces toca el anillo del crecimiento.
- **Follaje:** Posee un limbo de color verde intenso de 155 cm de longitud por 5 cm de ancho, dewlap triangular de color morado verdoso, la forma de la lígula es en media luna, pocas espinas en su vaina.
- **Comportamiento Productivo:** Buena germinación, habito de crecimiento erecto, cierre de campo tardío, buen despaje, solo florece en un bajo porcentaje en zonas localizadas, tiene buen retoñamiento, población de 12 a 14 tallos molibles por metro, su contenido en fibra es de 13.5 a 14.5 %. Tiene buena adaptación a suelos oscuros y

pardos (Vertisols y Cambisols), este cultivar bien manejado da excelentes resultados en su producción agrícola y contenido azucarero.

- **Plagas y enfermedades:** Resistente al VMCA (virus del mosaico de la caña de azúcar), a la roya (Puccinia melanocephala H. y P.), a la gomosis (Xanthomonas albilineans D.) reacción intermedia al carbón (Ustilago scitaminea S.), a la pudrición roja (Colletrotrichum falcatum W.) y es susceptible a la mancha de ojo (Helminthosporium sacchari B.)
- **Distribución porcentual:** El 1 % en los ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez (Vecilla, 2016).

En la Figura 6 se puede apreciar las características que mostraba la hoja, la vaina y el tallo, este cultivar a los 12 meses de edad, en la parcela experimental donde se realizó este estudio.

Figura 6. *Cultivar C 87-51 a los 12 meses de edad*

Fuente: Propio del autor.

2.7.3. Ragnar

Este cultivar tiene las siguientes características de acuerdo con (Armas & Velzaco, 2012) citado por (Vecilla, 2016).

- **Origen:** Australia
- **Progenitores:** Co 270 x 33MQ371
- **Distribución porcentual:** Cañicultores el 37 % y el 7 % en los ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez
- **Porcentaje de germinación:** Bueno hasta un 65 %
- **Altura del tallo:** Hasta 3,5 m promedio
- **Macollamiento:** Bueno Tallos por metro lineal: De 10-12
- **Diámetro del canuto:** De 2,6-3,5 cm
- **Calidad de los jugos:** Buena
- **Aspectos fitosanitarios:** Tolerante al carbón de la caña de azúcar, resistente a la roya y escaldadura foliar, susceptible al raquitismo de los retoños.

En la Figura 7 se puede apreciar las características que mostraba la hoja, la vaina y el tallo, este cultivar a los 12 meses de edad, en la parcela experimental donde se realizó este estudio.

Figura 7. *Cultivar Ragnar a los 12 meses de edad*

Fuente: Propio del autor.

2.8. Madurez

Salgado *et al*, (2013) infieren que un buen tamaño y desarrollo de las cañas no quiere decir que estas estén maduras, esto se establece por medio de los análisis en el laboratorio de campo, en donde se determina la madurez de los cultivares y momento de corte óptimo. Un tallo molible está compuesto por agua, fibra y solidos totales. Estos últimos a su vez se integran por la sacarosa, que es un azúcar cristalizable. La suma de todos estos porcentajes debe de ser 100 en cualquier muestra moledera de caña, sin importar el cultivar, ciclo o la edad.

El comportamiento fisiológico de la planta durante su fase de maduración tiene cambios en la proporción de sus componentes, los mismos que se aprovechan para la determinación del estado de madurez, el laboratorio azucarero juega un papel crucial en el seguimiento de la madurez. Los principales indicadores son: 12.5 % de sacarosa, grados Brix de 18 a 22 %, pureza de 79 a 89 %, fibra de 11 a 15 % y el menor porcentaje de azucares reductores. Los ingenios para esto realizan una serie de muestreos (Salgado et al., 2013).

2.9. Grados Brix

Según Yánez, (2019) los valores de °Brix son una medida del contenido de sólidos solubles de una solución, en jugos de frutas y vegetales los azúcares son el sólido soluble más abundante, los sólidos solubles y los niveles de ºBrix pueden tomarse en el campo para su medición de manera segura, utilizando refractómetros portátiles, un jugo de buena calidad se caracteriza por contener 12,5% de sacarosa, 18 a 22 °Brix, 79% a 89% de pureza, menos de 1% de azúcares reductores (Salgado-García et al., 2016). Jiménez, (2018) menciona que los grados Brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido, una solución de 25 °Brix tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido en otras palabras existen 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización de estudio

Esta investigación se realizó en la Granja Experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), situada en la avenida Panamericana kilómetro 5,5 Machala - Pasaje, cantón El Cambio, ciudad Machala, provincia de El Oro-Ecuador. (Figura 8)

Figura 8. *Plano de la Granja Santa Inés*

Fuente: Originario del Autor

3.1.2. Ubicación Geográfica

- Longitud: 79°54’05´´ W
- Latitud: 03°17’16’’S
- Altitud: 6 msnm
- UTM (Universal Transverse de Mercator) 620746 Este y 9636196 Sur
- Datum: WGS 84 (World Geodetic System 1984)
- Zona: 17 Sur

3.1.3. Clima y Ecología

Con respecto al clima y ecología de las zonas de vida de Holdridge de acuerdo al mapa ecológico del país, en el lugar de la investigación responde a las siguientes condiciones climáticas; 2 a 3 horas luz al día, temperatura 24 a 25 °C, precipitación anual de 400 a 500 mm, catalogado como bosque muy seco – Tropical (bms – T) de acuerdo con (Ochoa, 2018), citado por (Quezada, 2019). De acuerdo con las investigaciones de Villaseñor *et al*., (2015) el tipo de suelo en la Granja Santa Inés es un inceptisol y presenta un buen drenaje.

3.1.4. Equipos, Materiales.

3.1.4.1. Cultivo

- Parcela con diferentes cultivares de caña de Azúcar

3.1.4.2. Cultivares seleccionados para realizar la investigación

- ECU-01
- C87-51
- Ragnar

3.1.4.3. Determinación de los grados Brix

- Refractómetro de mano
- Cala

3.1.4.4. Mediciones en Planta

- Escalera
- Regla de madera graduada 2m de largo
- Calibrador (Pie de rey)
- Regla 30 cm metálica
- Cinta métrica 5 m

3.1.4.5. Medición en cosecha

- Balanza digital Camry 30 Kg

3.1.4.6. Software

- ArcGis 10,5
- IBM SPSS Statistics 22
- Mendeley

3.1.4.7. Otros

- Etiquetas (nombre de cultivares)
- Piola gruesa
- Herramientas de campo (Machete, navaja)
- Exprimidor de metal
- Libreta de campo
- Hoja de datos
- Cámara Fotográfica
- Computadora portátil

3.2. Métodos

3.2.1. Metodología

Se realizó un análisis de tipo observacional a 3 cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C87-51 y Ragnar) en distintos meses de edad, la primera medición se realizó cuando la caña de plantilla tenía 18 meses, se precedió a tomar los primeros datos a 5 cañas como referencia, posteriormente se realizó el primer corte, por lo que el resto del estudio se realizó en soca I. Las mediciones siguientes se realizaron a partir del 8vo, 9no, 10mo, 11vo y 12vo mes; sobre 10 cañas homogéneas, seleccionadas al azar y marcadas, para realizar las mediciones de largo del entrenudo medio, diámetro y altura del tallo, largo y ancho de la hoja. Para la determinación de los °brix, se utilizaron 5 cañas homogéneas al azar.

3.2.2. Variables Analizadas

Los objetivos propuestos deben de cumplir ciertas variables para determinar y finalizar la investigación, a continuación, se mencionan:

- Largo del entrenudo en la parte media del tallo (cm).
- Diámetro del entrenudo en la parte media del tallo (mm).
- Largo de la hoja+ 1 o del primer dewlap visible (m).
- Ancho de la hoja + 1 o del primer dewlap visible (cm).
- Altura del tallo desde la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible (m).
- Medición de °brix de la parte inferior y superior del tallo.
- Conteo poblacional de tallos molibles y floración.
- Peso de los tallos (kg).

3.2.3. Medición de Variables

3.2.3.1. Largo del entrenudo

Tomamos la parte media del tallo en las 10 cañas marcadas en cada una de los cultivares, con una regla metálica pequeña de 30 cm, tomamos los datos y lo expresamos en cm para los siguientes meses establecidos.

3.2.3.2. Diámetro del entrenudo

Para la medición del diámetro del entrenudo se tomó de la parte central del tallo a las 10 cañas marcadas para cada cultivar con la ayuda de un calibrador o pie de rey tomando la parte central del entrenudo y los datos lo expresamos en mm para los posteriores meses planteados.

3.2.3.3. Largo de la hoja

Para la medición del largo de la hoja se tomaron en 10 cañas en cada cultivar, pero estas no eran las marcadas, como estas eran muy altas se utilizó una escalera para poder bajar la hoja + 1 o del primer dewlap visible y con la ayuda de la cinta métrica se tomaron los datos desde la aurícula hasta la punta, los datos lo expresamos en m para cada uno de los meses ya programados.

3.2.3.4. Ancho de la hoja

Tomamos los datos de 10 cañas a cada uno de los cultivares, estas cañas no eran marcadas, se bajaba la hoja + 1 o del primer dewlap visible con la ayuda de una escalera y con la regla metálica de 30cm se tomaba el dato en la parte media de la hoja y los datos lo expresamos en cm para cada uno de los meses ya establecidos.

3.2.3.5. Altura del tallo

Para la altura del tallo se tomó de las 10 cañas marcadas a cada uno de los cultivares, se utilizó la regla de madera graduada en 2m desde la superficie del suelo hasta la hoja + 1 o del primer dewlap visible y a medida que las cañas pasaban este valor se tomaba hasta cierto punto y se alzaba la regla y con esto teníamos el dato que lo expresamos en m para cada uno de los meses ya planteados.

3.2.3.6. Grados brix superior e inferior

Para la medición de los °brix no se tomaban de las cañas marcadas y en esta medición no se utilizaron 10 cañas si no que el número de cañas fue de 5 para cada uno de los cultivares, eran las cañas de la misma parcela con la misma edad, para este dato se utilizó el refractómetro de mano y una cala para pinchar la caña para extraer el jugo en la parte superior como en el inferior, pinchamos el entrenudo más cerca al cogollo este era el superior y el inferior era el entrenudo más cerca de la superficie del suelo, a medida que la caña crecía se utilizaba la escalera para llegar al punto más alto.

3.2.3.7. Conteo poblacional

El conteo poblacional se realizó en el último mes del trabajo de campo (noviembre de 2019) para cada uno de los cultivares, se contaron los tallos molibles y el número de flores. El área de cada unidad experimental es fue 10.5 m^2. Estos datos se utilizaron para calcular el número de tallos molibles/ha y porcentaje de floración.

3.2.3.8. Peso de los tallos

Se cortaron las 10 cañas marcadas de cada cultivar a los 12 meses de edad (noviembre) y se registró el peso con la ayuda de una balanza digital, con este dato y el área de la unidad experimental se estimó la producción de caña en t/ha de los tres cultivares evaluados.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros agronómicos del cultivo de caña de azúcar

4.1.1. Largo de la hoja

El análisis estadístico (ANOVA) de un factor realizado al largo de la hoja +1, de los tres cultivares de caña de azúcar, detectó diferencias significativas entre cultivares (Tabla 4).

Tabla 4. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo de la hoja por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,350	2	0,175	5,957	0,003
Dentro de grupos	4,754	162	0,029		
Total	5,104	164			

El cultivar Ragnar y la C 87-51 no presentan diferencia estadística en el largo de la hoja +1 con valores de 1,77 m y 1,76 m respectivamente, sin embargo, el largo de hoja de estos dos cultivares es significativamente superior a la ECU-01 (1,67 m). Gráfico 1. El CINCAE, (2007) reporta un largo de la hoja del cultivar ECU-01, entre 1,56 y 1,95 m. En Cuba, se reporta para el cultivar C 87-51, una hoja de 1,55 m de largo a los 12 meses de edad (Bernal et al., 1997).

