

REPÚBLICA DE CUBA



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS
Carlos Rafael Rodríguez

SUM CUMANAYAGUA

Titulo: Contribución a la actual metodología de tasaciones de afectaciones climáticas en caña de azúcar (*Saccharum sp hibrida L*), asegurada por la ESEN.



**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

Por:

Autor: Nestor Liván Hernández Stuart.

Tutor: Msc. Freddys Ramírez González.

CUMANAYAGUA, 2011

SÍNTESIS

La investigación se desarrolló en áreas de producción y en secano de la Empresa Azucarera "Antonio Sánchez" del municipio Aguada de Pasajeros, provincia de Cienfuegos, en cuatro tipos de suelos: Ferralítico rojo típico (FRT), Ferralítico rojo lixiviado (FRL), pardo con carbonato (PCC) Y Pardo sin carbonato (PSC), en cuatro agro ecosistemas diferentes, durante la campaña 2009-2010, con el objetivo de contribuir al perfeccionamiento de la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña empleada por los peritos de Intermar S.A. en áreas aseguradas por la UEB de seguros Cienfuegos. Para ello se evaluaron variables morfológicas y las precipitaciones mensuales, así como el criterio de los expertos de la ESEN y de la agencia Intermar S. A. Los resultados indican que la metodología actual de tasación resulta estar incompleta donde la variable morfológica empleada: longitud de los entrenudos, no es efectiva para tasar. Se obtuvo, además, que la masa, la altura y el diámetro del tallo, así como las precipitaciones son las variables que determinan el rendimiento en los modelos de regresión lineal y por tanto pueden ser usadas para la tasación. Al cambiar el tipo de suelo, la cepa, el manejo y al aumentar la presencia de enfermedades se afecta la respuesta de la caña, lo que les da utilidad a estas variables para tasar afectaciones climáticas en caña. De los procedimientos elaborados, los expertos seleccionaron como más efectivos para tasar afectaciones climáticas en caña el E y el F. Atendiendo a los resultados se propone validar los modelos de regresión lineal obtenidos en caña planta y retoño con caracteres morfológicos y las precipitaciones, en condiciones de producción, para el pronóstico del rendimiento antes de la cosecha en tasaciones de afectaciones climáticas, además considerar el tipo de suelo, la cepa y la presencia de enfermedades para efectuar los muestreos y validar e implementar los procedimientos aprobados por los expertos como los más efectivos para tasar dichas afectaciones.

| Acápites | Tabla de contenidos | Páginas |
|-----------------|--|----------------|
| 1.0 | Introducción. | 1 |
| 1.1 | Antecedentes. | 1 |
| 1.2 | Justificación del estudio. | 1 |
| 1.3 | Problema de investigación. | 2 |
| 1.4 | Objetivo general. | 2 |
| 1.5 | Objetivos específicos. | 2 |
| 1.6 | Hipótesis de la investigación. | 2 |
| 1.7 | Beneficios esperados. | 2 |
| 1.8 | Limites del alcance de la investigación. | 3 |
| 2.0 | Desarrollo. | 4 |
| 2.1.0 | Marco teórico de la investigación. | 4 |
| 2.1.1.0 | Valoración del contexto local, nacional y mundial. | 4 |
| 2.1.2.0 | Estado actual del conocimiento del problema de investigación. | 6 |
| 2.1.3 | Carencia que se quiere llenar con la investigación. | 23 |
| 2.2.0 | Materiales y métodos. | 24 |
| 2.2.1.0 | Evaluación de efectividad de la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña. | 24 |
| 2.2.1.1 | Evaluación de la efectividad del uso de variables morfológicas y las precipitaciones para predecir el rendimiento de la caña en secano y condiciones de producción. | 24 |
| 2.2.1.2 | Incidencia del tipo de suelo y la cepa en la respuesta de la caña en producción y secano. | 26 |
| 2.2.2 | Criterio de expertos sobre la efectividad de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas a la caña. | 26 |
| 2.2.3 | Propuesta de nuevos elementos a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña. | 27 |
| 2.3.0 | Resultados y discusión. | 30 |
| 2.3.1.0 | Evaluación de efectividad de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña. | 30 |
| 2.3.1.1 | Evaluación de la efectividad del uso de variables morfológicas y las precipitaciones para predecir el rendimiento en caña. | 30 |
| 2.3.1.2 | Incidencia del tipo de suelo y la cepa en la respuesta de la caña en condiciones de producción y secano. | 33 |
| 2.3.2 | Propuesta de nuevos elementos teórico prácticos a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña. | 36 |
| 3.0 | Conclusiones. | 39 |
| 4.0 | Recomendaciones. | 40 |
| 5.0 | Referencias bibliográficas. | 41 |
| 6.0 | Anexos. | 47 |

1.0 Introducción

1.1 Antecedentes:

La gran gama de factores que afectan el rendimiento agrícola en los agro ecosistemas cañeros; así como la acción de los cambios climáticos que producen un comportamiento anormal de las variables meteorológicas hacen que se dificulte la separación de los efectos adversos del clima del resto de las causas que provocan la disminución del tamaño de los entrenudos y del rendimiento (Ramírez, 2009).

La Agencia Internacional de Inspección, Ajuste de Averías y otros Servicios Conexos (Intermar S. A.) tiene un grupo de peritos tasadores que se encargan de cuantificar las afectaciones meteorológicas en los cultivos y dentro de estos la caña de azúcar, donde los procedimientos que se aplican se basan en la reducción del tamaño de los entrenudos (Internar, 2009).

La estimación del rendimiento para tasar afectaciones climáticas en la caña asegurada por la empresa de Seguros Nacionales (ESEN) presenta la dificultad de no poseer un grupo de variables predictoras que sea reducido y de fácil aplicación práctica por parte de los peritos tasadores (Ramírez, 2009).

Ruiz, (1997) propuso una metodología para la tasación de afectaciones climáticas que es la que se encuentra en los procedimientos actuales de la ESEN y que se basa en el muestreo de entrenudos cortos y entrenudos totales en las plantas de cañas donde se tiene en cuenta que el estrés producido por las condiciones adversas del clima produce cambios fisiológicos que disminuyen el tamaño de los entrenudos (Dillewijn, 1951). Ruiz, (1997) explica el uso del método de muestreo de sobre cerrado en cinco puntos del campo donde se toman 10 plantas por estación de muestreo a las que se le cuentan los entrenudos totales, los cortos y se calcula el porcentaje de estos último al resultado. Explica el autor que se le resta el 50% pues se considera que es la proporción en que disminuyen estos por condiciones de estrés climáticos. En años en que el clima se comporta adverso o seco de acuerdo a la época del año que transcurre, según el autor, es fácil determina por este método las afectaciones incluso precisar las fechas aproximadas de las mismas pues los entrenudos muestran un acortamiento en ese periodo y se conoce que cada 17 días la caña forma un entrenudo.

1.2 Justificación del estudio:

La selección de un grupo reducido de variables predictoras del rendimiento en la caña puede contribuir a disponer de más elementos para perfeccionar la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en la caña, por los peritos de agencia Intermar S. A.

1.0 Introducción

1.3 Problema de la investigación:

¿Qué variables predictoras del rendimiento deberán incorporarse a la actual metodología para la tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar asegurada por la UEB de seguros Cienfuegos para perfeccionarla?

1.4 Objetivo General:

Contribuir al perfeccionamiento de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña, empleada por los peritos de Intermar S.A. en áreas aseguradas por la UEB de seguros Cienfuegos.

1.4.1 Objetivos Específicos:

1.4.1.1 Evaluar la efectividad del uso de la actual metodología de tasación de afectaciones en caña, a través del estudio de la eficacia de la longitud de los entrenudos y de otras variables morfológicas para predecir el rendimiento, así como la influencia del tipo de suelo y la cepa en condiciones de producción y en secano.

1.4.1.2 Analizar el criterio de expertos acerca de la efectividad de la actual metodología de tasación de afectaciones en caña y los nuevos elementos a incluir para perfeccionarla.

1.4.1.3 Proponer nuevas variables y procedimientos que perfeccionen la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña.

1.5 Hipótesis de la investigación:

La selección de un grupo de variables predictoras del rendimiento de la caña y que sean de fácil aplicación práctica en agro ecosistemas cañeros del municipio de Aguada de pasajeros puede contribuir a disponer de más elementos para perfeccionar la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas para los peritos de la Agencia Intermar S.A.

1.6 Beneficios esperados:

1. Demostrada la poca eficacia de la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar, dada por la escasa efectividad de la variable morfológica que se emplea: longitud de los entrenudos.

2. Obtenidas las variables morfológicas que pueden usarse para predecir el rendimiento en caña de azúcar en condiciones de producción y secano con vistas a ser usadas para perfeccionar la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en este cultivo.

1.0 Introducción

3. Demostrada la influencia del tipo de suelo en la respuesta de la caña en condiciones de producción y en secano con vistas a ser usado como factor de estudio en la tasación de afectaciones climáticas en dicho cultivo.
4. Obtenido el criterio de expertos sobre la eficacia de la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar, así como de las posibles variables a usar para perfeccionarla.
5. Elaborados un grupo de procedimientos para mejorar la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar, a partir de la investigación realizada, la bibliografía consultada y el criterio de expertos de la ESEN e Intermar S.A.
6. Seleccionados los procedimientos más eficaces para mejorar la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar a partir del criterio de expertos de la ESEN y de la agencia Intermar S.A..

1.7 Límites del alcance de la investigación:

Los resultados de la investigación están encaminados a ser usados para perfeccionar la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña de azúcar asegurada por la Empresa de Seguros Nacionales (ESEN), específicamente en la UEB de seguros de Cienfuegos donde se realizó el estudio. Esta metodología perfeccionada será aplicada por los peritos de la agencia Intermar S.A. de la provincia de Cienfuegos y posteriormente, al resto de las UEB de seguros y de la Agencia antes mencionada, en todo el país con la peculiaridad de aplicar la metodología de acuerdo a las condiciones existentes en cada lugar. Además pueden ser usados como material de consulta para las personas que realicen estudios similares.

2.0 Desarrollo

2.1 Marco teórico de la investigación.

2.1.1 Valoración del contexto local, nacional y mundial.

Factores limitantes de la producción cañera en Cuba.

González *et al.* (2009) en la UBPC "El novillo " en Pinar del Rio determinó que los factores que más limitan la producción en el agro ecosistema fueron: baja población de las áreas, uso intensivo de los suelos y predominio del monocultivo (Barbosa, 2007), manejo agronómico deficiente, inadecuada composición de variedades y cepas, ausencia de rotación de cultivos, construcción de caminos, guardarrayas y carreteras sin una concepción agroecológica, no aplicación de abonos orgánicos, baja diversificación de las producciones, deficiencias en el mantenimiento de los sistemas de los canales para el drenaje, insuficiente utilización de la tracción animal necesidad de capacitación general y especializada, inestabilidad laboral del personal, incluido directivos dificultades en los recursos materiales en general, bajo nivel de desarrollo del autoconsumo, falta de estimulación y sentido de pertenencia, la transportación hacia la unidad tiene problemas por dificultades con los equipos y los insumos, lo que afecta el cumplimiento de la jornada laboral y el aprovechamiento de la misma, la alimentación de los trabajadores y el autoabastecimiento familiar no resulta suficiente. Todo esto debido a que no hay continuidad de la tradición agrícola y cañera en las familias e inexistencia de una política de reserva de cuadros (Barbosa, 2007 y González *et al.*, 2007).

Las malezas siguen constituyendo el mayor problema en los cultivos de interés económico para alcanzar altos rendimientos agrícolas (Domingos y Magälhaes, 2005), por cada quince días de competencia durante el período crítico se pierde 0.75 a 1 tonelada de azúcar por hectárea⁻¹ de competencia libre o sin control (Toala *et al.*, 2007). Las pérdidas de cosecha que ocasionan generalmente entre el 33 y 66 por ciento, pudiendo ser mucho mayores y hasta totales si la competencia es permanente. En el cultivo de la caña de azúcar se pierde 35% de la cosecha total mundial, debido al control insuficiente de las malezas. El control de las malas hierbas sólo es efectivo si se conocen las especies presentes, se emplea medidas preventivas, y se combina el control manual, mecánico y químico con el empleo de prácticas agronómicas conocidas (Toala *et al.*, 2007).

