



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

**Efecto de las variables edafoclimáticas y biométricas sobre el contenido de sacarosa de
la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca**

Autor:

Carlos Andrés Unigarro Muñoz

Trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar
al título de Magíster en Ciencias Agrarias

Director:

Fernando Villegas Trujillo M.Sc.
Programa de Agronomía - CENICAÑA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO
SAN JUAN DE PASTO**

2014

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO

**Efecto de las variables edafoclimáticas y biométricas sobre el contenido de sacarosa de
la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca**

Carlos Andrés Unigarro Muñoz

Tesis presentada para la obtención del título de
Magíster en Ciencias Agrarias. Área de
profundización: Producción de cultivos.

SAN JUAN DE PASTO

2014

CARLOS ANDRÉS UNIGARRO MUÑOZ

Ingeniero Agrónomo

**Efecto de las variables edafoclimáticas y biométricas sobre el contenido de sacarosa de
la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca**

Director:

FERNANDO VILLEGAS TRUJILLO

Ing. Agrícola M.Sc.

Co-director:

HUGO RUIZ ERAZO

Ing. Agrónomo Ph.D.

Tesis presentada para la obtención del título de
Magíster en ciencias Agrarias. Área de
profundización: Producción de cultivos.

SAN JUAN DE PASTO

2014

Dedico este trabajo a mis padres Rosa Aura Muñoz y Carlos Alfonso Unigarro por darme el regalo de la vida, a mi abuela Carmen Benavides por darme la oportunidad de crecer profesionalmente, a mis hermanos por su cariño y a Sonia Fuel por ser la inspiración de mi vida.

"El éxito es a menudo el resultado de tomar un paso en falso en la dirección correcta".

- *Al Bernstein* -

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad los autores”

Artículo 1 del Acuerdo N° 324 de Octubre de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Jorge Fernando Navia M.Sc. Ph.D.

Jurado delegado

Jesús Castillo M.Sc. Ph.D.

Jurado

Luis Alfredo Molina M.Sc.

Jurado

Fernando Villegas Trujillo M.Sc.

Director

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme su amor y fuerza en todos los momentos de mi vida.

A Fernando Villegas Trujillo, investigador del programa de agronomía en CENICAÑA por proporcionarme su valioso apoyo, orientación y confianza a lo largo de estos meses.

A Hugo Ruiz Erazo, docente de la Universidad de Nariño por sus sugerencias y apreciaciones para llevar a buen puerto el presente trabajo.

A Carlos Moreno, biometrista de CENICAÑA por brindarme su amistad y colaboración en todos los momentos.

Al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), por la oportunidad para realizar la presente investigación y el soporte financiero de la misma.

A los Ingenios Azucareros Incauca, Manuelita, Sancarlos y Risaralda representados por Luis Eduardo Cuervo, Yuri Peralta, Sebastián Londoño y Amanda Villegas, respectivamente. Por proporcionar la información y los sitios necesarios para la elaboración de este trabajo.

A Alberto Palma, biometrista de CENICAÑA por su consideración y consejos para el desarrollo experimental.

A José Isaías Mendoza, Práctico agrícola de CENICAÑA por su valiosa e indispensable colaboración en las labores de campo.

A Liliana Echeverry, Oscar García y Cristian Yarce, tecnólogos del programa de fábrica en CENICAÑA por su colaboración con los análisis caña, tejido y de suelos.

A todos los profesores de Centro de Estudios de Posgrado de la Universidad de Nariño, por proporcionarme sus conocimientos y comprensión durante esta etapa de crecimiento profesional.

A los valiosos amigos y compañeros, por su apoyo y auxilio en el tiempo que trabajamos juntos.

A todas las personas que directa o indirectamente me ayudaron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Origen y expansión de la caña de azúcar	9
2.2. El cultivo de caña de azúcar en Colombia.....	10
2.3. Zonificación agroecológica en el valle geográfico del río Cauca.....	11
2.4. Etapas fenológicas de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca	13
2.5. Maduración y concentración de sacarosa en caña de azúcar	14
2.6. Mecanismo de acumulación de sacarosa en los tallos de caña de azúcar	15
2.7. Factores que inciden en la maduración de la caña de azúcar.....	16
2.7.1. Los fenómenos “El Niño” y “La Niña”	16
2.7.2. Radiación solar, temperatura del aire y déficit de presión de vapor	17
2.7.3. Precipitación.....	21
2.7.4. Retención de humedad en el suelo	22
2.7.5. Crecimiento y tasa de elongación.....	25
2.7.6. Fertilización.....	27
2.8. Interacción entre factores biológicos y ambientales	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Descripción del área y periodo experimental	29
3.2. Datos de crecimiento y de sacarosa para caña de azúcar.....	33
3.2.1. Análisis de sacarosa	33

3.2.2. Datos biométricos.....	34
3.2. Variables edafoclimáticas asociadas con el contenido de sacarosa.....	34
3.2.1. Variables edáficas	34
3.2.2. Variables climáticas	35
3.3. Análisis de los datos	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Maduración a través del tiempo.....	39
4.1.1. Primer periodo (septiembre – diciembre 2011).....	39
4.1.2. Segundo periodo (diciembre 2011 – marzo 2012).....	46
4.1.3. Tercer periodo (mayo – septiembre 2012).....	52
4.1.4. Cuarto periodo (septiembre – diciembre 2012).....	59
4.2. Factores que afectan la maduración de la caña de azúcar.....	66
4.2.1. Estacionalidad y los fenómenos atmosféricos “El Niño” o “La Niña”.....	66
4.2.2. Radiación, Temperatura y Déficit de presión de vapor.....	68
4.2.3. Precipitación y Tensión de humedad en el suelo	72
4.2.4. Tasa de elongación	75
4.2.5. Edad del cultivo y variables biométricas.....	75
5. CONCLUSIONES.....	79
6. RECOMENDACIONES	81
7. BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Índice de margen operacional obtenido con 21 variedades cosechadas en las zonas agroecológicas de 12 ingenios (CENICAÑA, 2013). 11
- Figura 2.** Colecta en campo de 50 tallos de caña de azúcar por sitio, para la variable sacarosa (% caña). 33
- Figura 3.** Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011). 41
- Figura 4.** Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Piedemonte durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011). 43
- Figura 5.** Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Villarrica durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011). 45
- Figura 6.** Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012). 48
- Figura 7.** Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Piedemonte durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012). 50

Figura 8. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Corinto durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).	51
Figura 9. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).	54
Figura 10. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Centro Valle durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).	56
Figura 11. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Viterbo durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).	58
Figura 12. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).	61
Figura 13. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Centro Valle durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).	64
Figura 14. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Viterbo durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).	65

Figura 15. Rendimientos comerciales para el sector azucarero del valle geográfico del río Cauca.....	67
Figura 16. ARE (% caña) a través de cuatro periodos y rendimientos comerciales en el valle geográfico del río Cauca durante septiembre de 2011 a diciembre de 2012.	67
Figura 17. Promedios de rendimiento comercial, radiación solar, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y déficit de presión de vapor por mes durante los años 2011 y 2012 en el valle geográfico del río Cauca (Colombia).	69
Figura 18. Dispersión del contenido de sacarosa (% caña) y su asociación con las variables déficit de presión de vapor diurno y temperatura mínima nocturna en el valle geográfico del río Cauca.	73
Figura 19. Clasificación del contenido de sacarosa (% caña) en tres grupos y su asociación con las variables precipitación y tensión de humedad en el suelo en el valle geográfico del río Cauca.	74
Figura 20. Clasificación del contenido de sacarosa (% caña) en tres grupos y su asociación con la variable tasa de elongación en el valle geográfico del río Cauca.	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ordenamiento de Grupos de Humedad por nivel de humedad y permeabilidad del suelo (Carbonell <i>et al.</i> , 2011).	13
Tabla 2. Descripción de los sitios de muestreo.	30
Tabla 3. Características hidro-físicas de los 28 sitios de muestreo evaluados en el valle geográfico del río Cauca.....	31
Tabla 4. Características químicas de los 28 sitios de muestreo evaluados en el valle geográfico del río Cauca.....	32
Tabla 5. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 20).....	40
Tabla 6. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011).....	42
Tabla 7. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).....	47
Tabla 8. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).....	48

Tabla 9. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).....	53
Tabla 10. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).	55
Tabla 11. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).....	60
Tabla 12. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).	62
Tabla 13. Temperatura media y déficit de presión de vapor medio calculado en con base en las horas diurnas, nocturnas y de madrugada (3-7 h) durante cuatro periodos en siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca.	71
Tabla 14. Promedio y desviación estándar de las variables edad, grados día acumulados y sacarosa (% caña) para cuatro periodos en el valle geográfico del río Cauca.	77
Tabla 15. Promedio y desviación estándar de las variables diámetro de entrenudos, altura a punto de quiebre, número de entrenudos, hojas emergentes, hojas verdes, hojas senescentes y total de hojas durante la etapa de maduración en el valle geográfico del río Cauca.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura:	Variable:	Unidad:
Alt	Altura a punto de quiebre	cm
ARE	Azúcar recuperable estimado	%
ATPQ	Altura al punto natural de quiebre	cm
Ca	Calcio	cmolc kg ⁻¹
CC	Capacidad de campo	%
CIC	Capacidad de intercambio de cationes	cmolc kg ⁻¹
Da	Densidad aparente	g cm ⁻³
Diam	Diámetro del entrenudo central	mm
DPV	Déficit de presión de vapor diario	kPa
GD	Grados día	°C día ⁻¹
K	Potasio	cmolc kg ⁻¹
LCT	Crecimiento de tallos	cm
Mg	Magnesio	cmolc kg ⁻¹
MO	Materia orgánica	g kg ⁻¹
NE	Número de entrenudos	-
NHE	Numero de hojas emergentes	-
NHV	Numero de hojas verdes	-
NHS	Numero de hojas secas	-
P	Fósforo	mg kg ⁻¹
PMT	Punto de marchitez temporal	%
PR	Precipitación	mm
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable	g kg ⁻¹
RAS	Relación de absorción de sodio	-
RS	Radiación solar	MJ m ⁻² día ⁻¹
SAC	Sacarosa (% caña)	%
T20	Tensión de humedad en el suelo 0-20cm	kPa
T40	Tensión de humedad en el suelo 20-40cm	kPa
TDD	Temperatura diurna diaria	°C
TED	Tasa de elongación por día	cm día ⁻¹
TEX	Textura	-
TND	Temperatura nocturna diaria	°C

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue identificar la importancia relativa de algunas de las variables biométricas y edafoclimáticas en el proceso de maduración de la caña de azúcar estimado a través la variable sacarosa (% caña). En el valle geográfico del río Cauca (Colombia) se seleccionaron siete localidades ubicadas en los ingenios Risaralda (zonas de Viterbo y Cartago), Sancarlos (zona de Tuluá), Manuelita (zona de piedemonte y centro del valle) e Incauca (zona de Corinto y Villarrica), debido a sus contrastantes características edafoclimáticas. El tiempo de estudio en cada localidad se dividió en cuatro periodos cada uno con una duración aproximada de tres meses, a partir del 13 de septiembre de 2011 hasta el 13 de diciembre de 2012.

La asociación entre la Sacarosa (% caña) con las variables edafoclimáticas y biométricas se evaluó mediante correlaciones simples (Pearson) y modelos de ecuaciones estructurales (SEM), pero la inconsistencia de signos en los coeficientes no proporciono una aceptable explicación estadística. Sin embargo, independientemente del signo, los resultados en estos análisis fueron útiles para determinar la importancia de las variables déficit de presión de vapor diurno, precipitación, tensión de humedad en el suelo, temperatura mínima nocturna y tasa de elongación, aunque su explicación lógica solo se logró realizar descriptivamente.

Este estudio corrobora, el notable cambio que presento el patrón estacional de la sacarosa en el valle geográfico del río Cauca a causa de fenómenos climáticos como “La Niña” o “El Niño”, que alteran la distribución y la cantidad de precipitación. El déficit de presión de vapor diurno mostró una marcada relación de proporción directa con el patrón estacional de la sacarosa en el valle geográfico del río Cauca y con varios de los cambios puntuales en las curvas de maduración. Valores mayores a 128 kPa en la tensión de humedad en el suelo provocaron incrementos en la concentración de sacarosa. El antagonismo entre el contenido de sacarosa y el crecimiento se corrobora al observar que tasas de elongación mayor a 0.5 cm/día, pueden reducir la sacarosa en los tallos. La acumulación de eventos con temperaturas mínimas nocturnas cercanas o mayores a 20°C durante la etapa de

maduración puede disminuir la acumulación de sacarosa, aunque su efecto es menos notable respecto a otras variables.

Palabras claves: maduración, condiciones edafoclimáticas, fenómenos climaticos, déficit de presión, precipitación, tasa de elongación, temperatura mínima nocturna.

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the relative importance of some biometric and edafoclimatic variables in the process of sugar cane maturation and ripening estimated through a sucrose (cane %) variable. At the geographical Valley of Cauca River (Colombia), seven places located in the Risaralda sugar factory (Viterbo and Cartago zones), Sancarlos sugar factory (Tulua zone), Manuelita sugar factory (Piedmont and Central region of Valle del Cauca Department) and Incauca sugar factory (Corinto and Villarica zone) were selected because of their contrasting edafoclimatic characteristics. The study time in each location was divided in four periods of three months each from September 13, 2011 to December the 13, 2012.

The association between the sucrose (cane %) with the edafoclimatic and biometric variables was evaluated through simple correlation (Pearson) and structural equations modeling (SEM), but the inconsistency from the coefficient signs did not provide an acceptable statistical explanation. Nevertheless, independent from the sign, the results from these analyses were useful in order to determine the importance of daytime vapor pressure deficit variables, rainfall, soil moisture tension, minimum nighttime temperature, elongation rate; although its logic explanation could only be carried out in a descriptive way.

This study confirmed the significant change that the sucrose seasonal pattern in the geographical Valley of Cauca River showed because of climatic phenomena such as “La Niña” or “El Niño” that modified the distribution and quantity of rainfall. Daytime vapor pressure deficit showed a noticeable relation of direct proportion with the sucrose seasonal pattern in the geographical Valley of Cauca River as well as with several specific changes in the maturing and ripening curves. Higher values to 128 KPa in the soil moisture tension generated a rising in sucrose concentration. The opposition between the sucrose content and the growing was confirmed when the elongation rates higher to 0.5 cm/day can reduce the sucrose in the stem. The accumulation of events with minimum nighttime temperatures

close to or higher to 20°C during the maturing and ripening can lower the sucrose accumulation, although its effect is less noticeable in relation to other variables.

Keywords: Maturing and ripening, edafoclimatic conditions, climatic phenomena, pressure deficit, rainfall, elongation rate, minimum nighttime temperature.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar la importancia relativa de algunas variables edafoclimáticas y biométricas, en el contenido de sacarosa durante el periodo de maduración de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca.

Objetivos específicos

- Obtener información de algunas variables edafoclimáticas y biométricas cuya variación permita explicar el contenido de sacarosa durante el periodo de maduración.
- Determinar algunas variables edafoclimáticas o biométricas que sean representativas para el aumento o la disminución de la sacarosa al momento de la cosecha.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) tiene gran importancia social y económica en el valle geográfico del río Cauca, razón por la cual los ingenios y proveedores trabajan continuamente para optimizar los procesos de producción en función de la creciente demanda por azúcar y etanol (Villegas *et al.*, 2009). El sector azucarero colombiano solo ha podido sustentar esta demanda mediante importantes avances en la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, pero aún existen muchos temas que necesitan ser estudiados a mayor profundidad, como por ejemplo el efecto del clima sobre el proceso de maduración en caña de azúcar (Cardozo, 2012). En ese sentido, los estudios sobre la maduración de caña de azúcar indican que las variables meteorológicas, como bajas temperaturas y déficit hídrico moderado, asociados a la deficiencia de nitrógeno, son los más efectivos agentes de maduración. Al disminuir las tasas de crecimiento, menores son las cantidades de azúcares utilizados en la formación de nuevos tercios y mayor es la cantidad de sacarosa almacenada.

La maduración de la caña de azúcar está regida por la interacción entre factores biológicos del cultivo y el ambiente (Van Dillewijn, 1952), siendo el clima el de mayor influencia (Keating *et al.*, 1999). Las temperaturas bajas en la noche, reducen el crecimiento de la planta lo cual aumenta la concentración de sacarosa en los tallos (Scarpari y Beauclair, 2004). Glover (1972) encontró una correlación inversa entre la concentración de sacarosa y la lluvia, además notó que las bajas temperaturas y la baja humedad del suelo pueden incrementar el contenido de sacarosa. Estos factores restringen la elongación de los entrenudos más que la fotosíntesis, resultando en un incremento de la concentración de sacarosa en los tallos, porque se reduce la demanda de fotoasimilados en las regiones meristemáticas (Inman-Bamber y De Jager, 1988). Un estudio realizado por Muchow *et al.* (1996) mostró que al incrementarse el suplemento de nitrógeno, decreció la concentración de sacarosa en los tallos molinables. Sin embargo, dicho efecto es relativamente pequeño comparado con el efecto directo del suplemento de nitrógeno en la biomasa del tallo.

En cuanto a los factores biológicos de la caña de azúcar, se debe mencionar la relación inversa entre el crecimiento y el almacenamiento de sacarosa, por el incremento en la actividad de la enzima invertasa al crecer la planta (Taiz y Zeiger, 2004). El resultado de esta relación se observa en las cantidades de sacarosa y azúcares reductores (glucosa y fructosa) en los tallos. Comúnmente la cantidad de azúcares reductores en los tallos cosechados es menos del 6% del total de azúcares presentes, pero su proporción varía con la edad, siendo mayor antes de la etapa de maduración (Robertson *et al.*, 1996). Sin embargo, puede variar según la variedad, las condiciones climáticas y las labores agronómicas.

La planificación de la cosecha es un factor adicional que tiene por objetivo optimizar el retorno económico del cultivo de caña de azúcar (Beauclair y Penteado, 1984). No obstante, este objetivo sólo se puede lograr con altos contenidos de sacarosa, lo cual depende de la interacción entre factores biológicos y ambientales. Por lo tanto, las ganancias en la comprensión de la magnitud y la naturaleza de estas interacciones son claves para el diseño de sistemas de producción eficientes y productivos. En los sistemas de cultivo de caña de azúcar, la variabilidad en el rendimiento (producción de azúcar) ha sido atribuida principalmente al momento de la cosecha, la variedad (Lisson *et al.*, 2005), y las propiedades del suelo (Nelson y Ham, 2000). Sin embargo, son pocos los intentos para caracterizar y cuantificar los factores que contribuyen a la variación en el rendimiento del cultivo de caña de azúcar (Lawes *et al.*, 2002).

Por ser un proceso complejo y a pesar de su importancia aun poco conocido, estudios que ayuden en la comprensión de los factores envueltos en la maduración de la caña de azúcar pueden propiciar un mejor uso de las variedades existentes en el mercado, trayendo beneficios a las empresas agrícolas, programas de mejoramiento y a la comunidad científica. En Colombia, el sector agroindustrial de la caña de azúcar ha estudiado la importancia de las variables biométricas y edafoclimáticas en función de la sacarosa durante la maduración, no obstante las actuales metas productivas, exigen afinar este conocimiento para obtener mejores rendimientos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la importancia relativa de algunas variables edafoclimáticas y

biométricas sobre el contenido de sacarosa, durante el periodo de maduración en el valle geográfico del río Cauca.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen y expansión de la caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es una planta perenne de la familia *Poaceae*, del genero *Saccharum*, propia de climas tropicales y subtropicales, la cual se cultiva en regiones secas, húmedas o bajo irrigación ubicadas entre las latitudes de 35° Norte y Sur (Doorenbos y Kassam, 1979).

Su centro de origen aún es discutido, pero los sitios donde hay mayor diversidad de especies de caña de azúcar son: Nueva Guinea para *Saccharum officinarum* y *Saccharum robustum*; China para *Saccharum sinensis* y el Norte de la India para *Saccharum barberi* (Daniels y Roach, 1987). Las variedades actuales son híbridos interespecíficos constituidos genéticamente por *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi* y *S. robustum* (Glaz *et al.*, 2002; Oliveira, 2004).

Se teoriza que la expansión de la caña de azúcar comenzó a partir de los primeros cultivos en el Golfo de Bengala, luego los árabes tuvieron una marcada acción en la primera gran difusión de la caña por el mundo. Pueblos originarios de las regiones de Siria e Irak, en sus trayectorias de conquista cuando ocuparon el sur y el oeste del Mediterráneo llevando consigo este cultivo. De esta forma, las grandes guerras fueron las responsables por la introducción y expansión de la caña de azúcar en Europa y Medio Oriente (Figueiredo, 2008). En el valle geográfico del río Cauca Colombiano la caña de azúcar se introdujo en 1538 o en 1541, cuando Sebastián de Belalcázar trajo las primeras plantas desde Santo Domingo y las sembró en su estancia de Yumbo (CENICAÑA, 1995).

2.2. El cultivo de caña de azúcar en Colombia

El sector sucro-alcoholero de Colombia está conformado por 13 ingenios que se localizan en el valle geográfico del río Cauca, entre los 3° y 5° de latitud norte y entre los 75° 49' y 76° 35' de longitud oeste. El área sembrada con caña de azúcar para la producción de azúcar y etanol en el 2012 fue de 227,748 hectáreas, de las cuales se cosecharon 207,193 hectáreas con una edad promedio de 12.8 meses y con un número promedio de cortes de 5.6 (CENICAÑA, 2013).

La producción en el 2012 presentó en promedio 103.9 toneladas de caña por hectárea (TCH) y 8.2 toneladas de caña por hectárea por mes (TCHM). El rendimiento comercial presentó un valor de 11.7%, el cual tiene repercusión en el promedio de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) que fue de 12.2. Los Ingenios molieron un total 20,699,179 toneladas de caña y produjeron 2,482,883 toneladas de azúcar. En cuanto al etanol se destilaron 369,762,000 litros (CENICAÑA, 2013). En el 90.4% del área cosechada se encontraban las variedades CC 85-92, CC 84-75, CC 93-4418 y V 71-51 con una participación de 74.6, 9.7, 3.9 y 2.2%, respectivamente (CENICAÑA, 2013).

En la **Figura 1**, se muestra el índice de margen operacional (IMO) para 21 variedades en diferentes zonas agroecológicas, el cual indica las ganancias que se obtienen por cada peso invertido para producir una tonelada de azúcar, respecto al promedio de la industria (TCH=103.9 y Rendimiento=11.7%). Los valores más altos de IMO (cuadrante superior derecho) se consiguieron con las variedades CC 93-4418, CC 93-4181 y CC 92-2804 en las zonas agroecológicas de condiciones semisecas 18H1, 15H1, 11H1, 11H0, 6H1 y 1H1. Los resultados más bajos de IMO (cuadrante inferior izquierdo) correspondieron a las variedades CC 01-1922, CC 01-1940 y CC 92-2804 en las zonas agroecológicas caracterizadas por condiciones húmedas 11H3, 10H3, 8H3 y 6H2 (CENICAÑA, 2013). Las anteriores estadísticas de productividad sobre el cultivo de caña de azúcar, en el valle geográfico del río Cauca durante el 2012, se realizaron con base en los datos suministrados por los Ingenios azucareros Carmelita, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita,

Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos (CENICAÑA, 2013).

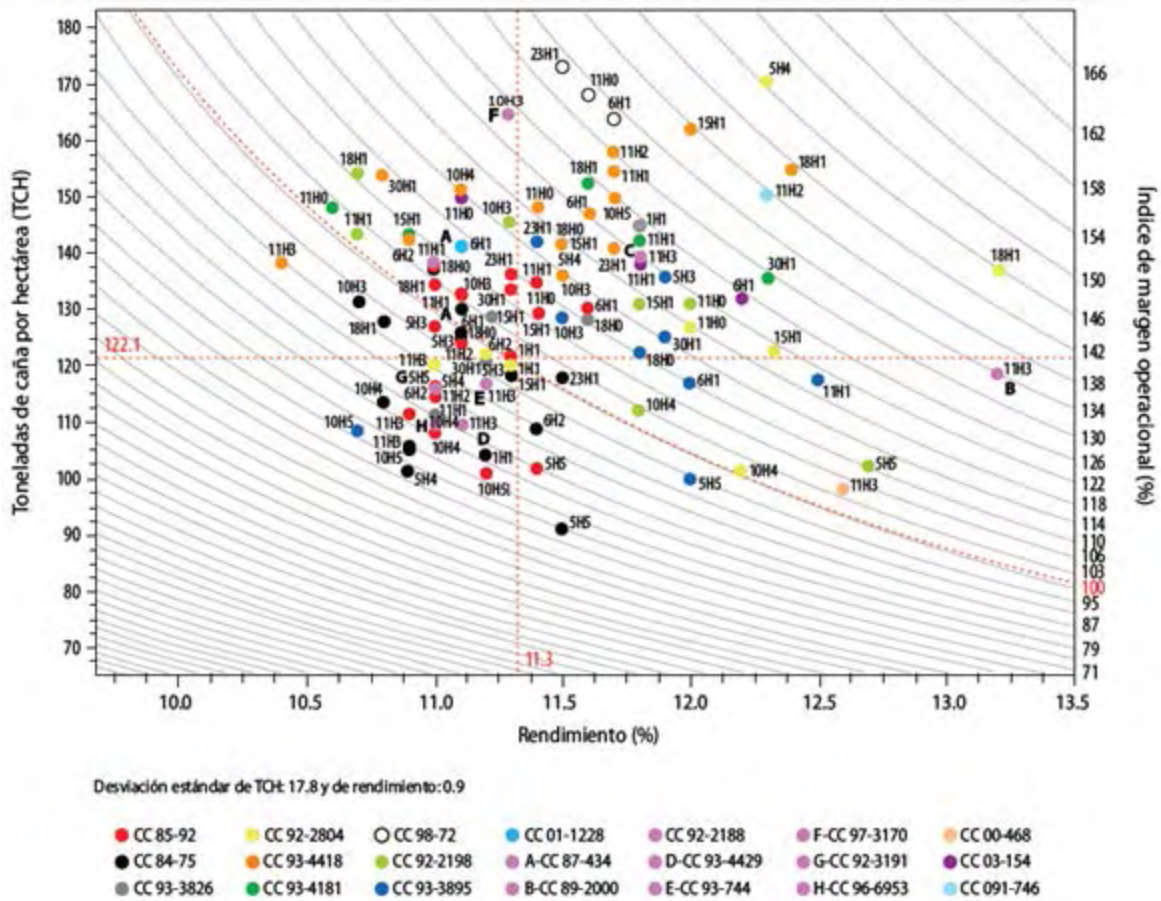


Figura 1. Índice de margen operacional obtenido con 21 variedades cosechadas en las zonas agroecológicas de 12 ingenios (CENICAÑA, 2013).

2.3. Zonificación agroecológica en el valle geográfico del río Cauca

El área de estudio que contempla la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca (Carbonell *et al.*, 2011) se localiza, entre 3° y 5° de latitud norte y entre 76° 35' y 75° 49' de longitud oeste, donde se cultiva la caña que provee la materia prima para la operación de los ingenios azucareros.

Los factores y las fuentes para la zonificación agroecológica fueron:

a) Balance hídrico regional: El balance hídrico de una región se define como el balance entre la precipitación y la evaporación, para integrar los diferentes elementos del clima. Cuando se aplica a un cultivo específico, la evaporación se reemplaza por la evapotranspiración actual de dicho cultivo; así se identifican las épocas secas (déficit de humedad) y las húmedas (excesos) y las zonas donde éstas se presentan, de modo que se pueden asignar los recursos de manejo hídrico requeridos en el sitio de cultivo, bien para compensar el déficit (sistemas de riego) o para evacuar los excesos (sistemas de drenaje) (Carbonell *et al.*, 2011).

b) Estudio detallado de suelos y capacidad de uso de las tierras sembradas con caña de azúcar localizadas en el valle geográfico del río Cauca: En la definición de la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca se utilizó cartografía básica digital en escala 1:10 000 y cartografía georreferenciada en formato digital de levantamientos detallados y clasificación de uso de tierras de acuerdo con los lineamientos adoptados por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) en el territorio colombiano (Carbonell *et al.*, 2011).

c) Grupos de Humedad: Mediante el ordenamiento de las tierras en Grupos de Humedad se identifican los campos donde se presentan condiciones normales de humedad y aquellos donde prevalecen condiciones difíciles por el exceso de ésta. En esta aproximación las tierras fueron ordenadas en seis Grupos de Humedad (H0= Déficit; H1= Humedad normal; H2= Humedad baja; H3= Humedad media; H4= Humedad alta; H5= Humedad muy alta) definidos con la metodología propuesta por (Carbonell *et al.*, 2011). En términos prácticos las zonas consideradas como semisecas tendrán los grupos de humedad H0, H1 y H2, en contraparte H3, H4 y H5 representan a las zonas húmedas.

Tabla 1. Ordenamiento de Grupos de Humedad por nivel de humedad y permeabilidad del suelo (Carbonell *et al.*, 2011).