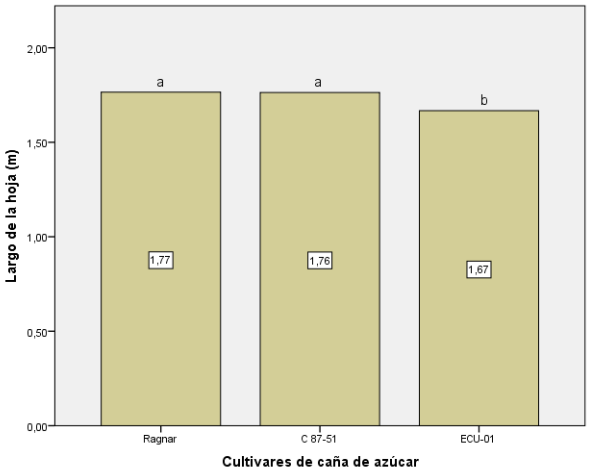


Gráfico 1. *Largo de la hoja +1 de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

La prueba de efectos inter-sujetos, largo de la hoja +1 a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses no se encontró diferencia estadística (Tabla 5).

Tabla 5. *Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo de la hoja +1 de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Largo de la hoja (m)

Fuentes de variación	**Tipo III de suma de cuadrados**	**gl**	**Cuadrático promedio**	**F**	**Sig.**
Modelo corregido	2,264[a]	17	0,133	6,893	0,000
Interceptación	469,056	1	469,056	24279,901	0,000
Cultivar	0,319	2	0,160	8,257	0,000
Meses	1,823	5	0,365	18,876	0,000
Cultivar * Meses	0,091	10	0,009	0,470	0,907
Error	2,840	147	0,019		
Total	500,075	165			
Total corregido	5,104	164			

a. R al cuadrado = ,444 (R al cuadrado ajustada = ,379)

El largo de la hoja +1 de los tres cultivares de caña de azúcar, muestra que existe una diferencia alta de la ECU-01 con las demás, ya que la hoja de este cultivar es más pequeña en cada uno de los meses en que se registró este parámetro; mientras el largo de la hoja de la Ragnar y la C 87-51 es bastante similar y no presenta diferencia entre ellas hasta los 12 meses, sin embargo, cuando la edad alcanza los 18 meses existe un incremento notable en el cultivar Ragnar (1,91 m) seguido por C 87-51 (1,89 m) y la ECU-01 (1,82 m) Gráfico 2.

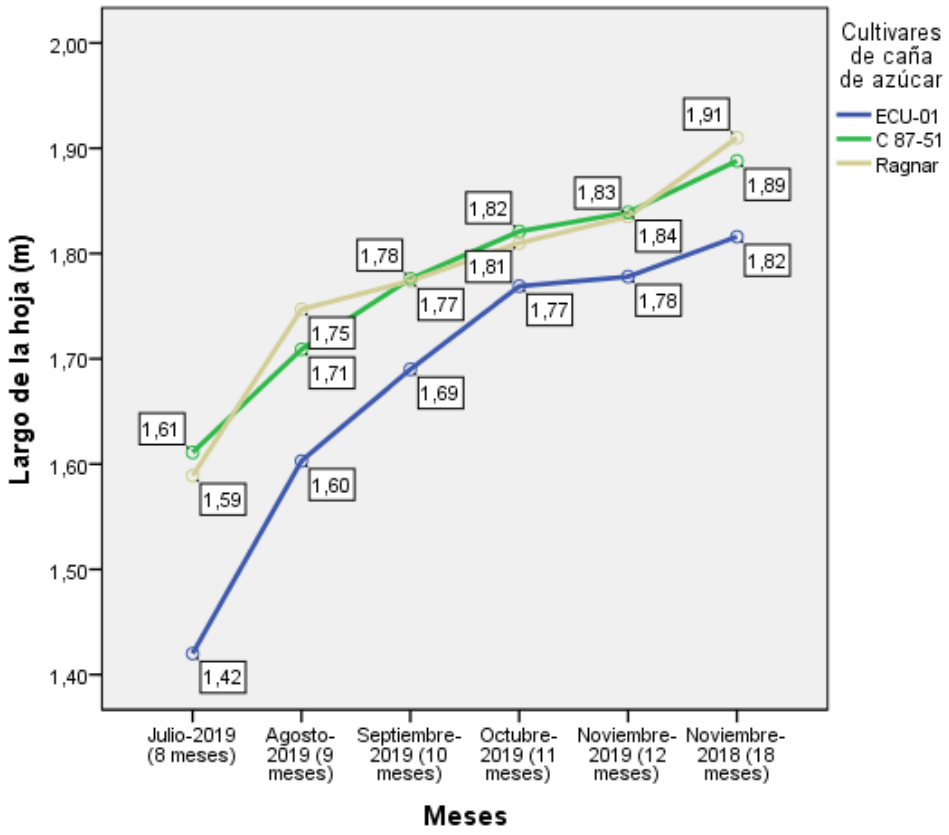


Gráfico 2. *Largo de la hoja (m) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

Como se puede apreciar en el Grafico 2, a medida que aumenta la edad de la planta se incrementa el largo de la hoja +1. Este incremento es más notable en los meses en que la planta es más joven, porque la caña está en pleno crecimiento, pero según avanza la edad, el incremento en el largo de la hoja se reduce, lo indica que la caña se aproxima a la fase de madurez y muy pronto estará lista para ser cosechada; de no efectuarse la cosecha la planta entrará de nuevo en crecimiento incrementándose el largo de la hoja, como se observa que ocurre a los 18 meses de edad.

4.1.2. Ancho de la hoja

El análisis estadístico (ANOVA) de un factor realizado al ancho de la hoja +1, de los tres cultivares de caña de azúcar, detectó diferencias significativas entre cultivares (Tabla 6).

Tabla 6. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable ancho de la hoja +1 por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	71,182	2	35,591	57,958	0,000
Dentro de grupos	99,481	162	0,614		
Total	170,663	164			

No existe diferencia estadística en el ancho de la hoja +1 de la ECU-01 (6,1 cm) y C 87-51 (6,0 cm), sin embargo, estos dos cultivares presentan diferencia estadísticamente superior a la Ragnar (4,7 cm). Gráfico 3. El CINCAE, (2007) reporta un ancho de la hoja del cultivar ECU-01 entre 5,67 y 6,99 cm. En las condiciones de Cuba la hoja +1 del cultivar C 87-51 tiene un ancho de 5 cm (Bernal et al., 1997).

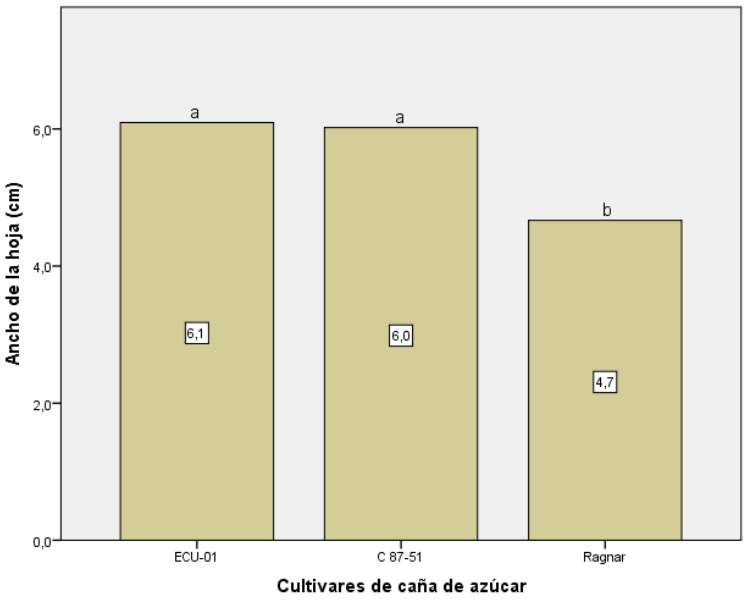


Gráfico 3*. Ancho de la hoja de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

La prueba de efectos inter-sujetos, ancho de la hoja +1 a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses no se encontró diferencia estadística (Tabla 7).

Tabla 7. *Pruebas de efectos inter-sujetos en el ancho de la hoja de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ancho de la hoja (cm)

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	139,565[a]	17	8,210	38,807	0,000
Interceptación	4967,895	1	4967,895	23483,201	0,000
Cultivar	69,712	2	34,856	164,763	0,000
Meses	64,641	5	12,928	61,111	0,000
Cultivar * Meses	3,742	10	0,374	1,769	0,071
Error	31,098	147	0,212		
Total	5332,750	165			
Total corregido	170,663	164			

a. R al cuadrado = ,818 (R al cuadrado ajustada = ,797)

El ancho de la hoja +1 de los tres cultivares de caña de azúcar, muestra que existe una diferencia alta de la Ragnar con las demás, ya que la hoja de este cultivar es más estrecha en cada uno de los meses en que se registró este parámetro; mientras los valores del ancho de la hoja, en cada mes, de la C 87-51 y la ECU-01 son similares y significativamente más altos que los valores del ancho de la hoja de la Ragnar, los cuales se incrementan con el aumento de la edad de la planta hasta los 18 meses (Grafico 4).

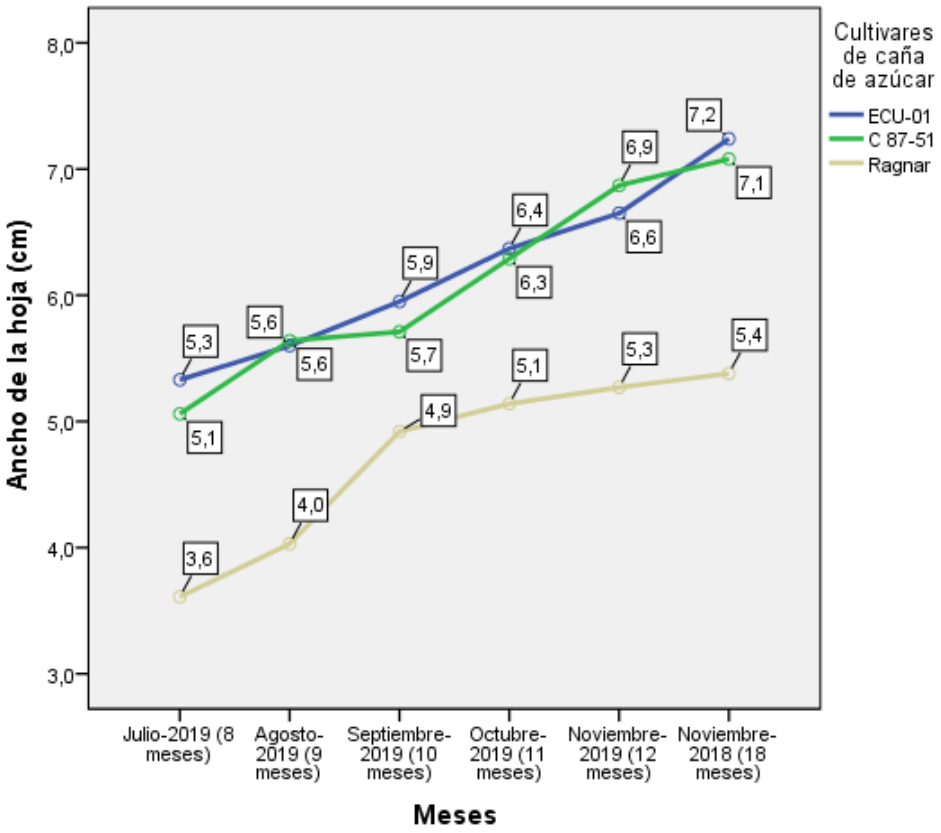


Gráfico 4. *Ancho de la hoja +1 (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

La C 87-51 presenta el mayor largo y ancho de la hoja +1 a los 12 meses de edad, con respecto a la Ragnar y la EC-01 (Tabla 8). La determinación del largo y ancho de la hoja +1 de la caña de azúcar, es un indicador valioso para estimar la productividad de los cultivares ya que, a mayor largo y ancho de la hoja, mayor será la actividad fotosintética, lo que puede equivaler a un potencial productivo más alto, siempre que el manejo agronómico del cultivo sea de calidad.