2.0 Desarrollo

Álvarez (2004) explica que varias investigaciones demuestran que la hierba no controlada a tiempo, afecta el rendimiento agrícola de la caña entre 14 y 75 % de la producción posible y agrega que, bajo condiciones de producción las afectaciones son más severas porque se agrega el problema de la falta de población. Además, puntualiza que las mayores pérdidas ocurren en los primeros 120 días del desarrollo de la plantación, pudiendo alcanzar más del 40 % en los primeros 30 días de competencia (Sánchez, 2005).

En la caña de azúcar, las plagas producen pérdidas de consideración en la producción azucarera mundial. Las enfermedades se han ido incrementando y actualmente existen unas 130 informadas en los países cañeros, producidas por diferentes microorganismos patógenos, trastornos ambientales, plantas parásitas y otras causas (Lara, 2005). En Cuba, se han detectado 57 enfermedades, siendo las más importantes el carbón, la roya, escaldadura foliar y el raquitismo de los retoños. Por otra parte, los barrenadores encabezan la lista de plagas de la caña para el continente americano. En Cuba, están informadas 103 especies de insectos perjudiciales para este cultivo, siendo los órdenes *Lepidoptera*, *Hemiptera* y *Coleoptera* los más sobresalientes, aunque los roedores están provocando daños de consideración en algunas zonas del país. El insecto plaga de mayor importancia es el barrenador *Diatraea saccharalis* Fab., el cual ha provocado pérdidas agrícolas e industriales entre 90 000 y 120 000 toneladas de azúcar (Acevedo *et al.*, 2009).

Ortega, (2004); Arzola, (2007) y Medina *et al.* (2009) explican que la aplicación de dosis crecientes de fertilizante nitrogenado a la caña de azúcar provoca un mayor potencial bioético, mayores poblaciones y un acortamiento del ciclo biológico de *Sipha flava* Forbes. La fertilización potásica, explica el autor, alarga el ciclo biológico, disminuye el potencial bioético y hace que disminuyan las poblaciones de *Sipha flava* Forbes, en caña de azúcar.

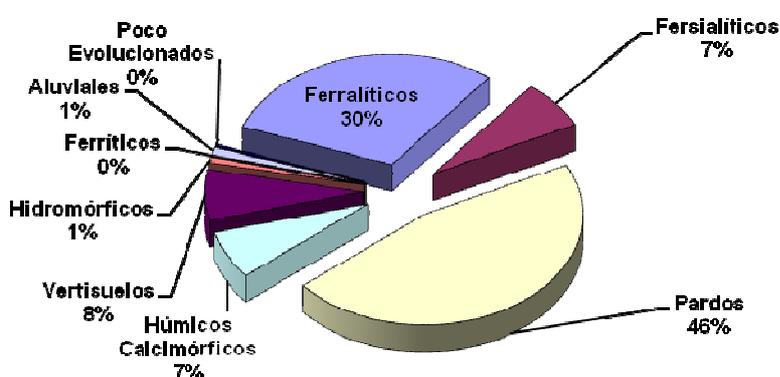
La caña de azúcar en la provincia de Cienfuegos.

La provincia de Cienfuegos se sitúa en el centro sur de Cuba, cultiva la caña en siete municipios, únicamente no se extiende el cultivo en el municipio montañoso de Cumanayagua. Es de resaltar que los primeros trabajos de mejoramiento de la caña de azúcar en Cuba, se realizaron en esta provincia, cuando en 1902 se condujeron un grupo de cruzamientos en el Jardín Botánico de Harvard, hoy Jardín Botánico de Cienfuegos, en el antiguo "Central Soledad". Posee cinco Empresas Azucareras, los rendimientos

2.0 Desarrollo

agrícola e industrial promedio del período 1977 - 2007 han sido de 43,7 t caña. ha⁻¹ y 10,98 % respectivamente (García, 2004).

Los principales suelos (Arzola y Hernández, 2001), se distribuyen fundamentalmente en los grupos Pardos (46,2%) y Ferralíticos (30%), como se puede apreciar en la siguiente figura:



Distribución de los grupos de suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la provincia Cienfuegos.

La Empresa Azucarera "Elpidio Gómez" dedica al cultivo de la caña de azúcar 6711.9 ha, mantiene en explotación un grupo de 30 variedades, con exceso del área ocupada por C86-12 de excelentes cualidades, pero que requiere de un trabajo de reubicación de sus áreas para disminuirla a niveles menos vulnerables. La segunda variedad en importancia es Co997 y después se mantiene un grupo en desarrollo, que requiere de un grupo de estudios para precisar sus nichos adecuados (SERVAS, 2008).

De acuerdo con los estudios de Arcia *et al.* (1995), en este macizo cañero se distinguen cinco zonas con diferencias marcadas en cuanto a su geología, suelos, clima y vegetación, que han marcado diferencias en los rendimientos, lo que sugiere diferencias entre los factores limitantes del rendimiento de cada una.

2.0 Desarrollo

2.1. 2 Estado actual del conocimiento del problema de investigación.

Origen histórico y distribución geográfica de la caña de azúcar.

La caña de azúcar es originaria de países de las zonas tropicales y subtropicales del oriente. Se cree que en Nueva Guinea surgió la especie *Saccharum robustum* L. que dio origen, por poliploidía y selección natural y artificial, a un grupo de cañas tropicales y cultivadas que se denominaron *Saccharum officinarum* L. Existen evidencias de que esta especie emigró hacia Asia donde se hibridaron con las formas silvestres y ampliamente distribuidas: *Saccharum spontaneum* L. dando origen a *Saccharum barberi* L. en la India y *Saccharum sinensis* L. en la China donde se han cultivado a lo largo de 2500 años o más antes de que los pobladores europeos conocieran el dulce jugo de la preciada gramínea (González, 1998 y Molina, 2009).

De la India se llevó a Arabia, a través de las regiones del oeste de Asia, y después a los países que bordean el Mediterráneo, siendo las Cruzadas las responsables de su introducción en Europa. Poco después, se introdujeron en Madeira y seguidamente en los Azores, Cabo Verde e Islas Canarias. En los siglos que siguieron fue trasladada al hemisferio oeste, siendo Colon el primero en introducirla en Santo Domingo. En las décadas posteriores se fue introduciendo más caña en América y en países como Brasil, Cuba y otros (González, 1998 y Molina, 2009).

Esta planta ocupa un área de 20.42 millones de hectáreas en todo el mundo, con una producción total de 1333 millones de toneladas métricas. El área cultivada con caña de azúcar y la productividad difieren considerablemente de un país a otro, Brasil tiene la mayor área (5.343 millones de ha), mientras que Australia tiene la mayor productividad promedio (85.1 ton/ha). De los 121 países productores de caña de azúcar, 15 países (Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, Méjico, Cuba, Colombia, Australia, USA, Filipinas, Sudáfrica, Argentina, Myanmar, Bangladesh), concentran el 86.0% del área y el 87.1% de la producción mundial (Rangel, 2009).

2.0 Desarrollo

Algunos elementos de botánica de la caña de azúcar.

La caña de azúcar presenta la siguiente clasificación taxonómica (Torres *et al.*, 1984):

Reino: *Eucariota*.

División: *Spermatophyta*.

Subdivisión: *Magnoliophytina*.

Clase: *Liliatae*.

Orden: *Poales*.

Familia: *Poaceae*.

Género: *Saccharum*.

Especie: *officinarum* y *sp. Híbrida*.

NC: *S. officinarum*.

NC: *S. sp Híbrida*.

La estructura anatómica de la caña de azúcar ha sido ampliamente estudiada por diversos autores:

El tallo: Dillewijn, (1951) expresa que el tallo aéreo se compone de canutos que en la misma base comienzan muy cortos, aumentando después gradualmente en longitud hasta llegar a un máximo después de lo cual comienza el decrecimiento. Cada canuto está compuesto por una yema, que en la base del tallo permite la formación de muchos brotes. En ocasiones la base del tallo tiene forma de lápiz que puede ser de 5 a 10 cm. lo que indica que las condiciones de crecimiento después de la brotación han sido inadecuadas. También componen el canuto el nudo y **el entrenudo**.

Los entrenudos: cada **entrenudo** constituye una unidad separada cuya longitud está determinada por los **factores externos:** Clima, suelo, labores agrotécnicas, incidencia de plagas y enfermedades, daños mecánicos por implementos agrícolas, entre otros, así

2.0 Desarrollo

como, por los **factores internos**: resistencia genética propia de la variedad hacia los factores externos. El tamaño de los entrenudos puede variar entre 5 y 30 cm. de longitud en dependencia de los factores internos y externos (Dillewijn, 1951; King *et al.*, 1968; González, 1998; Humbert, 1965).

En condiciones adversas (sequía, inundación, bajas temperatura, entre otras) la tendencia normal de alargamiento de los entrenudos puede perturbarse, igual ocurre cuando se daña la hoja activa, hasta el extremo de que se afecte severamente el aporte de sustancias esenciales para el crecimiento del canuto (enfermedades de la hoja o lesiones mecánicas de la hoja). La ubicación de entrenudos o canutos enanos en el tallo, permite calcular la época o periodo de tiempo en que se hallaban activas las condiciones adversas. La caña en condiciones ambientales favorables tiende a mostrar una curva acampanada en el crecimiento de sus entrenudos la cual va perdiendo esta forma en la medida que las condiciones se van haciendo más desfavorables (Dillewijn, 1951).

El **diámetro del tallo** es mayor en la parte bajo tierra con un incremento gradual hacia arriba hasta lograr un valor más o menos constante. Este valor continúa en gran parte del tallo con solo un ligero aumento en la sección de la punta. Este parámetro puede variar su valor según la variedad y las condiciones externas (Dillewijn, 1951).

Humbert, (1965) explica que por lo general nacen tallos de 243.8 – 335.3 cm por año a razón de tres uniones por mes. Cada cepa tiene una variedad de tallos que se dividen en primarios, secundarios y renuevos. El **crecimiento de los entrenudos** varía en dependencia del tipo de tallo siendo menor en el tallo madre y aumenta en los secundarios y renuevos, concluye el autor. Independientemente del tipo de tallo el **crecimiento** comienza lento y luego va aumentando hasta el punto máximo llamado **gran periodo de crecimiento** que dura por espacio de unas semanas o varios meses en dependencia de los factores internos y externos (Humbert, 1965; Lima *et al.*, 2004). También **el diámetro**, continúan explicando, depende del tipo de tallo aumentando a medida que disminuye la edad. La formación de tallos hijos muchas veces se correlaciona negativamente con el grosor del tallo y en una cosecha existe un 25% de tallos primarios, un 50% de secundarios y un 25% de renuevos principalmente "criollos" (últimos renuevos).

El tallo es el órgano de la planta de caña que se cosecha para extraer el azúcar industrialmente, de ahí que el rendimiento y sus componentes en este cultivo son

2.0 Desarrollo

características de este órgano. Se establecen, por su alta correlación con el rendimiento, el peso en primer lugar, el diámetro y el largo, de los tallos, en segundo lugar, como caracteres componentes del rendimiento en caña de azúcar (Torres *et al.*, 1984).

Las hojas están ubicadas alternativamente en el nudo formando dos hileras opuestas. Tienen dos partes: el limbo y la vaina separada por una articulación llamada "Dewlap", el cuello o triángulo de la hoja. El número de hojas verdes (**activas**) es pequeño en las plantas jóvenes y aumenta considerablemente conforme la planta va envejeciendo. Durante el gran periodo de crecimiento el número de **hojas activas** es alrededor de 10 – 15 en dependencia de la variedad y el ambiente (Humbert, 1965).