Nivel de humedad (mm/año)	Permeabilidad del suelo		
	Baja	Media	Alta
Muy alto (>600)	H5	H5	H4
Alto (400 - 600)	H4	H3	H3
Medio (200 - 400)	H3	H2	H2
Bajo (0 - 200)	H2	H1	H1
Déficit (<0)	H1	H0	H0

d) Grupos Homogéneos de Suelos: Con base en el estudio detallado de suelos y la capacidad de uso de las tierras sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca se identificaron 238 suelos, de los cuales 235 fueron ordenados en 33 Grupos Homogéneos de Suelos de acuerdo con los tres factores siguientes: (a) La distribución de partículas por tamaño en la sección control de la familia textural; (b) Los regímenes de humedad del suelo y (c) La profundidad disponible para el normal desarrollo de las raíces de las plantas (Carbonell *et al.*, 2011).

2.4. Etapas fenológicas de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca

La elevada eficiencia fotosintética de la caña de azúcar le proporciona altas tasas de crecimiento. Durante los primeros cuatro meses los azúcares predominantes son la glucosa y la fructosa (azúcares reductores), los cuales son utilizados por la planta para emitir tallos en la etapa conocida como macollamiento (crecimiento entre 1.5 y 2 cm por semana). Entre los cuatro y los diez meses, la cantidad de sacarosa se incrementa gradualmente conforme aumenta la edad y la tasa de crecimiento se reduce, esta tasa puede estar entre ocho y diez cm por semana, en función de la variedad, el suelo, el clima y las prácticas de manejo agronómico. A partir del décimo mes, el crecimiento se reduce de forma natural (6 cm por semana), hecho que incrementa la síntesis de sacarosa a partir de azúcares reductores, para dar comienzo a la época de maduración, la cual se caracteriza por el almacenamiento de sacarosa en los tallos (Villegas y Torres, 1993). La maduración de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca ocurre en condiciones de alta disponibilidad de nutrimentos

y de humedad en el suelo, altas temperaturas durante el día y en ocasiones temperaturas no muy bajas durante la noche, lo cual estimula el crecimiento de los tallos y por lo tanto un consumo de energía que debe ser suministrada por la reserva de sacarosa (Villegas, 2010).

2.5. Maduración y concentración de sacarosa en caña de azúcar

La maduración es una característica inherente a la planta, pudiendo ser estimulada por factores ambientales y de manejo (Caputo, 2006). Según Deuber (1988), la maduración de la caña de azúcar puede ser considerada bajo tres diferentes puntos de vista: botánico, fisiológico y económico. Botánicamente, la caña de azúcar está madura después de la emisión de flores y la formación de semillas que puedan dar origen a nuevas plantas. Tomando en cuenta la reproducción vegetativa, la maduración se alcanza cuando las yemas están aptas para dar origen a nuevas plantas. Fisiológicamente, la maduración se alcanza cuando los tallos alcanzan la máxima acumulación de sacarosa posible. Finalmente el punto económico implica que la caña se considera madura o en condiciones de ser industrializada, a partir del momento en el cual presenta una cantidad mínima de sacarosa por encima del 13% de peso del tallo.

Por tanto, el tallo de caña es un reservorio donde bajo condiciones favorables para la maduración se acumulan grandes cantidades de sacarosa y este está compuesto por entrenudos en diferentes estadios fisiológicos, emitidos en intervalos de aproximadamente 10 días (Cardozo, 2012). Los entrenudos basales tienen un mayor contenido de sacarosa mientras que los entrenudos conforme se aproximan al ápice de la planta tienen un menor contenido (Fernandes, 1985), estos últimos son entrenudos inmaduros que se caracterizan por ser fibrosos, con altas concentraciones de hexosas y baja concentración de sacarosa (Cardozo, 2012). Una vez, los entrenudos se han desarrollado por completo, su tasa de crecimiento es próxima a cero y comienza su etapa de maduración (Glasziou *et al.*, 1965). A medida que avanza la maduración, la cantidad de sacarosa en las secciones del tallo tiende a equilibrarse. Sin embargo, la acumulación de sacarosa en los entrenudos ya

desarrollados es fuertemente influenciada por las condiciones ambientales desfavorables para el crecimiento y el desarrollo vegetativo (Caputo, 2006).

2.6. Mecanismo de acumulación de sacarosa en los tallos de caña de azúcar

Esta planta de metabolismo C_4 , tiene una alta capacidad fotosintética a temperaturas altas (30 - 40°C) (Taiz y Zeiger, 2004). Las bajas temperaturas declinan rápidamente la eficiencia fotosintética, siendo que altos niveles de azúcar no pueden ser retenidos en las hojas, ya que esto afecta el desarrollo del tallo, el transporte de azúcar y su almacenamiento. Por lo tanto, en el proceso de maduración existe la interacción entre la luz solar, la temperatura y el cultivo (Castro, 2002).

La sacarosa como producto final de la fotosíntesis inicia su transporte a través del floema, luego al llegar a las células de almacenamiento en el parénquima, la sacarosa es invertida por las invertasas en la región externa de la pared celular (Lingle, 1999). Los productos de esta inversión son fructosa y glucosa, los cuales se difunden hacia el interior de la célula, pero ello no implica que estén almacenados, puesto que no existe un impedimento para su retorno al medio externo debido al carácter pasivo del proceso (Moore, 1995).

Independientemente de la madurez de los tejidos, el mecanismo de acumulación activo de la sacarosa parece ser el mismo. Sin embargo, la acumulación de sacarosa difiere entre tejidos debido a la concentración de las invertasas y la necesidad de crecimiento. En tejidos de almacenamiento aún inmaduros donde la expansión celular es una característica predominante, la sacarosa acumulada es rápidamente hidrolizada por la invertasa ácida vacuolar y las hexosas producidas se mueven libremente hasta el citoplasma para ser utilizadas en el proceso de crecimiento (Tymowska-Lalanne y Kreis, 1998). En los tejidos maduros del tallo, donde los procesos de crecimiento están prácticamente terminados, ocurre un gran deceso en la concentración de la invertasa ácida vacuolar y un aumento de la invertasa neutra (NI) (Gayler y Glasziou, 1972; Alexander, 1973; Moore, 1995).

Muchos estudios han mostrado que la invertasa ácida soluble (SAI), la invertasa neutra (NI), la sacarosa sintetasa (SS) y la sacarosa-fosfato sintetasa (SPS) son reguladores claves para la acumulación y degradación de azúcares en el parénquima almacenado en los tallos de caña de azúcar (Hatch y Glasziou, 1963; Gayler y Glasziou, 1972; Sehtiya y Densay, 1991; Lingle, 1997; Rose y Botha, 2000; Bosch *et al.*, 2004). La (SS) puede romper la sacarosa y formar UDP-glucosa y fructosa o catalizar la reacción sintética inversa. Al interior de la célula la (SPS) sintetiza sacarosa-6-fosfato, la cual puede ser transportada al interior de la vacuola debido a su menor concentración interna. En la vacuola la sacarosa-6-fosfato es defosforilada por la sacarosa-fosfato fosfatasa para formar sacarosa, la cual es almacenada (Alexander, 1973; Mao *et al.*, 2006).

2.7. Factores que inciden en la maduración de la caña de azúcar

2.7.1. Los fenómenos “El Niño” y “La Niña”

Son eventos oceánico-atmosféricos de gran escala y complejidad que tienen lugar en la cuenca del Océano Pacífico tropical (OPT). La incidencia de estos dos fenómenos se extiende prácticamente a todas las regiones del planeta y sus efectos pueden llegar a ser de enorme magnitud; son antagónicos entre sí y siempre de igual presentación en un mismo lugar (Cortés, 2010).

En condiciones del fenómeno de “El Niño”, las aguas cálidas superficiales del OPT se expanden hacia el este y alcanzan en los casos de mayor intensidad las costas de Sur y Centroamérica, con lo cual se generaliza el calentamiento de una gran parte de ellas. En este caso, la corriente de Humboldt se debilita y en su curso hacia el norte se bloquea a la altura de las costas del norte de Chile y no se adentra en el océano (Cortés, 2010). Por el contrario, cuando se presenta el fenómeno de “La Niña”, la corriente de Humboldt se fortalece y asciende hasta las costas de Ecuador e incluso de Colombia y se adentra considerablemente en el océano. En este caso, las aguas frías superficiales del OPT se

expanden hacia el oeste y ocupan la zona central y parte de la occidental en los eventos de mayor intensidad, lo que genera un enfriamiento en gran parte del OPT (Cortés, 2010).

En el valle geográfico del río Cauca “El Niño”, trae como consecuencia una disminución en la precipitación, en el número de días con precipitación y en la humedad relativa del aire, y un aumento de la evaporación, la radiación solar, las temperaturas media y máxima media del aire y la oscilación diaria de la temperatura (Cortés, 2010). “La Niña”, por su parte, trae consigo aumentos en la precipitación, el número de días con precipitación y la humedad relativa del aire, y disminuciones en los valores de evaporación, radiación solar, temperaturas media y máxima media del aire y en la oscilación diaria de la temperatura (Cortés, 2010). De acuerdo con Gawander (2007), la variación en la distribución de las lluvias, la radiación y la temperatura a causa de estos fenómenos afecta la producción de la caña de azúcar.

2.7.2. Radiación solar, temperatura del aire y déficit de presión de vapor

La radiación solar es la más importante fuente de energía en el planeta y puede cambiar grandes cantidades de agua líquida en vapor de agua (FAO, 2006). La cantidad potencial de radiación que puede llegar a una superficie evaporante viene determinada por su localización y época del año, siendo por tanto, dependiente de la turbidez atmosférica y de la presencia de nubes (FAO, 2006). Cuando se determina el efecto de la radiación solar en la evapotranspiración de los cultivos, se debe considerar que no toda la energía disponible se emplea para evaporar el agua, debido a que una fracción de esta es absorbida por la atmósfera y la tierra modificando así la temperatura del aire (FAO, 2006).

La caña de azúcar es una planta tipo C₄, adaptada evolutivamente a lugares con temperaturas e intensidades lumínicas altas donde alcanza su mayor eficiencia fotosintética (Taiz y Zeiger, 2004). Burr *et al.*, (1957), observaron que la tasa fotosintética de la caña se redujo en 84% cuando la temperatura ambiente descendió de 23° a 13.3°C. El efecto de la intensidad lumínica en la maduración de la caña, se da principalmente a través de la

temperatura, puesto que a determinadas temperaturas existen requerimientos definidos de luz, siendo mayores las necesidades de luz con altas temperaturas y menores a bajas temperaturas (Van Dillewijn, 1952). Glasziou *et al.*, (1965) menciona que aun cuando la duración del fotoperiodo es importante para estimular el crecimiento y la acumulación de materia seca en los tallos, la temperatura del aire es la responsable por la partición de la materia seca en órganos vegetativos (altas temperaturas) o de reserva (bajas temperaturas).

Según Bakker (1999), las condiciones óptimas para la acumulación de sacarosa ocurren cuando la precipitación es baja y la radiación solar es alta, combinada con una clara diferencia entre temperaturas máximas y mínimas. En condiciones tropicales cuando la oscilación térmica está entre 11 y 12 °C se estimula el almacenamiento de sacarosa (CENICANA, 1995). Durante el día se presentan las temperaturas más altas porque están muy relacionadas con la cantidad e intensidad de la radiación solar. En este sentido, Hartt (1965) encontró que al disminuir la temperatura del aire durante el día los fotosintatos producidos en las hojas fueron afectados negativamente, así como también su movilidad hacia arriba o hacia abajo en el tallo, independientemente del efecto de la temperatura del aire sobre el crecimiento.

Van Dillewijn (1952) menciona que el ritmo de asimilación de dióxido de carbono es fluctuante durante el transcurso del día, pero alcanza sus mayores valores entre los 26 y 37°C. Osorio (2007) menciona que una fluctuación media de la temperatura entre 25° y 27° C, es óptima para la producción de caña. Por otra parte, temperaturas de 20°C pueden ser suficientes para reducir la cantidad fotoasimilados (Grantz, 1989) o por encima de los 35°C (Keating *et al.*, 1999). No obstante, la translocación de los carbohidratos producidos en las hojas y movilizados hacia el tallo, depende de la limitada capacidad de los haces vasculares, motivo por el cual la concentración de sacarosa en las hojas aumenta durante el día y solo se reduce notablemente durante la noche cuando la translocación es rápida (Van Dillewijn, 1952), puesto que de no ser así la fotosíntesis del día posterior se obstaculizaría severamente. Esto puede ocurrir cuando las noches y las mañanas son muy frías (Scarpari, 2007).

En la noche las bajas temperaturas, pueden incrementar la concentración de sacarosa debido a su efecto negativo sobre el crecimiento. Alexander (1973) describe que el proceso de maduración fisiológica en la caña de azúcar depende de la reducción estacional que tiene la temperatura del aire (en la noche), la cual frena la tasa de desarrollo vegetativo, sin afectar significativamente el proceso fotosintético, de tal forma que la cantidad de productos fotosintetizados (sacarosa) es mayor y los excedentes pueden ser almacenados en el tallo. Scarpari y Beauclair (2004) y Glover (1972) también concuerdan en el efecto positivo sobre la concentración de sacarosa al disminuir de la temperatura del aire. Glasziou *et al.* (1965) encontraron que al reducir la temperatura media del aire durante un periodo largo de tiempo (3 a 6 meses) se logró producir niveles relativamente altos de sacarosa (17% del peso fresco). Según Terauchi *et al.* (2000) las bajas temperatura del aire reducen en la actividad de la invertasa acida en los tallos, lo cual propician un incremento en la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa y la invertasa neutra, con un consecuente aumento en los contenidos de sacarosa en los tallos. Lingle, 2004 solo observo una disminución en las cantidades de invertasa acida cuando las temperaturas bajas se mantuvieron durante un tiempo prolongado. Respecto a las temperaturas nocturnas en el valle geográfico del río Cauca, éstas no son muy bajas durante la noche, lo cual permite el crecimiento de los tallos y por tanto en un consumo de la reserva de sacarosa (Villegas, 2010).

La temperatura base es un parámetro térmico que asocia al ambiente con la planta y se define como la temperatura mínima requerida para el crecimiento de un cultivo en particular. Sin embargo, en caña de azúcar existen divergencias sobre su valor. Para Barbieri *et al.* (1979) la temperatura base para tallos fue de 20° C, mientras que para Bacchi y Sousa (1978) estaba entre los 18 y 19° C. Las amplitudes térmicas diarias pueden tener la misma temperatura media, pero provenir de diferentes temperaturas mínimas y máximas, lo cual interfiere en la determinación de la temperatura base, generando diferentes valores para un mismo lugar. La temperatura base también está relacionada con los efectos fisiológicos y bioquímicos, presentes en el proceso de aclimatación de las plantas al frío, lo cual puede o no causar la interrupción del crecimiento (Xin y Browse, 2000). Scarpari (2007) y Scarpari y Beauclair (2004), proponen correlacionar la maduración y la temperatura del aire por medio de la suma de los grados día negativos.

En la naturaleza la temperatura y la radiación solar están altamente correlacionadas y tienen un alto grado de paralelismo (Van Dillewijn, 1952; Cardozo, 2012). A su vez, la temperatura mantiene una relación inversa con la humedad relativa (Cardozo, 2012) que se explica por la Ley de Boyle Mariotte, puesto que el volumen que ocupan las moléculas de agua en la atmósfera está en función de la temperatura cuando la presión atmosférica se mantiene relativamente constante. Esta asociación tan estrecha entre variables energéticas, térmicas e hídricas hace difícil comprender su efecto individual y en el último de los casos su efecto fisiológico sobre el cultivo es la interacción de todas ellas.

En este contexto el déficit de presión de vapor (DPV) logra integrar los efectos de la temperatura y la humedad relativa en el concepto de demanda atmosférica de vapor de agua, la cual es directamente proporcional con la temperatura e inverso respecto a la humedad relativa en una sola variable, pero también tiene una relación directa con la radiación si sólo se considera los valores diurnos. Cuando el valor del DPV es 0 significa que la humedad relativa está al 100%, en tanto que un alto DPV se asocia con una elevada temperatura la cual se alcanza con una alta radiación. Cardozo (2012) menciona una relación directa entre el contenido de sacarosa y el DPV, puesto que en condiciones de mayor demanda de vapor de agua por la atmósfera y menor precipitación, ocurrirá una reducción hídrica para las plantas, lo que consecuentemente estimulará la maduración.

Barbieri (2000) observó que un cultivo puede sufrir estrés hídrico aun si el suelo se encuentra a capacidad de campo, cuando la demanda atmosférica de agua es grande debido a la alta radiación solar, la baja humedad relativa, la baja velocidad del viento y la baja turgencia celular. Áreas bien regadas en regiones áridas secas y calientes, consumen grandes cantidades de agua debido a la gran disponibilidad de energía y al poder de extracción de vapor de la atmósfera. En cambio en regiones húmedas tropicales, a pesar de que el ingreso de energía es elevado, la alta humedad del aire reducirá la demanda de evapotranspiración. En este último caso, como el aire está ya cerca de saturación, puede absorber menos agua adicional y por lo tanto la tasa de evapotranspiración es más baja que en regiones áridas (FAO, 2006).

2.7.3. Precipitación

La precipitación se considera como la primera variable hidrológica y es la entrada natural de agua dentro del balance hídrico de los agroecosistemas y de las cuencas hidrográficas. Se le puede llamar precipitación a la caída del agua de las nubes, ya sea en estado sólido o en estado líquido. Las pequeñas gotas de agua que forman las nubes son de dimensiones tan diminutas que se necesita reunir cientos de miles de estas gotitas para formar una gota de llovizna, y varios millones para formar una gota grande de lluvia (Cely, 2010).

El contenido de sacarosa tiene una relación inversamente proporcional con la precipitación (Cardozo, 2012) y de acuerdo con Humbert (1968), en regiones donde la reducción de la temperatura no es acentuada la disponibilidad hídrica cobra mayor importancia en el proceso de maduración. Liu y Helyar (2003) observaron que la humedad en el tallo es dependiente de la época del año y de las condiciones meteorológicas, a medida que hay una reducción en la precipitación y un aumento en las temperaturas diurnas por el verano, la cantidad de agua en los tallos disminuye, hecho que favorece la maduración de la caña de azúcar.

La respuesta de caña de azúcar, es mayor a los factores que favorecen el crecimiento antes que a los procesos de maduración (Glasziou *et al.*, 1965), por ello las precipitaciones pueden modificar el lento ritmo de elongación durante el día y equipararlo al de la noche (Van Dillewijn, 1952). Alexander (1973) menciona que el aumento de la temperatura del aire y la precipitación, propicia el crecimiento vegetativo de la planta, a causa de la rehidratación de los tejidos y la inversión de la sacarosa. El crecimiento también puede ser estimulado por leves precipitaciones aun cuando estas no humedezcan el suelo, ya que según Van Dillewijn (1952) la caña tiene la capacidad de absorber cierta cantidad de agua por sus partes aéreas. La cantidad agua interceptada por el dosel de la caña de azúcar puede variar entre el 14 y 32%, dependiendo del índice de área foliar del cultivo (Teixeira, 2009).

Cuando el tiempo de exposición al déficit hídrico es leve, se provoca una reducción del área foliar y la biomasa, con un pequeño impacto sobre el rendimiento final (Wiedenfled, 2000). Inman-Bamber (2004) observó que déficits hídricos de al menos 36 mm son requeridos para disminuir la tasa de elongación del tallo, más para reducir la acumulación de biomasa y sacarosa se necesitan déficits entre 120 y 145 mm, respectivamente. Sin embargo, el umbral de déficit hídrico que no afecta la concentración de sacarosa aún no ha sido totalmente dilucidado (Scarpari, 2007), porque por ejemplo Scarpari y Beauclair (2004) mencionan que déficits previos a la cosecha mayores a 130mm favorecen la acumulación de sacarosa. En la condición opuesta, los suelos anegados pueden reducir la producción de azúcar hasta en un 25.1% (Glaze *et al.*, 2002), debido en gran medida a la hipoxia (falta de oxígeno). Depresiones menores en las cantidades de sacarosa, puede ser relacionadas al aumento del contenido de humedad en el tallo durante días lluviosos y con poca luz (Van Dillewijn, 1952). Bioquímicamente, el contenido de agua presenta correlación negativa con la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa y esta última guarda correlación positiva con el contenido de sacarosa (Lingle, 1999).

2.7.4. Retención de humedad en el suelo

Una propiedad importante del suelo es su capacidad de retención y almacenamiento de agua, respecto al aprovechamiento de la misma por las plantas. Gran parte del agua retenida en el suelo es extraída por las plantas para su desarrollo, pero esa extracción requiere de energía. Ese esfuerzo de extracción disminuye para la planta cuando existe agua aprovechable en el suelo (Cely, 2010). De acuerdo con la cantidad de agua presente en el suelo, podemos diferenciar tres estados o puntos de humedad.

- Punto de Saturación “Suelo Saturado”: es el estado que representa la máxima cantidad de agua que puede almacenar un suelo, sin permitir la presencia de agua libre. En este caso, toda la porosidad del suelo (macro, meso y microporos) está ocupada por agua. A nivel de campo esta condición semeja un suelo mojado o saturado, el cual no permite mecanización. Si esta condición perdura en el suelo, las plantas se ven afectadas en su desarrollo. Después de una lluvia pesada la mayoría de suelos adquieren temporalmente su punto de saturación.

En el laboratorio el punto de saturación se considera al agua retenida en el suelo después de saturar una muestra y someterla a una presión de 0.01 atmósferas o bares (1kpa) (Cely, 2010).

- Capacidad de Campo: es el contenido de humedad de un suelo profundo, permeable y con buen drenaje, dos o tres días después de un riego pesado o lluvia abundante. Un suelo está en capacidad de campo cuando existe agua retenida capilarmente en meso y microporos, es decir: después de haber drenado el agua gravitacional a través de macroporos. A nivel de campo esta condición semeja un suelo húmedo el cual permitirá labores de mecanización y aseguraría un adecuado suministro de agua para las plantas. En el laboratorio la capacidad de campo se considera al agua retenida en el suelo después de saturar una muestra y someter a una presión de 0,1 atmósferas o bares (10 kpa) para suelos arenosos (textura gruesa), 0,3 atmósferas o bares (30 kpa) para suelos francos (texturas medias) y 0,5 atmósferas o bares (50 kpa) para suelos arcillosos (texturas finas) (Cely, 2010).

- Punto de Marchitez Temporal: se define como el límite de humedad por debajo del cual las plantas no pueden extraer agua del suelo para sus funciones y comienzan a mostrar síntomas de marchitez temporal o permanente. En el campo esta condición semeja un suelo muy seco en donde las plantas comienzan a mostrar síntomas de agobiamiento o marchitez permanente, es decir: aunque se les aplique posteriormente agua, no se recuperan. En el laboratorio, el punto de marchitez temporal se obtiene cuando después de saturar una muestra de suelo se somete a una presión de 15 atmósferas o bares (1500kpa) (Cely, 2010).

El contenido de humedad en el suelo puede ser expresado en términos de porcentaje (%) o tensión (kPa) de la siguiente forma:

- Humedad Gravimétrica: Es la forma básica de expresar la humedad del suelo y se entiende por ella como la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo (Cely, 2010). El porcentaje de humedad del suelo es calculado con base al peso en seco, mediante la siguiente fórmula:

$$HG (\%) = ((\text{Peso suelo húmedo} - \text{Peso suelo seco}) / \text{Peso suelo seco}) * 100 \quad [1]$$

- Humedad Volumétrica: se expresa como el porcentaje de volumen de suelo ocupado por agua. Se calcula multiplicando el % de humedad por peso (HG), por el peso específico del suelo o densidad aparente (D_a) (Cely, 2010), mediante la siguiente fórmula:

$$HV (\%) = HG (\%) * D_a \quad [2]$$

- Tensión de humedad en el suelo: se define como el trabajo necesario para llevar una cantidad de agua desde un punto determinado de referencia a otro. Esta se asocia con el potencial matricial que es la fuerza necesaria para extraer el agua retenida en los poros capilares y a su vez con la atracción del agua por superficies sólidas (Baver *et al.*, 1980). De acuerdo con Montenegro y Malagón (1990), la relación entre la succión del suelo (potencial hídrico) y su contenido de humedad se denomina humedad característica y puede ser representada mediante la curva de retención de humedad. La estructura del suelo siempre afecta la forma de la curva de humedad, particularmente en los rangos de potencial hídrico bajo ($\leq - 500$ kPa). Las curvas de retención de humedad están gobernadas por el fenómeno de histéresis con el cambio de humedad del suelo, es decir, el humedecimiento y el secado de la muestra presentan una relación distinta entre el potencial y el contenido de humedad (Montenegro y Malagón, 1990; Santa *et al.*, 2005). Para el estudio en suelos agrícolas usualmente se emplean curvas de secado o desorción del suelo ya que representan la pérdida de humedad del suelo ocurrida en el campo. La capilaridad y continuidad de poros tiene un gran efecto sobre la retención de humedad, no obstante se puede despreciar cuando se trata de agua fuertemente retenida a potenciales menores de -500 kPa ya que el agua es atraída por los cationes presentes en las partículas del suelo (Decagon Devices, 2010; Porta *et al.*, 2008).

El contenido de sacarosa tiene una relación directamente proporcional con la tensión de humedad en el suelo (Cardozo, 2012), la cual se define como la tensión en kPa a un

determinado volumen de agua en el suelo. En suelos donde la humedad es baja, la acumulación de sacarosa se incrementa porque la elongación de los entrenudos se reduce ya que las zonas meristemáticas demandan menos fotosintatos (Scarpari, 2007). Cuando la humedad del suelo se incrementa por efecto de la precipitación o riego se estimula el crecimiento en los tallos y para suplir esta demanda energética la planta incurre en un gasto de sacarosa (Villegas, 2010).

No obstante, la relación entre la tensión de humedad en el suelo y la tasa de elongación tienen un comportamiento diferente al de la precipitación, puesto que la caña puede llegar a crecer a una tasa relativamente constante, siempre que el contenido de humedad en el suelo este por encima del punto de marchitez permanente (Van Dillewijn, 1952). En contraposición a esto, Clements (1980) observó que durante los tres últimos meses antes de la cosecha, la tasa de elongación respecto al contenido de humedad en el suelo, exhibía un comportamiento lineal con pendiente negativa a partir del 34% de humedad volumétrica en el suelo hasta el 24%.

2.7.5. Crecimiento y tasa de elongación

El proceso de maduración fisiológica, empieza cuando disminuye la tasa de elongación sin afectar notablemente los procesos fotosintéticos, de manera que haya un mayor saldo de productos fotosintetizados y transformados en azúcares para ser almacenados en los tejidos (Gemente *et al.*, 1986). Esto ocurre, porque, hay un antagonismo entre la tasa de elongación y el contenido de sacarosa, así por tanto los factores meteorológicos que beneficieren al crecimiento, actúan de manera opuesta para la acumulación de sacarosa (Alexander, 1973; Villegas, 2010). El crecimiento se puede medir mediante el cambio en la distancia entre el cuello de la hoja +1 o (TVD) hasta otro punto fijo en el tallo. Esta medición se realiza en la hoja +1, porque su crecimiento ha culminado, por tanto cualquier desplazamiento hacia arriba del cuello es resultado del aumento en la longitud del tallo (Van Dillewijn, 1952). Las mediciones del crecimiento en tiempos diferentes puede crear sesgos en el proceso

comparativo de la elongación, por ello es necesario observar el crecimiento durante un periodo estándar, lo cual se logra con la variable tasa de elongación diaria.

Durante la fase de maduración y bajo condiciones favorables para ella, en caña de azúcar la acumulación de sacarosa se incrementa con la edad, pero depresiones transitorias o prolongadas en la curva de maduración pueden deberse a otras causas, entre las cuales se destaca el crecimiento en la parte apical del tallo (Villegas, 2010). Van Dillewijn (1952), reportó que un periodo de rápida elongación posterior a uno caracterizado por el almacenamiento activo de sacarosa, produce una reducción en el contenido de sacarosa en los entrenudos recién formados, hecho que disminuye el promedio a todo el tallo. En este sentido Hartt (1965), observó que la translocación de los fotosintatos en las hojas hacia los puntos de crecimiento apicales (pseudotallo y hojas jóvenes) es rápida ($Q_{10}=3,9 - 16,2$), debido a los procesos enzimáticos involucrados en el metabolismo del crecimiento celular. En contraste, la translocación hacia abajo del tallo es menor ($Q_{10}=1.5 - 1.7$) por la influencia predominante de los procesos físicos o físico-químicos.

El consumo de sacarosa involucra su degradación “in situ” donde se utiliza para formar otras sustancias, por ello son altas las cantidades de azúcares reductores en las zonas de crecimiento (Melo *et al.*, 1995). El crecimiento apical es un fuerte vertedero de carbohidratos, que cambia según la demanda de las regiones meristemáticas (Alexander, 1973), por ende tiene un marcado efecto en los procesos de partición, conversión y removilización de la sacarosa en el tallo (Uys *et al.*, 2007). Otro importante factor a considerar es que el ritmo de elongación en la caña es considerablemente mayor en la noche por el proceso de respiración que durante el día, pero puede ser modificado por efecto de la precipitación (Van Dillewijn, 1952).