Tabla 8. *Largo y ancho de la hoja +1 de los tres cultivares estudiados*

Cultivar	Largo de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (Cm)
C 87-51	1,84	6,9
Ragnar	1,83	5,3
EC-01	1,78	6,6

4.1.3. Largo del entrenudo

El análisis estadístico de un factor (ANOVA) realizado a las mediciones del largo del entrenudo, detectó diferencia altamente significativa entre los tres cultivares de caña de azúcar estudiados (Tabla 9).

Tabla 9. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo del entrenudo por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	523,235	2	261,618	45,204	0,000
Dentro de grupos	937,563	162	5,787		
Total	1460,798	164			

Con respecto al largo del entrenudo por cultivares, se observa que no existe diferencia estadística entre ECU-01 (16,9) y C 87-51 (17,2) sin embargo estos dos cultivares presentan diferencias estadísticamente superiores a la Ragnar (13,3). Gráfico 5. El CINCAE, (2007) reporta un largo de entrenudo de la ECU-01 entre 16,4 y 21,2 cm. En el cultivar C 87-51 (Bernal et al., 1997) obtuvo un largo de entrenudo de 12,5 cm para las condiciones de Cuba a los 12 meses de edad. Como se puede apreciar, los valores del largo del entrenudo de los tres cultivares, objeto de estudio en nuestra investigación, son similares a los reportados por los investigadores mencionados anteriormente.

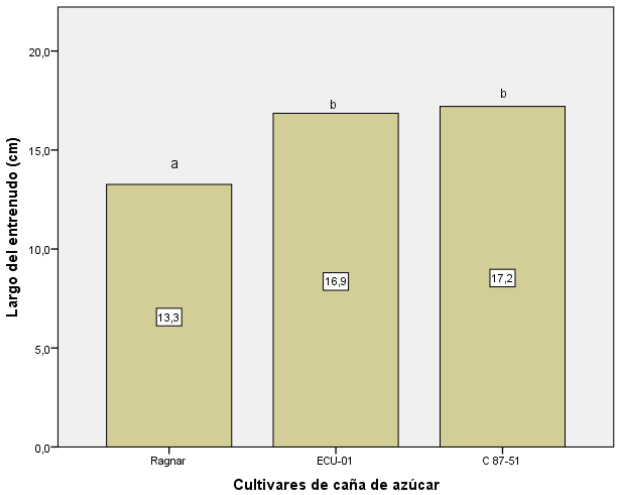


Gráfico 5. *Largo del entrenudo (cm) de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

En la prueba de efectos inter-sujetos realizada al largo del entrenudo a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses no se encontró diferencia estadística (Tabla 10).

Tabla 10. *Prueba de efectos inter-sujetos en el largo del entrenudo de tres cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Largo del entrenudo (cm)

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	966,427[a]	17	56,849	16,904	0,000
Interceptación	40271,646	1	40271,646	11974,675	0,000
Cultivar	499,504	2	249,752	74,263	0,000
Meses	412,916	5	82,583	24,556	0,000
Cultivar * Meses	30,276	10	3,028	0,900	0,535
Error	494,371	147	3,363		
Total	42515,630	165			
Total corregido	1460,798	164			

a. R al cuadrado = ,662 (R al cuadrado ajustada = ,622)

En todos los meses la C 87-51 posee el mayor largo del entrenudo el cual está entre 15,8 cm (a los 8 meses) y 23,5 cm a los 18 meses; seguida por la ECU-01 que presenta un largo del entrenudo de 15,5 a 19,9 cm de los 8 a los 18 meses; mientras la Ragnar alcanza el largo con valores de 11,7 a 17,7 cm de los 8 los 18 meses (Grafico 6).

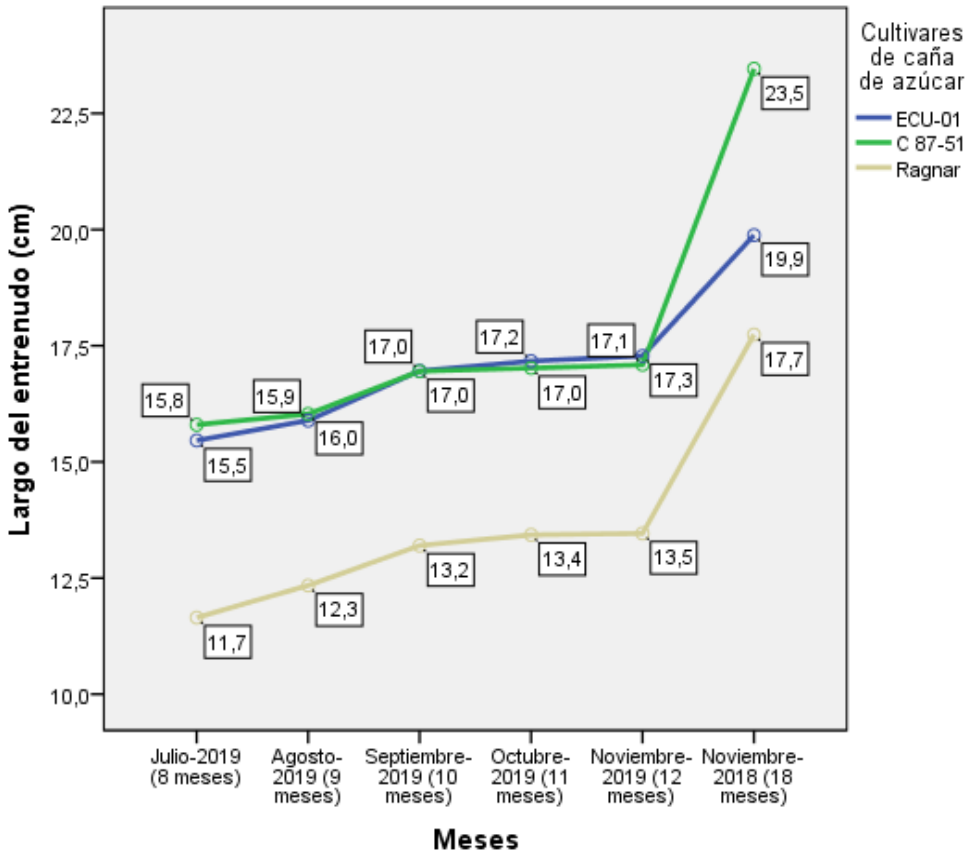


Gráfico 6. *Largo del entrenudo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

4.1.4. Diámetro del tallo

El análisis estadístico de un factor (ANOVA) realizado a las mediciones del diámetro del tallo, detectó diferencia altamente significativa entre los tres cultivares de caña de azúcar estudiados (Tabla 11).

Tabla 11. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable diámetro del tallo por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,893	2	1,947	14,519	0,000
Dentro de grupos	21,720	162	0,134		
Total	**25,614**	**164**			

La Ragnar con 2,8 cm de diámetro presenta el mayor grosor del tallo, seguido por ECU-01 con 2,6 cm; el menor grosor lo presentó la C 87-51 con 2,4 cm (Gráfico 7). Vecilla, (2016) reporta para el cultivar Ragnar un diámetro entre 2,6 y 3,5 cm. El cultivar ECU-01, según el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE, 2007) tiene un diámetro medio de 2,55 a 3,26 cm; mientras la C 87-51 a los 12 meses de edad, para las condiciones de Cuba, presenta tallos con un diámetro de 2,72 cm (Bernal et al., 1997). Como se puede apreciar, los valores del diámetro del tallo de los tres cultivares, objeto de estudio en nuestra investigación, son similares a los reportados por los investigadores mencionados anteriormente.

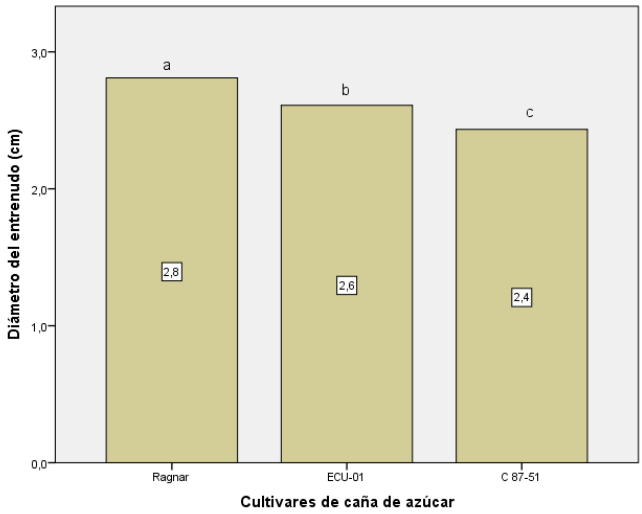


Gráfico 7. *Diámetro del tallo de caña (cm) de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

En la prueba de efectos inter-sujetos realizada al diámetro del tallo a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses no se encontró diferencia estadística (Tabla 12).

Tabla 12. *Prueba de efectos inter-sujetos en el diámetro del tallo de tres cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Diámetro del entrenudo (cm)

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	6,457[a]	17	0,380	2,915	0,000
Interceptación	1079,296	1	1079,296	8282,081	0,000
Cultivar	3,802	2	1,901	14,587	0,000
Meses	2,235	5	0,447	3,431	0,006
Cultivar * Meses	0,328	10	0,033	0,252	0,990
Error	19,157	147	0,130		
Total	1156,616	165			
Total corregido	25,614	164			

a. R al cuadrado = ,252 (R al cuadrado ajustada = ,166)

En todos los meses la Ragnar posee el mayor diámetro del tallo el cual está entre 2,7 cm (a los 8 meses) y 3,1 cm a los 18 meses; seguida por la ECU-01 que presenta un diámetro de 2,5 a 3,1 cm de los 8 a los 18 meses; mientras la C 87-51 alcanza el menor grosor con valores de 2,3 a 2,6 cm de los 8 los 18 meses (Grafico 8).