Otros componentes de las hojas son: **la lígula**, apéndice membranoso de la vaina que separa el limbo de la **vaina** y que está influenciada más por las condiciones internas que las externas; **las aurículas** que son apéndices en forma de orejas ubicados en la parte superior del margen de la vaina que en algunas variedades no se presenta; y la **pubescencia** que es la presencia de pelos tanto en el limbo como en la vaina Dilewijn, (1951).

Las hojas fabrican la sacarosa usando agua, CO₂, nutrientes y luz solar. A partir de un proceso fotosintético eficiente, C₄, que identifica a la planta de caña como la que más energía solar aprovecha (Humbert, 1965; Vásquez y Torres, 1982). Con 10 hojas activas por tallo (70000 hojas. ha⁻¹) que representa una superficie foliar de hojas verdes de 70000 m². ha⁻¹, o sea, 7 veces la superficie de suelo que ocupan las plantas (10000 m². ha⁻¹) (Humbert, 1965 y Muñoz, 2007). Por las hojas ocurre la evapotranspiración (Er) a través de la cual la caña pierde entre 9360 y 12720 m³.ha⁻¹.años⁻¹ de agua, lo cual está muy estrechamente ligada con los factores climáticos: temperatura, humedad relativa y la luz existiendo correlaciones altas y positivas entre estos y la Er que se relaciona con procesos fisiológicos como el crecimiento y la nutrición mineral (Pacheco *et al.*, 1983).

La evapotranspiración, además es reportada con correlaciones altas y significativas con los rendimientos en tallos molibles y en azúcar por Shih, (1983), quien, además, propone este parámetro para predecir el rendimiento a partir de fórmulas matemáticas.

A medida que emergen las nuevas hojas, las viejas o inferiores se secan, mueren y caen dejando una cicatriz en el nudo y el tallo desnudo. El grado de "despaje" del tallo depende

2.0 Desarrollo

de la variedad fundamentalmente. Existe un sistema de numeración que se aplica también a los entrenudos propuesto por Kuijper, (1915), del ápice hacia abajo. La hoja +1 corresponde al último "Dewlap" visible, punto recomendado para medir **la altura de tallo** hasta la superficie del suelo. De ese punto, explica el autor, hacia arriba las hojas en formación se numeran como 0, -1, -2, ... y hacia abajo como +2, +3, +4... La selección de la hoja +1, concluye el autor, se basa en que es la última que está completamente desarrollada y en consecuencia cualquier desplazamiento de su cuello se debe exclusivamente al alargamiento del tallo.

La raíz es fibrosa, provienen de la banda de raíces que se encuentra en el nudo de la estaca. Humbert, (1965) explica que por estudios realizados por un grupo de autores el sistema radicular de los retoños está menos desarrollado que el de caña planta. Se ha descubierto que después del corte, de la cosecha, las raíces de la caña permanecen activas por un periodo considerable de tiempo y que van dejando de funcionar en la medida que es sustituido por las nuevas raíces que emiten los tallos según van brotando y creciendo hasta formar un nuevo sistema radical. El uso del cultivo de poda de raíces viejas, explica el autor, favorece la emisión más rápida y en mayor volumen, siempre y cuando se realice con la profundidad y humedad óptimas de los suelos, así que, cuando se realiza en suelos secos o demasiados húmedos estos beneficios se reducen considerablemente.

La profundidad y amplitud del sistema de raíces dependen de la humedad del suelo. La falta de humedad da más profundidad y amplitud a las raíces, así como, hay un aumento significativo en el número de pelos absorbentes. Lo contrario ocurre en áreas donde el suelo se ha mantenido húmedo o inundado durante largos periodos de tiempo (Dilewijn, 1951). Una parte de las raíces es superficial y puede alcanzar uno o dos metros de longitud, pero la mayor parte es de crecimiento vertical pudiendo llegar a un metro o más de profundidad. Aproximadamente en los primeros 60 cm del suelo se encuentra el 85% de las raíces de la caña (Torres *et al.*, 1984).

Influencia de los factores externos sobre la morfo fisiología de la caña.

El conjunto de factores externos constituyen el **ambiente** en que se desarrolla la planta y que forman parte de su agro ecosistema. Resulta complejo el estudio de un factor separado de los demás pues su relación con los demás es **holocenótica** (interactuante –

2.0 Desarrollo

interdependiente) donde la escasez de un elemento afecta los requerimientos de otro. Por otra parte cada factor presenta una proporción mínima y máxima en que resultan beneficiosos para su acción sobre la planta y la acción de otros factores, fuera de ese rango establecido el agente constituye un factor limitante. A este rango también se le llama límite de tolerancia para la planta y tiene una base genética (Torres *et al.*, 1984).

Entre más amplitud tenga el límite de tolerancia en un factor dado mayor resistencia a ese agente tendrá esa variedad de planta (Torres *et al.*, 1984; Dillewijn, 1951). En el cultivo de la caña de azúcar el ambiente tiene una alta contribución, seguido por los genotipos y por último la I.GxA (Quemé *et al.*, 2005 y 2007).

Dillewijn (1951) asegura que el crecimiento en los órganos de la caña de azúcar es **basípeta** y se produce siguiendo el orden: hoja, vaina de la hoja y entrenudos, formando una unidad estructural en cada canuto, de ahí que la acción de los factores externos se explica en el comportamiento proporcional del crecimiento de los órganos de forma integrada.

Un ejemplo de lo anterior lo explica Dillewijn, (1951), cuando en una hoja donde el crecimiento ocurre de forma simétrica, sin diferencias entre las vainas y los limbos, existe una elongación uniforme que se prolonga alrededor de 8 cm. de largo. Así resulta que se conducen solo los órganos y progresan sincrónicamente. Esto se debe, asegura el autor, a que como están muy apretados entre sí, cualquier diferencia de crecimiento puede deformar, rizar o doblar los más tiernos. Lo cual ocurre, continúa explicando, cuando el crecimiento uniforme es perturbado por agentes externos, tales como: podredumbre del cogollo y condiciones de extrema sequía, lo que puede provocar deformaciones características, como el llamado "Pokkan boeng" mecánico o cogollo retorcido. El entrenudo -1(última hoja formada), concluye el autor, en un inicio su crecimiento es simétrico pero al hacerse más viejo crece menos que la hoja.

Los factores del clima han sido ampliamente estudiados por diversos autores desde hace mucho incluso se plantea como debería ser el clima ideal para la caña de azúcar.

2.0 Desarrollo

González, (1976) y Blume, (1983) sugieren como clima ideal para la caña de azúcar un verano largo y caliente, con lluvias adecuadas durante el periodo de crecimiento y un clima seco, soleado y frío en la época de maduración y cosecha.

Un rendimiento alto por ha cosechada, es el resultado de la producción de gran cantidad de biomasa por causa de altas temperaturas y precipitaciones. Sin embargo estas condiciones climáticas no son favorables para un alto contenido en sacarosa donde se requieren temperaturas y precipitaciones relativamente bajas durante el periodo de maduración. Es por eso que muchos países o regiones con un alto rendimiento en caña por ha cosechada no lideran en contenido de sacarosa (Blume, 1983).

a) Influencia de la luz en el desarrollo de la caña

Dillewijn, (1951) explica que la luz influye por su intensidad y duración, por lo que está considerado este, como uno de los factores más importantes del clima para el desarrollo de la caña, principalmente por su relación con las sustancias reguladoras del crecimiento y con la actividad fotosintética. A menos luz aumenta la producción de auxinas y disminuye la producción de sustancias orgánicas a partir de la fotosíntesis. González, (1976) considera a la luz como un factor de gran importancia para la producción de azúcar y el crecimiento, por estar relacionada con la actividad fotosintética.

Humbert, (1965) explica que la luz solar es la causa fundamental de las diferencias en el rendimiento, mucho más, que por el efecto de las temperaturas. Pinna *et al.* (1983) explican que la eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar depende del tipo de ciclo del carbono que tiene la planta y de las temperaturas: en ambientes calurosos las plantas C4 son más eficientes que las C3, lo contrario ocurre en ambientes fríos. En ambientes calurosos las C4 pueden fotosintetizar 0.040 gm⁻² diariamente (Pinna *et al.*, 1983).

b) Influencia de las temperaturas en el desarrollo de la caña

Este factor está considerado como el que sigue en importancia a la luz. Las altas temperaturas favorecen, hasta un máximo de 30°C, el ahijamiento y el crecimiento de la caña (Yan y Tinker, 2006). González, (1976) explica que mientras más alta es la temperatura, tanto de día como de noche, mayor es el crecimiento, estableciendo los

2.0 Desarrollo

límites de temperatura entre 21 y 32 °C, siendo la óptima para el crecimiento 29°C. Por otro lado asegura que la temperatura media óptima puede oscilar entre 25 y 26.5 °C.

Blume, (1983) plantea que el ciclo vegetativo de la caña está controlado por las temperaturas, pues a menor temperaturas el ciclo se reduce hasta 9 meses, mientras que a mayor temperatura puede durar hasta 36 meses en países tropicales como Jawaii.

c) Requerimientos de agua en el desarrollo de la caña

Reinoso, (1862) consideró que la caña responde mejor a los requerimientos de humedad que a la fertilización. Dillewijn (1951) coincide que aún sin aplicar fertilizantes el número de tallos. ha⁻¹ y la elongación de estos aumenta con la aplicación de agua, por lo que el crecimiento de la caña está regido principalmente por la cantidad y distribución de las precipitaciones (Cabrera y Hernández, 2009).

Clements y Kubota, (1940) encontraron una alta correlación entre las lluvias y la elongación del tallo, así como entre la humedad del suelo y la elongación de la caña. La influencia de la humedad sobre la elongación de la caña es doble: elimina la diferencia entre el crecimiento de día y de noche y altera la forma del gran periodo de crecimiento (Dillewijn, 1951).

Wadsworth (1934, citado por Dillewijn, 1951) sugiere que al contrario de lo que se conoce de la mayoría de las plantas, la caña puede contar con una asombrosa capacidad de absorción de humedad por sus partes aéreas así como conducir esta humedad a las raíces y descargarla en el suelo por medio de estas, aunque la mayor parte de la humedad es absorbida por las raíces.

Se dice que el nivel de la fotosíntesis depende menos del contenido de humedad pues se ha demostrado que cuando una planta está por debajo del punto de marchites continúa produciendo azúcar aunque en menor cantidad que en condiciones óptimas de humedad. Torres *et al.*, (1984) también explican que la actividad fisiológica de las plantas está determinada en gran medida por el balance de agua almacenada en el suelo, la contenida en la planta y la pérdida por evapotranspiración. (Cabrera y Hernández, 2009).

La planta de caña consume entre 250 y 300 Kg. de agua por cada Kg. de materia seca que produce por lo que este elemento es limitante en el crecimiento y sus funciones fisiológicas

2.0 Desarrollo

en general, tales como, la fotosíntesis, la respiración, absorción de nutrientes, circulación de sustancias elaboradas e hidrólisis de macromoléculas, concluyen Torres *et al.* (1984).

Lima *et al.* (2004) plantean que el desequilibrio hídrico perjudica los sistemas de producción vegetal. En la caña se produce temporalmente este fenómeno a fines de octubre y finales de mayo, en la mayor parte del territorio cubano, explica finalmente el autor.

King, (1968) indica que la necesidad de agua para una cosecha de 100 t. ha⁻¹ sería de 1250- 1500 mm y que para mantener el crecimiento máximo del cultivo nunca debe permitirse que la humedad del suelo se aproxime, en la zona de la raíz, al punto de marchitamiento. Si se produce el frenado del crecimiento debido a la falta de humedad siempre transcurre algún tiempo, después de restablecida esta, antes de reanudarse el mismo (King, 1968).

González, (1976) expresa que la correlación entre la precipitación pluvial en la zona que no tiene riego y el crecimiento, es un factor determinante de la producción. Una precipitación anual de 1500 a 1700 mm es suficiente para la caña y debe garantizar entre el 85 y el 90 % de la capacidad de retención de humedad del suelo.