Por el contrario, el estrés hídrico inducido por la falta de lluvias o por la disminución en la temperatura reduce el crecimiento (Bakker, 1999), pero predominantemente por la disponibilidad hídrica, puesto que la reducida elongación durante el día puede ser alterada en respuesta a la precipitación (Van Dillewijn, 1952). En la literatura los factores que más alteran el crecimiento de la caña de azúcar durante la maduración son: la pluviosidad, el

contenido de humedad en el suelo, las temperaturas máximas y mínimas (oscilación) y la luminosidad (Van Dillewijn, 1952; Clements, 1980; Cardozo, 2012; CENGICANA, 2012).

2.7.6. Fertilización

En Brasil, las dosis de nitrógeno mayores a 120 kg ha^{-1} , causaron un efecto negativo en los valores de Brix, Jugo Pol, caña Pol y azúcares totales recuperables de la variedad SP 81-3250 cuando se comparó respecto a dosis menores (Franco *et al.*, 2010). Muchow *et al.* (1996) observaron una respuesta similar para la concentración de la sacarosa en los tallos cuando se incrementó las dosis de nitrógeno, aunque este efecto fue relativamente pequeño al compararse con el efecto dominante del nitrógeno en la biomasa de los tallos. Una reacción inversa ocurre para los azúcares reductores los cuales se incrementan con la adición de nitrógeno independientemente de si hay una respuesta en la producción total de azúcar (Robertson *et al.*, 1996).

El incremento de las dosis de potasio en conjunto con las de nitrógeno favoreció la síntesis de clorofila, de aminoácidos esenciales y de la energía necesaria para la producción de carbohidratos y esqueletos carbónicos, que permitieron obtener tallos más largos y de mayores diámetros (Silva *et al.*, 2009). Este efecto también fue observado en el rendimiento de los tallos (Moura *et al.*, 2005).

2.8. Interacción entre factores biológicos y ambientales

La biosfera y la atmosfera se acoplan en un sistema, donde la interacción entre el clima (temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar) y los procesos biológicos (fotosíntesis, respiración, intercambio de calor y vapor de agua) afectan el balance de agua, los flujos de carbono y el crecimiento de las plantas (Silva, 2009). Dicha interacción (vegetación-clima) puede tener efectos positivos o negativos en los sistemas productivos de

caña de azúcar, por lo cual es pertinente mejorar el entendimiento de los procesos involucrados.

Una aproximación hacia el entendimiento de los procesos que influyen en la interacción biosfera – atmosfera, se puede obtener a través de las mediciones meteorológicas (Cabral *et al.*, 2003) y el estudio de los parámetros biológicos del cultivo (Singels *et al.*, 2005; Gilbert *et al.*, 2006 y Tejera *et al.*, 2007). Por tal motivo, el monitoreo meteorológico y de las variables biométricas, puede ayudar a comprender mejor los procesos que gobiernan la interacción entre el cultivo y la atmosfera, y de ese modo obtener los parámetros que puedan ser útiles para comprender el fenómeno de acumulación de sacarosa en los tallos de caña de azúcar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área y periodo experimental

Los datos empleados en el presente estudio fueron obtenidos de 28 áreas (sitios) de muestreo ubicados a lo largo y ancho del valle geográfico del río Cauca (Colombia), a partir del 13 de septiembre de 2011 hasta el 13 de diciembre de 2012. El tiempo de estudio se dividió en cuatro periodos cada uno con una duración aproximada de tres meses, donde se evaluaron siete localidades de interés debido a sus contrastantes características edafoclimáticas, éstas se ubicaron en los ingenios Risaralda (zonas de Viterbo y Cartago), Sancarlos (zona de Tuluá), Manuelita (zona de piedemonte y centro del valle) e Incauca (zona de Corinto y Villarrica).

En cada localidad se seleccionó un sitio de evaluación (hacienda/suerte) para la colecta de muestras y datos con base en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca (Carbonell *et al.*, 2011). Se procuró que el tipo de suelo, el grupo de humedad y la zona agroecológica fueran representativos en cada localidad y diferentes entre localidades. El estudio de la fase fenológica de maduración se realizó con la variedad CC 85-92, manteniendo otros parámetros como la edad del cultivo, fecha de cosecha y número de cortes lo más similares posibles, a fin de posibilitar las comparaciones. La recolección de datos por muestreo se hizo cada 15 días. En la **Tabla 2** se describe en detalle las características básicas de las áreas muestreo y la duración del periodo de muestreo.

Acorde con la zonificación agroecológica en el valle del río Cauca, el orden de suelo más representativo en área es el Mollisol (48%), seguido de los órdenes Vertisol (31%), Inceptisol (17%), Alfisol (2%), Entisol (0.8%), Ultisol (0.5%) e Histosol (0.01%) (Carbonell *et al.*, 2011). Las propiedades hidro-físicas y químicas de los sitios evaluados se presentan en la **Tabla 3** y **Tabla 4**, respectivamente.

Tabla 2. Descripción de los sitios de muestreo.

Periodo	Sitio ¹	Estación Meteorológica ²	Ingenio ³	Hacienda	Suerte	Corte	Z.A. ⁴	Inicio Muestreos	Fin Muestreos	Siembra / Soca ⁵
1. Septiembre - Diciembre 2011	Cartago	Cartago	RS	Cabuyas III	3	8	14H4	15/09/2011	06/12/2011	13/11/2010
	Centro Valle	Rozo	MN	Olga	132a	13	11H0	14/09/2011	07/12/2011	12/11/2010
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	17	3	11H4	13/09/2011	05/12/2011	12/11/2010
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Cabaña	17	3	31H0	14/09/2011	07/12/2011	12/11/2010
	Tuluá	Tuluá	SC	Ballesteros	51e	2	6H1	16/09/2011	06/12/2011	14/11/2010
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalo	30b	2	10H5	13/09/2011	05/12/2011	11/11/2010
	Viterbo	Viterbo	RS	Olívares	6	2	3H4	15/09/2011	06/12/2011	15/11/2010
2. Diciembre 2011 - Marzo 2012	Cartago	Cartago	RS	Sonora	3	2	5H4	14/12/2011	14/03/2012	11/02/2011
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Santa Anita	26a	5	11H0	12/12/2011	12/03/2012	09/02/2011
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	34a	0	6H4	15/12/2011	13/03/2012	12/02/2011
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Olimpo	14b	0	11H2	12/12/2011	12/03/2012	09/02/2011
	Tuluá	Tuluá	SC	Silencio	26a	2	6H1	13/12/2011	15/03/2012	10/02/2011
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalo	35	1	8H3	15/12/2011	13/03/2012	12/02/2011
	Viterbo	Viterbo	RS	San Felipe	2	8	9H4	14/12/2011	14/03/2012	11/02/2011
3. Mayo - Septiembre 2012	Cartago	RUT	RS	Fátima	8	0	6H2	29/05/2012	05/09/2012	02/09/2011
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Gertrudis	104b	1	15H0	28/05/2012	04/09/2012	08/09/2011
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	35	4	6H4	30/05/2012	03/09/2012	03/09/2011
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Olimpo	15	4	11H2	28/05/2012	04/09/2012	06/09/2011
	Tuluá	Tuluá	SC	Ballesteros	31B	1	11H1	31/05/2012	06/09/2012	04/09/2011
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalo	17	2	13H2	30/05/2012	03/09/2012	03/09/2011
	Viterbo	Viterbo	RS	Bélgica	8	1	8H4	29/05/2012	05/09/2012	02/09/2011
4. Septiembre - Diciembre 2012	Cartago	Viterbo	RS	Bélgica	34	3	10H3	12/09/2012	12/12/2012	17/12/2011
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Rita	45	4	11H1	03/09/2012	11/12/2012	20/12/2011
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	36a	5	6H4	11/09/2012	10/12/2012	16/12/2011
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Cabaña	8b	4	11H1	03/09/2012	11/12/2012	14/12/2011
	Tuluá	Tuluá	SC	Esmeralda	83c	3	6H1	12/09/2012	13/12/2012	17/12/2011
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalo	31	1	10H5	11/09/2012	10/12/2012	16/12/2011
	Viterbo	Viterbo	RS	Montegranario	5	3	9H4	12/09/2012	12/12/2012	17/12/2011

¹. Referente a la zona relativa de ubicación del área de muestreo en el valle geográfico del río Cauca; ². Referente al nombre de la estación meteorológica perteneciente a la Red Meteorológica Automatizada – RMA (CENICANA); ³. Siglas correspondientes a los ingenios Incauca (CA), Manuelita (MN), Sancarlos (SC) y Risaralda (RS); ⁴. Zona agroecológica para el cultivo de la caña (cuarta aproximación) (Carbonell *et al.*, 2011); ⁵. Fecha correspondiente al comienzo del cultivo evaluado siendo siembra o soca.

Tabla 3. Características hidro-físicas de los 28 sitios de muestreo evaluados en el valle geográfico del río Cauca.

Periodo	Localidad	Hacienda	Ap. ¹	Análisis de suelo - Propiedades físicas						
				Arcilla (%)	Limos (%)	Arena (%)	Textura	Da ² (g.cm ⁻³)	CC ³ (%)	PMT ⁴ (%)
Primero	Cartago	Cabuyas III	0-20cm	50.1	35.1	14.9	Ar	1.29	45.7	28.1
			20-40cm	56.8	27.1	16.2	Ar	1.28	46.4	26.0
	Centro Valle	Olga	0-20cm	28.8	33.7	37.5	FAr	1.62	32.1	15.0
			20-40cm	26.8	31.1	42.2	F	1.47	29.5	14.1
	Corinto	San Judas	0-20cm	42.1	31.1	26.9	Ar	1.28	39.1	16.7
			20-40cm	34.8	23.7	41.5	FAr	1.37	40.1	16.8
	Piedemonte	Cabaña	0-20cm	30.1	29.7	40.2	FAr	1.54	31.0	14.3
			20-40cm	28.8	31.7	39.5	FAr	1.55	30.7	14.4
	Tuluá	Ballesteros	0-20cm	43.8	26.4	29.8	Ar	1.52	39.8	18.6
			20-40cm	48.8	23.4	27.8	Ar	1.50	43.8	18.1
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	49.7	25.9	24.5	Ar	1.14	50.8	24.6
			20-40cm	50.5	26.4	23.1	Ar	1.19	51.9	23.1
	Viterbo	Olivares	0-20cm	42.1	33.1	24.9	Ar	1.04	51.6	27.3
			20-40cm	48.8	35.7	15.5	Ar	1.14	52.8	20.1
Segundo	Cartago	Sonora	0-20cm	72.8	14.4	12.9	Ar	1.04	70.0	25.5
			20-40cm	72.1	17.7	10.2	Ar	1.07	58.4	25.5
	Centro Valle	Santa Anita	0-20cm	40.1	42.4	17.5	ArL	1.51	37.3	20.4
			20-40cm	43.4	43.7	12.9	ArL	1.41	38.3	22.2
	Corinto	San Judas	0-20cm	54.8	27.1	18.2	Ar	0.93	49.0	26.4
			20-40cm	56.1	27.7	16.2	Ar	0.91	59.5	31.1
	Piedemonte	Olimpo	0-20cm	39.4	37.7	22.9	FAr	1.47	35.4	18.3
			20-40cm	38.8	38.4	22.9	FAr	1.39	30.3	18.5
	Tuluá	Silencio	0-20cm	38.8	26.4	34.9	FAr	1.47	42.1	17.5
			20-40cm	42.1	23.7	34.2	Ar	1.45	42.2	20.2
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	46.1	32.4	21.5	Ar	1.10	58.7	16.1
			20-40cm	46.8	28.4	24.9	Ar	1.26	48.4	22.2
	Viterbo	San Felipe	0-20cm	32.1	28.4	39.5	FAr	1.25	43.5	33.6
			20-40cm	39.4	23.7	36.9	FAr	1.34	46.7	33.6
Tercero	Cartago	Fátima	0-20cm	43.0	23.5	33.5	Ar	1.64	29.9	19.6
			20-40cm	43.0	23.5	33.5	Ar	1.50	32.5	17.1
	Centro Valle	Gertrudis	0-20cm	49.0	38.1	12.9	Ar	1.49	36.0	19.3
			20-40cm	49.7	37.5	12.9	Ar	1.56	36.5	21.5
	Corinto	San Judas	0-20cm	29.0	20.8	50.2	FArA	1.59	34.5	24.4
			20-40cm	28.4	21.5	50.2	FArA	1.52	35.0	22.3
	Piedemonte	Olimpo	0-20cm	36.4	32.8	30.9	FAr	1.66	28.2	18.7
			20-40cm	36.4	32.8	30.9	FAr	1.63	28.5	17.9
	Tuluá	Ballesteros	0-20cm	34.4	30.8	34.9	FAr	1.52	32.1	13.6
			20-40cm	34.4	31.5	34.2	FAr	1.51	31.9	17.2
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	53.7	33.5	12.9	Ar	1.42	33.0	25.1
			20-40cm	55.7	32.1	12.2	Ar	1.32	36.6	25.8
	Viterbo	Bélgica	0-20cm	68.4	25.5	6.2	Ar	1.32	44.7	25.9
			20-40cm	69.0	24.8	6.2	Ar	1.20	39.4	23.4
Cuarto	Cartago	Bélgica	0-20cm	64.2	23.3	12.5	Ar	1.25	39.1	20.3
			20-40cm	63.6	22.7	13.8	Ar	1.25	45.0	21.7
	Centro Valle	Rita	0-20cm	28.2	41.3	30.5	FAr	1.45	30.8	16.5
			20-40cm	27.6	40.0	32.5	FAr	1.60	32.1	13.8
	Corinto	San Judas	0-20cm	48.9	27.3	23.8	Ar	1.53	35.0	15.6
			20-40cm	45.6	29.3	25.1	Ar	1.38	32.7	7.7
	Piedemonte	Cabaña	0-20cm	29.6	30.0	40.5	FAr	1.63	28.0	15.3
			20-40cm	27.6	32.0	40.5	FAr	1.50	24.0	13.9
	Tuluá	Esmeralda	0-20cm	37.8	34.9	27.3	FAr	1.51	29.6	19.3
			20-40cm	38.5	34.9	26.6	FAr	1.41	39.9	16.7
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	68.0	21.1	11.0	Ar	1.33	35.3	28.1
			20-40cm	70.5	19.6	9.9	Ar	1.29	38.3	27.0
	Viterbo	Montegranarios	0-20cm	30.2	36.0	33.8	FAr	1.41	31.1	22.9
			20-40cm	28.9	36.7	34.5	FAr	1.26	43.2	25.1

1.: Profundidad ; 2: Densidad Aparente; 3: Capacidad de campo (30 kPa); 4: Punto de marchitez temporal (1500 kPa).

Tabla 4. Características químicas de los 28 sitios de muestreo evaluados en el valle geográfico del río Cauca.

Periodo	Localidad	Hacienda	Ap.	Análisis de suelo - Propiedades químicas								
				MO	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	PSI	RAS
				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹			g kg ⁻¹	-		
Primero	Cartago	Cabuyas III	0-20cm	2.4	22.5	0.5	14.3	10.3	0.2	21.6	1.04	0.06
			20-40cm	2.3	39.8	0.5	17.5	11.4	0.3	23.8	1.20	0.08
	Centro Valle	Olga	0-20cm	2.3	67.2	0.2	14.1	6.7	0.1	14.7	0.43	0.02
			20-40cm	2.2	48.0	0.1	14.3	6.0	0.0	14.0	0.29	0.01
	Corinto	San Judas	0-20cm	1.7	7.5	0.3	16.3	11.6	0.2	25.4	0.87	0.06
			20-40cm	1.5	9.5	0.2	18.8	12.6	0.2	20.5	0.99	0.05
	Piedemonte	Cabaña	0-20cm	3.1	96.6	0.1	10.2	3.9	0.0	13.6	0.25	0.01
			20-40cm	2.4	110.8	0.1	9.3	4.1	0.0	12.6	0.27	0.01
	Tuluá	Ballesteros	0-20cm	2.2	62.8	0.5	18.3	9.6	0.3	19.7	1.26	0.07
			20-40cm	1.8	12.5	0.5	23.8	14.1	0.4	22.9	1.65	0.09
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	2.3	82.8	0.3	14.1	8.7	0.2	24.3	0.83	0.06
			20-40cm	2.1	86.6	0.3	17.0	9.1	0.2	24.3	0.88	0.06
	Viterbo	Olivares	0-20cm	1.9	35.8	0.3	16.0	9.8	0.2	25.3	0.88	0.06
			20-40cm	2.2	9.5	0.3	13.1	9.0	0.3	23.9	1.05	0.08
Segundo	Cartago	Sonora	0-20cm	2.3	20.6	0.4	26.8	15.7	0.6	30.9	1.96	0.13
			20-40cm	2.2	17.3	0.3	29.8	18.3	0.6	31.2	2.05	0.13
	Centro Valle	Santa Anita	0-20cm	2.6	127.8	0.2	16.5	8.0	0.1	25.0	0.40	0.03
			20-40cm	2.6	88.2	0.3	17.4	8.8	0.1	18.1	0.57	0.03
	Corinto	San Judas	0-20cm	2.2	2.5	0.3	20.5	12.7	0.3	30.6	0.83	0.06
			20-40cm	2.1	2.5	0.2	22.0	12.9	0.3	27.6	0.95	0.06
	Piedemonte	Olimpo	0-20cm	2.9	52.3	0.2	13.4	5.5	0.1	17.9	0.39	0.02
			20-40cm	2.8	42.1	0.2	14.5	6.4	0.1	19.1	0.44	0.03
	Tuluá	Silencio	0-20cm	2.7	10.0	0.4	14.3	8.1	0.3	18.3	1.45	0.08
			20-40cm	2.2	8.8	0.4	16.7	11.2	0.4	18.7	1.93	0.10
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	2.4	4.8	0.4	4.7	6.0	0.1	19.1	0.61	0.05
			20-40cm	2.2	4.7	0.4	3.6	6.7	0.1	15.2	0.86	0.06
	Viterbo	San Felipe	0-20cm	2.9	8.2	0.5	6.8	5.6	0.2	14.0	1.40	0.08
			20-40cm	2.2	5.5	0.3	14.1	10.5	0.3	15.8	2.09	0.09
Tercero	Cartago	Fátima	0-20cm	1.8	42.0	0.6	13.2	7.0	0.1	18.6	0.55	0.03
			20-40cm	1.7	37.0	0.6	13.6	7.1	0.1	18.7	0.67	0.04
	Centro Valle	Gertrudis	0-20cm	3.2	23.1	0.4	19.5	8.6	0.1	25.7	0.38	0.03
			20-40cm	3.1	24.9	0.3	18.0	8.9	0.1	24.2	0.39	0.03
	Corinto	San Judas	0-20cm	2.1	3.3	0.2	21.3	10.7	0.1	25.7	0.43	0.03
			20-40cm	1.7	3.8	0.2	20.5	10.5	0.1	27.2	0.48	0.03
	Piedemonte	Olimpo	0-20cm	2.4	49.5	0.2	13.4	6.4	0.1	16.5	0.61	0.03
			20-40cm	2.5	48.8	0.2	12.5	6.4	0.1	15.1	0.71	0.03
	Tuluá	Ballesteros	0-20cm	2.4	17.0	0.2	10.7	6.6	0.1	16.3	0.64	0.04
			20-40cm	2.3	15.7	0.2	9.7	6.6	0.1	15.5	0.69	0.04
	Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	1.6	4.0	0.5	10.7	6.0	0.1	17.2	0.75	0.05
			20-40cm	1.4	3.9	0.4	10.3	5.4	0.1	17.2	0.66	0.04
	Viterbo	Bélgica	0-20cm	2.4	4.2	0.3	12.6	10.8	0.1	25.7	0.33	0.02
			20-40cm	2.4	5.6	0.3	13.5	11.3	0.1	27.9	0.44	0.04
Cartago	Bélgica	0-20cm	2.5	16.7	0.1	8.3	6.4	0.1	19.9	0.48	0.04	
		20-40cm	2.5	9.3	0.1	13.4	11.8	0.1	18.9	0.49	0.02	
Centro Valle	Rita	0-20cm	2.5	300.2	0.1	14.2	5.0	0.0	14.9	0.25	0.01	
		20-40cm	2.2	246.3	0.1	11.4	4.1	0.0	14.2	0.27	0.01	
Corinto	San Judas	0-20cm	3.4	6.7	0.4	18.8	11.1	0.1	35.7	0.37	0.03	
		20-40cm	3.2	11.1	0.3	21.3	11.9	0.2	33.7	0.45	0.04	
Piedemonte	Cabaña	0-20cm	2.8	85.9	0.1	10.1	3.5	0.1	13.5	0.44	0.02	
		20-40cm	2.8	76.4	0.1	7.5	2.5	0.1	12.2	0.52	0.03	
Tuluá	Esmeralda	0-20cm	2.5	16.2	0.1	14.7	6.0	0.2	23.7	0.63	0.05	
		20-40cm	2.6	26.6	0.1	15.5	6.2	0.2	19.7	0.88	0.05	
Villarrica	Cachimbalito	0-20cm	2.5	12.3	0.2	8.1	2.3	0.1	23.1	0.33	0.03	
		20-40cm	2.4	10.6	0.1	9.3	2.5	0.2	21.1	0.71	0.06	
Viterbo	Montegranarios	0-20cm	1.9	6.1	0.1	13.0	8.2	0.1	25.0	0.41	0.03	
		20-40cm	1.9	5.4	0.1	14.0	6.2	0.1	24.3	0.48	0.04	

Ap.: Profundidad.

3.2. Datos de crecimiento y de sacarosa para caña de azúcar

3.2.1. Análisis de sacarosa

En los muestreos realizados quincenalmente se cortaron 10 tallos a 30 metros del comienzo del surco para evitar los efectos de borde, esto se replicó en cuatro surcos para un total de 40 tallos acorde con la metodología de Silva (2007). El material colectado se procesó en los laboratorios de CENICAÑA, donde se desintegro los tallos y se extrajo los sólidos totales solubles a una cantidad de agua previamente conocida, luego mediante un sacarímetro digital se determinó la variable sacarosa (% caña) que se expresa en base a peso fresco (Larrahondo y Torres, 1990). Esta metodología reporta también información sobre materia seca, humedad, fibra (% caña), Brix, pureza, Azúcar recuperable estimado o ARE (% caña), peso por tallo, cantidad de sacarosa por tallo en gramos y ARE por tallo en gramos. El valor de ARE es equiparable con el de rendimiento comercial.

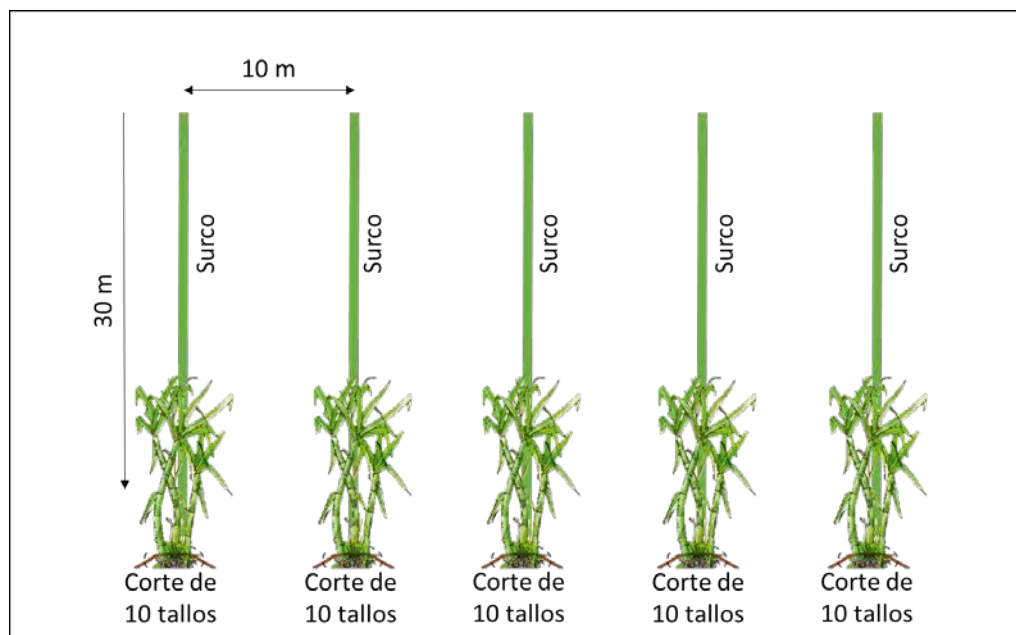


Figura 2. Colecta en campo de 50 tallos de caña de azúcar por sitio, para la variable sacarosa (% caña).

3.2.2. Datos biométricos

En los 40 tallos muestreados para sacarosa por cada muestreo, también se midió las variables diámetro de entrenudos, longitud de tallos al punto natural de quiebre, número de entrenudos, hojas emergentes, hojas verdes, hojas senescentes y total de hojas. La variable crecimiento de tallos se evaluó en 20 tallos definidos en el primer muestreo, a los cuales se les colocó una marca (listón) a 100 cm por debajo de la última lígula visible, luego en cada muestreo se midió desde la marca hasta la última lígula visible registrando su incremento en longitud. Con base en los datos de crecimiento de tallos y el número de días entre muestreos se estimó la tasa de elongación por día.

3.2. Variables edafoclimáticas asociadas con el contenido de sacarosa

3.2.1. Variables edáficas

Para calcular la retención de agua en el suelo por sitio se tomaron tres muestras de suelo con anillos a 0-20 cm de profundidad y otras tres a la profundidad de 20-40 cm en dos lugares de la suerte. Estas muestras se colocaron inicialmente en una cámara de presión (Soil moisture Equipment, Corp.) para calcular los contenidos de humedad volumétrica a las tensiones de 30, 200 y 300 kPa. Luego para obtener la humedad volumétrica a tensiones mayores a 500 kPa se utilizó el equipo WP4C (Decagon Devices, Inc.) que mide el potencial de agua mediante la técnica de punto de rocío con espejos refrigerados. Ambos procedimientos se asistieron del secado de muestras en una estufa a 105°C y de una balanza electrónica para las mediciones de peso requeridas. Las ecuaciones correspondientes a las curvas de retención de humedad por sitio, se calcularon con la regresión matemática de los datos de humedad volumétrica y tensión, de allí se obtuvo la humedad volumétrica a 30 kPa (capacidad de campo - CC) y a 1500 kPa (punto de marchitez temporal - PMT).

Los contenidos volumétricos de humedad en el suelo se registraron en cada muestreo de sacarosa (quincenalmente) utilizando un medidor portátil TDR 300 (Spectrum Technologies Inc.), en dos profundidades (0-20cm y 20-40 cm), posteriormente estos datos se introdujeron en las ecuaciones de las curvas de retención, de tal forma que se obtuvo su valor en términos de tensión en kPa proporcionando las variables Tensión de humedad en el suelo 0-20cm (T20) y Tensión de humedad en el suelo 20-40cm (T40).

3.2.2. Variables climáticas

Los datos climáticos horarios u/o diarios se obtuvieron de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la industria azucarera y de los pluviómetros más cercanos a los sitios de evaluación. Las variables temperatura diurna diaria (máxima, media y mínima) (TDD), radiación solar (RS), déficit de presión de vapor diurno diario (DPV) (FAO, 2006) y oscilación de déficit de presión de vapor diurno diario (ODPV), se calcularon con base en los registros horarios a partir de las 7 horas hasta las 19 horas, en tanto que la temperatura nocturna diaria (máxima, media y mínima) (TND) se estimó desde las 20 horas hasta las 7 horas del día siguiente. Este ajuste permitió un entendimiento detallado a nivel horario y diario del efecto de estas variables respecto a la maduración. Para el caso de la variable precipitación (PR) se utilizaron los registros diarios.

El déficit de presión de vapor (DPV) es la diferencia entre la presión de saturación de vapor (e_s) y la presión real de vapor (e_a) las cuales se calcularon a partir de las siguientes fórmulas:

Presión de saturación de vapor (e_s):

$$e_s = [e^\circ(T_1) + \dots + e^\circ(T_n)]/n \quad [3]$$

$$e^\circ(T_n) = 0.6108 * \exp^{[(17.27 * T_n)/(T_n + 237.3)]} \quad [4]$$

Donde:

$e^{\circ}(T_n)$ = presión de saturación de vapor de la temperatura [kPa]

T_n = temperatura del aire [°C]

$\exp [..]$ = 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [..]

n = horas comprendidas para el periodo diurno o nocturno.

Presión real de vapor (e_a):

$$e_a = [e^{\circ}(T_1)*(HR_1/100) + \dots + e^{\circ}(T_n)*(HR_n/100)]/n \quad [5]$$

Donde:

e_a = presión real de vapor [kPa]

HR = humedad relativa [%]

Los grados día (GD) se calcularon a partir de la fecha de siembra con la ecuación 6, donde el valor de la temperatura base para la parte aérea total de la caña de azúcar fue de 9°C (Villegas *et al.*, 2005).

$$GD = ((TM + Tm)/2) - Tb \quad [6]$$

Dónde:

TM = temperatura máxima diaria (°C).

Tm = temperatura mínima diaria (°C).

Tb = temperatura base de 9°C.

3.3. Análisis de los datos

Los datos procedentes de las variables edafoclimáticas y biométricas se tabularon mediante el procedimiento PROC MEANS (SAS Institute, 2010) que los totalizó o promedió, según

la naturaleza de la variable o efecto requerido para un determinado tiempo. Las correlaciones de Pearson se realizaron mediante el procedimiento PROC CORR (SAS Institute, 2010). Las gráficas de tipo serie, caja, dispersión y aguja utilizadas para representar las variables evaluadas se realizaron mediante el procedimiento PROC SGPLOT (SAS Institute, 2010). El análisis de los gráficos se realizó de forma descriptiva y comparativa con la inspección de la asociación entre el contenido de sacarosa (% caña) y las variables en estudio.