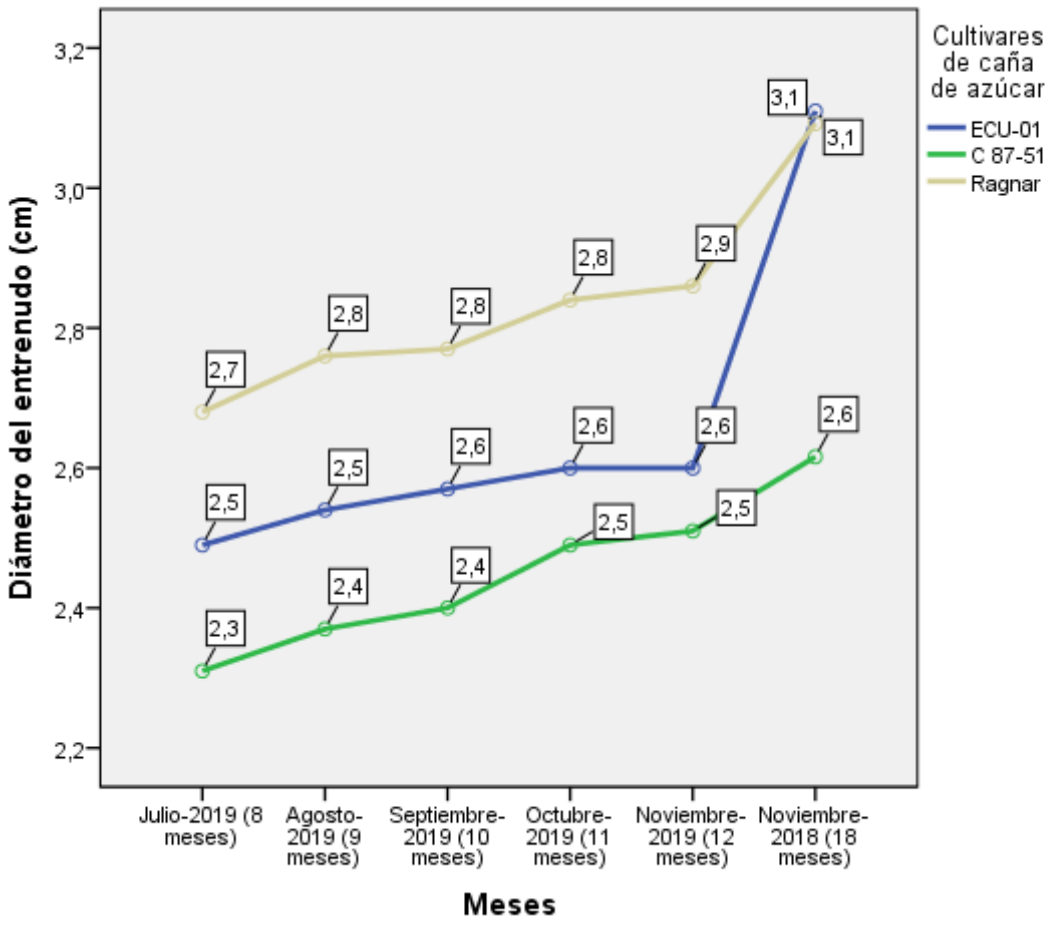


Gráfico 8. *Diámetro del tallo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

Como se puede apreciar en el Grafico 8 a medida que se aproxima a los 8 meses de edad se aprecia en los tres cultivares una disminución del diámetro del tallo, lo que indica que la caña está entrando en la fase de maduración, punto en que se detiene el crecimiento vegetativo y momento en que se produce la mayor acumulación de sacarosa en el tallo de caña, es decir está lista para la cosecha. Julio es el mes que se inicia la zafra en Ecuador porque disminuye la lluvia y las temperaturas son más frescas, lo que favorece la madurez de la caña.

4.1.5. Largo del tallo

El análisis estadístico de un factor (ANOVA) realizado a las mediciones de largo del tallo, detectó diferencia significativa entre los tres cultivares de caña de azúcar estudiados (Tabla 13).

Tabla 13. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable largo del tallo por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,942	2	0,471	2,525	0,083
Dentro de grupos	30,208	162	0,186		
Total	31,149	164			

Con respecto al largo del tallo la C 87-51 presenta los tallos más altos (2,90 m), seguido por la ECU-01 (2,87 m), sin diferencia estadística entre ellos. Estos dos cultivares difieren estadísticamente de forma superior a la Ragnar (2,73 m). Gráfico 9. Según Bernal *et al*, (1997) el tallo del cultivar C 87-51 es de 2,86 m de alto y el tallo del cultivar ECU-01 tiene una altura que va desde los 3,07 a 3,93 m (CINCAE, 2007); mientras el tallo del cultivar de origen australiano Ragnar mide 3,5 m de altura. (Vecilla, 2016)

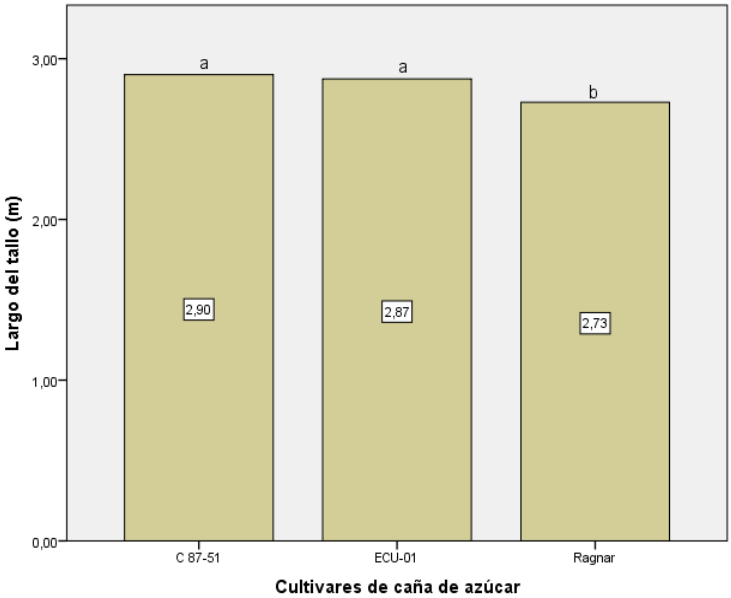


Gráfico 9. *Largo del tallo de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

En la prueba de efectos inter-sujetos realizada al largo del tallo a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses no se encontró diferencia estadística (Tabla 14).

Tabla 14. *Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo del tallo de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Largo del tallo (m)

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	20,206[a]	17	1,189	15,967	0,000
Interceptación	1301,623	1	1301,623	17484,888	0,000
Cultivar	1,461	2	0,731	9,814	0,000
Meses	17,050	5	3,410	45,807	0,000
Cultivar * Meses	2,215	10	0,221	2,975	0,002
Error	10,943	147	0,074		
Total	1356,923	165			
Total corregido	31,149	164			

a. R al cuadrado = ,649 (R al cuadrado ajustada = ,608)

El largo del tallo desde la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible de la hoja +1, presenta un incremento desde los 8 y hasta los 12 meses de edad, este incremento de crecimiento es más notable hasta los 11 meses de edad de la caña y menos pronunciado de los 11 a los 12 meses de edad, debido a que la caña está entrando en la fase de madurez y el crecimiento prácticamente se detiene para acumular sacarosa (Grafico 10).

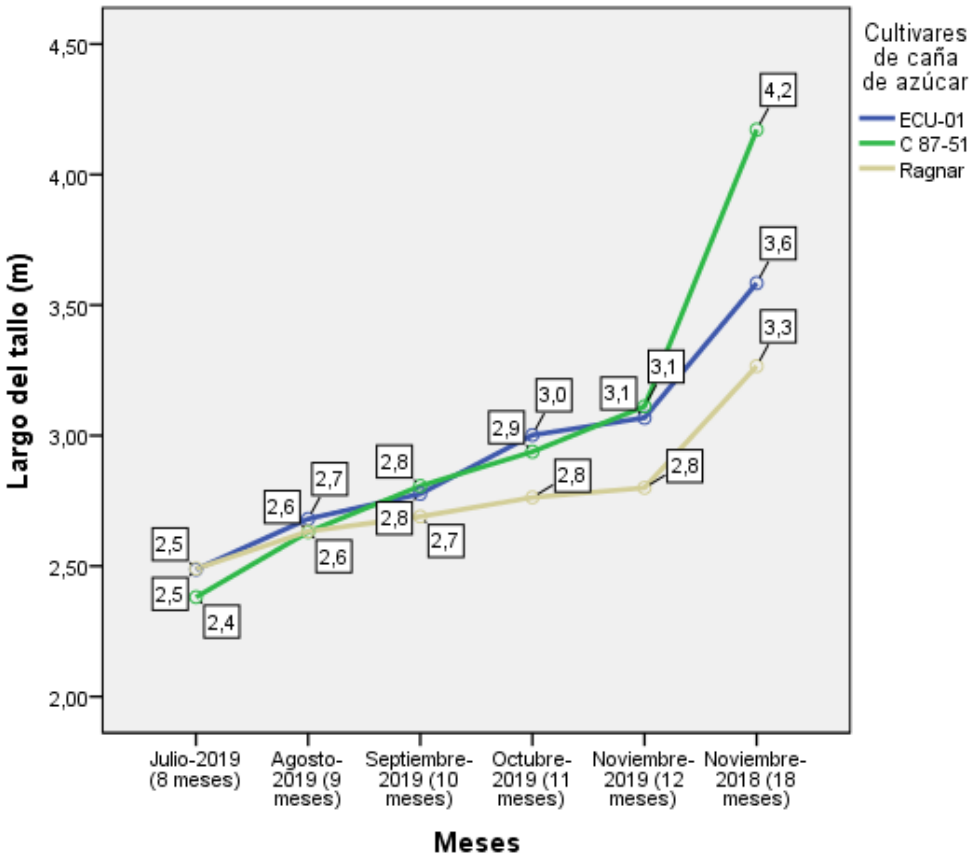


***Gráfico 10**. Largo del tallo (m) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

En los meses julio-agosto-septiembre el crecimiento del tallo de los 3 cultivares es similar y no se muestra diferencia significativa, a partir de septiembre se aprecia un menor crecimiento de la Ragnar, existiendo diferencia significativa con la C 87-51 y la EC-01, las cuales presentan a los 12 meses 0.30 m más de altura que la Ragnar. Sin embargo, cuando la edad de la caña alcanza los 18 meses, existe un crecimiento notable en cada uno de los cultivares que difiere significativamente, la C 87-51 presenta el tallo más alto (4,2 m) seguido de la ECU-01 (3,6 m) y por último la Ragnar muestra los tallos más pequeños con sólo 3,3 m de largo (Gráfico 10).

Estos tallos de mayor altura de la C 87-51 y la EC-01 guarda una estrecha relación con el área foliar, como se mostró anteriormente en la Tabla 8, ya que estos cultivares tienen la posibilidad de desarrollar una actividad fotosintética más alta.

4.1.6. Floración

El rendimiento de azúcar y la producción de caña son las características de mayor importancia para efectuar la siembra de cultivares en distintas partes del mundo, debido a que la producción total de azúcar depende fundamentalmente de estas características (CINCAE, 2012).

Gómez, (2015) menciona que la floración es parte de la fenología del cultivo, esta etapa genera gran controversia entre genetistas y productores, para los genetistas tener una abundante floración es bueno, puesto que significa un caracter efectivo para superar deficiencias del cultivo, a través de la reconstrucción del material genético, sin embargo, para los productores, la floración conlleva perdidas notables en producción. Las consecuencias y efectos de la floración en la parte comercial son negativas, ya que la productividad agrícola se ve afectada y limitada, la planta deja de crecer y junto con esto pierde tonelaje potencial, también afecta a la calidad de la materia prima por que aumenta el contenido de fibra en entrenudos superiores, disminuye en los tallos la concentración de la sacarosa y el azúcar recuperable en la fábrica es menor (Chaves, 2017).

Como se puede observar la Tabla 15 el porcentaje de floración de los tres cultivares evaluados es de muy bajo a nulo. La ECU-01 es la única que presenta floración con un 1,36 % a los 12 meses de edad; mientras las otras dos, C87-51 y Ragnar no presentaron síntomas de floración. CINCAE, (2012) reporta que niveles altos de precipitación, junto con una heliofanía alta en los cuatro primeros meses antes de la inducción de la panícula, influye en el aumento del porcentaje de floración de la caña de azúcar.

Tabla 15. *Porcentaje de floración de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Cultivares	Densidad/ha	Porcentaje (%)
ECU-01	69524	1,36
C87-51	78095	0
Ragnar	56191	0

El control de la floración tiene como objetivo principal lograr el mayor rendimiento de caña en los cultivares de alta floración, permitir cosechar cultivares con una floración alta a mediados y finales de zafra y mejorar la calidad de la materia prima para la producción de azúcar (Pérez Iglesias et al., 2015).