Según Viqueira *et al.* (1983) cuando hay falta de humedad ocurren: cambios en el metabolismo de la planta, decrece la asimilación de CO₂, la capacidad de síntesis disminuye, baja el contenido de ácido Ribonucleico (ARN) y las enzimas como la nitrato reductasa disminuye su actividad. También disminuye la estabilidad del complejo lípido-proteína- clorofila de los cloroplastos y se inhibe la síntesis de proteínas, de clorofila A y B, concluye el autor.

Naidu *et al.* (1983) estudiaron el papel de los estomas en el mantenimiento de balance hídrico en la caña de azúcar llegando a la conclusión que su papel es muy importante sobre todo en variedades donde la resistencia de los estomas a la difusión del vapor de agua hacia el exterior de la planta es mayor, y que ese puede ser un indicador de selección de variedades resistentes a la sequía.

Pinna *et al.* (1983) menciona un grupo de autores que llegan a la conclusión que existe una estrecha relación entre la producción de caña y el agua usada o evapotranspirada y que la caña produce 0.009 Kg.m³ de agua⁻¹ y 0.6-1.0 Kg de sacarosa⁻¹ .m³ de agua.

2.0 Desarrollo

Pacheco *et al.* (1983) dan una relación de autores de Cuba, Puerto Rico y Argentina que definen en distintas regiones la pérdida de humedad de la caña por evapotranspiración:

| Autor | Año | Lugar | Evapotranspiración (m ³ .ha ⁻¹ .año ⁻¹) |
|---------------|------|-------------|--|
| Matev | 1968 | Matanzas | 16000-18000 |
| Vazquez | 1970 | Puerto Rico | 14200-16500 |
| Ruiz | 1972 | Matanzas | 12720-17700 |
| Lunev y Glez. | 1973 | Habana | 17640 |
| Foligata | 1974 | Argentina | 19360 |

d) Acción interrelacionada de las principales variables climáticas sobre la caña

Para entender la relación e interdependencia entre los factores del clima al actuar sobre los cultivos y dentro de ellos la caña de azúcar podemos partir del enunciamiento por parte de Liebig, (1840, citado por Torres *et al.*, 1984) de las leyes del mínimo y del máximo pues para cada factor existe un rango donde se establece un mínimo y un máximo en que su acción es favorable para las plantas tanto directa como indirectamente (Torres *et al.*, 1984). Allee y Park, (1939, citado por Dillewijn, 1951) introducen el término holocenótico para expresar las relaciones dinámicas entre los factores ambientales.

La energía radiante del sol y la temperatura prevaleciente en el área, proveen de energía a la planta. Es el agua la que hace posible que la planta se apropie de este nivel de energía. El suelo satisface a la planta de anclaje, agua común y los nutrientes que necesita. De esta manera la planta misma puede integrar todos los factores y los va obteniendo poco a poco mientras crece (Srinivasan, 1983).

Pinna *et al.* (1983) plantean que muchos autores coinciden en aseverar que el rendimiento de la caña tiene una alta dependencia de los factores climáticos interrelacionados entre sí y de las condiciones del suelo.

2.0 Desarrollo

Pacheco *et al.* (1983) estudiaron la interrelación de la evapotranspiración con los factores climáticos: temperatura, humedad y luz. Dillewijn, (1951) en este sentido refiere que existe correlación alta y positiva entre estos tres factores y la evapotranspiración de la caña hasta un límite previamente establecido.

También la Luz, temperatura y la humedad se correlacionan positiva y significativamente con algunos procesos fisiológicos como el crecimiento y la absorción de nutrientes (Dillewijn, 1951).

Régimen pluviométrico y sequía.

La lluvia afecta a grandes extensiones, a diferencia del riego que en un momento dado solo incide sobre una parte del área, ésta se puede definir por su cuantía (volumen total caído desde el comienzo hasta el final de la lluvia, expresado en mm), duración (tiempo transcurrido desde el comienzo al final de la lluvia) e intensidad (relación cuantía – duración). El comportamiento regular durante un período de tiempo de las lluvias es lo que se conoce como régimen pluviométrico (Viqueira y Lamelas, 1999).

La sequía en su acepción más común se define como: *“Período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un gran desequilibrio hidrológico”* (Centella, 2002). Es muy conocido que la sequía como fenómeno de desarrollo gradual, comienza y termina de manera no bien definida y su impacto es sumamente variado, razones por la cual obtener y recomendar una definición única sobre la base de los distintos criterios existentes es una tarea inútil.

Existen tantas definiciones de sequía, como objetivos hay para definir las (agrícola, hidrológica, meteorológica, etc.), sin embargo un denominador común en todas las definiciones es la escasez de precipitaciones con respecto a un comportamiento normal (valor promedio histórico obtenido a partir de una serie de longitud determinada). Si se considerase este valor normal como inalterable en el tiempo, se estaría eludiendo la constante modificación del clima, por lo que también es necesario tener en cuenta que la lámina de precipitación de referencia debiera ser dinámica y reflejar el clima en evolución. Al respecto Pérez, (2004), puntualiza que sequía es el déficit de agua, mientras sequía agrícola es cuando la humedad del suelo es tan baja que limita el crecimiento y la

2.0 Desarrollo

producción de los cultivos, argumenta además que puede no haber sequía y existir sequía agrícola, porque la reserva de humedad del suelo depende del tipo y del cultivo, más que de las lluvias.

Los procesos que conducen a la sequía son sumamente complejos y sus orígenes más inmediatos pueden estar vinculados a la escasez de humedad atmosférica, la insuficiencia de sistemas generadores de lluvia o la persistencia de una fuerte subsidencia o bien la combinación de algunos de estos factores, cuyas causales deben ser estudiadas en el contexto de la circulación general de la atmósfera (Lecha *et al.*, 1994). Según estos autores se puede determinar un Índice de Sequía (Y), que represente y determine las zonas y los períodos en los cuáles es necesario al menos suministrar agua a los cultivos para que no mueran a partir de dos factores importantes del clima, la lluvia y la temperatura, este índice estaría dado por la expresión:

$$Y = \frac{12 * H}{T + 10}$$

Donde: H: Lluvia promedio mensual en mm

T: Temperatura promedio mensual en °C

Si el índice está entre 5 -10 indica períodos secos y zonas áridas por lo que el suministro de agua a los cultivos se hace indispensable.

Indicadores morfo-fisiológicos de la tolerancia a la sequía.

El estrés por sequía constituye uno de los factores abióticos que mayores daños provoca en la productividad de muchos cultivos, por lo que resulta de importancia para el mejorador poder contar con métodos de rápidos, no destructivos y tempranos, que permitan incrementar la eficiencia de la selección (Martínez *et al.*, 2000).

Para evaluar las variedades que puedan ofrecer buenos rendimientos bajo condiciones adversas, dadas sus características de tolerancia o simplemente para planificar la siembra, se han desarrollado varias pruebas. La determinación de la pérdida de agua en hojas separadas es una de ellas, ya que el contenido relativo de agua (CRA) bajo un estrés dado, constituye una medida de la tolerancia de las plantas a la sequía. Este método se basa en las pérdidas ocurridas por transpiración en cursos largos, bajo condiciones de sequía artificial (Slávik, 1974). Esta propiedad denominada capacidad

2.0 Desarrollo

hidrorredentora ayuda a las plantas a contrarrestar los efectos de la deshidratación, permitiendo determinar los límites de la variabilidad adaptativa y con ello establecer el grado de resistencia de las plantas a la sequía (Kozhusko, 1982).

Cuando la sequía es severa se produce una intensa deshidratación de los tejidos, comienzan a fallar los mecanismos de retención y se debilita la capacidad de retener agua. Las variedades resistentes se caracterizan por el mantenimiento durante un tiempo más prolongado de actuación de estos mecanismos (Viqueira *et al.* 1986)

Estudios de Gómez *et al.* (1990), para valorar la eficiencia del CRA en caña de azúcar a diferentes tiempos de desecación, concluyeron que los mejores ajustes para cada variedad se obtienen con el modelo logarítmico y a partir de las pendientes y los términos independientes del modelo se pueden agrupar las variedades en dependencia de su grado de resistencia a la sequía, por lo que el método puede constituir un criterio útil para la evaluación de la resistencia de las variedades. A conclusiones similares llegaron Viqueira *et al.*, (1986).

El periodo de crecimiento y el ambiente en la caña de azúcar.

El periodo de crecimiento en la caña de azúcar es la época agroclimática óptima para el crecimiento de las plantas. En Cuba, por ser un país tropical, la lluvia es el factor determinante en la ubicación y duración de este periodo, debido a esto se enmarca en la época lluviosa comprendida en los meses de mayo a septiembre (PMA e IPF, 2005 y Sáens, 2004). La lluvia se vuelve cada vez más un factor limitante para el desarrollo de la caña que en Cuba se establece en secano en la mayoría de las áreas, su distribución en el transcurso del año es desigual, alternándose períodos secos y lluviosos y su variación interanual es sumamente alta por el contrario la luz y la temperatura varían muy poco y rara vez limitan la producción (Sáens, 2004)

Existe una metodología propuesta por Herrera (2001, citado por Sáens, 2004) que clasifica la amplitud del período de crecimiento en Buena (120 días), Regular (80-119 días) y Mala (80 o menos días) que permite evaluar a partir de un criterio hídrico la restricción del rendimiento a partir de la amplitud del periodo de crecimiento, el cual puede ser, por tanto, un indicador del potencial productivo de las zonas cañeras al coincidir con la época que

2.0 Desarrollo

determina el rendimiento de la caña. Por otra parte Sáens, (2004), explica que el crecimiento tanto en caña planta como en los retoños en los meses de enero hasta abril es lento como resultado de las condiciones climáticas (bajas precipitaciones y temperaturas), no es prácticamente hasta junio en que las lluvias marcan un cambio sustancial en el período de crecimiento. La duración del período de crecimiento, según el autor, se reduce en condiciones climáticas adversas de 120 a 80 días de duración y esto repercutirá indudablemente en el rendimiento.

Diversos métodos para el pronóstico del rendimiento en caña que se usan en Cuba y en el mundo.

Para la predicción del rendimiento antes de la zafra existen muchos métodos pero con un mayor o menor grado de empirismo (Fernández, 2004). Shih (1983) propone el uso de la evapotranspiración por tener este parámetro una alta correlación con el rendimiento. También plantea que a partir del rendimiento se puede calcular la evapotranspiración (ET) y presenta formulas para ambas operaciones.

Pinna *et al.* (1983) establecen también un procedimiento para la estimación del rendimiento a partir de la (ET) que relaciona la evapotranspiración real (e_r) con la (E_o) que es evaporación del tanque evaporímetro clase A.

(Rodríguez, 1983) aplica el sistema integrado de producción (COPI). donde une los factores climáticos del suelo ciclo de desarrollo y características varietales para mediante evaluaciones mensuales de estas variedades poder ir analizando las afectaciones en la producciones de materias frescas de formas acumuladas e ir tomando decisiones además de poder calcular el desarrollo del cultivo a partir de una fórmula establecida con anterioridad por otros autores.

Srinivasan, (1983) desarrolla una ecuación de regresión múltiple a partir de la humedad de la vaina de la hoja, la edad de cosecha y factores climáticos que permite pronosticar el rendimiento de azúcar comercial en las condiciones de Coimbatore India. Fernández, (2004) usa como variable dependiente el rendimiento agrícola y como variables independientes parámetros de cosechas así como las lluvias registradas de enero a abril, julio y septiembre y las totales con las cuales obtuvo ecuaciones de regresión lineal múltiples en dos localidades de la Habana Cuba.

2.0 Desarrollo

Dillewijn, (1951) expresa que el entrenudo constituye una unidad separada cuya longitud está determinada por los factores externos (clima, suelo, labores agrotécnica, incidencia de plagas y enfermedades, daños mecánicos por implementos agrícolas, entre otros), así como por los factores internos: resistencia genética propia de la variedad hacia los factores externos. El tamaño de los entrenudos asegura el autor puede variar entre 5 y 30 cm. de longitud en dependencia de los factores internos y externos. Este mismo autor explica que la caña en condiciones ambientales favorables tiende a mostrar una curva acampanada en el crecimiento de sus entrenudos, la cual va perdiendo esta forma en la medida que las condiciones se van haciendo más desfavorables.