El análisis estadístico multivariado de los datos se realizó mediante un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) reflexivo (tipo A) con el enfoque de varianza, el cual utiliza la metodología de los mínimos parciales (PLS) para la estimación de los senderos (coeficientes beta) que a fin de ponderar la importancia de una variable independiente o un conjunto de ellas sobre la variable sacarosa (% caña) en un contexto multivariado. La heterogeneidad no observable en los datos obtenidos por periodo reduce la predicción encontrada en un “modelo global” y por tanto su capacidad de identificar las variables de mayor peso involucradas en la acumulación de sacarosa, motivo por el cual se implementó el algoritmo iterativo de Respuesta Basada en la Segmentación de Unidades o REBUS por sus siglas en inglés (REsponse BAseD Unit Segmentation), el cual permite estimar tanto la pertenencia de una observación a una clase latente determinada, así como los parámetros específicos de cada clase encontrada denominados “modelos locales” (Trinchera, 2007). El análisis de las SEM se realizó con el software R versión 2.15.2 (R Core Team, 2013), mediante el paquete “plspm” (Sánchez, 2013) el cual estimo los parámetros utilizando variables estandarizadas (media 0 y varianza 1), indicadores reflectivos (Modo A) y el esquema Centroid Scheme para la estimación de los pesos internos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cambiante naturaleza de la variable sacarosa en las condiciones del valle geográfico del río Cauca, hace que su análisis estadístico sea complicado y poco satisfactorio para obtener inferencias con los datos del presente estudio, puesto que en algunas ocasiones se presentaron correlaciones positivas pero en otras correlaciones negativas aun cuando se contraste con una variable definida (Anexos). Esta respuesta, aunque contradictoria es posible ya que el aumento o el deceso en la concentración de sacarosa en un momento dado puede estar definida por solo un factor pero en otras por la respuesta a múltiples parámetros edafoclimáticos e incluso del cultivo, que no pueden ser definidos correctamente a través de las correlaciones simples.

El uso de una perspectiva multivariada es por tanto un mejor enfoque, aunque en el presente estudio su utilidad fue reducida ya que el número de observaciones fue bajo considerando la heterogeneidad en la variable sacarosa. El uso de ecuaciones estructurales (SEM) con metodología de los mínimos parciales (PLS) permitió determinar que las variables de mayor peso fueron las encontradas en los componentes de precipitación, térmico diurno, térmico nocturno, humedad en el suelo y crecimiento por medio de la inspección de sus coeficientes beta (Anexos). No obstante, los signos de estos coeficientes beta no fueron siempre consistentes, haciendo que su explicación resulte inconsistente.

La inconsistencia de signos en las correlaciones de Pearson o en las ecuaciones estructurales para una variable asociada a la sacarosa, hace que su interpretación estadística resulte no ser fiable. No obstante, independientemente del signo el valor de la asociación entre una variable determinada y la sacarosa, resulto ser útil para determinar que las variables de mayor inferencia fueron precipitación, déficit de presión de vapor, temperatura mínima nocturna y tasa de elongación. Por este motivo, solo se planteara un análisis descriptivo sobre los sucesos que afectan el comportamiento de la sacarosa, siendo esta la vía de análisis más eficiente.

4.1. Maduración a través del tiempo

El seguimiento de la maduración en la variedad CC 85-92, se realizó en términos del contenido de sacarosa (% caña) durante cuatro periodos de tiempo en siete localidades del valle geográfico del río Cauca (Cartago, Centro Valle, Corinto, Piedemonte, Tuluá, Villarrica y Viterbo). Los cultivos evaluados en el primer y segundo periodo se muestrearon entre los 10 y 13 meses de edad; porque el tiempo de cosecha que manejaba el sector azucarero estaba alrededor de los 13.9 meses, mientras que en el tercer y cuarto periodo los cultivos se muestrearon entre los 9 y 12 meses de edad a causa de la disminución en el tiempo cosecha que sufrió el sector para esa época. Debido al importante efecto de las lluvias en la concentración de sacarosa (Villegas, 2010) se clasificó a las localidades en dos grupos: “semisecas” cuando la pluviosidad fue menor al promedio general por periodo y en “húmedas” cuando fue mayor. A su vez esta clasificación se comparó con los grupos de humedad en cada sitio evaluado, los cuales fueron determinados por la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica (Carbonell *et al.*, 2011) para diferenciar sitios semisecos (H0, H1, H2) de húmedos (H3, H4, H5).

4.1.1. Primer periodo (septiembre – diciembre 2011)

Las curvas de maduración correspondientes al primer periodo se iniciaron a partir del 13 de septiembre y finalizaron el 7 de diciembre de 2011 con siete muestreos (10-13 meses) por localidad, excepto en Cartago donde el corte prematuro sólo posibilitó cinco. En la **Tabla 5** se observa que las localidades con una pluviosidad inferior al promedio general (545 mm) como Centro valle, Piedemonte y Tuluá (“semisecas”) presentaron concentraciones de sacarosa que variaron entre 13.0 - 14.4 unidades porcentuales, mientras que en Cartago, Villarrica, Corinto y Viterbo donde la pluviosidad fue mayor (“húmedas”) la sacarosa fue menor con valores entre 12.9 y 13.9 unidades porcentuales. La división realizada entre sitios “semisecos” y “húmedos” en la clasificación pluviométrica concuerda con la división realizada por los grupos de humedad dados en la cuarta aproximación de la zonificación

agroecológica (Carbonell *et al.*, 2011) y descritos para los sitios evaluados en la **Tabla 2**. Según Villegas (2010) el gasto de sacarosa en la planta es mayor por acción de las lluvias, debido al incremento que causa en la humedad del suelo y esta a su vez en la tasa de crecimiento. El déficit de presión de vapor presentó valores entre 0.78 y 1.17 kPa; mientras que la temperatura mínima nocturna osciló entre 18.4 y 19.2 °C (**Tabla 5**).

Tabla 5. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 20).

Localidad	Pluviosidad (mm)	Déficit de presión de vapor Diurno (kPa)	Temperatura mínima nocturna (°C)	Tasa de elongación (cm/día)	Sacarosa (% caña)
CentroValle	207	1.11 ± 0.17	19.2 ± 0.5	0.49 ± 0.06	13.8 ± 1.6
Piedemonte	365	1.17 ± 0.19	19.0 ± 0.5	0.44 ± 0.30	14.4 ± 1.6
Tuluá	410	0.97 ± 0.16	18.5 ± 0.6	0.59 ± 0.14	13.0 ± 0.4
Cartago	566	0.78 ± 0.20	18.4 ± 0.5	0.53 ± 0.15	13.9 ± 0.9
Villarica	582	1.17 ± 0.23	19.3 ± 0.6	0.50 ± 0.25	12.9 ± 0.7
Corinto	831	0.86 ± 0.16	18.5 ± 0.5	0.51 ± 0.15	13.5 ± 0.8
Viterbo	856	1.00 ± 0.17	18.4 ± 0.6	0.61 ± 0.11	13.1 ± 0.9
Promedio	545	1.01	18.8	0.52	13.5

En lo referente a las localidades, Centro Valle y Piedemonte donde la pluviosidad fue baja y el déficit de presión elevado, la acumulación de sacarosa fue mayor, en comparación a Corinto y Viterbo con condiciones opuestas (**Tabla 5**). De acuerdo con Cardozo (2012) el proceso de maduración se estimula cuando la demanda atmosférica de vapor de agua es alta y la precipitación es baja, debido al estrés hídrico que sufre la planta con la evapotranspiración. En Villarrica donde la pluviosidad y el déficit de presión de vapor fueron elevados la concentración de sacarosa fue baja (**Tabla 5**), porque según Alexander (1973) estas condiciones son propicias para rehidratar los tejidos y causar la inversión de la sacarosa en los tallos. En la localidad de Cartago se alcanzó un valor de 13.9 unidades porcentuales de sacarosa, posiblemente a causa de la baja temperatura mínima nocturna (18.4 °C) que redujo el crecimiento acorde con Osorio (2007) (**Tabla 5**). La disminución de la temperatura promueve una disminución en la concentración de invertasas ácidas y el aumento en la concentración de invertasas neutras en tallos, que finalmente beneficia al

contenido de sacarosa (Ebrahim *et al.*, 1998). En Tuluá donde la tasa de elongación fue mayor (0.59 cm/día) respecto a Centro Valle y Piedemonte, la concentración de sacarosa fue menor (**Tabla 5**). El crecimiento en la parte apical de los tallos es un fuerte vertedero de carbohidratos (Alexander, 1973).

En la **Figura 3** y **Tabla 6** se aprecia que las diferencias entre localidades respecto a la sacarosa fueron muy marcadas entre los 10.0 y 11.0 meses de edad, momento en el cual las condiciones locales como retención de humedad, déficit de presión de vapor y temperatura, determinaron fuertemente el comportamiento de la sacarosa. Gilbert *et al.* (2006) observaron que la producción en toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) varió ampliamente entre ambientes, aun cuando se evaluó sobre el mismo cultivar, temporada de crecimiento, edad del cultivo y tiempo de cosecha. No obstante, a medida que avanzó el tiempo las condiciones fueron haciéndose muy similares entre localidades a causa del fenómeno de “La Niña”, que se presentó entre septiembre de 2011 a abril de 2012 (CENICANA, 2012) y cuyo exceso de precipitación provocó un descenso en el contenido de sacarosa a pesar del incremento en la edad del cultivo. Liu y Helyar (2002) observaron que la cantidad de humedad en el tallo y por consecuencia la de sacarosa, son muy dependientes de la época y de las condiciones meteorológicas.

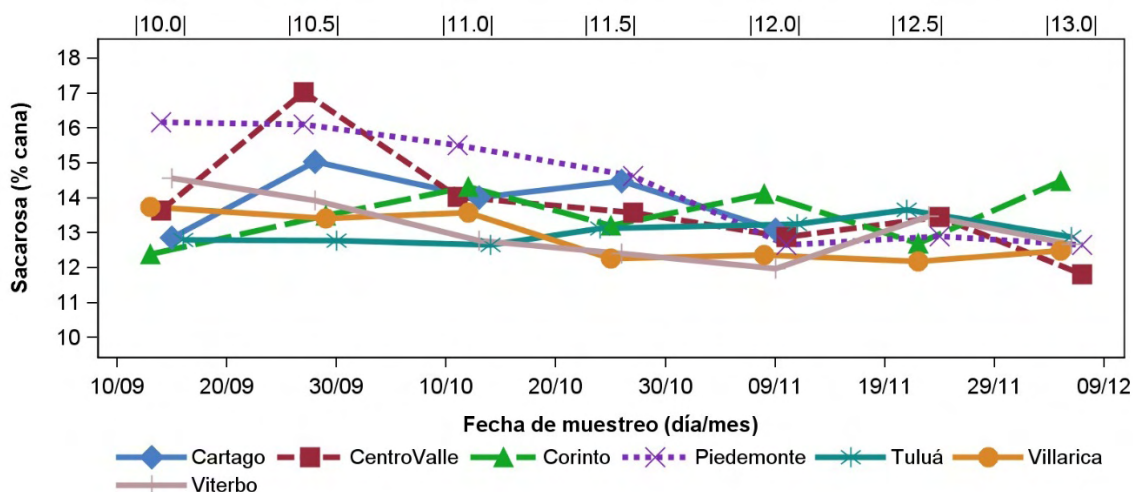


Figura 3. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011).

Tabla 6. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011).

Localidad	Edad						
	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
Cartago	12.9	15.0	14.0	14.5	13.1	.	.
Centro Valle	13.7	17.0	14.0	13.6	12.9	13.5	11.8
Corinto	12.4	13.5	14.3	13.2	14.1	12.7	14.5
Piedemonte	16.2	16.1	15.5	14.6	12.7	12.9	12.7
Tuluá	12.8	12.8	12.7	13.1	13.3	13.7	12.9
Villarrica	13.8	13.4	13.6	12.3	12.4	12.2	12.5
Viterbo	14.6	13.9	12.8	12.4	12.0	13.5	12.7
Promedio	13.7	14.5	13.8	13.4	12.9	13.1	12.8
Desv. estándar	1.3	1.6	1.0	0.9	0.7	0.6	0.9
CV (%)	9.4	10.8	7.0	6.9	5.3	4.4	7.0

Sin embargo, el comportamiento de la sacarosa a través del tiempo de puede variar por condiciones ambientales puntuales, como se describirá a continuación para dos localidades contrastantes. En Piedemonte (**Figura 4**) con una condición semiseca, los altos déficits de presión de vapor (1.08-1.50 kPa) desde el mes 10.0 hasta el 11.5 (primeros cuatro muestreos), elevaron las tensiones de humedad en el suelo (993-2352 kPa) por acción de la evaporación (FAO, 2006), lo cual redujo considerablemente las tasas de elongación (0.11-0.57 cm/día) e incrementó los contenidos de sacarosa (14.6-16.7 %) debido a su carácter antagónico (Villegas, 2010). Cabe anotar que los valores altos DPV también implican una alta radiación solar y por lo tanto, una mayor producción de sacarosa en las hojas que posteriormente en la noche se movilizara al tallo (Van Dillewijn, 1952). En los muestreos subsiguientes (12.0 a 13.0 meses) la precipitación aumentó (59 - 79 mm) y los déficit de presión de vapor menguaron (0.93-1.08 kPa), motivo por el cual las tensiones de humedad en el suelo disminuyeron (40-166 kPa), factor que propició un incremento en las tasas de elongación (0.63-0.82 cm/día) y por consiguiente una reducción en los contenidos de sacarosa (12.6-12.9 %). Las temperaturas mínimas nocturnas oscilaron entre 18.1 y 19.4 °C, con una apreciable influencia sobre la sacarosa, porque la mayoría de los eventos estuvieron sobre los 19°C y muy próximos a temperatura base de 20°C (Barbieri *et al.*, 1974). De acuerdo con Humbert (1968) en regiones donde la reducción térmica nocturna no es acentuada la disponibilidad hídrica tiene mayor importancia para el proceso de maduración.

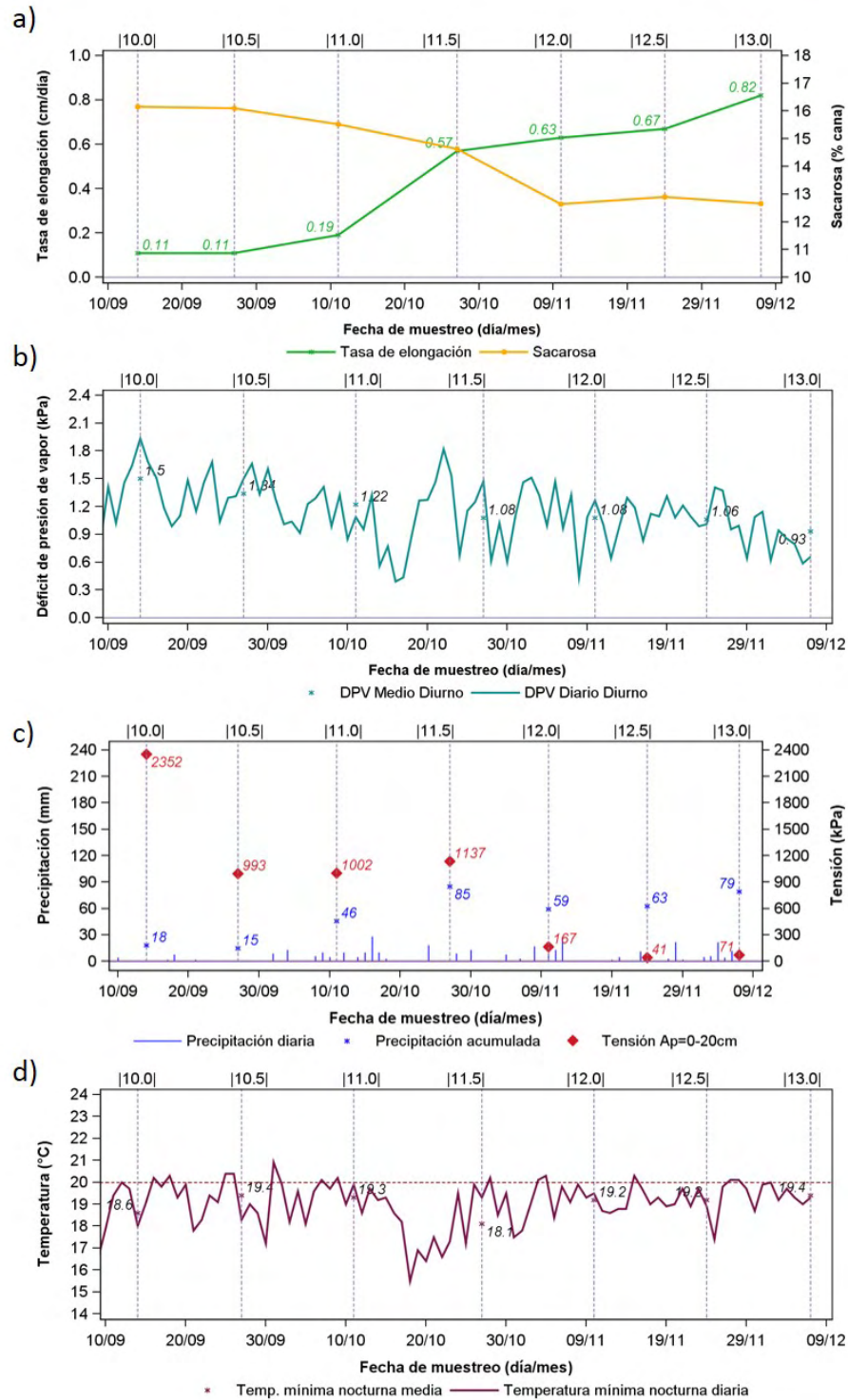


Figura 4. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Piedemonte durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011).

En Villarrica con condición “húmeda” (**Figura 5**), la concentración de sacarosa desde el mes 10.0 hasta el mes 11 (13.4-13.8 %) fue relativamente baja al compararse con Piedemonte, porque las tensiones de humedad en el suelo fueron menores (68-839 kPa) causando un aumento en las tasas de elongación (0.53-0.73 cm/día). Aunque los valores de déficit de presión de vapor (1.10-1.52 kPa) para Villarrica hasta el tercer muestreo son similares a los reportados en Piedemonte (1.22-1.50 kPa), las concentraciones de sacarosa entre ellas difieren a causa de la precipitación. La alta precipitación acumulada en los últimos cuatro muestreos (378 mm) junto con los bajos déficits de presión de vapor (0.96-1.10 kPa), redujeron la tensión la humedad en el suelo (47-148 kPa), que a su vez disminuyó la concentración de sacarosa por el cambio en la humedad de los tallos tal como lo describe, más no por las tasas de elongación que fueron bajas (0.02-0.54 cm/día). Según Liu y Helyar (2002) con el aumento en la precipitación y la reducción de las temperaturas diurnas (en consecuencia el DPV), la cantidad de agua en los tallos aumenta, hecho que perjudica la maduración de la caña de azúcar. Las temperaturas mínimas nocturnas oscilaron entre 18.4 y 19.9 °C, con una influencia baja sobre la variable sacarosa porque la mayoría de los eventos estuvieron sobre los 19°C.

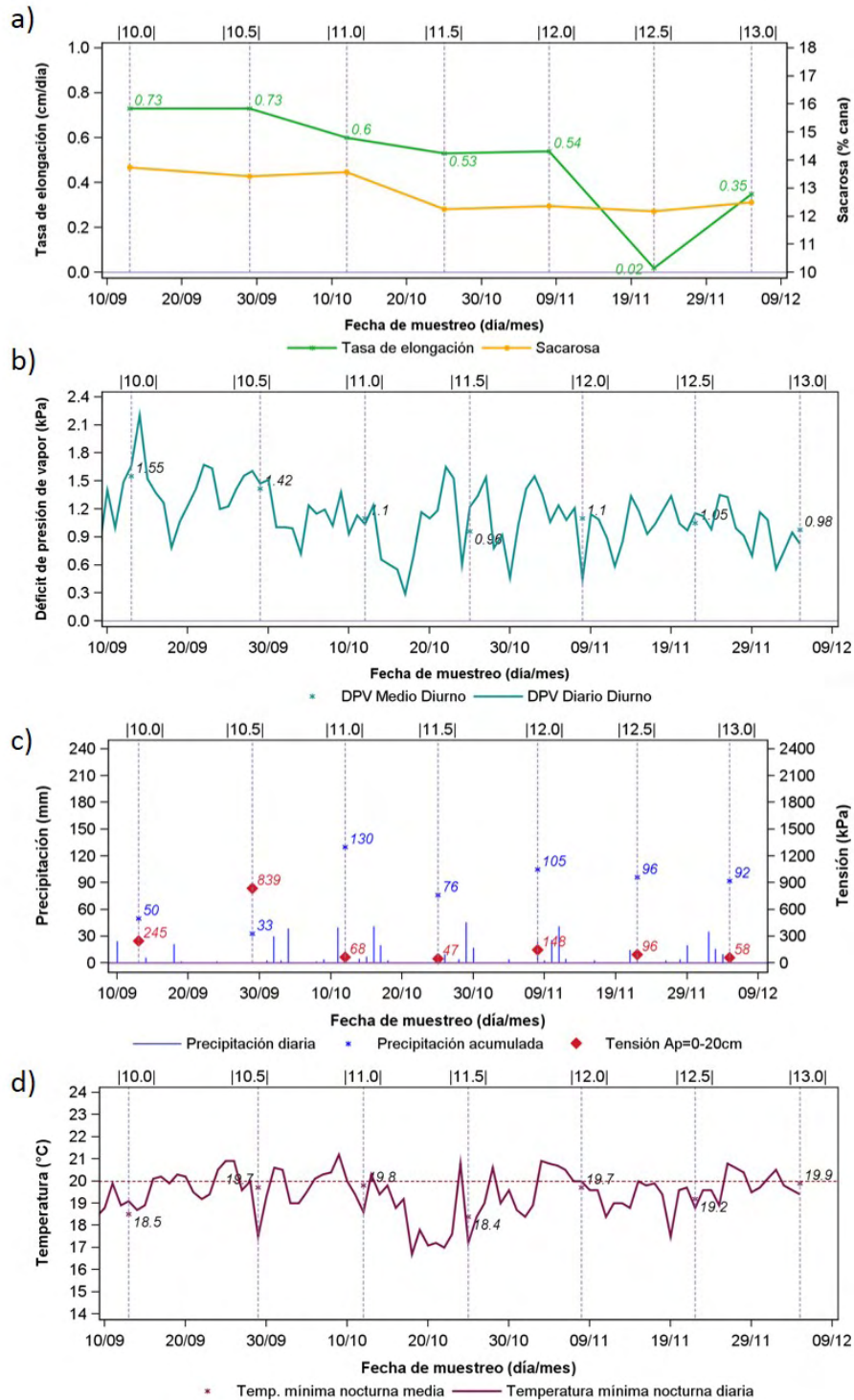


Figura 5. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Villarrica durante el primer periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2011).

4.1.2. Segundo periodo (diciembre 2011 – marzo 2012)

En el segundo periodo las curvas de maduración se elaboraron con los datos de seis muestreos, registrados desde el 13 de diciembre de 2011 hasta el 15 de marzo de 2012, excepto por Centro valle donde el corte temprano de la suerte sólo permitió hacer cuatro muestreos. En este periodo las localidades clasificadas como semisecas (Cartago, Centro valle, Piedemonte y Tuluá) con una pluviosidad menor al promedio general (596 mm), no mostraron una diferencia apreciable en el contenido de sacarosa respecto a húmedas (Villarrica, Corinto y Viterbo) con mayor pluviosidad (**Tabla 7**). Esta respuesta se presentó porque las condiciones del evento “La Niña” con las que terminó el primer periodo se extendieron hasta abril de 2012 (CENICAÑA, 2012), hecho que afectó al actual periodo con excesos de lluvias, las cuales tuvieron su mayor impacto sobre Centro valle, Piedemonte y Tuluá donde la pluviosidad se incrementó entre 170 y 286 mm respecto al primer periodo (**Tabla 5; Tabla 7**). Excepto por Cartago clasificada como semiseca de acuerdo con su pluviosidad, pero categorizada como húmeda (H4) por la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica (Carbonell *et al.*, 2011), el resto de sitios concordaron entre clasificaciones (**Tabla 2**). En el segundo periodo las lluvias redujeron la radiación solar y con ello a los valores de déficit de presión de vapor diurno acorde con lo descrito por la FAO (2006) motivo por el cual oscilaron entre 0.76 y 1.14 kPa, estos al ser comparados con los observados durante el primer periodo (entre 0.78 y 1.17) muestran un leve descenso que logro afectar negativamente la concentración de sacarosa (**Tabla 5; Tabla 7**).

Tabla 7. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).

Localidad	Pluviosidad (mm)	Déficit de presión de vapor Diurno (kPa)	Temperatura mínima nocturna (°C)	Tasa de elongación (cm/día)	Sacarosa (% caña)
Cartago	427	0.88 ± 0.18	19.1 ± 0.3	0.48 ± 0.09	12.1 ± 1.2
CentroValle	491	1.12 ± 0.14	19.6 ± 0.3	0.31 ± 0.04	12.1 ± 0.2
Piedemonte	492	1.12 ± 0.14	19.6 ± 0.3	0.79 ± 0.05	11.3 ± 1.2
Tuluá	579	0.95 ± 0.14	19.3 ± 0.2	0.60 ± 0.07	12.2 ± 1.0
Villarica	633	1.14 ± 0.16	19.8 ± 0.4	0.85 ± 0.04	11.5 ± 1.2
Corinto	698	0.76 ± 0.11	19.1 ± 0.3	0.73 ± 0.23	12.2 ± 1.0
Viterbo	849	1.00 ± 0.12	19.0 ± 0.5	0.60 ± 0.13	12.0 ± 1.2
Promedio	596	1.00	19.4	0.62	11.9

El promedio general de temperatura mínima nocturna para el segundo periodo (19.4 °C) fue mayor que para el primero (18.8 °C), razón por la cual las localidades fueron entre 0.4 y 0.7 °C más cálidas (**Tabla 5; Tabla 7**). Debido a esto, el promedio general en la tasa de elongación para el segundo periodo (0.62 cm/día), fue mayor al registrado en el primer periodo (0.52 cm/día) (**Tabla 5; Tabla 7**). De acuerdo con Lingle e Irvine (1994) la concentración de sacarosa en cultivos de caña tiende a ser menor durante periodos cálidos en la noche y húmedos durante el día, más favorables para el desarrollo vegetativo. En Piedemonte y Villarrica donde se registraron las mayores temperaturas mínimas (19.6 - 19.8 °C, respectivamente) también se presentaron más altas tasas de elongación (0.79 - 0.85 cm/día, correspondientemente) y por ende los más bajos contenidos de sacarosa (11.3 - 11.5 unidades porcentuales, en el mismo orden) (**Tabla 7**). Temperaturas próximas o superiores a 20°C representan crecimiento de acuerdo con Barbieri *et al.* (1974), ya que según su estudio esta es la temperatura base para tallos.

En términos generales, el fenómeno “La Niña” fue la causa principal para que todas las localidades durante el segundo periodo mantuvieran bajos los contenidos de sacarosa, y que los leves aumentos en esta variable solo se dieran con la maduración cultivo (Figura 6; **Tabla 8**). En este sentido, Gawander (2007) postula a la precipitación como el factor que más influencia tiene por sí mismo en la producción de la caña de azúcar; aunque este a su

vez depende en gran medida de fenómenos adversos como “El Niño” o “La Niña”, que en consecuencia también afectan la producción de caña de azúcar.

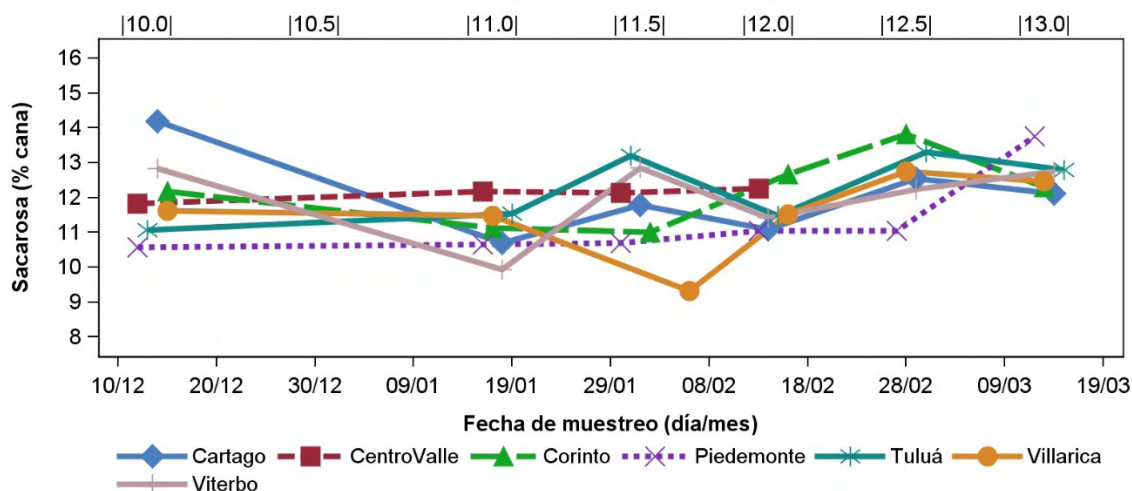


Figura 6. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).