4.1.7. Producción

El cultivo de la caña de azúcar es de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria sucroquímica y bioenergética. La caña en su valor económico se basa en tres atributos: 1) especie altamente productiva; 2) muy eficiente en el uso de recursos productivos e insumos; y 3) puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales como sacarosa, melaza, etanol y energía eléctrica (Gómez-Merino et al., 2017); además los residuos que genera la industria son utilizados para mejorar la fertilidad de los suelos como la cachaza, la vinaza, la ceniza y el bagazo, generalmente se emplean en la producción de compost.

Los componentes del rendimiento agrícola de la caña de azúcar (t/ha) son la cantidad de tallos molibles/ha y el peso de esos tallos, lo cual está dado por el largo y el diámetro de los mismos. El cultivar C 87-51 presenta la mayor cantidad de tallos/ha (78095) seguido por la ECU-01 (69524) y la Ragnar (56191) cultivar con menor densidad poblacional, en comparación con las dos cultivares anteriores. El peso de un tallo obtenido mediante el pesaje de 10 tallos de cada cultivar es de 1,81, 1,58 y 1,74 para la EC-01, C 87-51 y Ragnar respectivamente. Con estos datos se calculó el rendimiento agrícola de cada cultivar el cual fue de 125,83 t/ha en la ECU-01, 123,39 t/ha en la C 87-51 y 97,77 t/ha en la Ragnar (Tabla 16).

Tabla 16. *Cantidad de tallos/ha, Peso de un tallo y rendimiento agrícola de los tres cultivares estudiados a los 12 meses de edad*

Cultivares	Tallos/ha	Peso de un tallo (kg)	Rendimiento t/ha
ECU-01	69524	1,81	125,83
C87-51	78095	1,58	123,39
Ragnar	56191	1,74	97,77

En condiciones de producción comercial en Ecuador, el cultivar ECU-01 ha presentado un rendimiento medio de 98,20 t/ha, la Ragnar 80,40 t/ha y la C 87-51 promedia 98,00 t/ha (CINCAE, (2007)(Bayas, Bernal, & Contreras, 2013).

4.2 Índice de madurez en la caña de azúcar

Inicia tres meses antes del corte teórico con una reducción en el crecimiento y en los azúcares reductores, en esa fase la caña tiene de 8-9 hojas verdes, la humedad y el Nitrógeno de la sección 8-10 del tallo disminuyen a valores de 73 % - 75 % y 0,25 %, los resultados del índice de madurez se interpretan de la siguiente forma: menor a 85 % = caña tierna o inmadura, 80 % a 100 % = caña madura y mayor a 100 % = caña sobre madura (Vecilla, 2016).

El análisis estadístico (ANOVA) de un factor realizado al índice de madurez, de los tres cultivares de caña de azúcar, no detectó diferencias significativas entre cultivares (Tabla 17).

Tabla 17. *ANOVA de un factor inter-grupos para la variable índice de madurez por cultivar*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	403,448	2	201,724	0,893	0,413
Dentro de grupos	19660,070	87	225,978		
Total	20063,518	89			

Los tres cultivares no presentan diferencias estadísticas en el índice de madurez, pues sus valores son muy semejantes con una pequeña diferencia, en el cultivar Ragnar que presenta el valor más bajo (97,9 %); mientras en la C 8751 este índice es de 102,7 %, seguido por ECU-01 con 101,9 (Gráfico 11). Vecilla, (2016) en sus investigaciones encontró que el índice de madurez de la C 87-51 es de 100,1 % y el de la Ragnar 84,7 %; cómo se puede apreciar, los valores del índice de madurez en dos de los tres cultivares, objeto de estudio en nuestra investigación, son similares a los reportados por el investigador mencionado anteriormente.

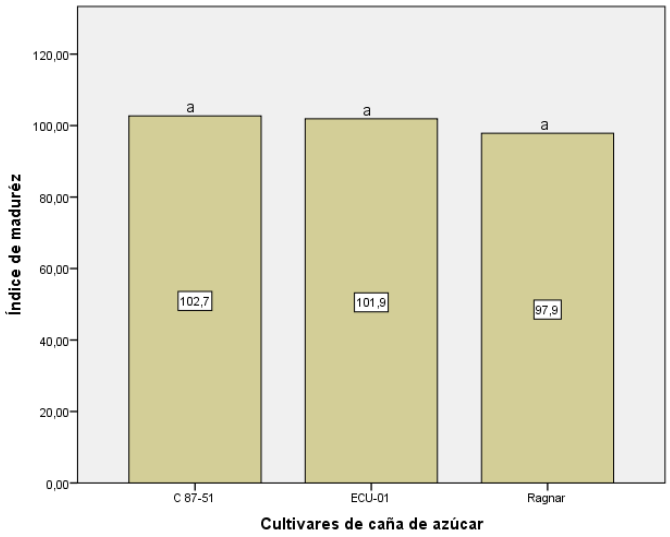


Gráfico 11. *Índice de madurez de los cultivares Ragnar, C 87-51 y ECU-01*

En la prueba de efectos inter-sujetos realizada al índice de madurez o a los 8, 9, 10, 11, 12 y 18 meses de edad, de los tres cultivares de caña de azúcar (ECU-01, C 87-51 y Ragnar), no se aprecia diferencias significativas entre cultivares; pero en la interacción cultivar por meses se encontró diferencia estadística (Tabla 18).

Tabla 18. *Pruebas de efectos inter-sujetos en el índice de madurez de los cultivares de caña de azúcar ECU-01, C 87-51 y Ragnar*

Fuente de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	13684,172[a]	17	804,951	8,946	0,000
Interceptación	907508,107	1	907508,107	10085,576	0,000
Cultivar	296,783	2	148,392	1,649	0,199
Meses	11347,821	5	2269,564	25,223	0,000
Cultivar * Meses	2039,568	10	203,957	2,267	0,023
Error	6478,617	72	89,981		
Total	927670,896	90			
Total corregido	20162,790	89			

a. R al cuadrado = ,679 (R al cuadrado ajustada = ,603)

La madurez de la caña de azúcar está relacionada con la edad y los niveles de nitrógeno, humedad, pero es complicado por la incidencia de los factores del clima como: temperatura, lluvia, luz y humedad. Las amplias oscilaciones de temperaturas máxima en el día y mínima de la noche, estimulan una mayor concentración de sacarosa en el tallo. Casi siempre las épocas con temperaturas bajas en la noche vienen acompañadas de alta radiación solar en el día, la cual favorece a la acumulación de sacarosa. En la costa ecuatoriana generalmente la fase de maduración corresponde a la época menos lluviosa y de menor temperatura del año, el crecimiento de los tallos es sensible a estas condiciones (R. Castillo & Silva, 2004).

En la Tabla 19 se aprecian los datos del clima de la Granja Santa Inés lugar. Como se puede apreciar la época seca en la costa ecuatoriana o periodo poco lluvioso se extiende del mes de mayo a noviembre y a partir de diciembre se incrementan las precipitaciones. La zafra comienza a partir del mes de julio y termina en diciembre, con una duración de unos 150 días de molida. En julio este cultivo inicia el periodo de maduración y en diciembre debido a un aumento de la temperatura y de las precipitaciones la planta reanuda el crecimiento y la sacaros se invierte en azúcares reductores no cristalizables en el proceso de fabricación del azúcar.

***Tabla 19**. Características Climáticas históricas de la Granja Santa Inés (20 años)*

Mes	**Heliofanía (Horas Luz)**	**Temperatura (°C)**			**Humedad Relativa (%)**	**Precipitación (mm)**
		Media	**Máxima**	**Mínima**		
Enero	99.3	33.0	30.8	22.9	80.0	85.2
Febrero	100.4	33.0	31.1	23.1	80.0	155.9
Marzo	139.2	33.1	31.6	23.2	79.0	133.3
Abril	141.0	33.3	31.6	23.2	80.0	69.7
Mayo	111.6	32.5	30.4	23.0	82.0	22.0
Junio	75.2	31.5	28.4	22.0	85.0	11.9
Julio	72.2	30.7	27.4	21.1	86.0	9.3
Agosto	64.6	29.8	26.8	20.6	86.0	10.4
Septiembre	47.9	30.2	26.8	20.8	87.0	11.4
Octubre	34.7	30.4	26.8	21.0	86.0	17.0
Noviembre	45.0	30.8	27.6	21.5	85.0	20.0
Diciembre	81.9	32.2	29.8	22.3	82.0	39.8

El estimador de la madurez por excelencia es Índice de Madurez (IM), el cual se mide con la ayuda de un refractómetro de mano en los campos de caña. Este dato se obtiene por la lectura de los ºBrix del jugo de caña, extraído con una cala en el centro del entrenudo superior (canuto + 7) y el segundo canuto visible del tallo, por encima de la superficie del suelo (Ramón, 2011). Se utiliza la fórmula siguiente:

$$\textbf{Índice de Madurez}\ (\%) = \frac{Brix\ Superior}{Brix\ Inferior}\ x\ 100$$

El índice de madurez es de vital importancia en la organización de la zafra, porque permite realizar la programación del corte de la caña, en el momento más apropiado, cuando el tallo contiene la mayor cantidad de azúcar recuperable; resulta de la división de la lectura del Brix Superior entre el Brix Inferior, se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje (Ramón, 2011).

López, (2015) señala que los resultados del índice de madurez se expresan, de la siguiente manera:

1. IM menor a 0.95 significa que la caña no está madura y se debe esperar cierto tiempo y volver a determinar el IM.
2. IM entre 0.95 y 1.00 indica que la caña está madura, lista para ser cosecha lo más pronto posible.
3. IM mayor a 1.00 quiere decir que la caña está sobre madura y debe cosecharse de inmediato para disminuir las pérdidas en azúcar.

0A los 8 meses (julio) la caña estaba inmadura; se aprecia que la C 87-51 presenta el mayor porcentaje de madurez con 84,1 %, seguido por ECU-01 con 82,3 % y la Ragnar con 69,6 %. Sin embargo, a partir de los 10 meses (septiembre) el IM se incrementa notablemente en los tres cultivares, mostrando cierto grado de sobre madurez con valores que oscilan entre 102.3 y 104,2 %, lo cual indica que los tres cultivares, en las condiciones en que se realizó la investigación, se deben cosechar a mediados de zafra, para obtener la mayor cantidad de azúcar recuperable en el proceso de fabricación (Gráfico 12).