Pérez *et al.* (2004) explica que en los últimos 30 años se han registrados diferentes anomalías climáticas donde se destacan la celeridad de los eventos de la naturaleza extrema y dentro de estos la sequía y los huracanes, los que no solo duplicaron su frecuencia, sino también que registraron un aumento considerable en el número de casos extremos.

Se define sequía como un período de condiciones meteorológicas anormalmente seca, suficientemente prolongada como para que la falta de precipitaciones cause un desequilibrio grave (PMA e IPF, 2001). Hay sequía agrícola cuando la cantidad de precipitaciones y su distribución, las reservas de agua del suelo y las pérdidas debido a la evaporación se combinan para causar disminuciones considerables del rendimiento de los cultivos y del ganado (Rodríguez *et al.*, 2008 y Echemendía *et al.*, 2009).

Acosta, (2008) aclara que en Cuba las mayores afectaciones por huracanes en la caña se deben a los vientos, cuyos daños son mayores en los suelos rojos y arenosos que en los arcillosos pues ofrecen menos anclaje al cultivo. Las cepas que más se afectan, explica el autor son las de ciclo largo (fríos, primaveras quedadas y retoños quedados). En las primaveras quedadas y fríos los daños se producen en las raíces, plantones arrancados y cañas partidas, así como que estas son las cepas más afectadas en Cuba, por su parte en los retoños quedados se atribuyen más bien a deficiencias en la recogida de la caña acamada por las cosechadoras. En las cepas restantes concluye el autor hay una compensación entre las cañas partidas y en el incremento agrícola de los renuevos en los meses de marzo y abril, causa importante de las pérdidas en la eficiencia industrial por las afectaciones de las cañas partidas, hijos aéreos y renuevos.

2.0 Desarrollo

González *et al.*, (2009) a partir de un estudio realizado en la UBPC "El Novillo" en Pinar del Río, explica que además del clima la producción en los agro ecosistemas cañeros está limitada por la baja población de las áreas, uso intensivo de los suelos, predominio del monocultivo, manejo agronómico deficiente, inadecuada composición de variedades y cepas, ausencia de rotación de cultivos, construcción de caminos, guardarrayas y carreteras sin una concepción agroecológica, no aplicación de abonos orgánicos, baja diversificación de las producciones, deficiencia en el mantenimiento de los sistemas de los canales para el drenaje, insuficiente utilización de la tracción animal, necesidad de capacitación general y especializada, inestabilidad laboral del personal, incluido los directivos, dificultades en los recursos materiales en general, bajo nivel de desarrollo del autoconsumo, falta de estimulación y sentido de pertenencia, la transportación hacia la unidad tiene problemas por dificultades con los equipos y los insumos, lo que afecta en el cumplimiento de la jornada laboral y el aprovechamiento de la misma, la alimentación de los trabajadores y el autoabastecimiento familiar no resultan suficientes. Todo esto, continúan los autores debido a que no hay continuidad de la tradición agrícola y cañera en la familia e inasistencia de una política de reserva de cuadros.

2.1.3 Carencia que se quiere llenar con la investigación.

La estimación de rendimiento para tasar afectaciones climáticas en la caña asegurada por la empresa de Seguros Nacionales (ESEN) presenta la dificultad de no poseer un grupo de variables predictoras que sea reducido y de fácil aplicación práctica por parte de los peritos tasadores (Ramírez, 2009).

La gran gama de factores que afectan el rendimiento agrícola en los agro ecosistemas cañeros; así como la acción de los cambios climáticos que producen un comportamiento anormal de las variables meteorológicas hacen que se dificulte la separación de los efectos adversos del clima del resto de las causas que provocan la disminución del tamaño de los entrenudos y de rendimiento (Ramírez, 2009).

Ruiz, (1997) propuso una metodología para la tasación de afectaciones climáticas que se aplica actualmente en la ESEN y que se basa en el muestreo de entrenudos cortos y entrenudos totales en las plantas de cañas donde se tiene en cuenta que el estrés

2.0 Desarrollo

producido por las condiciones adversas del clima produce cambios fisiológicos que disminuyen el tamaño de los entrenudos (Dillewijn, 1951). Ruiz, (1997) explica el uso de métodos de muestreos de sobres cerrados en cinco puntos del campo donde se toma 10 plantas por estación de muestreo a las que se le cuentan los entrenudos totales, los cortos y se calcula el porcentaje de estos último al resultado. Explica el autor que se le resta el 50% pues se considera que es la proporción en que disminuyen estos por condiciones de estrés climáticos. En años en que el clima se comporta adverso o seco de acuerdo a la época del año que transcurre según el autor, es fácil determina por este método las afectaciones incluso precisar las fechas aproximadas de las mismas pues los entrenudos muestran un acortamiento en ese periodo y se conoce que cada 17 días la caña forma un entrenudo.

La Agencia Internacional de Inspección, Ajuste de Averías y otros Servicios Conexos (Intermar S. A.) tiene un grupo de peritos tasadores que se encargan de cuantificar las afectaciones climáticas en los cultivos y dentro de estos la caña de azúcar, donde los procedimientos que se aplican se basan en la reducción del tamaño de los entrenudos (Intermar, 2009).

La selección de un grupo reducido de variables predictoras del rendimiento en la caña puede contribuir a disponer de más elementos para perfeccionar la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en la caña, para los peritos de agencia Intermar S. A.

2.0 Desarrollo

2.2 Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló durante la campaña 2009 – 2010, en la Empresa Azucarera “Antonio Sánchez” del municipio Aguada de Pasajeros, provincia de Cienfuegos. En cuatro tipos de suelos y agro ecosistemas diferentes: Unidad Básica de Producción Cooperativa Victoria, con suelo Ferralítico rojo típico (FRT), suelo Ferralítico rojo lixiviado (FRL) en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Regadío, Pardo con carbonatos (PCC) en la Cooperativa de producción agropecuaria XXI de septiembre y Pardo sin carbonatos (PSC) en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Viet Nam. Para la selección de las parcelas dentro de las unidades productoras de caña, se buscó que tuvieran similares condiciones climáticas y manejo. La variedad de caña usada fue la C8612.

2.2.1 Evaluación de la efectividad de la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña.

2.2.1.1 Evaluación de la efectividad del uso de variables morfológicas y las precipitaciones para predecir el rendimiento de la caña en seco y condiciones de producción.

Para probar la efectividad del uso de las variables morfológicas se tomaron muestras de campos representativos en cuanto clima suelo, cepa y variedad dentro de cada agro ecosistema seleccionado teniendo en cuenta la metodología de muestreo de sobre cerrado en cinco puntos: cuatro extremos y el centro del campo establecida en los procedimientos actuales de tasación (Intermar, 2009). Se dejó 10 metros de los bordes hacia dentro (ver anexo #1). En cada estación de muestreo se tomaron 10 tallos en un punto escogido al azar y representativo del campo. El muestreo se efectuó de 15 al 30 de diciembre del 2009, pocos días antes de la cosecha de los campos seleccionados. Las cepas seleccionadas fueron caña planta y segundo retoño, en condiciones de seco y en producción.

2.0 Desarrollo

A los tallos seleccionados se les midió las siguientes variables morfológicas siguiendo las recomendaciones establecidas por el INCA (2007):

- Altura del tallo (cm).
- Diámetro del tallo (cm).
- Número de hojas activas.
- Número de entrenudos.
- Longitud de los entrenudos (cm).
- Masa de los tallos (Kg).
- Presencia de enfermedades (No – 1; Si - 2).

Cada punto de muestreo fue considerado como parcela experimental de 96m² donde se calculó el rendimiento a partir de la fórmula recomendada por INCA (2009).

A los datos de las variables morfológicas: Altura del tallo (cm), Diámetro del tallo (cm), Número de hojas activas, Número de entrenudos, Longitud de los entrenudos (cm), Masa de los tallos (Kg) y Presencia de enfermedades de las cepas caña planta y retoños y las precipitaciones, los que fueron sometidos a análisis de regresión lineal múltiple por el método de variables introducidas donde se establecieron los modelos en que se ubican las variables predictoras del rendimiento, para poder esclarecer a través de este análisis si la longitud de los entrenudos reporta alguna utilidad a la hora de predecir el rendimiento del cultivo en tasaciones por afectaciones climáticas, así como determinar otras variables morfológicas útiles para tales fines. Se usó en el procesamiento estadístico el sistema computarizado SPSS versión 15.0.

2.0 Desarrollo

2.2.1.2 Incidencia del tipo de suelo y la cepa en la respuesta de la caña en producción y secado.

Para esto se tomaron los datos de las variables morfológicas: Altura del tallo (cm), Diámetro del tallo (cm), Número de hojas activas, Número de entrenudos, Longitud de los entrenudos (cm) y Masa de los tallos (Kg) obtenidos en los muestreos los que fueron se separaron por tipo de suelo y cepa y se les aplicó análisis de varianza y las medias se compararon mediante Test múltiple de media (Tukey). La variable Presencia de enfermedades fue procesada mediante la variante de ANOVA no paramétrica según Kruskal Wallis para $P < 0.05$. Se usó para ello el sistema computarizado SPSS versión 15.0.

2.2.2 Criterio de expertos sobre la efectividad de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas a la caña.

Se tomó como población: los 10 especialistas en seguros agropecuarios de la UEB de seguros Cienfuegos, los dos especialistas de la UEB Cienfuegos de Intermar y los 7 peritos tasadores de esta última entidad que son los que realizan las tasaciones chequeados por los especialistas de ambas entidades. Los datos de la población y la muestra extraída se ofrecen en la siguiente tabla:

| Población de expertos | Número total | Años de experiencia Promedio | Muestra extraída | % de la población | Nivel académico | |
|-----------------------|--------------|------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| | | | | | Univer-sitarios | Técnicos medio |
| ESEN | 10 | 8.3 | 8 | 80.0 | 8 | 0 |
| Intermar | 2 | 16.0 | 2 | 100.0 | 2 | 0 |
| Peritos Tasadores | 7 | 6.9 | 7 | 100.0 | 4 | 3 |
| Suma | 19 | 10.4 | 17 | 89.5 | 14 | 3 |

2.0 Desarrollo

Para la selección de la muestra se tuvo en cuenta que fueran expertos con más de cinco años de experiencia en la actividad y mayormente universitarios. Los peritos tasadores y 6 especialistas de la ESEN ejecutan la actividad en los 8 municipios de la provincia en todos los cuales se establece el cultivo de la caña o mayor o menor medida.

A los expertos seleccionados se les aplicó la encuesta #1 (Ver anexo #2).

Los datos obtenidos de la encuesta fueron tabulados y procesados con estadística descriptiva donde se usó el sistema computarizado SPSS versión 15.0.

2.2.3 Propuesta de nuevos elementos a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña.

Teniendo en consideración los resultados alcanzados en la evaluación de la efectividad del uso de variables morfológicas, la incidencia del tipo de suelo y de la cepa en la respuesta de la caña en condiciones de producción y de los resultados obtenidos por Ramírez (2009) en la evaluación de variables agroclimáticas y el uso del índice de sequía Porcentaje de Precipitaciones Normales (PPN) propuesto por Tecnociencia (2007), en el municipio de Aguada de Pasajeros, se elaboraron dos encuestas (ver anexo #3) la primera con un grupo de variables a incluir en una nueva metodología para que fueran aprobados por los expertos y la segunda donde se incluyen 6 variantes de procedimientos prácticos a usar por los peritos tasadores para tasar afectaciones climáticas en la caña, en que los expertos deben aprobar la que de acuerdo a su experiencia considera más efectiva o sugerir otra que considere mejor. Las variantes de procedimientos en análisis fueron las siguientes:

- A. Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento del 50% como establece la actual metodología.