Tabla 8. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).

Localidad	Edad					
	10.0	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
Cartago	14.2	10.7	11.8	11.1	12.5	12.1
Centro Valle	11.8	12.2	12.1	12.3	.	.
Corinto	12.2	11.1	11.0	12.7	13.8	12.3
Piedemonte	10.6	10.7	10.7	11.1	11.1	13.8
Tuluá	11.1	11.6	13.2	11.5	13.3	12.8
Villarrica	11.6	11.5	9.3	11.5	12.8	12.5
Viterbo	12.8	9.9	12.9	11.4	12.2	12.8
Promedio	12.0	11.1	11.6	11.6	12.6	12.7
Desv. estándar	1.2	0.7	1.3	0.6	1.0	0.6
CV (%)	9.9	6.6	11.6	5.2	7.6	4.5

Por último, el comportamiento de la sacarosa a través del tiempo se describirá para las localidades contrastantes de Piedemonte (**Figura 7**) y Corinto (**Figura 8**). En Piedemonte con una condición “semiseca”, la elevada precipitación acumulada (408 mm) hasta el tercer muestreo (11.5 meses) promovió el crecimiento debido a las elevadas tasas de elongación

(0.77-0.85 cm/día), lo cual causó que la concentración de sacarosa fuera baja (10.6-10.7 %) así como lo describe Villegas (2010). El aumento del déficit de presión de vapor durante los meses 12.0 y 12.5 (1.07 y 1.27 kPa, respectivamente) en conjunto con la baja precipitación (31 y 13 mm, en el mismo orden), causó un aumento en la tensión de humedad en el suelo (168 y 274 kPa, correspondientemente), el cual aumentó levemente los contenidos de sacarosa (11.0 y 11.0%, respectivamente). En el último muestreo (mes 13.0) la sacarosa alcanzó un valor notable de 13.8 unidades porcentuales, debido al efecto acumulado por los elevados valores de déficit de presión de vapor y de tensión de humedad en el suelo que se registraron a partir del mes 12.5, lo cual permitió el estrés hídrico en los tallos tal como lo menciona Scarpari (2007). La concentración de sacarosa osciló poco (0.5 unidades porcentuales) entre el primer (mes 10.0) y el quinto (mes 12.5) para esta localidad. Las temperaturas mínimas nocturnas al oscilar entre 19.4 y 19.9 °C beneficiaron al crecimiento por estar más cercanas a la temperatura base de 20°C (Barbieri *et al.*, 1974) (**Figura 7**).

En Corinto de condición “húmeda”, la tensión de humedad se redujo de 182 kPa en el mes 10.0 a 59 kPa en el mes 11.5; determinando así un aumento en la tasa de elongación (Villegas, 2010) que pasó de 0.77 a 0.90 cm/día, esto a su vez disminuyó la sacarosa que cambió de 12.2 a 11.0 unidades porcentuales. Posteriormente en los meses 12.0 y 12.5 el déficit de presión de vapor se incrementó (0.74 y 0.89 kPa, respectivamente), elevando la tensión de humedad en el suelo (73 y 84 kPa, correspondientemente), hecho que incrementó los contenidos de sacarosa (12.7 y 13.8 unidades porcentuales, en el mismo orden). Por último, la sacarosa en el mes 13.0 (12.3 unidades porcentuales) se redujo, a causa de la disminución en la tensión de humedad en el suelo (72 kPa). Las temperaturas mínimas nocturnas al oscilar entre 18.6 y 19.5 °C, favorecieron al crecimiento antes que a la concentración de sacarosa (**Figura 8**).

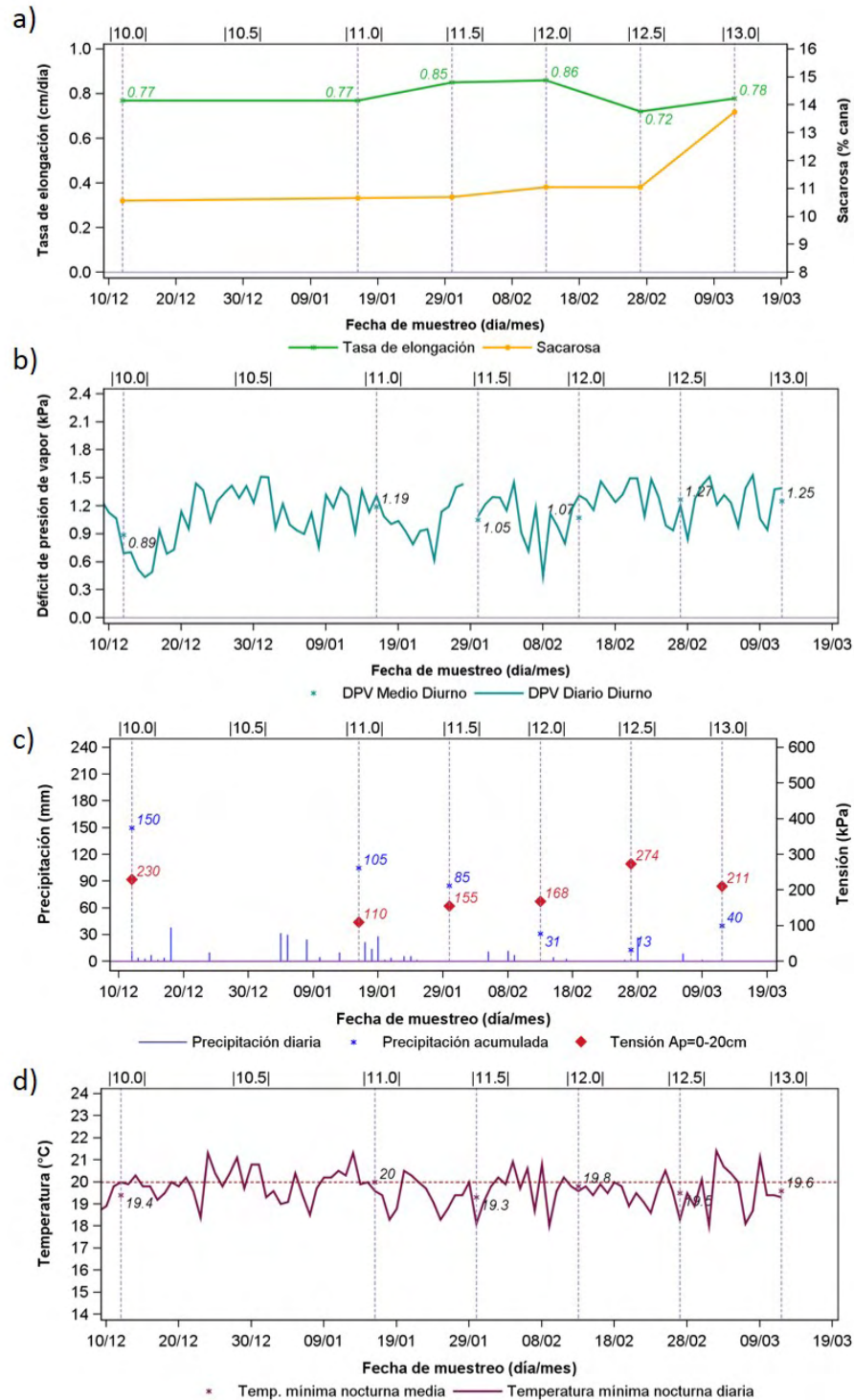


Figura 7. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Piedemonte durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).

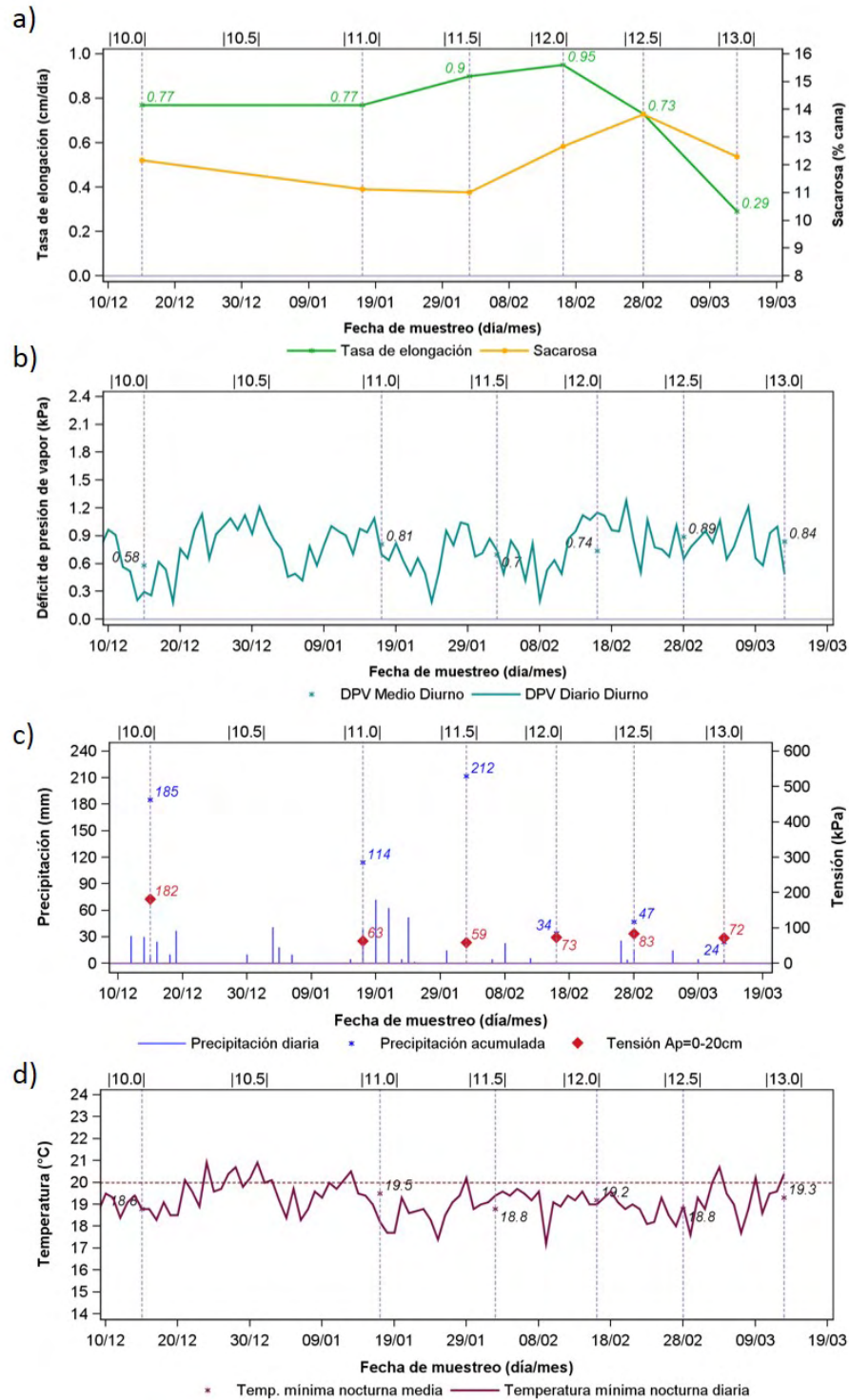


Figura 8. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Corinto durante el segundo periodo de evaluación (diciembre 2011 - marzo 2012).

4.1.3. Tercer periodo (mayo – septiembre 2012)

Entre el 16 de marzo y el 27 de mayo de 2012 a causa de la gran necesidad de caña en el sector azucarero no fue posible completar los muestreos de sacarosa, motivo por el cual las evaluaciones para el tercer periodo se iniciaron a partir del 28 de mayo y finalizaron el 6 de septiembre de 2012. Cada curva de maduración presentó siete muestreos, a excepción de Piedemonte y Villarrica con seis y cuatro muestreos, respectivamente. A diferencia de periodos anteriores, la edad de los cultivos al primer muestreo fue de 9 meses, hecho que influyó en la concentración de sacarosa. Excepto por Cartago, las localidades de Tuluá, Centro valle, Piedemonte, Corinto y Villarrica de carácter “semiseco” por tener una pluviosidad inferior o igual al promedio general (188 mm), presentaron mayores concentraciones de sacarosa (entre 13.0 - 14.5 unidades porcentuales) respecto a Viterbo (“húmeda”) donde la pluviosidad fue mayor y el contenido de sacarosa menor (11.9 unidades porcentuales) (**Tabla 9**). Fuera de Corinto con una baja pluviosidad pero con un grupo de humedad (H4), la clasificación pluviométrica para los sitios evaluados concuerda con la distinción hecha por grupos de humedad establecidos en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica (Carbonell *et al.*, 2011) (**Tabla 1**). En las localidades evaluadas la pluviosidad se redujo entre 181 y 429 mm respecto al segundo periodo (**Tabla 7; Tabla 9**), porque a partir de mayo y hasta diciembre las diferentes variables climáticas en el valle geográfico del río Cauca presentaron el comportamiento típico que tienen bajo la influencia de “El Niño” con valores de radiación solar, evaporación, temperatura media y temperatura máxima altos y valores de precipitación y humedad relativa del aire bajos, aunque este fenómeno como tal no se llegó a formar (CENICAÑA, 2012). Estas condiciones según Bakker (1999) son óptimas para la acumulación de sacarosa en los tallos de caña de azúcar.

Los valores del déficit de presión de vapor diurno variaron entre 1.22 y 1.60 kPa durante el tercer periodo, lo cual fue notablemente mayor al considerar que durante el segundo periodo oscilaron entre 0.76 y 1.14 kPa (**Tabla 9**). Cardozo (2012) observó entre los meses de mayo y septiembre la mayor demanda atmosférica de vapor de agua y la menor

precipitación, lo cual reduce la disponibilidad hídrica en las plantas y consecuentemente estimula la maduración. El promedio general de la temperatura mínima nocturna (19.0°C) se redujo en 0.4°C respecto al segundo periodo (19.4°C), hecho que afectó negativamente al crecimiento y favoreció la acumulación de sacarosa de acuerdo con Scarpari y Beauclair (2004) (**Tabla 9**). Cook *et al.* (1993) mencionan que existe una relación inversa entre la sacarosa y la temperatura media mínima mensual.

Tabla 9. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).

Localidad	Pluviosidad (mm)	Déficit de presión de vapor Diurno (kPa)	Temperatura mínima nocturna (°C)	Tasa de elongación (cm/día)	Sacarosa (% caña)
Tuluá	143	1.22 ± 0.11	18.9 ± 0.5	0.65 ± 0.21	13.3 ± 1.3
Cartago	163	1.60 ± 0.22	19.3 ± 0.5	0.85 ± 0.33	11.5 ± 3.0
CentroValle	180	1.49 ± 0.11	19.2 ± 0.3	0.50 ± 0.41	14.5 ± 0.8
Piedemonte	180	1.49 ± 0.11	19.2 ± 0.3	0.69 ± 0.05	13.0 ± 0.9
Corinto	187	1.25 ± 0.20	19.5 ± 0.4	0.78 ± 0.10	13.8 ± 1.0
Villarica	188	1.59 ± 0.18	18.8 ± 0.5	0.78 ± 0.07	13.6 ± 1.2
Viterbo	275	1.31 ± 0.11	18.4 ± 0.4	0.64 ± 0.33	11.9 ± 2.2
Promedio	188	1.42	19.0	0.70	13.1

En las localidades de Centro valle, Piedemonte, Corinto y Villarrica la concentración de sacarosa oscilo entre 13.0 y 14.5 unidades porcentuales, debido a la poca precipitación y a los elevados déficits de presión de vapor (Cardozo, 2012). En Tuluá donde se presentó la más baja precipitación (143 mm) y una reducida tasa de elongación la concentración de sacarosa (13.3 unidades porcentuales) fue favorecida de acuerdo con lo mencionado por Scarpari (2007). Cartago mostro un bajo contenido de sacarosa aun cuando la precipitación fue baja, porque la tasa de elongación fue alta (0.85 cm/día), mientras que en Viterbo sólo lo fue por la elevada precipitación (275 mm) (**Tabla 9**). De acuerdo con Van Dillewijn (1952) la tasa de elongación puede crecer a un ritmo constante siempre que la humedad del suelo este por encima del punto de marchitez permanente, aun cuando la precipitación sea baja.

En la **Figura 9** y **Tabla 10** se aprecia que los contenidos de sacarosa fueron muy diferentes entre localidades al comienzo del periodo de muestreo. Julien y Delaveau (1977) observaron que el efecto del ambiente en el contenido de sacarosa fue altamente significativo cuando se expresó con base en peso fresco (sacarosa % caña). Pero en la medida que arreció el verano (agosto - septiembre) la concentración de sacarosa aumento hasta converger en valores cercanos al 15% para todas las localidades en el último muestreo. La disminución progresiva en la humedad de los tallos por déficit hídrico, aumentó la concentración de sacarosa, que finalmente se estabiliza por la capacidad del vertedero (tallo) (Liu y Helyar, 2002; Cardozo, 2012). En Cartago y Viterbo se observaron los mayores incrementos de sacarosa durante el periodo de evaluación, en contraste a Centro valle y Corinto donde la concentración fue alta aun a temprana edad y relativamente estable en el tiempo. Incrementos sustanciales en el contenido de sacarosa para cultivos jóvenes durante el verano también han sido reportados por Inman-Bamber (1994a).

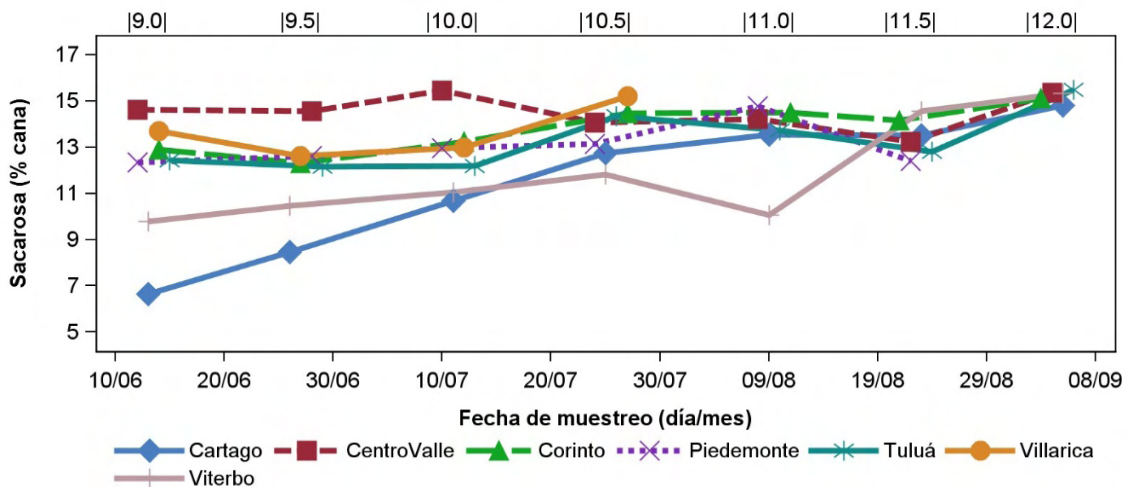


Figura 9. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).

Tabla 10. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).

Localidad	Edad						
	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
Cartago	6.7	8.5	10.7	12.7	13.6	13.5	14.8
Centro Valle	14.6	14.6	15.5	14.1	14.2	13.2	15.4
Corinto	12.9	12.3	13.2	14.5	14.5	14.2	15.1
Piedemonte	12.4	12.6	13.0	13.1	14.8	12.4	.
Tuluá	12.4	12.2	12.2	14.3	13.7	12.8	15.5
Villarrica	13.7	12.6	13.0	15.2	.	.	.
Viterbo	9.8	10.5	11.0	11.8	10.1	14.6	15.3
Promedio	11.8	11.9	12.6	13.7	13.5	13.4	15.2
Desv. estándar	2.7	1.9	1.6	1.2	1.7	0.8	0.3
CV (%)	23.0	16.2	12.5	8.5	12.9	6.1	1.8

El comportamiento detallado de la sacarosa a través del tiempo se describirá para dos localidades contrastantes. En la localidad “semiseca” de Centro Valle, durante los meses 9.0, 9.5 y 10.0 la concentración de sacarosa varió con valores de 14.6, 14.5 y 15.4% respectivamente, conforme lo hizo la tensión de humedad en el suelo (171, 161 y 177 kPa, en el mismo orden) y el déficit de presión de vapor (171, 161 y 177 kPa, correspondientemente), no obstante los elevados valores de sacarosa son el resultado de las bajas tasas de elongación (0.23-0.32 cm/día). Luego, en los meses 10.5 y 11.0 al disminuir la tensión de humedad en el suelo (135 - 115 kPa), la tasa de elongación aumentó (0.57 - 0.53 cm/día), motivo por el cual la concentración de sacarosa se redujo (14.0 y 14.2%) (Villegas 2010). En el mes 11.5 la sacarosa se redujo notablemente (13.2%) por la elevada precipitación (68 mm) y el reducido déficit de presión de vapor (1.42 kPa). Finalmente en el último muestreo (mes 12.0) la baja precipitación (5mm) y el elevado déficit de presión de vapor (1.58 kPa), incrementaron la sacarosa (15.4%) gracias a la reducción en la humedad de los tallos, más que a la tasa de elongación que fue muy elevada (1.37 cm/día). Las temperaturas mínimas nocturnas fluctuaron entre 18.8 y 19.5 °C, con un muy leve efecto sobre la concentración de sacarosa (**Figura 10**).

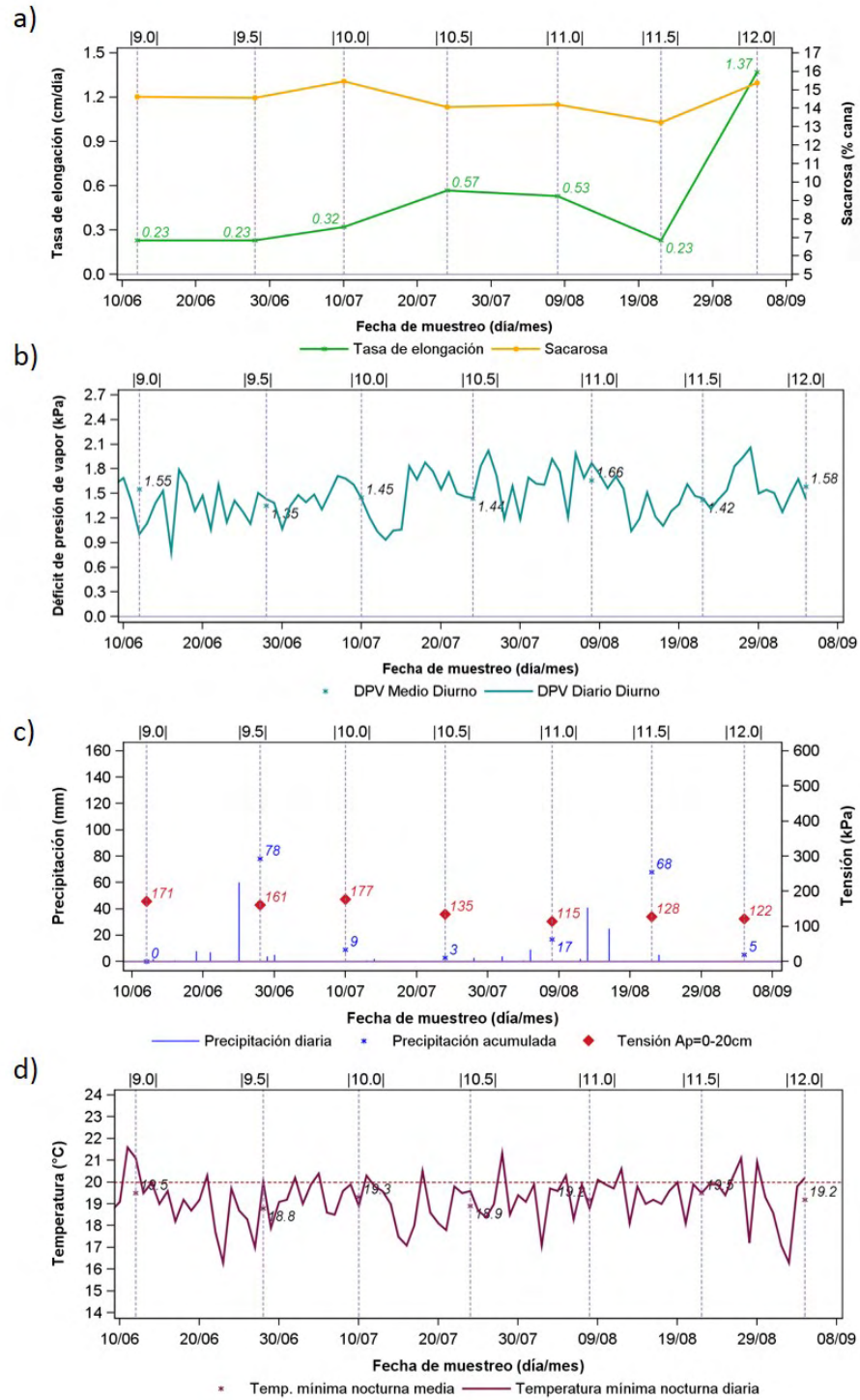


Figura 10. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Centro Valle durante el tercer periodo de evaluación (mayo - septiembre 2012).

En Viterbo con condición “húmeda”, la concentración de sacarosa en el mes 9.0 presentó un valor de 9.8 %, debido al relativo bajo déficit de presión de vapor (1.24 kPa) y a la temperatura mínima nocturna (19.1 °C) próxima a la temperatura base de 20°C. Luego, entre los meses 9.5 y 10.5 el déficit de presión de vapor pasó de 1.20 a 1.34 kPa, lo cual aumentó las tensiones de humedad en el suelo de 43 a 136 kPa, lo cual sumado al efecto de la baja temperatura mínima nocturna (18.4 - 18.1 °C), causaron que la tasa de elongación disminuyera de 1.05 cm/día a 0.54 cm/día, incrementando así el contenido de sacarosa de 10.5 % a 11.8 % (Scarpari, 2007; Osorio, 2007). En el mes 11.0 la concentración de sacarosa se redujo a 10.0% porque la precipitación aumento (83 mm). Después en el mes 11.5 la baja tasa de elongación (0.31 cm/día) causada la gran tensión de humedad en el suelo (190 kPa) propiciaron un notable aumento en la sacarosa (14.6%). Los valores más bajos en las variables temperatura mínima nocturna (17.7 °C) y precipitación (11 mm) se presentaron en el mes 12.0, hecho que aminoró considerablemente la tasa de elongación (0.29 cm/día) y consecuentemente indujo un aumento en la concentración de sacarosa (15.3 %) (Villegas, 2010), paralelamente también fue propiciado por el alto déficit de presión de vapor (1.52 kPa) (**Figura 11**).

4.1.4. Cuarto periodo (septiembre – diciembre 2012)

Los datos de maduración del cuarto periodo se registraron desde el 18 de septiembre hasta el 13 de diciembre de 2012 con siete muestreos por localidad, excepto por Viterbo, Corinto y Piedemonte con seis, cinco y seis muestreos, respectivamente. En la **Tabla 11** se observa que las localidades “semisecas” con una pluviosidad inferior al promedio general (331 mm) como Corinto, Centro valle, Piedemonte y Tuluá presentaron mayores concentraciones de sacarosa al variar entre 13.1 y 15.2 unidades porcentuales, respecto a Cartago, Villarrica y Viterbo (“húmedas”) donde la pluviosidad fue mayor y la sacarosa menor con valores entre 12.5 y 13.7 unidades porcentuales. Excepto por Corinto con un grupo de humedad (H4), la clasificación pluviométrica para los sitios evaluados, concuerda con la realizada por los grupos de humedad establecidos en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica (Carbonell *et al.*, 2011) (**Tabla 1**). Respecto al tercer periodo la pluviosidad aumentó entre 80 y 208 mm en las localidades (**Tabla 9; Tabla 11**), evento que concuerda con lo pronosticado por Cortés y Barrios (2010) acerca del incremento estacional en la precipitación durante el cuarto trimestre del año para el valle geográfico del río Cauca. No obstante, hay que considerar que el promedio de sacarosa (% caña) para el cuarto periodo (13.8 unidades porcentuales) fue mayor que la registrada durante el tercero (13.1 unidades porcentuales), debido al déficit hídrico acumulado entre los meses de Junio y Septiembre 2012 (**Tabla 9; Tabla 11**). De acuerdo con Robertson y Donaldson (1998) el déficit hídrico acumulado a lo largo de los meses antes de la cosecha se vuelve la variable más importante para la maduración. En contraste a su homólogo durante el 2011 (primer periodo), el cuarto periodo fue menos húmedo por no estar bajo la influencia de “La Niña” (**Tabla 5; Tabla 11**), hecho que corrobora la incidencia de este fenómeno sobre la precipitación mencionado por Gawander (2007).