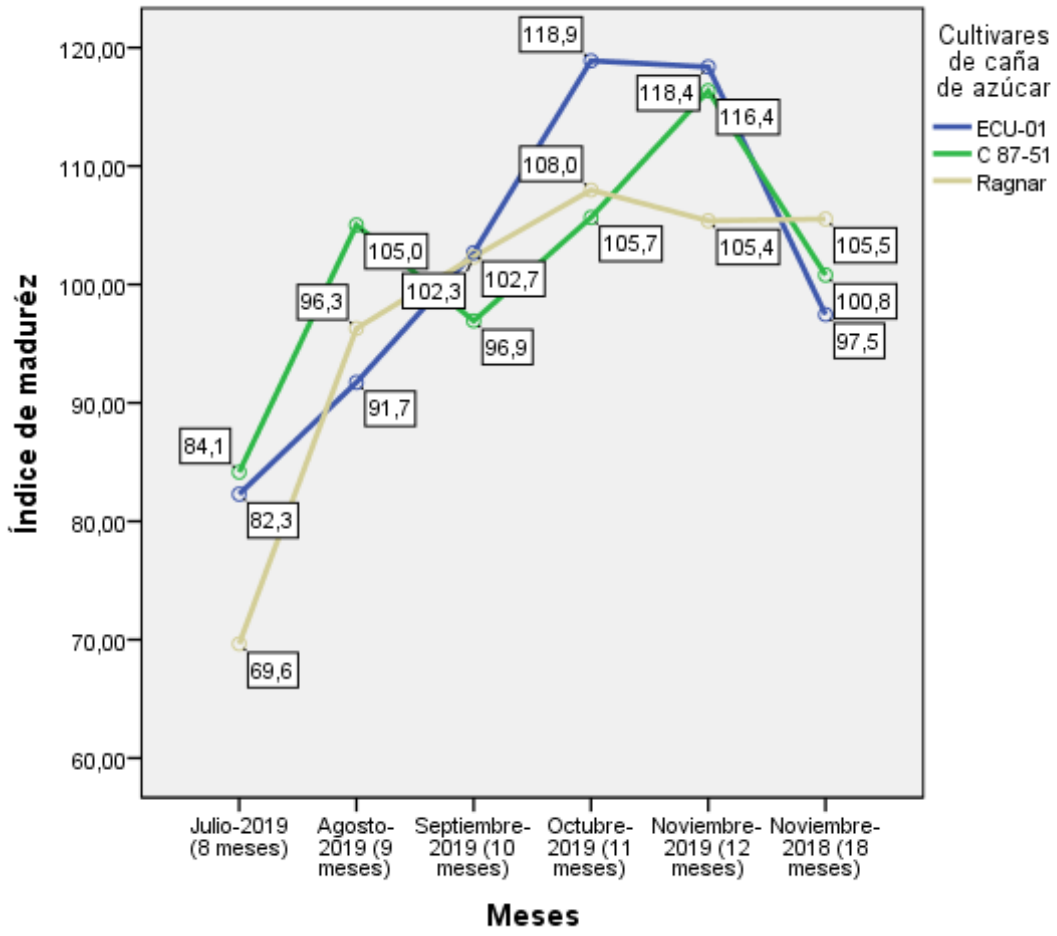


Gráfico 12. *Índice de madurez de los tres cultivares de caña de azúcar evaluados por meses*

A partir del mes de septiembre y hasta noviembre, cuando los cultivares alcanzaron los 12 meses de edad, la caña presentó un estado de sobre madurez muy alto, por lo que se debe sincronizar la siembra, de tal forma, que la caña alcance los 12 meses de edad en el mes óptimo de madurez (septiembre) y esté lista para ser cosechada.

Como se puede apreciar en el Gráfico 12, en los meses de julio y agosto tanto la C 87-51 como la Ragnar están listas para el proceso de cosecha, ya que el IM es mayor a 0,95 %, lo que indica que se debe cosechar inmediatamente, ECU-01 su valor es inferior al mencionado por lo tanto se debe esperar y su cosecha está a partir entre el mes de agosto y septiembre (9no y 10mo mes). Cuando la caña no se cosecha a los 12 meses y se la deja como caña diferida, el azúcar se invierte en azúcares reductores no cristalizables, comenzando de nuevo

el crecimiento vegetativo, por eso las cañas muy florecedoras no son aptas como cañas diferidas o quedadas, porque aumenta considerablemente la cantidad de tallos secos.

La diferencia de temperatura entre el día y la noche, en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (8-9-10-11 y 12 meses de edad de los cultivares) son muy bajos con tendencia de 6 °C a 5,8 °C la cual no ejerce mucha influencia en la madurez de ninguno de los tres cultivares estudiados (Tabla 20).

Tabla 20. *Diferencia de temperatura entre el día y la noche de la Granja Santa Inés*

Mes	**Temperatura**		
	Máxima	**Mínima**	**Diferencia**
Enero	30.8	22.9	7.9
Febrero	31.1	23.1	8
Marzo	31.6	23.2	8.4
Abril	31.6	23.2	8.4
Mayo	30.4	23	7.4
Junio	28.4	22	6.4
Julio	27.4	21.1	6.3
Agosto	26.8	20.6	6.2
Septiembre	26.8	20.8	6
Octubre	26.8	21	5.8
Noviembre	27.6	21.5	6.1
Diciembre	29.8	22.3	7.5

Cuando existen bajas temperaturas menores, a 20°C el crecimiento de la caña de azúcar es muy lento; la diferencia de temperatura entre el día y la noche mayores a los 8°C son indispensables para la acumulación de sacarosa en el tallo y tener una materia prima de buena calidad y alto el rendimiento azucarero (López, 2015).

4.3 Relación entre índice de madurez y parámetros agronómicos del cultivo de caña de azúcar.

No se encontró correlación entre el índice de madurez y los parámetros agronómicos, largo y ancho de la hoja, largo del entrenudo, diámetro y largo del tallo, ya que no hay evidencia suficiente que demuestre que el cambio de una variable influye sobre la otra; sin embargo, se detectó que existe correlación significativa, entre las variables índice de madurez y edad del cultivo (Tabla 21).

Tabla 21. *Correlación entre las variables índice de madurez y edad por cultivar*

Fuente de variación		**Edad**	**Índice de madurez**
Edad	Correlación de Pearson	1	0,296**
	Sig. (bilateral)		0,005
	N	165	90
Índice de madurez	Correlación de Pearson	0,296**	1
	Sig. (bilateral)	0,005	
	N	90	90

En el Gráfico 13, de dispersión de puntos de la correlación entre las variables índice de madurez y edad del cultivo, se aprecia que en el mes de septiembre la caña alcanza el óptimo de madurez y está lista para ser cosechada, posterior a septiembre los tres cultivares presentan un estado de sobre madurez, lo cual no es beneficioso para realizar la cosecha (Grafico 13).

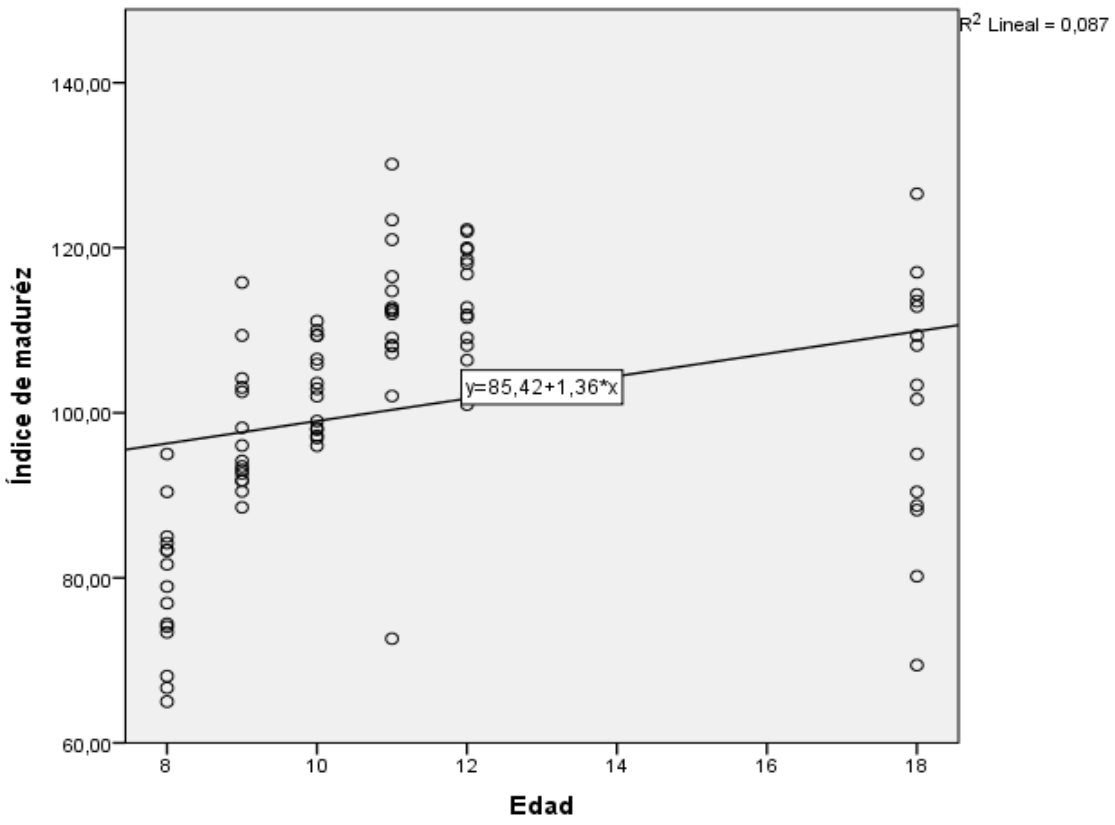


Gráfico 13. *Dispersión del Índice de madurez de los tres cultivares de caña de azúcar por meses*

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- El índice de madurez de los tres cultivares (ECU-01 – Ragnar – C 87-51) presentó diferencias significativas con la edad de la planta y se incrementa a medida que aumenta la edad de la caña.
- El inicio de las fechas de corte para los cultivares C 87-51 y Ragnar están a partir de a mediados de julio y agosto ya que alcanzaron la madurez óptima, ECU-01 se tardó un poco más en madurar y su fecha está a mediados de agosto y septiembre.
- Los cultivares C87-51 y Ragnar son más precoces que ECU-01 en las condiciones edafoclimáticas que se realizó el estudio.
- No existe correlación entre el índice de madurez y los parámetros agronómicos, largo y ancho de la hoja, largo del entrenudo, diámetro y largo del tallo, ya que no hay evidencia suficiente que demuestre que el cambio de una variable influye sobre la otra; sin embargo, se detectó que existe correlación significativa, entre las variables índice de madurez y edad.
- En el largo de la hoja los cultivares C 87-51 y Ragnar poseen el mismo tamaño a los 12 meses de edad con 1,77 m y el otro con 1,76 m de altura, en cambio ECU-01 tiene la hoja más pequeña con 1,67 m.
- En el ancho de la hoja los cultivares ECU-01 (6,1 cm) y C 87-51 (6,0 cm) se comportan en este parámetro igual, a diferencia de Ragnar (4,7 cm) que posee la hoja menos ancha.
- El largo del entrenudo del cultivar Ragnar se diferencia de los otros dos ya que es el que posee el entrenudo más pequeño con 13,3 cm, ECU-01 (16,9 cm) y C 87-51 (17,2 cm) poseen esta variable de igual manera no existe diferencias notables.
- En el diámetro del tallo Ragnar posee el más grande con 2,8 cm, seguido por ECU-01 con 2,6 cm y al final C 87-51 con 2,4 cm posee el más pequeño.
- En el largo del tallo los cultivares que presentan la mayor altura son C 87-51 (2,90 m) y ECU -01 (2,87 m) no existe mucha diferencia que con Ragnar (2,73 m) que posee el tallo más pequeño.
- En el porcentaje de floración ECU-01 presenta el mayor número con 1,36 % a diferencias de los cultivares C 87-51 y Ragnar que su porcentaje es 0.

- En producción el cultivar ECU-01 es el mejor ya que este presente la mayor densidad (69524 tallos molibles/ha) poblacional y su rendimiento es alto (125, 83 t/ha) a comparación de C 87-51 (78095 tallos molibles/ha - 123,39 t/ha) y Ragnar (56191 tallos molibles/ha - 97,77 t/ha).

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización del refractómetro de mano para la medición de los grados brix en el cultivo de caña de azúcar, ya que este instrumento nos ayuda a conocer el índice de madurez del cultivar con el que se esté trabajando, lo que permite pronosticar las fechas de corte en su máximo estado de madurez evitando cortar caña sobremadura o inmadura, y sacarle provecho al rendimiento en azúcar recuperable en el proceso de fabricación.
- Si en algún momento se considera necesario la construcción de un ingenio azucarero, en esta zona de la provincia de El Oro, los datos obtenidos en este estudio permiten tener una idea del comportamiento de la caña de azúcar, en condiciones similares a las que se realizó esta investigación.