2.0 Desarrollo

- B. Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento del 50% más penalizaciones por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN.
- C. Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN.
- D. Cálculo del indicador de sequía o déficit hídrico, del periodo que se evalúa y vigencia de la póliza promediándolo con el del gran periodo de crecimiento (mayo – septiembre) en el caso de que este caiga dentro de la vigencia.
- E. Promedio de los resultados de los procedimientos c) y d).
- F. Cálculo de estimado del rendimiento en campos representativos a partir fórmulas (ver debajo) que incluyen el número promedio de tallos por metro lineal y el peso promedio de los tallos al que se le resta el rendimiento asegurado. A la diferencia se le aplica descuentos por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN así como por el tiempo que media hasta la cosecha de los campos.
- G. Otro procedimiento que de acuerdo a su experiencia, usted considere más acertado

Las fórmulas a usarse en la variante F. Propuestas por INICA (2009) son las siguientes:

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Peso Prom en } 1.60m^2 \times 10000m^2}{1.60m^2}$$

$$\text{Donde el } \text{Peso Prom en } 1.60m^2 = \frac{\text{Prom Tallos X metro lineal X Peso de 10 tallos}}{\text{Tamaño de la muestra}}$$

$$\text{y el } \text{Prom Tallo x metro lineal} = \frac{\text{Tallos en 40 metros lineales}}{40} \times 1.60m^2$$

2.0 Desarrollo

A los expertos se les aplicó las encuestas # 2 y 3(Ver anexos # 3 y 4). Las mismas fueron aplicadas a los 17 expertos seleccionados siguiendo la metodología descrita en el acápite anterior. Los datos obtenidos de la encuesta fueron tabulados y procesados con estadística descriptiva donde se usó el sistema computarizado SPSS versión 15.0.

2.3 Resultados y discusión.

2.3.1 Evaluación de efectividad de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña.

2.3.1.1 Evaluación de la efectividad del uso de variables morfológicas y las precipitaciones para predecir el rendimiento en caña.

Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple por el método de variables introducidas en caña planta y retoños en condiciones de producción (Tabla 1) muestran ecuaciones estandarizadas donde se incluyen las variables peso, diámetro y largo de los tallos que explican entre el 84 y 96 % de las variaciones del rendimiento, así como la presencia de enfermedades en los retoños. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el análisis de correlación. Se destaca como las precipitaciones mensuales también fueron incluidas como predictoras del rendimiento, lo cual corrobora el alto papel que juegan las mismas en la respuesta de la caña reportado por Mansour (1983), Pineda (2009) y Ramírez (2009).

Se puede observar también como la longitud de los entrenudos no fue incluida dentro de las variables que más explican las variaciones del rendimiento de la caña planta y los retoños en producción lo que la excluye como variable útil para efectuar predicciones del rendimiento al cultivo en esas condiciones y demuestra que la metodología de tasación de afectaciones al rendimiento de la caña propuesta por Ruiz (1977) podría no ser totalmente eficiente para tal propósito.

Resultado y discusión

Tabla 1 Modelos de regresión múltiple por variables introducidas obtenidos en retoños y caña planta en producción.

| Variables | Caña planta | | | Retoños | | |
|---------------------|---|----------------|----------|---|----------------|---------|
| | R | R ² | Sig. | R | R ² | Sig. |
| | 0,802(a) | 0,843 | 0.001(a) | 0.981(a) | 0,961 | ,000(a) |
| Ecuación del modelo | $Y = -2.708 - 2.031 X_1 + 0,384 X_2 + 0.174X_3 + 0,309 X_4.$ Donde: $X_1 \Rightarrow$ Peso del tallo. $X_2 \Rightarrow$ Largo del tallo. $X_3 \Rightarrow$ Diámetro del tallo. $X_4 \Rightarrow$ Lluvias mensuales | | | $Y = -0.302 - 0,106 X_1 + 0,727 X_2 + 0,020 X_3 - 0,016X_4 + 0.034 X_5$ Donde: $X_1 \Rightarrow$ Peso del tallo. $X_2 \Rightarrow$ Largo del tallo. $X_3 \Rightarrow$ Diámetro del tallo. $X_4 \Rightarrow$ Presencia de enfermedades. $X_5 \Rightarrow$ Lluvias mensuales. | | |

En la Tabla 2 aparece el empleo de la metodología actual por los expertos encuestados. Los resultados revelan que solo un 11.8% de los especialistas encuestados plantean que usan la metodología exactamente como está establecida, un 52.9% solo usa algunos elementos de esta y el 35.3% no la emplean en tasaciones de afectaciones climáticas en caña de azúcar.

Resultado y discusión

Tabla 2 Empleo por expertos de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña propuesta por Ruiz (1997).

| ¿Aplica la actual metodología? | Si | No | Solo algunos elementos. | Total Encuestados |
|--------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------|
| ESEN | 2 | 2 | 4 | 8 |
| Intermar | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Peritos Tasadores | 0 | 2 | 5 | 7 |
| Suma | 2 | 6 | 9 | 17 |
| % | 11.8 | 35.3 | 52.9 | 100 |

En la Tabla 3 el criterio de los expertos encuestados sobre la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña propuesta por Ruiz (1977). Los resultados indican que la mayoría de los expertos (82.4%) consideran que la actual metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña propuesta por Ruiz (1977) está incompleta y solo el 17.6% que está completa de lo que se desprende la necesidad de mejorarla con nuevos procedimientos teórico prácticos.

Resultado y discusión

Tabla 3 Efectividad, según criterio de expertos, de la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña propuesta por Ruiz (1997).

| La metodología actual puede considerarse como | Completa | Incompleta | No se adapta a las actuales condiciones | Total Encuestados |
|---|----------|------------|---|-------------------|
| ESEN | 3 | 5 | 0 | 8 |
| Intermar | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Peritos Tasadores | 0 | 7 | 0 | 7 |
| Suma | 3 | 14 | 0 | 17 |
| % | 17.6 | 82.4 | 0 | 100 |

2.3.1.2 Incidencia del tipo de suelo y la cepa en la respuesta de la caña en condiciones de producción y secano.

La comparación de medias (Tabla 4) en caña planta indica resultados similares en los suelos Pardo con carbonato y Pardo sin carbonato en el rendimiento y sus variables morfológicas predictoras: diámetro y altura de los tallos, así como también hojas activas y presencia de enfermedades. También se observa como los suelos Ferralíticos muestran valores inferiores a los Pardos donde se observa diferencia significativa entre las medias de estos en el rendimiento y sus variables predictoras. Estos resultados corroboran lo planteado por Ortega (1982) y Sánchez *et al.* (1982) quienes aseguran que los Ferralíticos poseen menor contenido de humus y arcilla que los Pardos, lo que hace que tengan menor contenido de nutrientes, por lo que son menos fértiles. Estos suelos, también, pueden ser más vulnerables a producir afectaciones en las plantas de cultivo por sequía, debido a que poseen menor retención de humedad, también los pardos tienen sus limitaciones, dadas por tener una profundidad efectiva reducida y se inundan con facilidad. También coinciden con lo reportado por González (2009)

Resultado y discusión

quien refiere que por sus características físicas y químicas los suelos Pardos favorecen mejor el cultivo de la caña de azúcar que los del agrupamiento Ferralítico.

Dentro del agrupamiento Ferralítico los valores más elevados del rendimiento y sus variables predictoras aparecen en los del tipo Ferralítico Rojo típico y los menores valores en el Ferralítico Rojo Lixiviado. Lo que corrobora lo planteado por González, (2009) que explica que en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviado el contenido de materia orgánica es más bajo que en los Ferralíticos Rojos típicos, así como también es más baja la fertilidad y la retención de humedad haciendo que el cultivo sea más vulnerable a la sequía si se establece en secano.

Tabla 4 Comparaciones entre los tipos de suelos en caña planta en producción y secano.

| Suelos | Diámetro Tallo (Tukey) | Altura Tallo (Tukey) | Hojas Activas (Tukey) | Rend (T/Ha) (Tukey) | Número entren. (Tukey) | Longitud Entren (Tukey) | Presencia Enfermedad. (Kruskal Wallis) |
|--------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|--|
| FRT | 27.7a | 278.1b | 8.32a | 56.3b | 40.3a | 5.5c | 1.24a |
| FRL | 26.6b | 255.3c | 7.24b | 41.2c | 36.4b | 5.0c | 1.26a |
| PCC | 28.4a | 310.1a | 8.32a | 62.6a | 39.5a | 6.5a | 1.22b |
| PSC | 27.7a | 289.2a | 8.36a | 61.4a | 33.6c | 6.2ab | 1.22b |
| CV (%) | 19.0 | 13.0 | 20.6 | 20.8 | 17.0 | 28.8 | 24.4 |
| ES± | 0.34 | 0.68 | 0.12 | 0.03 | 0.45 | 0.13 | 0.03 |

**Letras iguales en las filas no hay diferencia significativa para $p < 0.05$ (Tukey y Kruskal Wallis).*

Los resultados en los retoños (Tabla 5) indican que el cultivo en los suelos Pardos muestra los valores más elevados, donde no hay diferencia significativa entre el

Resultado y discusión

Pardo Con Carbonato (PCC) y el Pardo Sin Carbonato (PSC) en el rendimiento y sus variables predictoras. Respuesta diferente muestran los Ferralíticos cuyos valores son estadísticamente diferentes entre ellos, donde el Ferralítico Rojo Típico (FRT) se destaca con las medias más elevadas que las del Ferralítico Rojo Lixiviado (FRL). Estos resultados coinciden con los obtenidos en caña planta y con lo planteado por González, (2009) quien refiere una respuesta más favorable de la caña en los suelos pardos que en los Ferralíticos dado por tener los primeros una mayor fertilidad, alto contenido de materia orgánica, mayor retención de humedad y actividad microbiana.

Tabla 5 Comparaciones entre los tipos de suelos en retoños en producción y seco.

| Suelos | Diámetro Tallo (Tukey) | Altura Tallo (Tukey) | Hojas Activas (Tukey) | Rend (T/Ha) (Tukey) | Número entren. (Tukey) | Longitud Entren (Tukey) | Presencia Enfermedad. (Kruskal Wallis) |
|--------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|--|
| FRT | 19.8b | 247.0b | 7.84a | 33.9b | 23.1a | 8.65b | 1.60b |
| FRL | 15.8c | 206.2c | 5.50b | 28.3c | 24.8a | 8.49b | 1.82a |
| PCC | 23.7a | 274.6a | 8.34a | 42.5a | 21.6b | 10.53a | 1.52b |
| PSC | 23.1a | 269.8a | 8.14a | 41.3a | 21.4b | 10.90a | 1.56b |
| CV (%) | 24.0 | 16.2 | 25.2 | 38.3 | 20.3 | 28.5 | 19.8 |
| ES± | 0.5 | 0.62 | 0.13 | 0.04 | 0.37 | 0.27 | 0.03 |

**Letras iguales en las filas no hay diferencia significativa para $p < 0.05$ (Tukey y Kruskal Wallis).*

2.3.2 Propuesta de nuevos elementos teórico prácticos a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña.

En la Tabla 6 se muestra el criterio de los expertos encuestados sobre variables a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña propuesta. Se observa como el 100% de estos consideran que deberían incluirse las variables: precipitaciones, indicador de sequía, el tipo de suelo, las labores ejecutadas y su calidad, el enyerbamiento y el % de tallos secos. Lo cual coincide lo reportado por Ramírez, (2009) quien refiere una alta influencia de las precipitaciones y el manejo en la respuesta de la caña en condiciones de producción y secano, así como con lo obtenido en el presente trabajo en que se observó que la respuesta de la caña puede variar significativamente según el tipo de suelo.

Un 76.5% de los especialistas vieron alguna utilidad en el uso de variables morfológicas y el tipo de cepa para determinar afectaciones al rendimiento de la caña y solo el 41.2% de estos incluiría la longitud de los entrenudos para tal propósito. Este resultado fue corroborado en la evaluación de estas variables en condiciones de producción ya explicada anteriormente, donde se pudo comprobar como la incidencia del ambiente disminuyó el valor de los coeficientes de correlación entre las variables que fueron inferiores a los reportados por Dillewijn, (1951) en condiciones experimentales y que aún así: la masa, la altura y el diámetro de los tallos explicaron entre el 84% y 96% de las variaciones del rendimiento, tanto en retoños como en caña planta, mientras que la longitud de los entrenudos no se incluye dentro de las variables predictoras del mismo.