Los valores del déficit de presión de vapor diurno variaron entre 1.07 y 1.37 kPa durante el cuarto periodo (**Tabla 11**), lo cual fue menor al considerar que durante el tercer periodo fluctuaron entre 1.22 y 1.60 kPa (**Tabla 9**). Con las lluvias la demanda atmosférica por

vapor de agua se redujo, causando así una disminución en los valores del déficit de presión de vapor (Cardozo, 2012). Esto también explica porque el déficit de presión de vapor durante el primer periodo fue incluso menor (0.78-1.17 kPa), ya que la lluvias propiciadas por fenómeno de la “La Niña” fueron aún más intensas (**Tabla 5**). En el cuarto periodo el promedio general para la temperatura mínima nocturna presento un leve incremento de 0.2°C respecto al tercer periodo (**Tabla 9; Tabla 11**).

Tabla 11. Pluviosidad, déficit de presión de vapor diurno, temperatura mínima nocturna, tasa de elongación y sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).

Localidad	Pluviosidad (mm)	Déficit de presión de vapor Diurno (kPa)	Temperatura mínima nocturna (°C)	Tasa de elongación (cm/día)	Sacarosa (% caña)
Corinto	267	1.08 ± 0.32	19.4 ± 0.3	0.62 ± 0.09	14.1 ± 0.8
Tuluá	283	1.07 ± 0.20	18.9 ± 0.5	1.41 ± 0.54	13.1 ± 1.5
CentroValle	328	1.37 ± 0.22	19.3 ± 0.5	0.60 ± 0.25	14.8 ± 0.7
Piedemonte	328	1.37 ± 0.22	19.3 ± 0.5	0.48 ± 0.17	15.2 ± 1.2
Villarica	367	1.35 ± 0.30	19.8 ± 0.6	0.80 ± 0.15	13.4 ± 0.8
Viterbo	370	1.20 ± 0.19	18.7 ± 0.4	0.79 ± 0.15	12.5 ± 1.1
Cartago	371	1.20 ± 0.19	18.7 ± 0.4	0.81 ± 0.34	13.7 ± 1.3
Promedio	331	1.23	19.2	0.79	13.8

En Centro valle y Piedemonte las elevadas concentraciones de sacarosa (14.8 y 15.2 unidades porcentuales, respectivamente) son resultado del alto déficit de presión de vapor, la baja pluviosidad y las reducidas tasas de elongación (Cardozo, 2012) (**Tabla 11**). La sacarosa en Corinto presento un valor de 14.1 unidades porcentuales debido a la baja pluviosidad que redujo en la tasa de elongación (Scarpari, 2007) (**Tabla 11**). Por el contrario, en Villarrica, Viterbo y Cartago donde la pluviosidad estimulo las tasas de elongación; la sacarosa fue menor (12.5 - 13.7 unidades porcentuales) según lo mencionado por Villegas (2010) (**Tabla 11**). Tuluá destacó por presentar la mayor tasa de elongación (1.41 cm/día) hecho que redujo la concentración de sacarosa (13.1 unidades porcentuales) similares sucesos se han descrito por Alexander (1973), aun cuando la pluviosidad fue baja (**Tabla 11**).

En la Figura 12 y **Tabla 12** se observa como hasta mediados de octubre los contenidos de sacarosa en las localidades de Piedemonte y Centro Valle llegaron a sobrepasar las 15 unidades porcentuales a pesar de tratarse de cañas con aproximadamente 10 meses de edad, a diferencia de Tuluá y Viterbo. Inman-Bamber (1994a) también observó este comportamiento en cultivos jóvenes. Las lluvias, que llegaron a finales de octubre y se mantuvieron durante todo noviembre (11.0 y 11.5 meses), estimularon el crecimiento del cultivo y provocaron un descenso en la sacarosa para la mayoría de las localidades, aunque al cabo de los 12 meses los valores de sacarosa presentaron valores relativamente altos (entre 13.5 y 15.0 unidades porcentuales). Depresiones en la concentración de sacarosa pueden ser asociadas con el aumento de humedad en el tallo por las precipitaciones (Van Dillewijn, 1952).

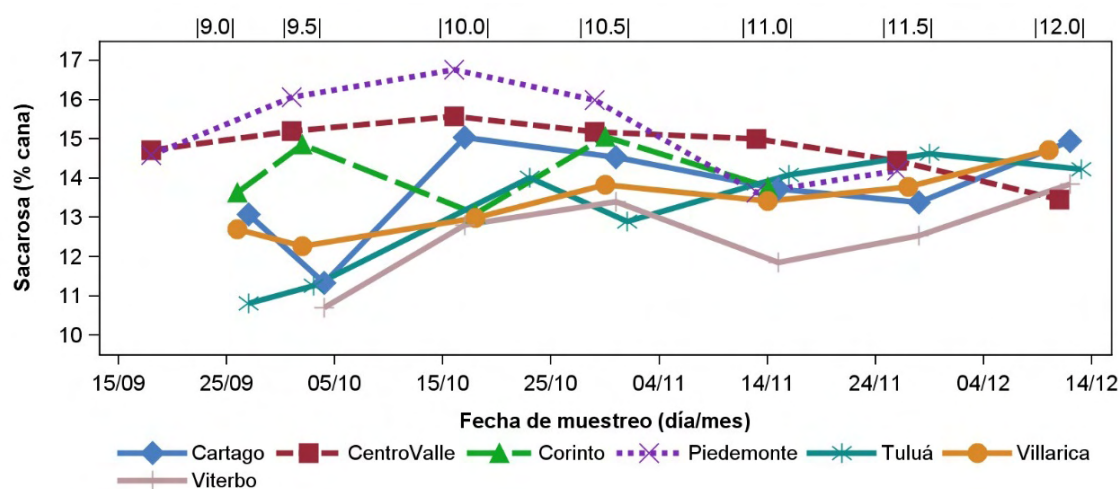


Figura 12. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).

Tabla 12. Sacarosa (% caña) para siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).

Localidad	Edad						
	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
Cartago	13.1	11.4	15.1	14.5	13.7	13.4	15.0
Centro Valle	14.7	15.2	15.6	15.2	15.0	14.4	13.5
Corinto	13.6	14.9	13.1	15.1	13.8	.	.
Piedemonte	14.6	16.1	16.8	16.0	13.6	14.2	.
Tuluá	10.8	11.3	14.0	12.9	14.1	14.6	14.2
Villarrica	12.7	12.3	13.0	13.8	13.4	13.8	14.7
Viterbo	.	10.7	12.8	13.4	11.9	12.5	13.9
Promedio	13.3	13.1	14.3	14.4	13.6	13.8	14.2
Desv. estándar	1.4	2.2	1.5	1.1	0.9	0.8	0.6
CV (%)	10.8	16.8	10.6	7.6	6.9	5.6	4.3

El comportamiento de la sacarosa a través del tiempo se describirá para las localidades contrastantes de Centro valle (**Figura 13**) y Viterbo (**Figura 14**). En la localidad “semiseca” de Centro valle, durante los tres primeros muestreos (9.0, 9.5 y 10.0 meses) la sacarosa aumentó de 14.7 a 15.6 % debido a la disminución en la tasa de elongación que pasó de 0.42 a 0.24 cm/día, a causa de las altas tensiones de humedad en el suelo (entre 425 y 2456 kPa) ocasionadas por los elevados déficits de presión de vapor (entre 1.34 y 1.73 kPa) como menciona Scarpari (2007). Luego entre los meses 10.5 y 11.0 la tensión de humedad en el suelo se redujo de 503 kPa a 331 kPa, hecho que consecuentemente aumentó la tasa de elongación de 0.70 cm/día a 0.92 cm/día y propició una reducción de 15.2 a 14.4 unidades porcentuales en la variable sacarosa (Villegas, 2010). Finalmente, la proximidad de la temperatura mínima nocturna en los meses 11.5 y 12.0 a la temperatura base de tallos de 20°C en conjunto con una elongación de 0.73 cm/día, fueron los factores que más influyeron en la reducción que presentó la sacarosa en el mes 12.0 (13.7 %) (**Figura 13**).

En la localidad de Viterbo (“húmeda”) se comenzó a registrar datos a partir de los 9.5 meses de edad. La concentración de sacarosa aumentó de 10.7% en el mes 9.5 a 13.4% en el mes 10.5 porque la tasa de elongación se redujo de 0.72 a 0.61 cm/día (Alexander, 1973). En el mes 11.0 debido a la caída de 125 mm de precipitación, la tasa de elongación aumentó (0.73 cm/día) y provocó una apreciable reducción en la sacarosa (11.8 %)

(Villegas, 2010). Posteriormente en el mes 11.5 la reducida precipitación (32 mm) incrementó la cantidad de sacarosa (12 %), aun cuando la tasa de elongación (0.95 cm/día) fue relativamente alta. Finalmente, en el mes 12.0 el déficit de presión de vapor presentó un valor de 1.15 kPa, el cual aumentó la concentración de sacarosa a 13.8 % (Scarpari, 2007). Las temperaturas mínimas nocturnas oscilaron entre 18.1 y 19.3 °C pero sin una influencia notable sobre la sacarosa debido al predominante efecto de la precipitación. Van Dillewijn (1952) menciona que la precipitación tiene mayor efecto sobre la elongación que las bajas temperaturas cuando previamente se ha presentado un periodo de déficit hídrico (**Figura 14**).

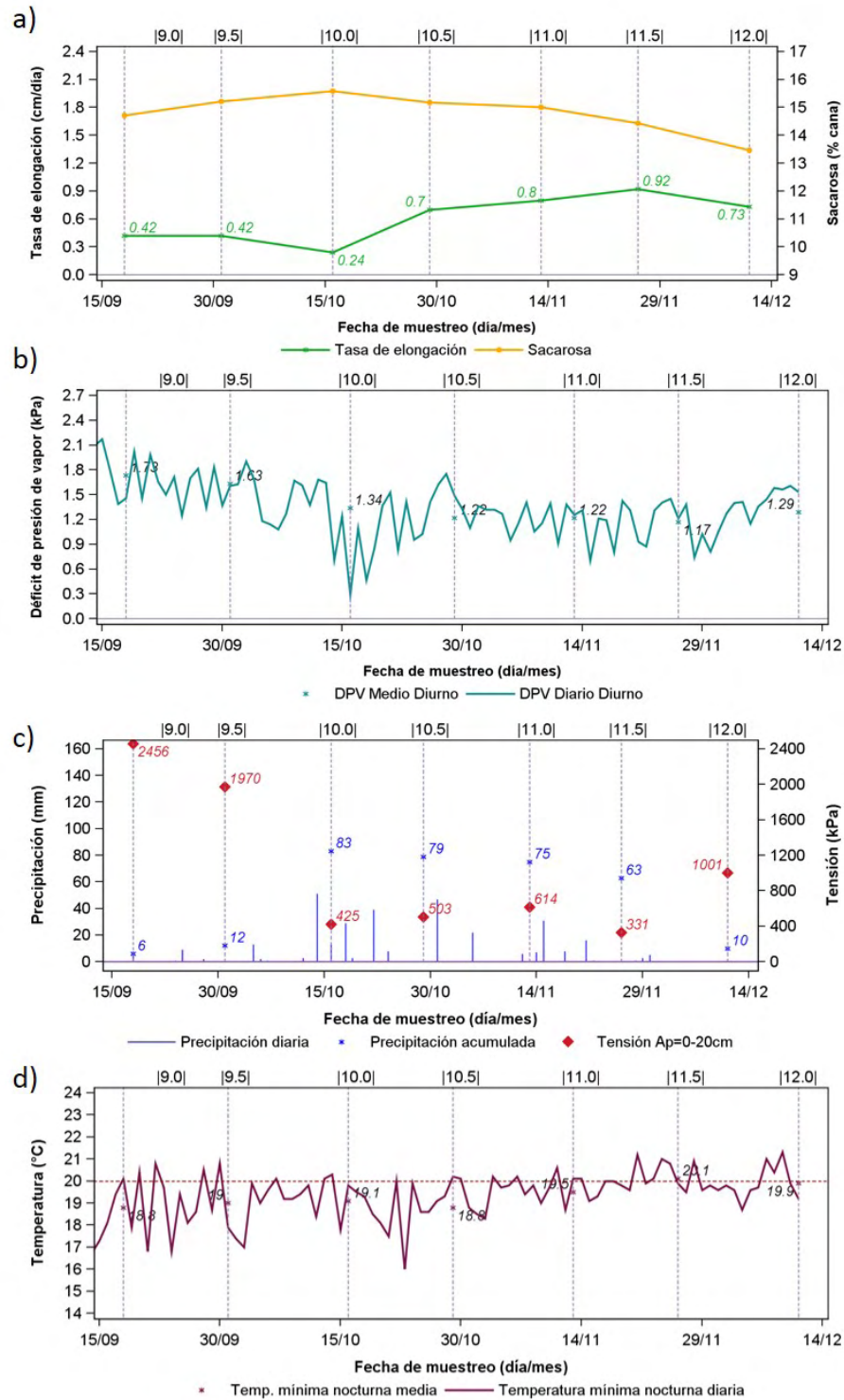


Figura 13. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Centro Valle durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).

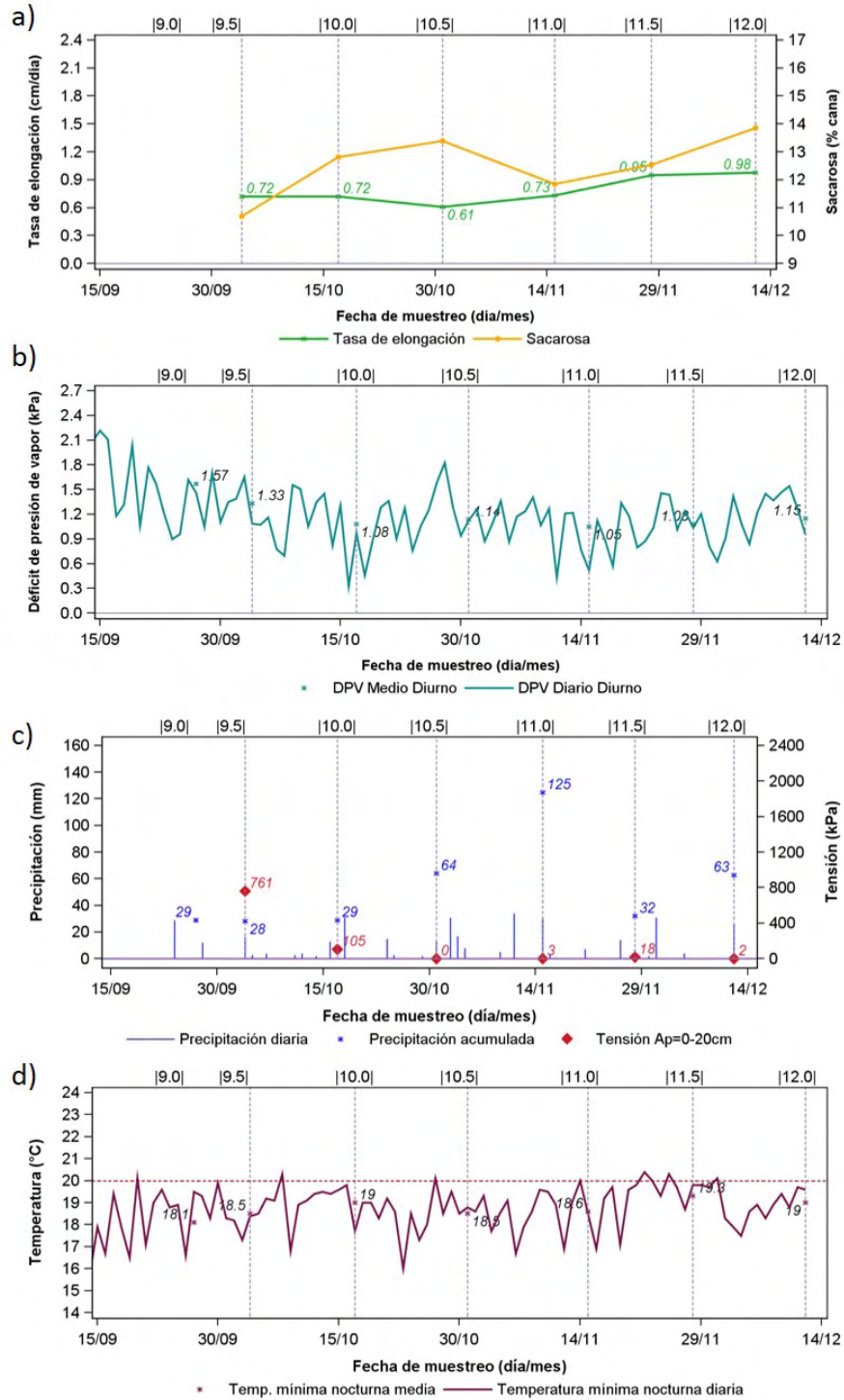


Figura 14. Tasa de elongación, Sacarosa (% caña) [a], déficit de presión de vapor diurno [b], precipitación, tensión de humedad en el suelo [c] y temperatura mínima nocturna [d] en la localidad de Viterbo durante el cuarto periodo de evaluación (septiembre - diciembre 2012).

4.2. Factores que afectan la maduración de la caña de azúcar

4.2.1. Estacionalidad y los fenómenos atmosféricos “El Niño” o “La Niña”

El patrón de la variable sacarosa (% caña) a través de los periodos evaluados es resultado de la influencia estacional, que condiciona el potencial de acumulativo del cultivo durante la fase de maduración. En el valle geográfico del río Cauca el efecto de las variaciones estacionales sobre el contenido de sacarosa, ha sido previamente descrito por Cock *et al.*, (1993), quienes observaron entre los meses de junio y septiembre el contenido de sacarosa se incrementó, alcanzando un valor máximo en este último mes, luego entre septiembre y diciembre se produce un descenso, pero a partir de enero y hasta marzo se presentó un leve incremento que finalmente entre marzo y mayo disminuyó. Esta tendencia estacional aún se mantiene al observar el rendimiento comercial del valle geográfico del río Cauca en los años 2011, 2012 y el histórico de los diez últimos años (2002-2012) (**Figura 15**). En este contexto, los promedios del azúcar recuperable estimado (ARE) por edad que se calcularon a partir de los valores de sacarosa (% caña) en el presente estudio, muestran una tendencia similar a partir del tercer o cuarto muestreo con los rendimientos comerciales correspondientes de los años 2011 y 2012 (**Figura 16**). Donaldson (2009) al evaluar el efecto estacional en la acumulación de sacarosa, encontró que la estación (tiempo del año) es uno de los factores más importantes. Según Moore *et al.*, (1997) y Van Dillewijn (1952) el contenido de sacarosa en los tallos es dinámico e intercambiable por la influencia de la estación, el tiempo, la duración y la edad de maduración. Esto en gran medida porque la variable sacarosa (% caña) se expresa con base en peso fresco, el cual puede variar a través de las estaciones por los cambios en el contenido relativo de agua en la planta o por la actividad estomática diurna (Gilbert *et al.*, 2006; Liu y Helyar, 2003) dependiente del déficit de presión de vapor.

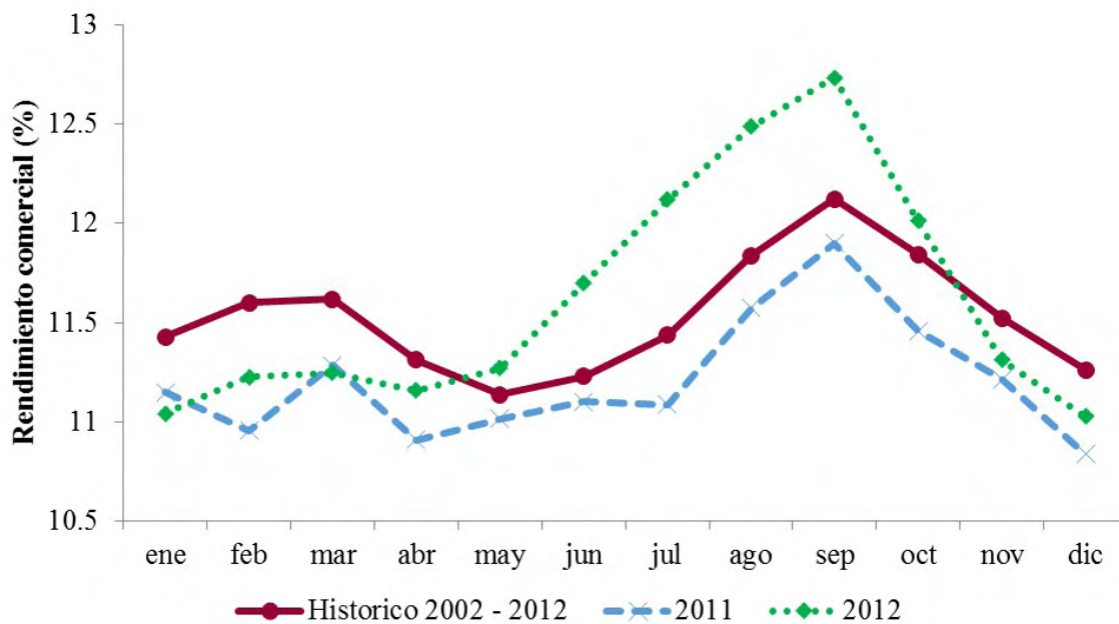


Figura 15. Rendimientos comerciales para el sector azucarero del valle geográfico del río Cauca.

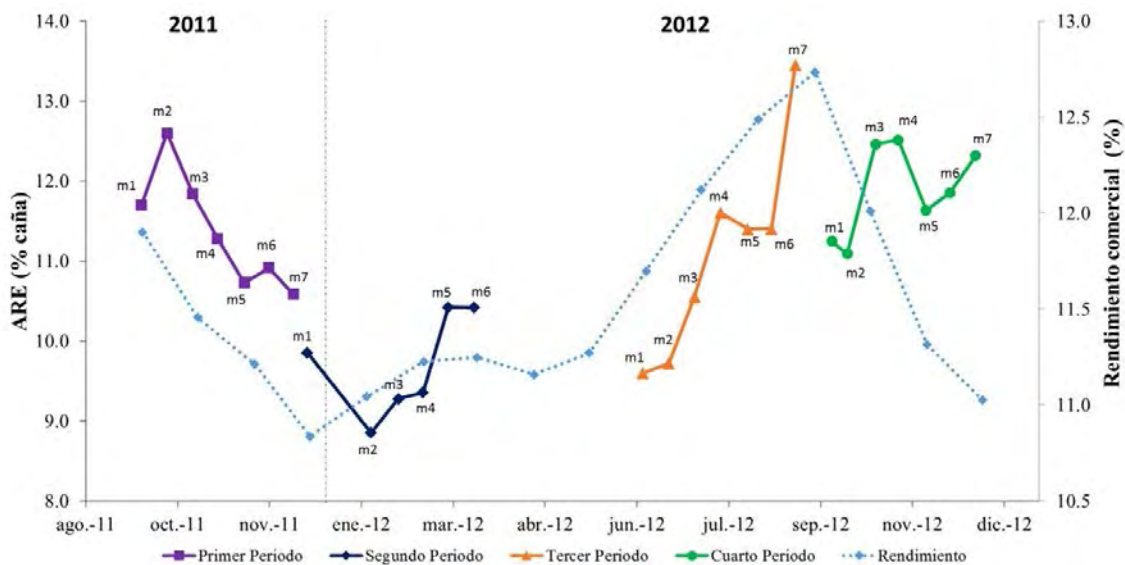


Figura 16. ARE (% caña) a través de cuatro periodos y rendimientos comerciales en el valle geográfico del río Cauca durante septiembre de 2011 a diciembre de 2012.

El patrón climático estacional en el valle geográfico del río Cauca, es a su vez alterado por fenómenos adversos como “El Niño” o “La Niña” (Cortés, 2010) que afectan principalmente la distribución de las lluvias y en consecuencia la producción de sacarosa (Gawander, 2007). Durante el 2011 la condición climática predominante fue “La Niña”, motivo por el cual los rendimientos comerciales durante este año fueron menores en comparación a los registrados en el 2012 (**Figura 15**), donde predominó una condición climática “Normal” (CENICAÑA, 2012). En el presente estudio los datos de sacarosa entre octubre de 2011 y marzo de 2012 estuvieron bajo influencia de “La Niña” razón por la cual fueron bajos.

4.2.2. Radiación, Temperatura y Déficit de presión de vapor

En la **Figura 17** se observa que las variables radiación solar, temperatura media máxima mensual y déficit de presión de vapor (DPV) diurno mensual tienen la mayor similitud con la variación del rendimiento comercial en valle geográfico del río Cauca durante los años 2011 y 2012. La curva del DPV presenta el mejor ajuste, ya que actúa tanto en los procesos fotosintéticos de las hojas (Van Dillewijn, 1952) como en el déficit hídrico que los tallos experimentan, al perder agua en forma de vapor a través de la transpiración (Gilbert *et al.*, 2006). El DPV diurno es resultado de la interacción entre la radiación y la humedad relativa (FAO, 2006), pero tendrá también una correlación muy alta y positiva con la temperatura diurna que depende directamente del brillo solar (Van Dillewijn, 1952). Esto explica por qué la temperatura media máxima mensual está asociada con el rendimiento comercial, puesto que las temperaturas más altas se alcanzan al medio día cuando el sol alcanza su cenit y la radiación solar es más intensa. Por el contrario, la temperatura media mensual a ser un promedio entre temperaturas diurnas y nocturnas no refleja muy bien la acumulación de sacarosa. La temperatura media mínima mensual no muestra grandes variaciones, pero en los meses donde fue menor a 18.5°C se aprecia un incremento en la sacarosa, que estaría asociado con la reducción en el crecimiento (**Figura 17**). Osorio (2007) menciona que existe una relación directa entre la elongación del tallo y la temperatura media mínima mensual, porque a medida que ésta se incrementa la elongación es mayor.

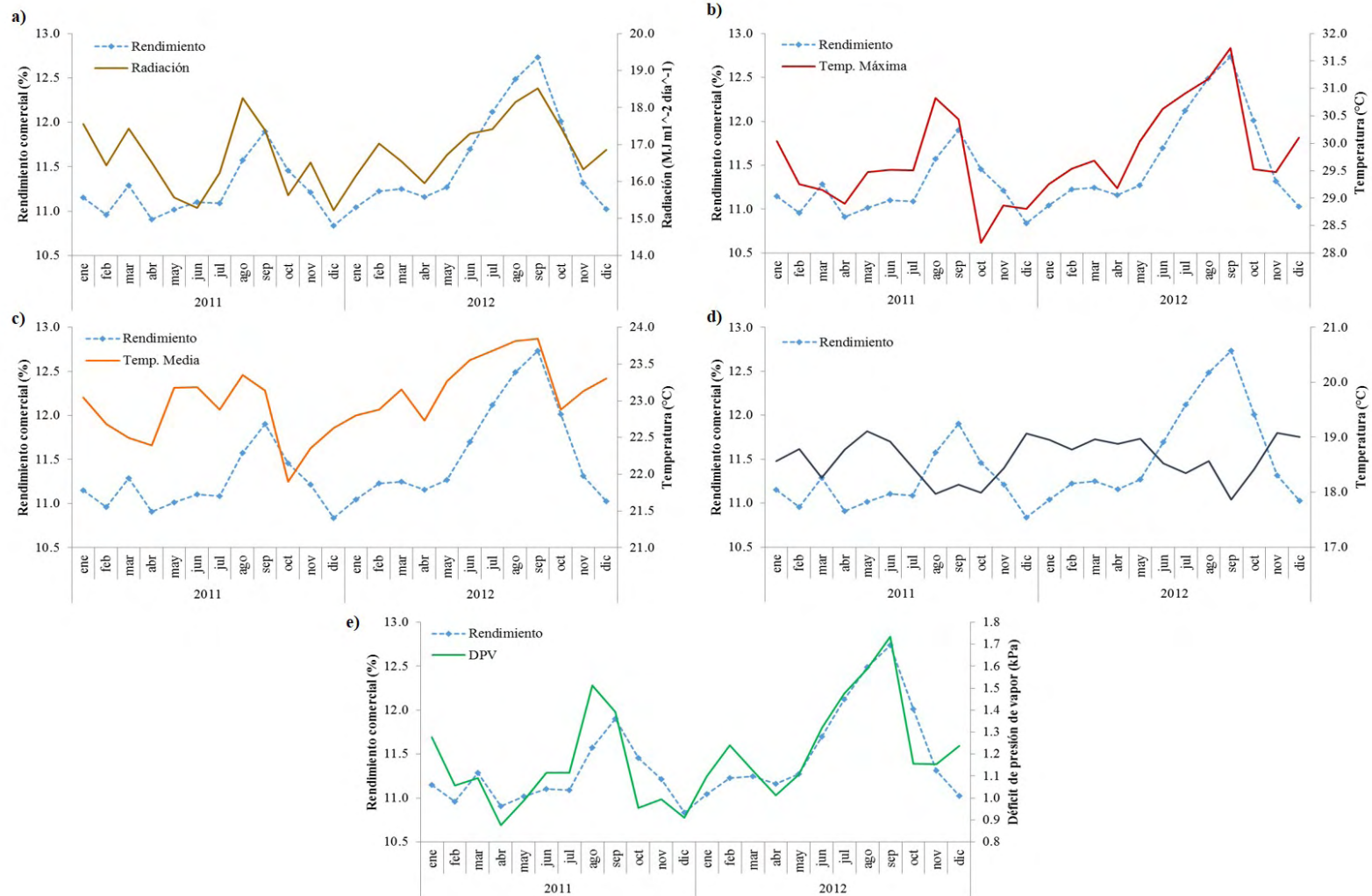


Figura 17. Promedios de rendimiento comercial, radiación solar, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y déficit de presión de vapor por mes durante los años 2011 y 2012 en el valle geográfico del río Cauca (Colombia).