7. BIBLIOGRAFÍA

Armas, M., & Velzaco, A. (2012). Evaluación agro industrial de las variedades Cenicaña, B 7274, blanca y morada en la cepa caña planta quedada, cantón Santiago, provincia de Morona Santiago, a 400 m.s.n.m. Retrieved from https://es.slideshare.net/ingpakowpn/evaluacin-agro-industrial-de-las-variedades-c-132-14456485

Avila, I. (2011). *El Aguardiente de caña, procesos y tradición en el Valle de Yunguilla* (Universidad de Cuenca). Retrieved from http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3327/1/TESIS.pdf

Barrezueta Unda, S., Paz González, A., & Chabla carrillo, J. (2017). Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador. *Revista CUMBRES*, *3*(1), 17–24. https://doi.org/1390-9541

Bayas, G., Bernal, N., & Contreras, V. (2013). Comportamiento De Las Variedades Comerciales Y En Desarrollo En El Ingenio La Troncal. *III Congreso AETA*, 1–9. Retrieved from http://www.aeta.org.ec/pdf/campo/Toala G., et al. Comportamiento variedades La Troncal.pdf

Bernal, N., Morales, F., Gálvez, G., & Ibis, J. (1997). *Variedades de caña de azúcar: Uso y Manejo* (Juán F. Va; IMAGO, Ed.). Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).

Betancourt-Rodríguez, Y., Guillén-Sosa, S., Rodríguez-Rodríguez, J. F., Alfonso-Villegas, A., Sánchez-Rodríguez, R., & Oliva-Ágra, L. (2018). Servicio para la asistencia técnica en la labranza de suelos dedicados a caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *27*(2), 1–13. Retrieved from http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v27n2/rcta02218.pdf

Bustos, D., & Curchod, C. (2018). Indicadores de calidad del suelo en el agroecosistema caña de azúcar (Saccharum spp.). *Fac. Agron. (LUZ)*, *35*, 1–25. Retrieved from http://150.187.103.120/revfacagronluz.org.ve/html/PDF/articulos/201835/1/2018351_1-25.pdf

Cartay, R., García Briones, M., Meza Moreira, D., Intriago Estrella, J., & Romero Macías, F. (2019). Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador. *ECA Sinergia*, *10*(1), 85–97. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v10i1.1213

Castillo, O. S., Prado, R. de M., González, L. C., Ely, N., Campos, C. N. S., Silva, G. P. Da, & Assis, L. C. (2015). Efecto de la fertilización fosfatada con cachaza sobre la actividad microbiana del suelo y la absorción de fósforo en caña de azúcar (Saccharum spp.). *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, *47*(1), 33–42. Retrieved from https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7468/fca-47-1-003-castellanos-gonzalez.pdf

Castillo, R., & Silva, E. (2004). Fisiología , Floración y Mejoramiento Genetico de la Caña de Azúcar. *CINCAE*, (Publicación Técnica No. 3), 27. Retrieved from https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/FISOLOGIA-Y-MEJORAMTO.pdf

Chaves, M. (2017). *Floración en la caña de azúcar* (LAICA, Ed.). Retrieved from https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wrKNhuNAYhgjnjUAmWaPcflGhltHZEkP

CINCAE. (2007). Primera variedad mejorada de caña de azúcar del Ecuador ECU-01. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, FICHA TECNICA. Retrieved from http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Variedad-ECU-01.pdf

CINCAE. (2012). Floración y curvas de maduración en la variedad EC-02. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, *14*(1), 3–67. Retrieved from https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Año-14-No.1.pdf

CINCAE. (2013). *Nueva variedad de caña de azúcar para la costa ecuatoriana Plegable divulgativo. Variedad EC-02*. *02*(3), 3–4. Retrieved from https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Variedad-EC-02.pdf

CINCAE. (2014). Informe Anual 2013. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 68. Retrieved from https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2013.pdf

CINCAE. (2015). Informe anual 2014. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 69. Retrieved from https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2014.pdf

CINCAE. (2016). Informe Anual 2015. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 55. Retrieved from http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2015.pdf

CINCAE. (2017a). Carta Informativa. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador, Informe Anual*, *93*(06), 215–217. https://doi.org/10.4414/saez.2012.16640

CINCAE. (2017b). Informe Anual 2016. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 70. Retrieved from http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2016.pdf

CINCAE. (2017c). Informe Anual 2017. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, *10*(3), 45–50. https://doi.org/10.5271/sjweh.768

CINCAE. (2019). Informe anual 2018. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 60. Retrieved from http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2018.pdf

Criollo-Chan, M. A., Osnaya-Gonzalez, M. ., Robledo-Paz, A., Monsalvo-Espinosa, J. A., Echeverría-Echeverría, S. T., J.C., A.-M., & Caamal-Velázquez, J. H. (2016). REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.). *Agroproductividad*, *9*, 18–22. Retrieved from http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/780/646

Cruz, E. C., Torrecilla, V. C., Alberto, R. G. N., Fundora, L. M., Coca, O. C., & Quintero, Y. V. (2015). PROBLEMAS ASOCIADOS AL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA COOPERATIVA POTRERILLO, PROVINCIA SANCTI SPÍRITUS PROBLEMS. *Centro Azúcar*, *42*, 83–92. Retrieved from http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v42n2/caz09215.pdf

Deidán de la Torre, A. (2015). Monopolios y Poder en la Historia del Ecuador. In *Superintendencia de Control del Poder del Mercado*. Retrieved from

https://educacioncienciabuenvivir.files.wordpress.com/2016/09/superintendencia-de-poder-de-control-de-mercado-monopolios-y-poder-en-ecuador.pdf

Díaz, J. (2019). RELACIÓN ESPACIAL ENTRE PROPIEDADES DE SUELOS Y ESTRÉS HÍDRICO EN CAÑA DE AZÚCAR EN LA HACIENDA CHURIMAL-ROLDANILLO-VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. *Sociedad Colombiana de La Ciencia Del Suelo*, *49*(1 y 2), 65–74. Retrieved from http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/107/98

EL TELÉGRAFO. (2019). La industria producirá 560.000 t de azúcar. Retrieved from 22 de junio website: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/azucar-ingeniovaldez-sancarlos

Elizalde, M. (2015). *Mejoramiento de la rentabilidad con diversificación de subproductos de la caña de azúcar en Chaguarpamba. Loja* (Universidad Técnica de Machala). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1983/1/CD769_TESIS.pdf

ESPAC. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Retrieved from https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Espinoza, R. (2017). *Necesidades y Fuentes de Financiamiento de los Productores de Caña de Azucar en el Cantón Milagro* (Universidad Católica de Guayaquil). Retrieved from http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8462/1/T-UCSG-POS-MFEE-86.pdf

FAO. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

Figueroa Rodríguez, K. A., García García, A. M. T., Mayett Moreno, Y., Hernández Rosas, F., & Figueroa Sandoval, B. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *6*(6), 1345–1358. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n6/v6n6a16.pdf

Galicia-Romero, M., Hernández-Cázares, A. S., Omaña-Silvestre, J. M., Velasco-Velasco, J., Debernardi de la Vequia, H., & Hidalgo-Contreras, J. V. (2017). VENTAJA COMPARATIVA Y COMPETITIVA DE LA PRODUCCIÓN DE PANELA EN LA

REGIÓN DE HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO. *Agroproductividad*, *10*(11), 29–34. Retrieved from http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/69/65

García, R., Sarabia, D., Pico, J., Sancho, D., Sarabia, D., & Matute, J. (2018). Evaluación de tres métodos químicos para la conservación de caña de azúcar (saccharum officinarum l.), variedad POJ 93, en la provincia de Pastaza, Ecuador. *La Técnica*, 61–74. Retrieved from https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1308/1262

Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. ., Salazar-Ortiz, J., Pérez-Sato, J. ., Sentíes-Herrera, H. ., Bello-Bello, J. J., & Aguilar-Rivera, N. (2017). LA DIVERSIFICACIÓN DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA COMO ESTRATEGIA PARA MÉXICO. *Agroproductividad*, *10*(11), 7–12. Retrieved from http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/73/68

Gómez, N. (2015). *Inducción a la floración en caña de azúcar* (Universidad Nacional de Tucumán). Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/tesina_induccion_a_la_floracion_en_cana_de_azucar_-_gomez_santiago_0.pdf%0A

Guerrero-Peña, A., de la Cruz-Pons, A., & Velasco-Velasco, J. (2017). INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELOS CAÑEROS BASADO EN LAS RELACIONES ENTRE PROPIEDADES Y ELEMENTOS. *Agroproductividad*, *10*(11), 87–92.

Hernández, F., Valencia, A. del C., Toledo, J., & Ayón, H. (2013). *El sector cañero en Nayarit desde una perspectiva organizacional y ambiental*. Retrieved from http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1333/1333.pdf

INEC. (2018). *Encuesta de Superficie y Produción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Retrieved from https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion de principales resultados.pdf

Jiménez, L. (2018). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de azúcar estándar* (Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz). Retrieved from http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/462/1/9475.pdf

Lopes, E., Cairo, P. C., Colás Sánchez, A., & Rodríguez Urrutia, A. (2016). Relaciones entre las propiedades indicadoras de calidad, en dos subtipos de suelo pardos, en la provincia de Villa Clara. *Centro Agrícola*, *43*(1), 21–28. Retrieved from http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag03116.pdf

López, J. (2015). *Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar para panela de Antioquia*. https://doi.org/10.21930/978-958-740-204-9

Luzuriaga, J. (2018). *DIVERSIDAD DE PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE AGROPECUARIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS DURANTE EL PERIODO 2012-2016* (Universidad de Guayaquil). Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28686/1/TRABAJO FINAL LUZURIAGA MOREJON.pdf#page=19&zoom=100,109,85

MAG. (2016a). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Retrieved from Mapa de ubicación de Ingenios azucareros en el Ecuador continental website: http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/api/records/08cd50df-5818-45d9-a6d8-61eeb9233d15/formatters/xsl-view?root=div&output=pdf

MAG. (2016b). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Retrieved from Mapa de Zonificación Agroecológica del cultivo de Caña de azúcar en el Ecuador continental website: http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/a6e5dc35-d0f1-4cb8-a90c-ef9e8fa5c7c7

MAGAP. (2012). Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. Retrieved from Mapa de ubicación de ingenios azucareros website: http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/3136b787-851f-4c5b-ac71-d4d354bcf257

Matute, J. (2016). *INCIDENCIA DE LAS LABORES DE CAMPO Y LA COSECHA EN LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR PARA SU INDUSTRIALIZACIÓN*

(Universidad Tecnica de Machala). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE00006_TRABAJODETITULACION2.pdf

Moreno-seceña, J. C., Landeros-sánchez, C., Vázquez, A. P., & Palacios-vélez, O. L. (2016). Manejo y actitud del productor sobre la fertilización nitrogenada en caña de azúcar : un estudio de caso. *RINDERESU*, *1*(1), 26–34. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/eea4/0355e413af3c31597cbe73790e341a954015.pdf?_ga=2.86055256.1373790868.1580796706-1325184896.1580796706

Ochoa, R. (2018). *EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA VIABILIDAD, GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MANÍ (ARACHIS HYPOGAEA L) DE LA UTMACH* (Universidad Técnica de Machala). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13260/1/DE00027_TRABAJODETITULACION.pdf

Pérez, H., Rodríguez, I., Moreno, A., & Jara, W. (2017). Efecto del compost con propiedades físcico-químicas en un suelo dedicado al cultivo de caña de azúcar en el ingenio Valdéz, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, *5*(2), 55–65. https://doi.org/0000-0001-8898-4195

Pérez, H., Rodríguez, I., Rodríguez, M., & González, R. (2017). Control fitosanitario en agroecosistemas de la caña de azúcar. *Revista CUMBRES*, *3*(1), 101–109. Retrieved from http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/163/59

Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2016). *Manejo sostenible de tierras en la Producción de caña de azucar Tomo I* (Segunda Ed). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6648

Pérez Iglesias, H., Santana Aguilar, I., & Rodriguez Delgado, I. (2015). *Manejo Sostenible de tierras en la Producción de caña de azúcar Tomo II* (Segunda Ed). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6649

Procaña. (2013). Historia de la Caña de Azucar. Retrieved from https://www.procana.org/new/quienes-somos/historia-de-la-cana-de-azucar.html

Quezada, A. (2019). *EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO Y ESPECTROSCOPÍA DE INFRARROJO (FT-NIR). QUEZADA* (Universidad Técnica de Machala). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13857/1/DE00010_TRABAJODETITULACION.pdf

Ramón, A. (2011). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO AGROPRODUCTIVO E INDUSTRIAL DE 3 VARIEDADES CERTIFICADAS DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum) DE ORIGEN CUBANO (C 1051-73, C 8751, C 132-81), FRENTE AL TESTIGO VARIEDAD CRISTALINA, EN LA ETAPA DE COSECHA, EN EL CANTÓN HUAMB* (Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca). Retrieved from https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1094/13/UPS-CT002112.pdf

Rodríguez, I., Iglesias, H., & Jara, W. (2017). Efecto del compost en el rendimiento agrícola de caña de azúcar en el Ingenio Valdez. *Revista Cumbres*, *3*(1), 119–126. Retrieved from http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/166/61

Roldan, L. V., Pérez, L. G., Amores, L. F., & Ibarra, A. (2015). Potencial de aprovechamiento de la biomasa vegetal como aislamiento en climas extremos del Ecuador. *Enfoque UTE*, *6*(4), 23–41. Retrieved from http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v6n4/1390-6542-enfoqueute-6-04-00023.pdf

Salgado-García, 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. Retrieved from http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/781/647%0A%0A

Salgado, S., Lagunes, L., Núñez, R., Ortíz, C., Bucio, L., & Aranda, E. (2013). *Caña de azúcar: Producción sustentable* (J. Sandoval, Ed.). Montecillo, Estado de México: Colegio de Postgraduados.

Saltos, J. (2015). *COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE OCHO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.) EN RÍO VERDE, PROVINCIA DE SANTA ELENA* (Universidad Estatal de la Península de Santa Elena). Retrieved from https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2741/1/UPSE-TIA-2015-037.pdf

Sanchez, R., & Forero, C. (2016). *Modelo productivo manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya de río Suárez*. Retrieved from https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13747

Sanclemente, O., Ararát, M., & Cardona, C. A. D. la cruz. (2015). Contribución de Vigna unguiculata L. a la sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(2), 47–55. Retrieved from http://oaji.net/articles/2017/5565-1508901937.pdf

Sentíes-Herrera, H. E., Gómez-Merino, F. C., & Loyo-Joachin, R. (2016). EL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) EN MEXICO: UNA HISTORIA DE ÉXITO CON NUEVOS DESAFIOS. *Agroproductividad*, *9*, 8–13. Retrieved from http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/778/644

SIAP. (2015). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Retrieved from http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-1.html

Subirós, F. (1995). *Cultivo de la Caña de Azucar*. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=2wpC1j2AmkAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Vecilla, R. (2016). *Caracterización de variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la producción panelera en el cantón Junín, Ecuador* (Universidad de Guayaquil). Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18886/1/tesis final Rigoberto Vecilla.pdf

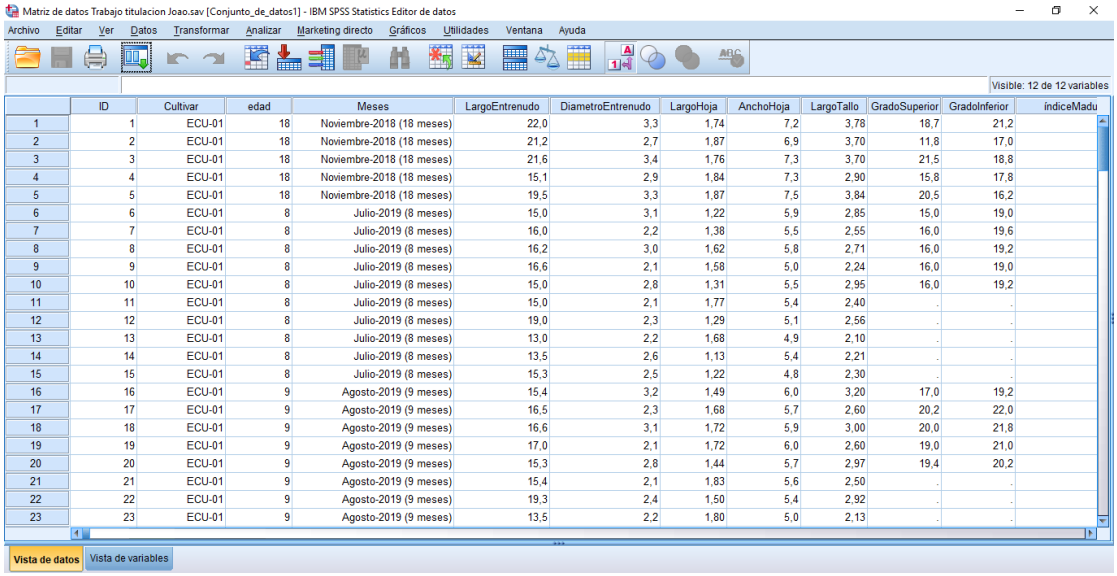
Velasco-Velasco, J., Gómez-Merino, F. C., Hernández-Cázares, A. S., Salinas-Ruiz, J., & Guerrero-Peña, A. (2017). Residuos Orgánicos De La Agroindustria Azucarera: Retos Y Oportunidades. *Agroproductividad*, *10*(11), 99–104. Retrieved from https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56/52

Vicuña, V. (2007). El Milagro de Milagro: Un recorrido por su historia. Retrieved from https://historiacantonmilagro.wordpress.com/9-historia-del-ingenio-valdez/#postcomment

Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres, Revista Científica*, *1*, 28–34. Retrieved from http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/15/13

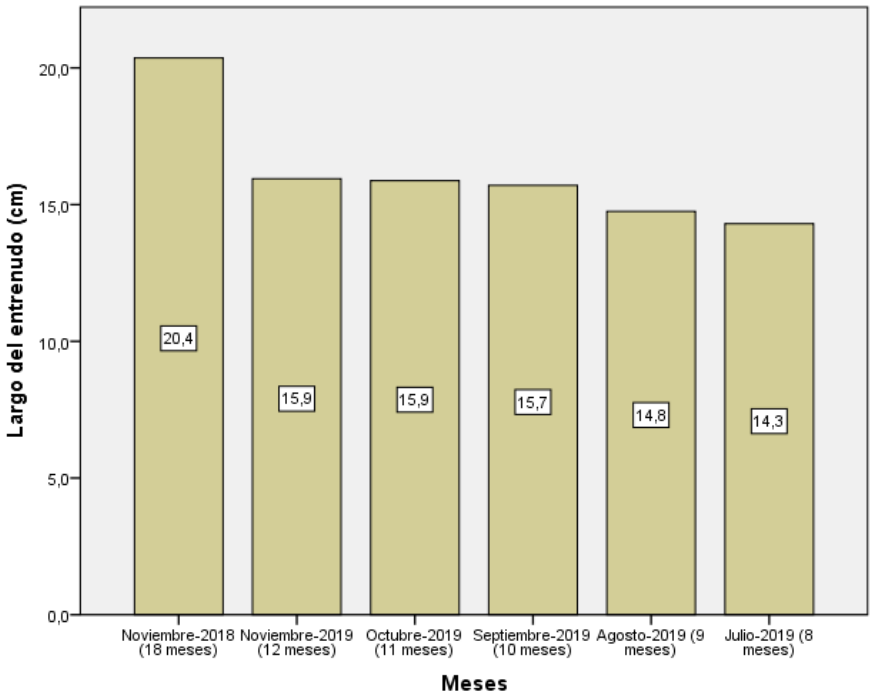
Yánez, W. (2019). *DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN CARGA QUÍMICA GRADOS BRIX EN HOJAS Y FRUTOS DE BANANO CLON WILLIAMS (MUSA X PARADISIACA)* (Universidad Técnica de Machala). Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15167/1/DE00023_TRABAJODETITULACION.pdf

8. ANEXOS



	ID	Cultivar	edad	Meses	LargoEntrenudo	DiametroEntrenudo	LargoHoja	AnchoHoja	LargoTallo	GradoSuperior	GradoInferior	índiceMadu
1	1	ECU-01	18	Noviembre-2018 (18 meses)	22,0	3,3	1,74	7,2	3,78	18,7	21,2	
2	2	ECU-01	18	Noviembre-2018 (18 meses)	21,2	2,7	1,87	6,9	3,70	11,8	17,0	
3	3	ECU-01	18	Noviembre-2018 (18 meses)	21,6	3,4	1,76	7,3	3,70	21,5	18,8	
4	4	ECU-01	18	Noviembre-2018 (18 meses)	15,1	2,9	1,84	7,3	2,90	15,8	17,8	
5	5	ECU-01	18	Noviembre-2018 (18 meses)	19,5	3,3	1,87	7,5	3,84	20,5	16,2	
6	6	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	15,0	3,1	1,22	5,9	2,85	15,0	19,0	
7	7	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	16,0	2,2	1,38	5,5	2,55	16,0	19,6	
8	8	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	16,2	3,0	1,62	5,8	2,71	16,0	19,2	
9	9	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	16,6	2,1	1,58	5,0	2,24	16,0	19,0	
10	10	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	15,0	2,8	1,31	5,5	2,95	16,0	19,2	
11	11	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	15,0	2,1	1,77	5,4	2,40	.	.	
12	12	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	19,0	2,3	1,29	5,1	2,56	.	.	
13	13	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	13,0	2,2	1,68	4,9	2,10	.	.	
14	14	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	13,5	2,6	1,13	5,4	2,21	.	.	
15	15	ECU-01	8	Julio-2019 (8 meses)	15,3	2,5	1,22	4,8	2,30	.	.	
16	16	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	15,4	3,2	1,49	6,0	3,20	17,0	19,2	
17	17	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	16,5	2,3	1,68	5,7	2,60	20,2	22,0	
18	18	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	16,6	3,1	1,72	5,9	3,00	20,0	21,8	
19	19	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	17,0	2,1	1,72	6,0	2,60	19,0	21,0	
20	20	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	15,3	2,8	1,44	5,7	2,97	19,4	20,2	
21	21	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	15,4	2,1	1,83	5,6	2,50	.	.	
22	22	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	19,3	2,4	1,50	5,4	2,92	.	.	
23	23	ECU-01	9	Agosto-2019 (9 meses)	13,5	2,2	1,80	5,0	2,13	.	.	

***Anexo 1**. Matriz de datos de la investigación*



***Anexo 2.** Largo de los entrenudos por cada mes de los 3 cultivares de caña (ECU-01 – C 87-51 – Ragnar)*

Anexo 3. *Cosecha de la caña a los 18 meses de edad*

Anexo 4. *Soca 1 en el cultivo de caña de azúcar al primer mes*

Anexo 5. *Medición de la variable diámetro del tallo con el pie de rey*

Anexo 6. *Medición de la variable largo del entrenudo*

Anexo 7. *Medición de la variable ancho de la hoja*

Anexo 8. *Medición de la variable grados brix con refractómetro de mano y cala para pinchar*

Anexo 9. *Cosecha de los tres cultivares a los 18 meses de edad*

Anexo 10. *Peso de 10 tallos molibles con el tutor de la investigación*