Resultado y discusión

Tabla 6 Criterio de expertos sobre variables a incluir en la metodología de tasación de afectaciones climáticas en caña.

| Variables | Precipitaciones | Indicadores de sequía | Cepa | Suelo | Labores y su calidad | Enyerbamiento | % entrenudos | % tallos secos | Morfológicas |
|-------------------|-----------------|-----------------------|------|-------|----------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| ESEN | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 8 | 3 | 8 | 6 |
| Intermar | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Peritos Tasadores | 7 | 7 | 5 | 7 | 7 | 7 | 2 | 7 | 5 |
| Suma | 17 | 17 | 13 | 17 | 17 | 17 | 7 | 17 | 13 |
| % | 100 | 100 | 76.5 | 100 | 100 | 100 | 41.2 | 100 | 76.5 |

El criterio de los expertos encuestados sobre procedimiento a incluir en la metodología actual de tasación de afectaciones climáticas en caña (Tabla 7) muestra que de las variantes de procedimientos para la tasación de afectaciones climáticas en caña presentadas a los especialistas, el uso del promedio de % de entrenudos cortos con el % de tallos secos y con el índice de sequía Porcentaje de Precipitaciones Normales (PPN) propuesto por Tecnociencia (2009) con penalizaciones por incumplimiento y mala calidad de las labores, así como por enyerbamiento (variante C), recibió la más alta votación de los expertos (94.1%). El 76.5% de estos consideran que la manera más efectiva para tasar afectaciones climáticas en caña es a través del cálculo de un estimado previo a la zafra usando la fórmula recomendada por el INICA (2007) donde se incluyen la masa de los tallos y el número de tallos por metro lineal. Este resultado nos indica que la metodología actual puede ser mejorada al incluirle los nuevos procedimientos aprobados.

Tabla 7 Criterio de expertos sobre distintas variantes de procedimientos a emplear para la tasación de afectaciones climáticas en caña.

Resultado y discusión

| Variantes más aceptadas | A | B | C | D | E | F | G |
|-------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|
| ESEN | 3 | 0 | 5 | 2 | 7 | 8 | 0 |
| Intermar | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Peritos Tasadores | 0 | 0 | 3 | 4 | 7 | 3 | 1 |
| Suma | 3 | 0 | 10 | 7 | 16 | 13 | 1 |
| % | 17.6 | 0.0 | 58.8 | 41.2 | 94.1 | 76.5 | 5.9 |

3. Conclusiones.

Resultado y discusión

1. La metodología actual de tasación a emplear por los peritos de Intermar resulta estar incompleta debido a que los factores ambientales enmascaran el efecto de las afectaciones climáticas que se manifiestan en la variable morfológica empleada, lo que disminuye su efectividad siendo la masa, la altura y el diámetro del tallo, así como las precipitaciones las variables que determinan el rendimiento en los modelos de regresión lineal y por tanto las más efectivas para tasar afectaciones climáticas en caña.
2. Al cambiar el tipo de suelo, la cepa, el manejo y al aumentar la presencia de enfermedades se afecta la respuesta de la caña, lo que les da utilidad a estas variables para tasar afectaciones climáticas en caña.
3. El procedimiento más aceptado para tasar afectaciones climáticas en caña resulta ser el promedio de los porcentajes de entrenudos cortos y tallos secos que a su vez se promedian con los resultados de la media del déficit hídrico en el periodo de crecimiento y en el ciclo total del cultivo, a cuyo resultado se le aplican descuentos por enyerbamiento, mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas por la ESEN.
4. El cálculo del estimado del rendimiento en campos representativos a partir de la fórmula recomendada por el INICA, (2009) para tasar afectaciones climáticas en caña resulta ser altamente aceptado por los expertos de la ESEN e Intermar.

4. Recomendaciones.

Resultado y discusión

1. Validar los modelos de regresión lineal obtenidos en caña planta y retoño con caracteres morfológicos y las precipitaciones, en condiciones de producción, para el pronóstico del rendimiento antes de la cosecha en tasaciones de afectaciones climáticas en caña.
2. Considerar el tipo de suelo, la cepa y la presencia de enfermedades para efectuar los muestreos para tasar afectaciones climáticas en caña.
3. Validar e implementar los procedimientos aprobados por los expertos como los más efectivos para tasar afectaciones climáticas en caña.

5. Referencias Bibliográficas.

- Acevedo, R.; La O, M.; Rodríguez, M.; García, H.; Rodríguez, E.; Alfonso, I.; Jesús, C.; Pérez, E.; Vázquez, R.; Figueredo, I.; Fuentes, P.; Alfonso, F.; Gil, Y.; Rodríguez, O. 2009. Incidencia de las plagas de la caña de azúcar en diferentes regiones edáficas de Cuba. En CD Memorias del XVI Congreso Científico INCA. 24-28 Noviembre, 2009.
- Acosta, P. P. 2008. Efecto de los Huracanes en la Caña de Azúcar en Cuba. Anuario de la Nación. MINAZ. 10 de Septiembre del 2008.
- Arcia, J.; C. Balmaseda; R. Marín; R. Chang; R. Villegas y D. Ponce de León 1995. Esquema agroecológico vinculado con el cultivo de la caña de azúcar en la República de Cuba, Departamento Nacional Suelos y Agroquímica. INICA 10p.
- Arzola, N. 2007. Contenido y formas del nitrógeno en un suelo cultivado de caña de azúcar. Disponible en <http://www.santiago.cu/hosting/etica/sede40/tec/t06.htm>. Consulta en mayo 2009.
- Arzola, N. y Elizabeta Hernández. 2001. Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras de la Provincia de Cienfuegos (Primera aproximación). INICA. MINAZ. 33p.
- Blume, H. 1983. *Environment and cane sugar yield*. International Society of sugar cane technologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol. I p 277-290.
- Cabrera, R.; Luís, A.; Hernández, I. 2009 *Evapotranspiración de la caña de azúcar en clima semiárido. Caña de Azúcar Vol. 1.4 (2) p81-89. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/revistas/Cientificas/canadeazucar/canal/402/texto/evapotranspiracion.htm>. Consulta en mayo, 2009*
- Clements, H.; Kubota, T. 1942. Internal moisture relations of sugar cane. The selection of a moisture index. Haw. Plant. Rec. 45. p17-35.
- Dillewijn, V.C. 1951. Botánica de la caña de azúcar. Ediciones Revolucionarias. Instituto de libro. La Habana.

5. Referencias Bibliográficas.

- Domingos, G.P.; Magalhães, G.P.S. 2005. Monitoreos de rendimientos en caña de azúcar. ASAE paper number: 051154.ASAE Annual International meeting- Tampa, Florida, USA.17-20 de julio.
- Echemendía, P. M.; Jonson, S. G.; Figueredo, R. E.; Escalona, B. M.; Duque, R. Y.; Cruz, G. I. 2009. Curso MIP. Maestría en agricultura sostenible Lecturas recomendadas. Libro MIP CAPITULO II CETAS. UCF.
- ESEN. 2003. Póliza de seguros agropecuarios. Subdirección agropecuaria. Ciudad Habana. Cuba.
- ESEN. 2010. Manual de procedimientos para bienes agrícolas. Subdirección agropecuaria. Ciudad Habana. Cuba.
- Fernández, O.; Rodríguez, G.y González, A. 2004. Estudio y modelación de algunas variables que influyen en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar. Revista ATAC. No1. Enero –julio. P50-55.
- García, P. H. 2004. Optimización del proceso de obtención de variedades de caña de azúcar tolerantes al estrés por sequía y mal drenaje en la región central de Cuba. La Habana. 122h.Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar. INICA
- González, M. M.; Tuero, S.; Bouzo, L. 2007 Diagnóstico del agroecosistema de una unidad de producción cañera método para alcanzar un desarrollo sostenible. Jornada Científica – Productiva INICA. celebrada en Jovellanos, Matanzas del 5 al 9 de Junio 2007. Disponible en: <http://www.infomet.fcr.es/assaig/S.htm> Consulta: Marzo 2009.
- Humbert, R. P. 1965.El cultivo de la caña de azúcar. Editora Universitaria. La Habana.
- INICA, 2007. Protocolo de lotes control de nuevos productos y de tecnologías de control de malezas. Folleto 4p.
- Intermar S.A, 2009. Normas de procedimientos para seguros agropecuarios. Ciudad Habana. Cuba.

5. Referencias Bibliográficas.

- King, J.; Mungomery, R. W.; Hughes, C. G. 1968. Manual para el cultivo de la caña de azúcar. Serie australiana sobre agricultura y ganadería. Edición Revolucionaria. Instituto del libro. La habana.
- Kozhushko, N.N. 1982. Metodología para la determinación de la resistencia a la sequía de las gramíneas por la variación de los parámetros del régimen hídrico (capacidad hidrorredentora, capacidad de absorción de agua, déficit hídrico). Instituto Nacional de Investigación Científica sobre cultivo de plantas "I. Vavilov" Leningrado.
- Lecha, L.; L.R. Paz y B. Lapinel. 1994. El clima en Cuba. Editorial Academia. La Habana. 186p. Disponible en:
- Lima, J. R. 2004. Caña de azúcar: captación conservación y manejo sostenible del agua y la humedad del suelo. Revista INICA. Serie caña de azúcar. Siglo XXI. Suplemento Especial. No. 1 Nov.
- Mansour, I.M.; Allam, A.I.1983. Effect of eco- biological factors on sugar cane production in Iraq. International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p 311-324.
- Martínez, R.; A. Solis; F. Cabrera y Reyna Parra. 2000. Evaluación de líneas de tomate resistentes a escasa humedad. Resúmenes XII Seminario Científico INCA p170.
- Medina, C. A.; Días, J.; Gómez, J. 2009. Parámetros biológicos del áfido *Sipha flava Forbes*, en caña de azúcar. En CD Memorias del XVI Congreso Científico INCA.24-28 Noviembre, 2009.
- Moreno, X. A. 2006. Ejes estratégicos para el ordenamiento territorial de la gestión de los agroecosistemas del municipio de Aguada de Pasajeros. Tesis de grado para optar por el Título de master en ciencias. CETAS. UCF. Cuba.
- Mutanda, P.P.M. 1983. Responser odf sugar cane to nitrogen fertilizar and climate on two major soils in W. Kenya. International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p 200- 218.
- Nagatomi, S.; Oshiro, Y.1983. Classifications for sugar cane wild germplasm by methods of numerical taxonomy. Vol. II. PP650- 660.

5. Referencias Bibliográficas.

- Naidu, M.K. Venkataramana,S.; Gururaja, P.N. 1983. Varietal variation in stomatal conductance and difusión resistance during moisture stress and recovery in sugar cane. . International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p.
- Pacheco,J.; Alonso, N.; Gutierrez, A.1983. A estudy of the sugar cane evapotranspiration in Cuba. . International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p 380- 387.
- Pérez, I.; Portal, A.R. 2004. Primeras experiencias en Cuba de aplicación de la Geomática a la agricultura de precisión en la esfera de la caña de azúcar. VII Taller Internacional Informática y Geociencias. GEOINFO 2004.
- Pérez, S. Dora. 2004. Presentan modelo para evaluar la sequía. Juventud Rebelde (CU), abril 8,: 8.
- Pineda, E.; Sierra, A.; Camacho, I.; Martínez, R.; Becerra, E.; Barreto, B.; Acosta, F.; Hernández, N. 2009. Rendimiento agrícola en caña de azúcar bajo condiciones diferentes de manejo fitotécnico, con énfasis en la fertilización. . En CD Memorias del XVI Congreso Científico INCA.24-28 Noviembre, 2009.
- Pinna.J.; Valdivia, S.; Tello, H. 1983. Yield estimation of sugar cane from evapotranspiration data. . International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p370- 379.
- PMPA (Programa Mundial de Alimentos, IPF (Instituto de Planificación Física). 2004. Análisis y cartografía de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Cuba. 2004 Proyecto Vam Cuba. Publicación de la Representación del PMA en Cuba: Año 38. Sept. 2004.9 52-68.*
- Quemé, J.L.; Crossa, J.; Orozco, H.; Melgar, M. 2007. Analysis of genotype-by-environment interaction for sugarcane using the sites regression model (SREG). Proc. ISSCT, vol.26. pp 764-769.
- Quemé, J.L.; Orozco, H.; Ovalle, W.; Melgar, N. 2005. Analysis of genotype-by-environment interaction for sugarcane based on the AMMI model, proc. ISSCT, vol.25.