En este contexto, la radiación solar al interactuar con los componentes atmosféricos por medio de la transferencia de calor (Silva, 2009), afecta directamente la acumulación de sacarosa en los tallos debido al estrés hídrico que causa principalmente durante el día (Gilbert *et al.*, 2006), esto a su vez también explica la variación estacional que presentan los rendimientos comerciales (**Figura 15**) y en los valores de ARE (**Figura 16**) en el presente estudio.

Las variaciones térmicas y de presión de vapor durante el día y la noche pueden ser útiles para explicar cómo posiblemente se ve afectada acumulación y el gasto de sacarosa. En **Tabla 13** se aprecia que Centro valle, Piedemonte y Villarrica presentan entre las 6 y las 17 horas (día) las temperaturas y los DPV más elevados, motivo por el cual puede esperarse que la fotosíntesis sea favorecida (Hartt, 1965) y que paralelamente se promueva un estrés hídrico en los tallos a causa de la transpiración y evaporación (Liu y Helyar, 2003). No obstante, entre las 20 y las 5 horas del día siguiente (noche y madrugada) estas localidades presentaron temperaturas muy cercanas o mayores a la temperatura base de 20°C, hecho que incide en el crecimiento de los tallos (Barbieri *et al.*, 1979) y por tanto en el desdoblamiento de la sacarosa (Villegas, 2010). En Viterbo y Tuluá la temperatura y el déficit de presión de vapor al ser moderados favoreció los procesos de producción y almacenamiento de la sacarosa durante el día (6 - 17 horas), pero en la noche y madrugada (20 - 5 horas) cuando las temperaturas fueron menores a 20°C se limitó el crecimiento, siempre que la precipitación fuera baja (Van Dillewijn, 1952). En Corinto las condiciones de bajo DPV durante el día y temperaturas elevadas en la noche, pudieron aminorar la acumulación de sacarosa. Un caso particular se observó en los datos obtenidos en la localidad de Cartago, porque durante el primer y segundo periodo su comportamiento fue similar al de Corinto, en el tercero a Centro valle, Piedemonte y Villarrica, y en el cuarto a Tuluá.

Tabla 13. Temperatura media y déficit de presión de vapor medio calculado en con base en las horas diurnas, nocturnas y de madrugada (3-7 h) durante cuatro periodos en siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca.

Localidad	Diurno (7 - 19 h)		Nocturno (20 - 6 h)		Madrugada (4 - 7 h)	
	Temperatura (°C)	DPV (kPa)	Temperatura (°C)	DPV (kPa)	Temperatura (°C)	DPV (kPa)
Primer periodo						
Cartago	24.4	0.75	19.6	0.05	18.7	0.00
CentroValle	25.2	1.08	20.5	0.26	19.4	0.02
Corinto	24.0	0.84	20.1	0.27	18.9	0.11
Piedemonte	24.9	1.14	20.2	0.33	19.3	0.23
Tuluá	24.9	0.93	19.9	0.11	18.9	0.03
Villarrica	25.3	1.14	20.5	0.29	19.5	0.19
Viterbo	24.5	0.95	19.5	0.16	18.6	0.08
<i>Promedio</i>	<i>24.7</i>	<i>0.98</i>	<i>20.1</i>	<i>0.21</i>	<i>19.0</i>	<i>0.09</i>
Segundo periodo						
Cartago	24.6	0.78	20.1	0.07	19.1	0.00
CentroValle	24.7	1.04	20.6	0.33	19.8	0.25
Corinto	23.8	0.73	20.3	0.23	19.2	0.10
Piedemonte	24.7	1.04	20.6	0.33	19.8	0.25
Tuluá	24.9	0.89	20.5	0.13	19.4	0.04
Villarrica	25.2	1.05	20.9	0.26	20.0	0.16
Viterbo	24.6	0.93	20.0	0.17	19.2	0.09
<i>Promedio</i>	<i>24.7</i>	<i>0.92</i>	<i>20.4</i>	<i>0.22</i>	<i>19.5</i>	<i>0.13</i>
Tercer periodo						
Cartago	27.0	1.52	21.5	0.42	19.7	0.18
CentroValle	26.2	1.44	20.6	0.42	19.5	0.29
Corinto	25.6	1.22	21.4	0.50	19.8	0.24
Piedemonte	26.2	1.44	20.6	0.42	19.5	0.29
Tuluá	26.1	1.16	20.6	0.19	19.3	0.07
Villarrica	26.7	1.55	20.9	0.45	19.1	0.25
Viterbo	25.9	1.26	20.1	0.24	18.7	0.09
<i>Promedio</i>	<i>26.2</i>	<i>1.37</i>	<i>20.8</i>	<i>0.37</i>	<i>19.4</i>	<i>0.20</i>
Cuarto periodo						
Cartago	25.5	1.17	19.9	0.20	18.8	0.09
CentroValle	25.7	1.30	20.5	0.39	19.6	0.29
Corinto	25.0	1.04	20.8	0.37	19.7	0.19
Piedemonte	25.7	1.30	20.5	0.39	19.6	0.29
Tuluá	25.6	1.04	20.3	0.14	19.2	0.04
Villarrica	26.2	1.32	21.3	0.43	20.0	0.27
Viterbo	25.5	1.17	19.9	0.20	18.8	0.09
<i>Promedio</i>	<i>25.6</i>	<i>1.19</i>	<i>20.5</i>	<i>0.30</i>	<i>19.4</i>	<i>0.18</i>

En la **Figura 18** se presenta las cajas de dispersión por periodo para las variables sacarosa (% caña), déficit de presión de vapor diurno y de temperatura mínima nocturna. Cuando la variable déficit de presión de vapor (DPV) presento valores mayores a 1.20 kPa la concentración de sacarosa fue favorecida por el estrés hídrico en los tallos (Liu y Helyar, 2003), como lo observado predominantemente en el tercer y cuarto periodo. En contraste, durante el segundo periodo cuando el DPV fue menor la sacarosa se redujo. No obstante, se observa que la sacarosa del primer periodo fue relativamente equiparable con la registrada durante el tercer y cuarto periodo, pero esto obedece al predominio de temperaturas mínimas nocturnas por debajo de 19°C en el primer periodo, que limitaron el crecimiento (Scarpari y Beauclair, 2004). En el segundo periodo con el aumento de la temperatura mínima nocturna el crecimiento fue mayor.

4.2.3. Precipitación y Tensión de humedad en el suelo

En la **Figura 19** se clasificó el contenido de sacarosa (% caña) del presente estudio en tres grupos (bajo=cuartil 0 a 25, medio= 25 a 75 y alto=75 a 100) por periodo y se evaluó descriptivamente la relación con los valores correspondientes en las variables tensión de humedad en el suelo y precipitación. Los grupos de sacarosa presentaron una asociación directa con la tensión de humedad en el suelo, puesto que a valores altos de sacarosa le corresponden grandes tensiones de humedad tal como lo menciona Scarpari (2007). Las tensiones de humedad en el suelo mayores a 128 kPa generalmente implicaron altos contenidos de sacarosa. La precipitación mostro una asociación inversa (Cardozo, 2012) en la mayoría de casos, pero extrañamente en el cuarto periodo los grupos de sacarosa presentaron una asociación positiva con la acumulación de sacarosa que no se logró explicar. Los mayores registros de precipitación se observan en el primer y segundo periodo.

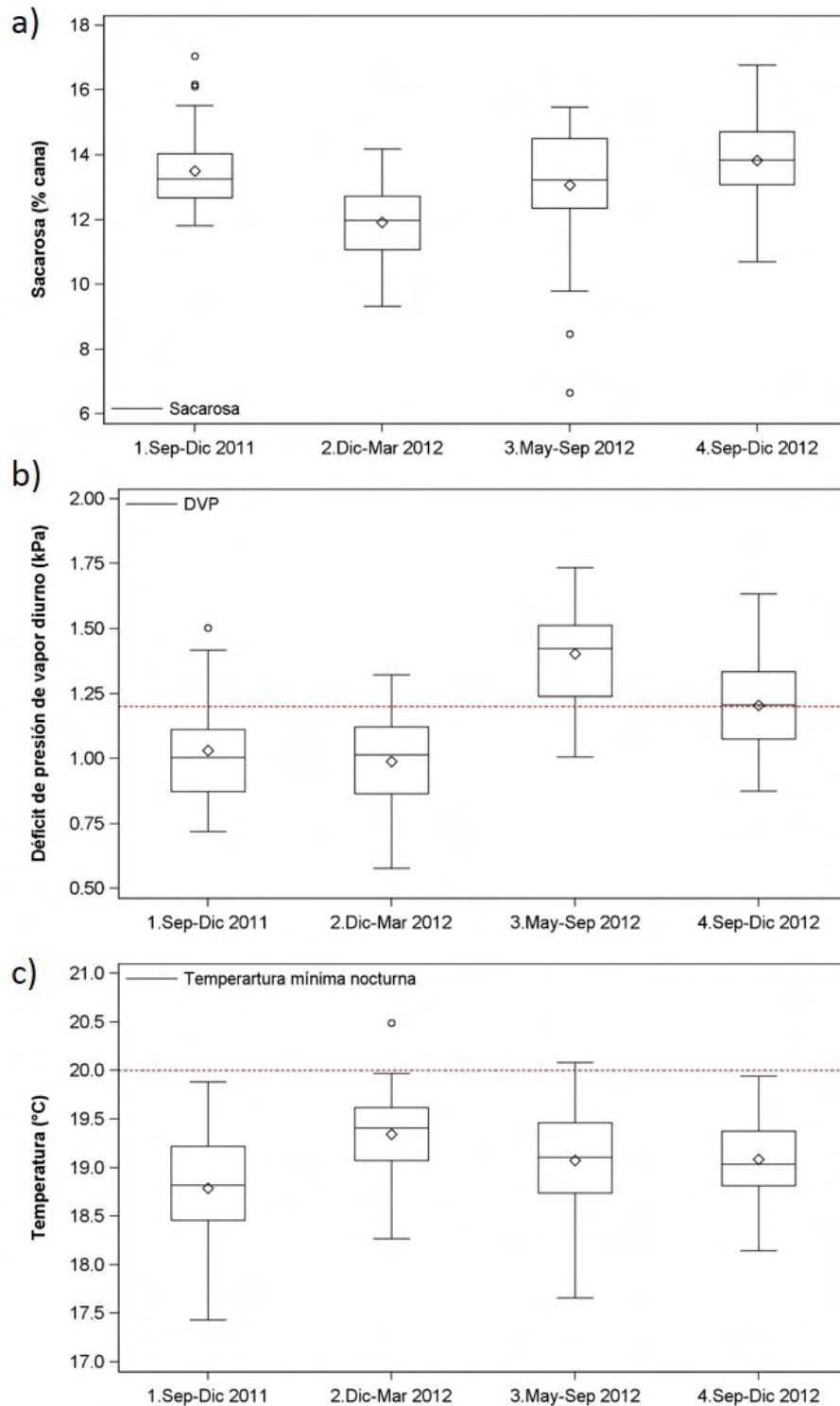


Figura 18. Dispersión del contenido de sacarosa (% caña) [a] y su asociación con las variables déficit de presión de vapor diurno [b] y temperatura mínima nocturna [c] en el valle geográfico del río Cauca.

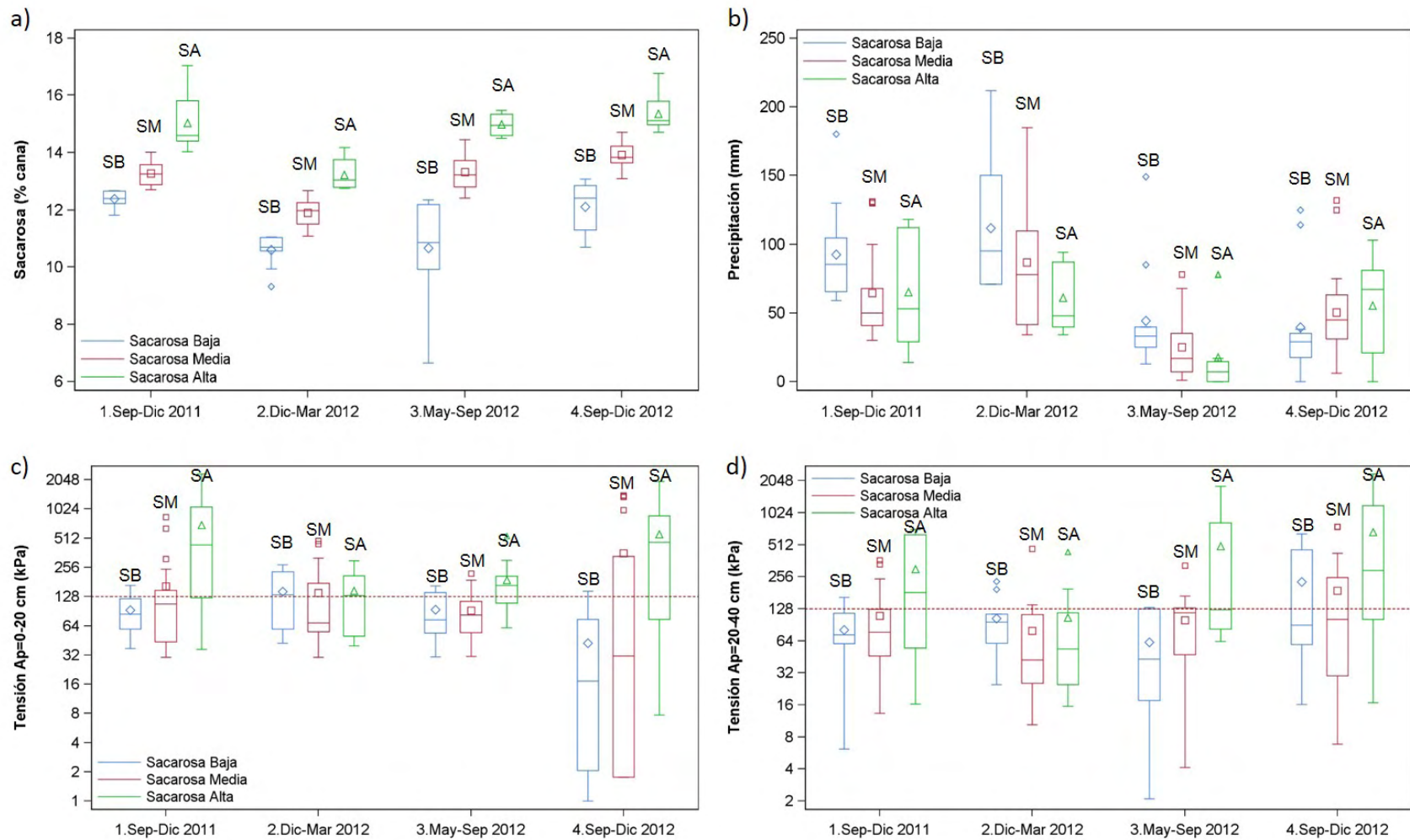


Figura 19. Clasificación del contenido de sacarosa (% caña) [a] en tres grupos y su asociación con las variables precipitación [b] y tensión de humedad en el suelo [c y d] en el valle geográfico del río Cauca.

4.2.4. Tasa de elongación

En la **Figura 20** se clasificó el contenido de sacarosa (% caña) del presente estudio en tres grupos (bajo=cuartil 0 a 25, medio= 25 a 75 y alto=75 a 100) por periodo y se evaluó descriptivamente la relación con los valores correspondientes en la variable tasa de elongación. Esta asociación mostro ser inversa porque el grupo de baja sacarosa se asoció con altas tasas de elongación, en tanto que el grupo de alta sacarosa se relacionó con bajas tasas de elongación confirmando así su relación antagónica (Villegas, 2010; Van Dillewijn, 1952). Las bajas tasas de elongación en el primer periodo solo pueden ser atribuidas a las bajas temperaturas (**Figura 18**) ya que la precipitación durante ese periodo fue alta (**Figura 19**). En el tercer y cuarto periodo la tasa de elongación fue mayor respecto a los primeros dos, debido a la menor edad de muestreo en los cultivos (9-12 meses). Villegas 2010 observo menores valores de elongación a partir de los 10 meses de edad. En general una tasa de elongación mayor a 0.5 cm/día conllevó a una reducción en la concentración de sacarosa.

4.2.5. Edad del cultivo y variables biométricas

En condiciones del valle geográfico del río Cauca, la variedad más sembrada CC 85-92 comienza su etapa de maduración a partir de los 10 meses de edad, momento en el cual los tallos empiezan a almacenar un excedente de sacarosa (CENICANÑA, 2012; Villegas, 2010). Sin embargo, en las curvas de maduración del actual estudio (**Figura 3; Figura 6; Figura 9; Figura 12**), es claro que el aumentó en la concentración de sacarosa no se asoció predominantemente con la edad del cultivo. En la **Figura 20** se observa que las mayores tasas de elongación se presentaron en el tercer y cuarto periodo cuando la edad de los cultivos fue menor (9-12 meses) a diferencia del primer y segundo periodo con menor edad (10-13 meses). No obstante el efecto de edad a través del crecimiento no afecto notablemente las concentraciones de sacarosa que fueron relativamente equiparables entre periodos con la excepción del segundo.

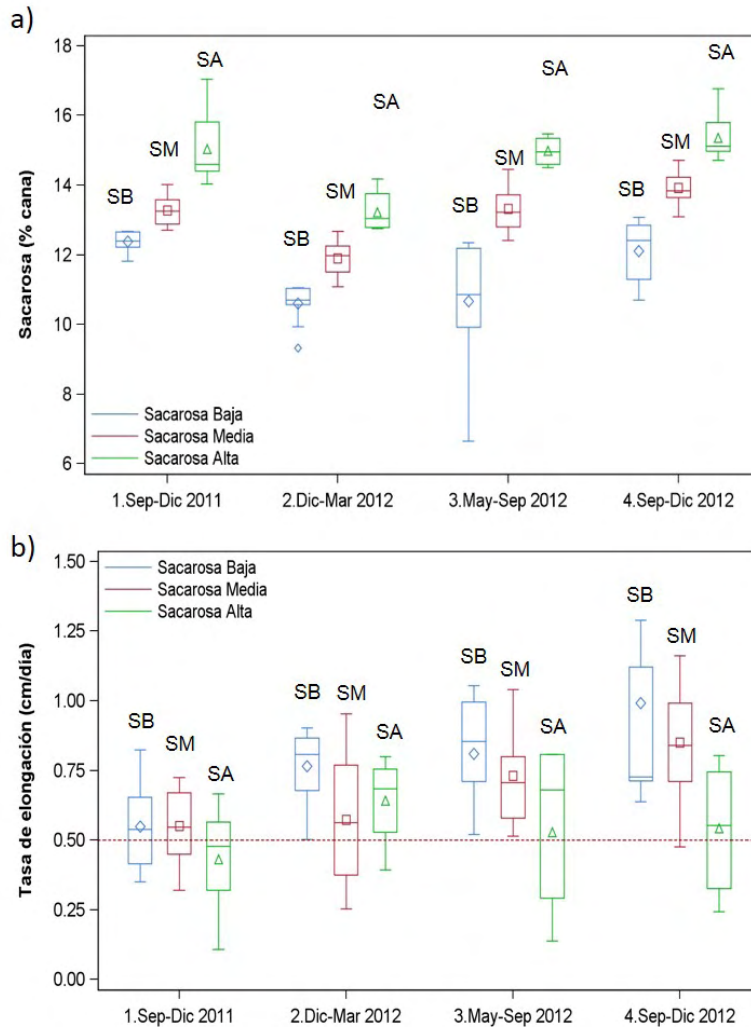


Figura 20. Clasificación del contenido de sacarosa (% caña) [a] en tres grupos y su asociación con la variable tasa de elongación [b] en el valle geográfico del río Cauca.

En la **Tabla 14** se aprecia que los valores de sacarosa correspondientes al último muestreo no mantienen una relación aparente con la edad o con los grados día acumulados, los cuales son dependientes del tiempo. En cuanto a lo anterior, según Alexander (1973) la maduración es un proceso menos dependiente de la edad de la planta, puesto que la caña de azúcar puede ser madurada en algunos meses, siempre que haya superado el periodo juvenil mediante el déficit hídrico o cualquier otro factor que condicioné directa o indirectamente la concentración de sacarosa.

Tabla 14. Promedio y desviación estándar de las variables edad, grados día acumulados y sacarosa (% caña) para cuatro periodos en el valle geográfico del río Cauca.

Variable	Periodo			
	Primer periodo (Sep - Dic/2011)	Segundo periodo (Dic/2011 - Mar/2012)	Tercer periodo (May - Sep/2012)	Cuarto periodo (Sep - Dic/2012)
Edad (meses)*	13 ± 0.2	13 ± 0.3	12 ± 0.3	12 ± 0.4
Grados día (°C día ⁻¹)**	5898 ± 132	6043 ± 168	5490 ± 152	5447 ± 91
Sacarosa (% caña)*	12.8 ± 0.89	12.7 ± 0.58	15.2 ± 0.27	14.2 ± 0.61

* Valores en el último muestreo; ** Grados día acumulados desde la siembra hasta el último muestreo.

En el caso de las variables diámetro de entrenudos, altura a punto de quiebre, número de entrenudos, hojas emergentes, hojas verdes, hojas senescentes y total de hojas, no se observó una asociación consistente con la concentración de sacarosa, pero si con la edad. La media y la desviación estándar de estas variables por edad se muestran en la **Tabla 15**, donde se puede apreciar que el número de hojas emergentes (4.4–4.7) y verdes (7.3–7.7) al igual que el diámetro de los entrenudos (27.5–28.2 mm) son las características con menor variabilidad durante la etapa de maduración, a diferencia de altura a punto de quiebre (203.7 – 285.2 cm), número de entrenudos (15.9–22.7), número de hojas senescentes (11.8–18.5) y número total de hojas (23.8–30.6) las cuales presentaron un incremento con la edad de la planta.

Por lo mencionado anteriormente puede afirmarse que la producción de sacarosa está más influenciada por los parámetros climáticos que por la edad durante la etapa de maduración. Inman-Bamber (1994a) y Cardozo (2012) encontraron que la maduración es un proceso menos dependiente de la edad de la planta y claramente más influenciado por el efecto estacional y del clima. Los rendimientos comerciales para el sector azucarero Colombiano en el 2012 (11.7 %) fueron mayores que los obtenidos en el 2011 (11.3 %), porque durante el 2012 llovió en promedio 432 mm menos que en el 2011, aun cuando las edades promedio de cosecha fueron de 12.8 y 13.9 meses, respectivamente (CENICAÑA, 2012).

Tabla 15. Promedio y desviación estándar de las variables diámetro de entrenudos, altura a punto de quiebre, número de entrenudos, hojas emergentes, hojas verdes, hojas senescentes y total de hojas durante la etapa de maduración en el valle geográfico del río Cauca.

Edad	Sacarosa (% Caña)	Altura de quiebre (cm)	Diámetro del entrenudo (mm)	Número de entrenudos (#/planta)	Hojas emergentes (#/planta)	Hojas verdes (#/planta)	Hojas senescentes (#/planta)	Total de hojas (#/planta)
9.0	12.5 ± 2.3	203.7 ± 35.0	27.9 ± 1.5	15.9 ± 2.0	4.4 ± 0.2	7.7 ± 0.9	11.8 ± 1.8	23.8 ± 2.4
9.5	12.5 ± 2.1	211.2 ± 38.2	27.8 ± 1.4	16.7 ± 2.1	4.5 ± 0.2	7.5 ± 0.8	12.6 ± 2.0	24.6 ± 2.4
10.0	13.2 ± 1.6	226.4 ± 30.7	27.5 ± 1.3	17.2 ± 2.0	4.7 ± 0.4	7.6 ± 0.9	13.0 ± 1.8	25.3 ± 2.1
10.5	14.2 ± 1.3	237.8 ± 35.5	27.7 ± 1.5	18.4 ± 1.3	4.7 ± 0.4	7.5 ± 1.1	14.0 ± 1.2	26.2 ± 1.4
11.0	13.0 ± 1.6	249.1 ± 32.1	27.8 ± 1.1	19.7 ± 1.5	4.5 ± 0.4	7.7 ± 0.9	15.2 ± 1.4	27.4 ± 1.7
11.5	13.0 ± 1.3	255.2 ± 32.5	27.5 ± 2.0	20.2 ± 2.1	4.5 ± 0.4	7.3 ± 0.7	15.8 ± 1.7	27.7 ± 1.9
12.0	13.3 ± 1.5	267.8 ± 34.4	28.1 ± 2.0	21.3 ± 1.8	4.4 ± 0.2	7.6 ± 0.9	16.7 ± 1.9	28.8 ± 2.0
12.5	12.8 ± 0.8	276.0 ± 27.1	27.6 ± 1.4	22.1 ± 2.0	4.4 ± 0.3	7.5 ± 0.9	17.7 ± 1.7	29.6 ± 1.7
13.0	12.8 ± 0.7	285.2 ± 25.7	28.2 ± 1.1	22.7 ± 1.8	4.5 ± 0.4	7.6 ± 0.8	18.5 ± 2.1	30.6 ± 2.0
Promedio	13.0	245.8	27.8	19.4	4.5	7.6	15.0	27.1

5. CONCLUSIONES

En el presente estudio las variables edafoclimáticas que mayor explicación ofrecieron a la variación en el contenido de sacarosa, durante el periodo de maduración de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca fueron precipitación, déficit de presión de vapor diurno, tensión de humedad en el suelo y temperatura mínima nocturna. En cuanto a las variables biométricas evaluadas, sólo la tasa de elongación en los tallos afectó el contenido de sacarosa.

Los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” ocasionan importantes cambios en el patrón estacional de la sacarosa en el valle geográfico del río Cauca, debido a la alteración que ocasionan en la cantidad y distribución de la precipitación, lo cual afecta tanto al déficit de presión de vapor como al contenido de humedad en el suelo.

El déficit de presión de vapor diurno, mostró una marcada relación de proporción directa con el patrón estacional de la sacarosa en el valle geográfico del río Cauca y con varios de los cambios puntuales en las curvas de maduración. En general un déficit de presión de vapor medio mayor a 1.2 kPa durante el periodo de maduración marcó importantes incrementos en la concentración de sacarosa.

Los cambios en la tensión de humedad en el suelo estuvieron directamente relacionados con los cambios observados en las curvas de maduración. Tensiones mayores a 128 kPa redujeron la disponibilidad hídrica del cultivo, lo cual provocó incrementos en sacarosa a causa de la reducción en el crecimiento.

Se corroboró la relación inversa entre el crecimiento del tallo y el proceso de maduración, mientras los tallos estén creciendo parte de las reservas de sacarosa se consume. En general una tasa de elongación mayor a 0.5 cm/día conllevó a una reducción en la concentración de sacarosa.

La acumulación de eventos con temperaturas mínimas nocturnas cercanas o mayores a 20°C durante la etapa de maduración (3 meses) pueden disminuir el contenido de sacarosa en los tallos, aunque su impacto generalmente es menor respecto a otras variables como déficit de presión de vapor diurno, precipitación, tensión de humedad en el suelo y tasa de elongación.

El contenido de sacarosa es notablemente más influenciado por la estacionalidad y la disponibilidad hídrica que por la edad del cultivo en la etapa de maduración. Por esta razón, no es extraño que una caña con un déficit hídrico severo a los 11.5 meses de edad, tenga un contenido de sacarosa mayor que una caña de 13 meses de edad con buena disponibilidad de humedad en el suelo.

6. RECOMENDACIONES

No hay nada que afecte tanto el clima del valle geográfico del río Cauca como lo hacen los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”. Estos dos fenómenos tan determinantes del clima y tan importantes para la producción deben ser estudiados con mayor detenimiento, especialmente para establecer sus efectos en el desarrollo y la producción de la caña de azúcar, para desarrollar estrategias que permitan obtener mayores contenidos de sacarosa al momento de la cosecha.

Se recomienda utilizar la elevada asociación entre el déficit de presión de vapor y el contenido de sacarosa, para generar modelos predictivos sobre el comportamiento de la maduración a lo largo del año en el valle geográfico del río Cauca.

En el actual estudio se consideró como temperatura base para el crecimiento de los tallos el valor de 20°C de acuerdo con la literatura revisada, aunque se reportan también valores de 16 y 18°C. Dada la importancia de esta temperatura base en la acumulación de sacarosa, se recomienda realizar estudios específicos para precisar su valor en las variedades presentes en el valle geográfico del río Cauca.