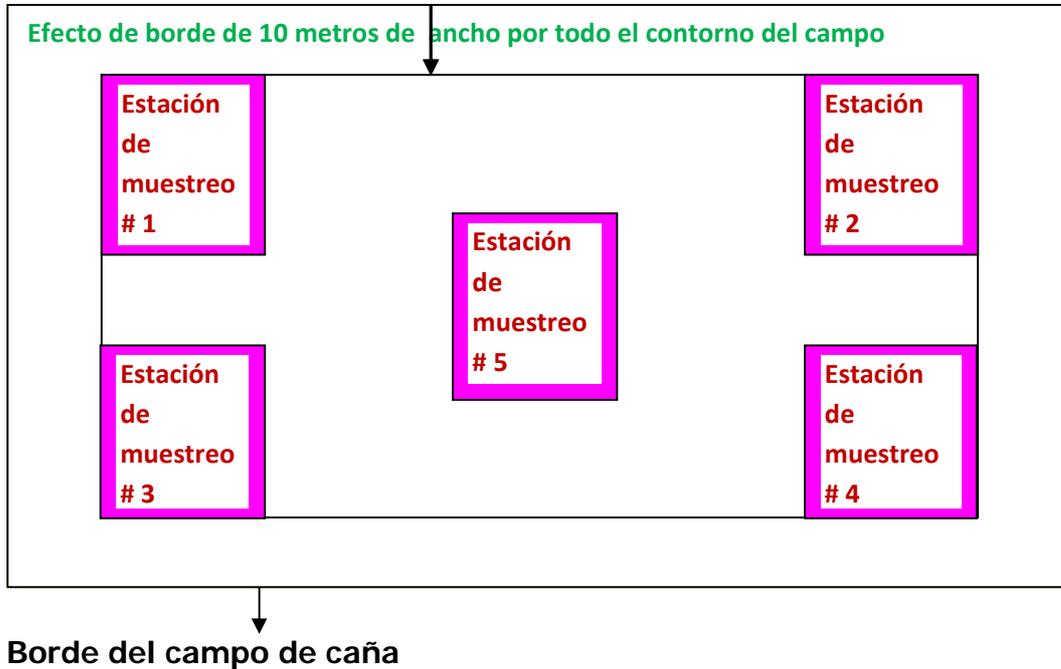
5. Referencias Bibliográficas.

- Reinoso, A. 1862. Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. Publicaciones azucareras. La habana. 1998.
- Rodríguez, J.C.S. 1983. Integrated control of production applied to sugar cane. International Society of sugar cane technologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p 335-343.
- Rodríguez, M. 2005. Caracterización molecular de un grupo de variedades de caña de azúcar del programa de mejoramiento cubano. Revista Cultivos tropicales. Vol.26. No2. p25-30.
- Rodríguez, R., N.; Bernal, H.; Jorge, H.; García,; Puchades, Y.; Tamaño M. 2008. Relación entre el desarrollo radicular y la tolerancia al estrés por sequía en variedades de caña de azúcar. Rev. Cuba & Caña. No. 1 2008. p33-35.
- Roldós, J. 1986. Evaluación de algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar. Tesis en opción al grado científico de C.Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA. 122pp.
- Ruiz, P. A. 1993. *Normas de tasación para la caña de azúcar. ESEN. Ciudad Habana Cuba.*
- Sáens, M. A. 2004. *Determinación del periodo de crecimiento de la caña de azúcar en el CAI José Martí. CIEGET. Pinar del Rio. Vol. 6. No.2 Abril- junio*
- Sánchez, P. 2005. Malas hierbas en el cultivo de la caña de azúcar para implementar manejo integrado en la UBPC Blas Roca Calderío. Centro Agrícola. Año 32. No4. oct.-dic.
- SERVAS, 2008. Servicio de Variedades y Semilla. Recomendación UPC “La Josefa”. ETICA Villa Clara-Cienfuegos. Folleto. p10.
- Shih, S.F. 1983 Using sugar cane yields and evapotranspiration relations for water management.. International Society of sugar cane technologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol. 1 p 573-585.
- Tecnociencia, 2006. Clasificación de la sequía de acuerdo a valores del PPN. Disponible en <http://www.tecnociencia.es/especiales/sequia/introduccion.htm>, Consulta Junio, 2009.

5. Referencias Bibliográficas.

- Toala, G.; Bernal, N.; Martínez, I.; Contreras, V.; Zuaznábar, R. 2007. Efecto de las malezas en el rendimiento de la caña de azúcar en un suelo franco arenosos en el tercer periodo de zafra, en el ingenio ECUDOS. S. A. Jornada Científica – Productiva INICA. celebrada en Jovellanos, Matanzas del 5 al 9 de Junio 2007.
- Torres, J. C.; Pérez, E.; Ortega, R. 1984. Manual de fundamentos de Agronomía. Facultad de Agronomía. MES. ISCAH. La Habana.
- Vásquez, B. E.; Torres, G. S. 1982. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Viqueira, L.; Gòmes, L.; Rodríguez, C. 1983. Effect of water defficiency on two sugar cane varieties. . International Society of sugar cane tecnologist. Proceeding XVIII congress. C. Habana Vol.I p 394- 408.
- Viqueira, Liliam y C. Lamelas. 1999. Planificación del régimen riego de proyecto y explotación usando los factores del efecto del rendimiento ky. Resúmenes AGROMECA. p 47.
- Yan, W.; Tinker, N.A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Can. J. Plant Sci. 86:623–645.

Anexo # 1 Esquema de muestreo usado de acuerdo al método de sobre cerrado y cinco puntos, propuesto por Ruiz (1997).



Anexo # 2

ENCUESTA #1 A APLICAR A INSPECTORES Y ESPECIALISTAS DE LA ESEN

Compañero especialista, estamos realizando un estudio para determinar la efectividad de la actual metodología de tasación de afectaciones por sequía en caña de azúcar empleada por los peritos de Intermar S.A. en áreas aseguradas por la ESEN, para lo cual necesitamos de sus experiencias en la aplicación de la misma al responder lo más preciso posible las siguientes interrogantes (puede escribir al dorso si no le alcanzan las líneas):

1.- Marque con una X el nivel académico alcanzado por usted.

9º grado. 12º grado. Técnico medio. Universitario Msc. Dr.

2.- Marque con una X la especialidad cursada por usted.

Ninguna Agronomía Agropecuaria Veterinaria

Otra ¿Cual? _____.

3.- Marque con una X categoría menciónala y diga los años de experiencia:

Especialista en: _____ de la ESEN con años de experiencia.

Perito tasador de Intermar con años de experiencia.

4.- Aplica usted la actual metodología de tasación de afectaciones por sequía en caña de azúcar propuesta por Ruiz (1997).

Si. No. Algunas veces. ¿Por qué? _____

_____.

5.- Marque con una X la valoración que considera correcta sobre dicha metodología:



___ Esta completa y abarca los elementos teórico- prácticos necesarios y suficientes que se requieren para tasar la sequía en caña en las actuales condiciones climáticas y de manejo.

___ Esta incompleta y requiere de nuevos elementos teórico- prácticos que hagan más efectiva su aplicación en las actuales condiciones climáticas y de manejo.

___ No se adapta a las actuales condiciones climáticas y de manejo del cultivo.

___ Otro criterio que desee expresar y que no se haya mencionado anteriormente:



Anexo # 3

ENCUESTA# 2 A APLICAR A INSPECTORES Y ESPECIALISTAS DE LA ESEN

Compañero especialista, estamos realizando un estudio para definir posibles elementos a tener en cuenta en una nueva metodología de tasación de afectaciones por sequía en caña de azúcar a emplear por los peritos de Intermar S.A. en áreas aseguradas por la ESEN, para lo cual necesitamos de sus experiencias en su trabajo. Para ello solo tiene que responder lo más preciso posible las siguientes interrogantes:

1.- Marque con una X el nivel académico alcanzado por usted.

9º grado. 12º grado. Técnico medio. Universitario Msc. Dr.

2.- Marque con una X categoría menciónala y diga los años de experiencia:

Especialista en: _____ de la ESEN con años de experiencia.

Perito tasador de Intermar con años de experiencia.

Técnico de la producción de caña: _____

Con años de experiencia.

3.- Marque con una X los elementos que considera deben ser tenidos en cuenta de alguna forma en una nueva metodología de tasación de afectaciones por sequía en caña de azúcar:

Precipitaciones históricas y del periodo que se evalúa.

Cálculo de algún indicador de sequía que considere las precipitaciones.

Variables morfológicas componentes del rendimiento de la caña o no en un muestreo de tallos.

Tipo y edad de la cepa del área afectada.



___ Labores ejecutadas y su calidad hasta el momento de la afectación.

___ Enyerbamiento de las áreas hasta el momento de la afectación.

___ % de entrenudos cortos en un muestreo de tallos.

___ % de tallos secos en un muestreo de estos.

___ Otros elementos que considere: _____



Anexo # 4

ENCUESTA# 3 A APLICAR A INSPECTORES Y ESPECIALISTAS DE LA ESEN

Compañero especialista, estamos realizando un estudio para definir posibles elementos a tener en cuenta en una nueva metodología de tasación de afectaciones por sequía en caña de azúcar a emplear por los peritos de Intermar S.A. en áreas aseguradas por la ESEN, para lo cual necesitamos de sus experiencias en su trabajo. Para ello solo tiene que responder lo más preciso posible las siguientes interrogantes:

1.- Marque con una X el nivel académico alcanzado por usted.

9º grado. 12º grado. Técnico medio. Universitario Msc. Dr.

2.- Marque con una X categoría menciónala y diga los años de experiencia:

Especialista en: _____ de la ESEN con años de experiencia.

Perito tasador de Intermar con años de experiencia.

Técnico de la producción de caña: _____

Con años de experiencia.

3.- Marque con una X el procedimiento que considere pueda ser usado como base para el cálculo del monto de las afectaciones por sequía en caña de azúcar:

a) Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento del 50% como establece la actual metodología.

b) Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento del 50% más penalizaciones por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN.



c) __ Cálculo del % de entrenudos cortos y tallos secos promediados y con un descuento por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN.

d) __ Cálculo del indicador de sequía o déficit hídrico, del periodo que se evalúa y vigencia de la póliza promediándolo con el del gran periodo de crecimiento (mayo – septiembre) en el caso de que este caiga dentro de la vigencia.

e) __ Promedio de los resultados de los procedimientos c) y d).

f) __ Cálculo de estimado del rendimiento en campos representativos a partir fórmulas (ver debajo) que incluyen el número promedio de tallos por metro lineal y el peso promedio de los tallos al que se le resta el rendimiento asegurado. A la diferencia se le aplica descuentos por enyerbamiento y mala calidad e incumplimiento de las labores de atención pactadas con la ESEN así como por el tiempo que media hasta la cosecha de los campos.

g) – Otro procedimiento que de acuerdo a su experiencia, usted considere más acertado: _____

Fórmulas a usarse en el inciso f). Propuestas por MINAZ (2009):

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Peso Prom en } 1.60m^2 \times 10000m^2}{1.60m^2}$$

$$\text{Donde el } \text{Peso Prom en } 1.60m^2 = \frac{\text{Prom Tallos X metro lineal X Peso de 10 tallos}}{\text{Tamaño de la muestra}}$$

$$\text{y el } \text{Prom Tallo x metro lineal} = \frac{\text{Tallos en 40 metros lineales}}{40} \times 1.60m^2$$