El contenido de sacarosa en los tallos al momento de la cosecha es de fundamental importancia para cualquier industria azucarera y más aún para el sector agroindustrial de la caña de azúcar del valle geográfico del río Cauca, en donde las condiciones edafoclimáticas bajo las cuales se produce la maduración son tan variables. Este estudio ha aportado información que permite avanzar en el entendimiento de la variación de la sacarosa durante el periodo de maduración, pero indudablemente, se requiere continuar la investigación sobre el tema y al respecto se recomienda la siembra de experimentos sincronizados en las zonas agro-ecológicas más representativas, para hacer un seguimiento más detallado del comportamiento de sacarosa, bajo las mismas condiciones de número de corte y edad del cultivo, y en lo posible, incluir las tres o cuatro variedades más sembradas en la región.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, A.G. 1973.** Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source to sink system. Amsterdam: Elsevier. 752 p.
- Bacchi, O.O.S. y Sousa, J.A.G.C. 1978.** Minimum threshold temperature for sugarcane growth. v.2. p. 1733-1741. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 16. Proceedings. São Paulo. São Paulo, Brasil.
- Barbieri, V. 2000.** Modelagem dos efeitos das deficiências hídricas no rendimento agrícola das culturas. Piracicaba: ESALQ. 20 p.
- Barbieri, V.; Bacchi, O.O.S.; y Villa Nova, N.A. 1979.** Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). p. 192-197. En: Congresso Brasileiro De Agrometeorologia, 1. Anais. Mossoró. Mossoró.
- Bakker, H. 1999.** Sugar cane cultivation and management. Springer Science + Business Media New York. 679 p.
- Baver, L.D.; Gardner, W.H. y Gardner, W.R. 1980.** Física de suelos. Grupo Noriega (eds.). México D.F. 515 p.
- Beauclair, E.G.F. de y Penteadó, C.R. 1984.** Cronograma de corte da cana de açúcar através da programação linear. p. 424-434. En: Seminário da tecnologia agrônômica, 2. Anais. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar. Piracicaba.
- Bosch, S.; Grof, C.P.L.; y Botha, F.C. 2004.** Expression of neutral invertase in sugarcane. Plant Science. 166: 1125–1133.

- Burr, G.O.; Hartt, C.E.; Brodie, H.W.; Tanimoto, T.; Kortschak, H.P.; Takahashi, D.; Ashton, F.M.; y Coleman, R.E. 1957.** The sugarcane plant. Annual Review of Plant Physiology. 8: 275-308.
- Cabral, O.M.R.; Rocha, H.R.; Ligo, M.A.V.; Brunini, O.; y Dias, M.A.F.S. 2003.** Fluxos turbulentos de calor sensível, vapor d'água e CO₂ sobre plantação de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) em Sertãozinho-SP. Revista Brasileira de Meteorologia. 18, 1: 61-70.
- Caputo, M.M. 2006.** Indução da maturação por produtos químicos e sua conseqüência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Tesis de Maestria. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. Brazil. 137 p.
- Carbonell, J.A.; Quintero, D.R.; Torres, J.S.; Osorio, C.A.; Isaacs, C.H.; y Victoria, J.I. 2011.** Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación). Principios metodológicos y aplicaciones (Serie Técnica No. 38). CENICAÑA, Cali. 119 p.
- Cardozo, N.P. 2012.** Modelagem da maturação da cana-de-açúcar em função de variáveis meteorológicas. Teses de Maestria. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. Brazil. 205 p.
- Castro, P.R.C. 2002.** Efeitos da luminosidade e da temperatura na fotossíntese e produção e acúmulo de sacarose e amido na cana-de-açúcar. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba. 20, 5: 32-33.
- Cely, G.E. 2010.** Determinación de parámetros de riego para el cultivo Cebolla de Bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad De Agronomía. Maestría en Ciencias Agrarias. Bogotá D.C. 109 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). 1995. El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia. Cassalet, C.; Torres, J.; e Isaacs, C. (eds.). Cali, Colombia. 412 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). 2013. Informe Anual 2012. CENICAÑA. Cali, Colombia. 132 p.

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala. 512 p.

Clements, H.F. 1980. Sugarcane Crop Logging and Crop Control: Principles and Practices. University of Hawaii. EE.UU. 520 p.

Cock, J.; Luna, C.A.; y Palma, A. 1993. El clima y el rendimiento en caña de azúcar. En: Foro sobre avances técnicos en el sector azucarero colombiano (Serie técnica 12). CENICAÑA, Cali. 70 p.

Cortés, E. 2010. Incidencia de “El Niño” y “La Niña” en el clima del valle del río Cauca. Carta Trimestral. CENICAÑA. Colombia. 32, 3-4: 6-7.

Cortés, E. y Barrios, C. 2010. Búsqueda de señales de cambio climático en el valle del río Cauca. Carta Trimestral. CENICAÑA. Colombia. 32, 3-4: 3.

Decagon Devices. 2010. Operator’s manual WP4C version 2. Pullman. 66 p.

Daniels, J. y Roach, B.T. 1987. Taxonomy and evolution. p. 7-84. En: Heinz, D.J. (eds.). Sugarcane improvement through breeding. New York: Elsevier, EE.UU. 603 p.

- Deuber, R. 1988.** Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. p. 33-40. En: Seminário de tecnologia agrônômica, 4. Anais... Piracicaba: COPERSUCAR. Piracicaba.
- Donaldson, R.A. 2009.** Season effects on the potential biomass and sucrose accumulation of some commercial cultivars of sugarcane. Tesis de Doctorado. University of KwaZulu-Natal, Faculty of Science and Agriculture. KwaZulu-Natal, South Africa. 154 p.
- Doorembos, J. y Kassam, A.H. 1979.** Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos (Riego y Drenaje 33). FAO, Roma. 212 p.
- Du, Y.C.; Nose, A.; y Wasano, K. 1999.** Effects of chilling temperature on photosynthetic rates, photosynthetic enzyme activities and metabolism levels in leaves of three sugarcane species. *Plant, Cell and Environment*. 22: 317-324.
- Ebrahim, M.K.; Zingsheim, O.; El-Shourbagy, M.N.; Moore, P.H. y Komor, E. 1998.** Growth and sugar storage in sugarcane grown at temperatures below and above optimum. *Journal of Plant Physiology*. 153; 593-602.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006.** Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Riego y Drenaje 56). FAO, Roma. 299 p.
- Fernandes, A.C. 1985.** Autorização da colheita da cana-de-açúcar. p. 12-21. En: Semana Defermentação Alcoólica Jaime Rocha De Almeida, 4. Anais. Piracicaba. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.
- Figueiredo, P. 2008.** Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônômico no seu estabelecimento no Brasil. p. 31-44. En: Dinardo-Miranda, L.L.; Vasconcelos, A.C.M. de; Landell, M.G.A. (Ed.). *Cana de açúcar*. Campinas: Instituto Agrônômico.

- Franco, H.C.J.; Trivelin P.C.O.; Faroni C.E.; Vitti, A.C.; y Otto, R. 2010.** Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. *Sci. agric.* 67, 5: 579-590.
- Gawander, J. 2007.** Las consecuencias del cambio climático sobre los cultivos de caña de azúcar en Fiji. *Boletín de la OMM* 56, 1: 34-39.
- Gayler, K.R. y Glasziou, K.T. 1972.** Physiological functions of acid and neutral invertases in growth and sugar storage in sugar cane. *Physiologia Plantarum.* 27: 25-31.
- Gemente, A.C.; Pinazza, A.H.; Brugnaro, C.; Guimarães, E.; Oliveira, G.R.de.; Kruglianskas, I.; y Sbragia, R. 1986.** Planejamento agrícola. p. 29-83. En: Brugnaro, C. y Sbragia, R. (eds.). *Gerência agrícola em destilarias de álcool*, 2. IAA/PLANALSUCAR (Coleção PLANALSUCAR). Piracicaba.
- Gilbert, R.A.; Shine, J.M.; Miller, J.D.; y Rainbolt, C.R. 2006.** The effect genotype, environmental and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. *Field Crops Research.* 95: 156-170.
- Glasziou, K.T.; Bull, T.A.; Hatch, M.D.; y Whiteman, P.C. 1965.** Physiology of sugarcane: VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. *Australian Journal of Biological Sciences.* 18: 53-66.
- Glaze, B.; Edme S.J.; Miller J.D.; Milligan, S.B.; y Holder, D.G. 2002.** Sugarcane cultivar response to high summer water tables in the Everglades. *Agron. J.* 94: 624-629.
- Glover, J. 1972.** Practical and theoretical assessments of sugarcane yield potential in Natal. p. 138-141. En: *South African Sugarcane Technologists' Association*, 46. *Proceedings...* Mount Edgecombe: SASTA. Mount Edgecombe.

- Grantz, D.A. 1989.** Effect of cool temperatures on photosynthesis and stomatal conductance in field grown sugarcane in Hawaii. *Field Crops Research*. 22: 143-155.
- Hartt, C.E. 1965.** The Effect of Temperature upon Translocation of C¹⁴ in Sugarcane. *Plant Physiology*. 40: 74-81.
- Hatch, M.D. y Glasziou, K.T. 1963.** Sugar accumulation cycle in sugar cane. II. Relationship of invertase activity to sugar content and growth rate in storage tissue of plants growth in controlled environments. *Plant Physiology*. 38: 344–348.
- Humbert, R.P. 1968.** The growing of sugar cane. Amsterdam: Elsevier. 779p.
- Inman-Bamber, N.G. 1994a.** Effect of age and season on components of yield. *Proc. S. Afr. Sug. Technol.* 68: 23–27.
- Inman-Bamber, N.G. 1994b.** Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. 36: 41–51.
- Inman-Bamber, N.G. 2004.** Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Res.* 89: 107–122.
- Inman-Bamber, N.G. y De Jager, J.M., 1988.** Effect of water stress on cane growth and water use of sugar cane. *S. Afr. J. Plant Soil.* 5: 65-70.
- Julien, M.H.R. y Delaveau, P. 1977.** The effects of time of harvest on the partitioning of dry matter in three sugarcane varieties grown in contrasting environments. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 16: 1755–1769.
- Keating, B.A.; Robertson, M.J.; Muchow, R.C.; y Huth, N.I. 1999.** Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of the sugarcane module. *Field Crops Res.* 61: 253–271.

- Larrahondo, A J. y Torres, A J. 1990.** Evaluación y determinación del azúcar recuperable de la caña de azúcar. *GEPLACEA*. 7, 3: 1-5.
- Lawes, R.A.; McDonald, L.M.; Wegener, M.K.; Basford, K.E.; y Lawn, R.J. 2002.** Factors affecting cane yield and commercial cane sugar in the Tully district. *Aust. J. Exp. Agriculture* 42: 473-480.
- Lingle, S.E. 2004.** Effect of transient temperature change on sucrose metabolism in sugarcane internodes. *Journal American Society of Sugarcane Technologists*. 24: 132-141.
- Lingle, S.E. 1997.** Seasonal internode development and sugar metabolism in sugarcane. *Crop Science*. 37: 1222-1227.
- Lingle, S.E. 1999.** Sugar metabolism during growth and development in sugarcane internodes. *Crop Science*. 39: 480-486.
- Lingle, S.E. e Irvine, J.E. 1994.** Sucrose synthase and natural ripening in sugarcane. *Crop Science*. 34: 1279-1283.
- Lingle, S.E. y Smith, R.C. 1991.** Sucrose metabolism related to growth and ripening in sugarcane internodes. *Crop Science*. 31: 172-177.
- Liu, D.L. y Heylar, K.R. 2003.** Simulation of seasonal stalk water content and fresh weigh yield of sugarcane. *Field Crops Research*. 82: 59-73.
- Liu, D.L.; Kingston, G.; y Bull, T.A. 1998.** A new technique for determining the thermal parameters of phonological development in sugarcane, including suboptimum and supraoptimum temperatures regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*. 90: 119-139.

- Lisson, S.N.; Inman-Bamber, N.G.; Robertson, M.J.; y Keating, B.A. 2005.** The historical and future contribution of crop physiology and modelling research to sugarcane production systems. *Field Crops Res.* 92: 321–335.
- Mao, L.; Que, F.; y Wang, G. 2006.** Sugar metabolism and involvement of enzymes in sugarcane (*Saccharum officinarum L.*) stems during storage. *Food Chemistry.* 98: 338–342.
- Montenegro, G.H. y Malagon, C.D. 1990.** Propiedades físicas de los suelos. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) (eds.). Bogotá. 913 p.
- Moore, P.H. 1995.** Temporal and spatial regulation of sucrose accumulation in the sugarcane stem. *Australian Journal of Plant Physiology.* 22: 661-679.
- Moore, P.H.; Botha, F.C.; Furbank, R.T.; y Grof, C.P.L. 1997.** Potential for overcoming physio-biochemical limits of sucrose accumulation. p. 141–155. En: Keating, B.A. y Wilson, J.R. (eds.). *Intensive sugarcane production: meeting the challenges beyond 2000*: CAB International. Wallingford.
- Moura, M.V.P.S.; Farias, C.H.A.; Azevedo, C.A.V.; Neto, J.D.; Azevedo, H.M.; y Pordeus, R.V. 2005.** Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. *Ciênc. agrotec.* 29, 4: 753-760.
- Muchow, R.C.; Robertson, M.J.; Wood, A.W.; y Keating, B.A. 1996.** Effect of nitrogen on the time-course of sucrose accumulation in sugarcane. *Field Crops Research.* 47: 143-153.
- Nelson, P.N. y Ham, G.J. 2000.** Exploring the response of sugar cane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. *Field Crops Research.* 66: 245-255.

- Oliveira, R.A. de. 2004.** Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região noroeste do paraná. Tesis de Maestria. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Concentra o em Produ o Vegetal. Curitiba. 65 p.
- Osorio, J.G. 2007.** Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- En la producción de ca a y panela. Corpoica, MANA - Gobernaci n de Antioquia, FAO. CTP Print Ltda. Colombia. 199 p.
- Porta, J.; López, A.M. y Poch, R.M. 2008.** Introducción a la edafología: Uso y protección del suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 452 p.
- Quintero, D.R. 1993.** Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar (Serie Divulgativa 2). CENICAÑA, Cali. 20 p.
- Robertson, M.J. y Donaldson, R.A. 1998.** Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off of sugarcane before harvest. Field Crops Research. 55; 201-208.
- Robertson, M.J.; Muchow, R.C.; Wood, A.W.; y Campbell J.A. 1996.** Accumulation of reducing sugars by sugarcane: effects of crop age, nitrogen supply and cultivar. Field Crops Research. 49: 39-50.
- Sanchez, G. 2013.** PLS Path Modeling with R. En: <<http://www.gastonsanchez.com/PLS Path Modeling with R.pdf>>. consultado el 15-02-2013.
- Santa O. M., M.; López F., P. y Calera B., A. 2005.** Agua y agronomía. Mundi Prensa. Madrid. 609 p.
- SAS Institute. 2010.** The SAS system for Linux. Release 9.3 TS. SAS Institute. Cary. NC. EE. UU.

- Scarpari, M.S. 2007.** PREDPOL: Um modelo de previsão da maturação da cana-de-açúcar visando planejamento otimizado. Tesis de Doctorado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Brazil. 120 p.
- Scarpari, M.S. y Beauclair, E.G.F. 2004.** Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. *Scientia Agricola*. 61,5: 486-491.
- Sehtiya, H.L. y Densay, J.P.S. 1991.** Internodal invertase and stalk maturity in sugarcane. *Journal of Agricultural Science*. 116: 239–243.
- Silva, A.B.; Neto, J.D.; Farias, C.H.A.; y Azevedo, C.A.V. 2009.** Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. *Revista Caatinga*. 22: 236-241.
- Silva, T.G.F. 2009.** Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do vale do São Francisco. Tesis de Doctorado. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Minas Gerais, Brazil. 194 p.
- Singels, A.; Smit, M.A.; Redshaw, K.A.; y Donaldson, R.A. 2005.** The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. *Field Crops Research*. 92: 249–260.
- R Core Team. 2013.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rose, S. y Botha, F.C. 2000.** Distribution patterns of neutral invertase and sugar content in sugarcane internodal tissues. *Plant Physiology and Biochemistry*. 38: 819–824.

- Taiz, L. y Zeiger, E. 2004.** Fisiología vegetal 3^{ra} (ed). Editora Artmed. Porto Alegre, Brazil. 719 p.
- Teixeira, E.N. 2009.** Interceptação de água pelo dossel e influência da época da irrigação na qualidade da cana de açúcar. Tesis de Maestria. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Brazil. 48 p.
- Tejera, N. A.; Rodés, R.; Ortega, E.; Campos, R.; y Lluch, C. 2007.** Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. *Field Crops Research*. 102: 64–72.
- Terauchi, T.; Matsuoka, M.; Kobayashi, M.; y Nakano, H. 2000.** Activity of sucrose phosphate synthase in relation to sucrose concentration in sugarcane internodes. *Japan Journal Tropical Agriculture*. 44, 3: 141-151.
- Trincherà, L. 2007.** Unobserved Heterogeneity in structural equation models: a new approach in latent class detection in PLS path modeling. Ph.D thesis, Università degli Studi di Napoli Federico II. Naples, Italia. 317 p.
- Tymowska-Lalanne, Z. y Kreis, M. 1998.** The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. *Adv. Bot. Res.* 28: 71–117.
- Uys, L.; Botha, F.C.; Hofmeyr, J.H.S.; y Rohwer, J.M. 2007.** Kinetic model of sucrose accumulation in maturing sugarcane culm tissue. *Phytochemistry*. 68: 2375-2392.
- Van Dillewijn, C. 1952.** Botany of sugarcane. Waltham: The Chronica Botanica. 371 p.
- Vásquez, I. 2010.** Prototipo de un penetrómetro cónico de impacto y su validación de uso en suelos forestales. Tesis de Maestría. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Posgrado Forestal. Montecillo, Estado de México. 65 p.

- Villegas, F.D. 2010.** Maduración y crecimiento de la caña de azúcar. Carta Trimestral. CENICAÑA. Colombia. 32, 1-2: 47-54.
- Villegas, F.D.; Daza, O.H.; Jones, J.W.; y Royce, F.S. 2005.** CASUPRO: An industry driven sugarcane model. p. 1-22. En: ASAE Annual International Meeting: ASAE. Tampa, Florida.
- Villegas, F.D. y Torres, J.S. 1993.** El madurante y la producción (Serie Divulgativa 2). CENICAÑA, Cali. 4 p.
- Villegas F.D., Torres J.S. y Durán A.S. 2009.** Evaluación de bioestimulentes en caña de azúcar. p. 209-219. En: Memorias Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, VIII. Cali, Colombia. 2009. TECNICAÑA, Cali, Colombia.
- Wiedenfeld, R.P. 2000.** Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. Agricultural and Water Management. 43: 173-182.
- Xin, Z. y Browse, J. 2000.** Cold comfort farm: the acclimation of plants to freezing temperatures. Plant, Cell and Environment. 23: 893-902.

ANEXOS

Anexo 1. Correlaciones entre algunas variables biométricas y edafoclimáticas.

Periodo	Localidad	TYPE	NAME	Crecimiento	DPVt Dt	DPVt D2	MxDPVt DA	OciDPVt Dt	OciDPVt D2	OciDPVt DA
Humedo1	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.057	0.24377	0.00626	-0.497	0.33739	0.13952	-0.35663
Humedo1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.667	0.42985	0.46209	0.60719	0.42955	0.34145	0.53645
Humedo1	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.497	-0.06254	-0.1845	-0.55425	0.01735	-0.23134	-0.51546
Humedo1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.931	0.64845	0.87367	0.86979	0.6227	0.76124	0.85048
Humedo1	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.526	-0.28948	-0.15222	-0.3827	-0.3033	-0.30517	-0.48544
Humedo1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.872	0.74202	0.52381	0.77784	0.78233	0.7825	0.80163
Humedo1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	-0.653	0.79258	0.80584	0.70897	0.82689	0.86759	0.83891
Humedo2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.433	-0.71697	-0.59672	-0.57753	-0.76918	-0.54594	-0.62889
Humedo2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.766	-0.42453	-0.41798	0.22777	-0.06434	-0.02846	0.3071
Humedo2	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.024	0.70262	0.82074	0.00893	0.26471	0.65149	0.02283
Humedo2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.546	-0.01915	-0.01246	0.23647	0.30942	0.32375	0.3952
Humedo2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.88	-0.72755	-0.4368	-0.86228	-0.76251	-0.76636	-0.88909
Humedo2	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.911	-0.3614	-0.05773	-0.82405	-0.57118	-0.28223	-0.82914
Humedo2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.623	-0.35754	-0.24628	-0.57604	-0.49486	-0.1572	-0.67056
Seco1	Cartago	CORR	SacarosaCana	-0.446	-0.73481	-0.60104	-0.32251	-0.73246	-0.5675	-0.17612
Seco1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.964	0.66497	0.06482	0.78343	0.17497	0.16311	0.70693
Seco1	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.47	0.06897	0.01919	0.37885	0.16177	0.18694	0.35935
Seco1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.685	0.44632	-0.07527	0.50087	0.71444	0.0685	0.76421
Seco1	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.686	0.16572	-0.00174	0.35469	0.08403	0.02345	0.48728
Seco1	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.275	0.38882	0.24194	0.4278	0.54499	0.46455	0.52175
Seco1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.076	-0.5385	-0.74457	-0.21658	-0.59981	-0.78468	0.00245
Seco2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.976	0.79232	0.92183	0.56036	0.7076	0.8994	0.41586
Seco2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.024	0.47143	0.07787	0.25537	0.0136	0.21652	0.01765
Seco2	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.898	0.62079	0.77691	0.75639	0.39465	0.65673	0.95848
Seco2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.42	0.84212	0.75229	0.60568	0.7358	0.83381	0.73623
Seco2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.749	0.55393	0.55312	0.85087	0.39119	0.27455	0.9517
Seco2	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.549	0.79872	0.87505	0.95479	0.70483	0.83896	0.95336
Seco2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.737	-0.01291	0.42923	0.50495	-0.05367	0.39265	0.53674

Anexo 1. Correlaciones entre algunas variables biométricas y edafoclimáticas.

Periodo	Localidad	TYPE	NAME	MnTemp2 Dt	MnTemp2 D2	Temp2 DA	MnTemp2 DA	RadSolar DA	AGradeDay DA
Humedo1	Cartago	CORR	SacarosaCana	-0.1985	0.184	-0.3893	0.0608	-0.428	-0.014
Humedo1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.7821	0.492	0.3117	0.0876	0.103	-0.665
Humedo1	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.6369	-0.3668	0.1311	0.3798	-0.632	0.447
Humedo1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.4768	0.4959	0.1953	-0.2152	0.328	-0.949
Humedo1	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.0994	-0.1408	-0.3076	-0.2148	-0.556	0.553
Humedo1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.6303	-0.1061	0.6354	0.0482	0.561	-0.833
Humedo1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	-0.8291	-0.8786	0.241	-0.1331	0.793	-0.629
Humedo2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.7071	0.7923	-0.1511	0.401	0.639	0.496
Humedo2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.4487	-0.6729	-0.6605	-0.6789	0.31	-0.654
Humedo2	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.9178	0.816	0.3523	0.3445	-0.766	0.005
Humedo2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.2328	-0.4064	-0.65	-0.5478	0.609	-0.43
Humedo2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.8218	0.7451	0.4786	0.7361	0.518	0.876
Humedo2	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.9679	0.6616	-0.7394	0.6038	0.238	0.907
Humedo2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.5377	0.6367	-0.1249	0.3309	0.731	0.62
Seco1	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.0042	-0.0779	-0.5907	-0.6628	0.201	-0.345
Seco1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.3498	0.9589	0.7849	0.6523	0.152	0.957
Seco1	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.5873	-0.5543	0.0819	-0.271	-0.936	0.423
Seco1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.8271	-0.4274	0.3753	0.1248	0.007	0.695
Seco1	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.0098	-0.6613	0.0443	-0.4969	-0.302	0.681
Seco1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.6733	-0.7814	-0.0697	-0.3926	-0.644	0.282
Seco1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.473	-0.3794	-0.8799	-0.6686	-0.654	0.091
Seco2	Cartago	CORR	SacarosaCana	-0.5329	-0.5125	-0.1556	-0.4188	-0.369	0.96
Seco2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.0223	-0.0743	0.019	-0.1297	-0.294	-0.18
Seco2	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.1955	0.088	0.5712	0.3843	-0.179	0.904
Seco2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.0019	-0.0464	0.0642	-0.0793	0.504	0.412
Seco2	Tulua	CORR	SacarosaCana	-0.369	-0.0569	-0.3787	-0.7871	-0.29	0.722
Seco2	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.8017	-0.8082	0.1186	-0.7522	0.286	0.585
Seco2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	-0.7184	-0.741	-0.5664	-0.5639	-0.132	0.825

Anexo 1. Correlaciones entre algunas variables biométricas y edafoclimáticas.

Periodo	Localidad	TYPE	NAME	SHF 20 DA	ANegGD 20C DA	SPrecipi DA	Poblaciont0m	Tension20cm	Tension40cm
Humedo1	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.0448	-0.0859	0.39	0.255	-0.2	-0.13
Humedo1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.2804	-0.6856	-0.068	0.576	0.9	0.75
Humedo1	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.3374	0.2856	0.09	0.021	0.48	0.36
Humedo1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.0317	-0.9651	-0.644	0.658	0.86	0.68
Humedo1	Tulua	CORR	SacarosaCana	-0.0847	0.6639	-0.184	0.339	0.75	0.6
Humedo1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.2801	-0.9349	-0.406	-0.225	0.46	0.27
Humedo1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.0062	-0.6261	-0.493	0.617	0.88	0.62
Humedo2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.4234	0.4245	0.425	0.102	0.36	0.44
Humedo2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.5469	-0.4249	0.514	0.716	-0.06	-0.03
Humedo2	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.6085	0.1491	-0.335	-0.148	0.31	0.25
Humedo2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.5922	-0.3613	0.071	0.528	-0.64	-0.55
Humedo2	Tulua	CORR	SacarosaCana	-0.0227	0.9079	0.375	-0.47	-0.08	0.13
Humedo2	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.3219	0.8988	0.588	-0.884	-0.68	-0.63
Humedo2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.4507	0.5353	0.152	-0.885	-0.79	-0.69
Seco1	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.7104	-0.5367	0.452	0.08	0.95	0.85
Seco1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.953	0.8113	-0.882	-0.966	-0.96	-0.96
Seco1	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.3302	0.4903	-0.608	0.279	0.17	0.01
Seco1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.4644	0.7319	-0.434	0.409	0.22	-0.15
Seco1	Tulua	CORR	SacarosaCana	-0.3827	0.6866	-0.374	-0.443	-0.62	-0.58
Seco1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.0849	0.4466	-0.729	-0.17	0.21	0.11
Seco1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.6692	0.3006	-0.048	0.881	0.45	0.34
Seco2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.5144	0.9951	0.144	0.651	0.97	0.91
Seco2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.0813	-0.1622	-0.504	-0.014	0.43	0.38
Seco2	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.5405	0.7678	-0.679	-0.809	0.31	-0.34
Seco2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.1615	0.4715	-0.297	-0.455	-0.16	0.64
Seco2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.4513	0.7454	-0.403	-0.58	0.86	0.79
Seco2	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.3663	0.6905	-0.813	-0.475	0.68	0.5
Seco2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.2872	0.8267	-0.051	-0.804	0.26	0.79

Anexo 1. Correlaciones entre algunas variables biométricas y edafoclimáticas.

Periodo	Localidad	TYPE	NAME	FibraCana	BrixCana	SacarosaCana	Pureza	PesoCanaTallo	SacarosaGramos
Humedo1	Cartago	CORR	SacarosaCana	-0.092	0.9965	1	0.9829	-0.07	0.548
Humedo1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.5088	0.9928	1	0.9607	-0.23	0.406
Humedo1	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.3432	0.9821	1	0.9535	0.19	0.741
Humedo1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.7922	0.9964	1	0.9721	-0.62	0.404
Humedo1	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.3192	0.9191	1	0.667	0.58	0.69
Humedo1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.3827	0.9853	1	0.859	-0.77	-0.191
Humedo1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	-0.3542	0.9922	1	0.9472	-0.68	-0.081
Humedo2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.2407	0.9976	1	0.9834	0.49	0.737
Humedo2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.5259	0.9934	1	0.9687	-0.62	-0.142
Humedo2	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.1496	0.987	1	0.9381	-0.04	0.307
Humedo2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.3694	0.9981	1	0.9905	-0.24	0.667
Humedo2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.8397	0.9994	1	0.9962	0.76	0.878
Humedo2	Villarica	CORR	SacarosaCana	0.177	0.9903	1	0.9583	0.75	0.867
Humedo2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.7993	0.998	1	0.9833	0.49	0.815
Seco1	Cartago	CORR	SacarosaCana	-0.3185	0.9964	1	0.9766	-0.56	0.756
Seco1	CentroValle	CORR	SacarosaCana	0.9903	0.9176	1	0.9609	0.67	0.737
Seco1	Corinto	CORR	SacarosaCana	-0.0658	0.9983	1	0.9786	0.48	0.797
Seco1	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	0.8572	0.9994	1	0.9977	0.56	0.908
Seco1	Tulua	CORR	SacarosaCana	-0.013	0.9973	1	0.9742	0.58	0.87
Seco1	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.1959	0.9996	1	0.9944	0.7	0.873
Seco1	Viterbo	CORR	SacarosaCana	0.0147	0.9983	1	0.9936	0.15	0.685
Seco2	Cartago	CORR	SacarosaCana	0.5563	0.9996	1	0.9941	0.85	0.979
Seco2	CentroValle	CORR	SacarosaCana	-0.4751	0.9805	1	0.8897	-0.3	-0.071
Seco2	Corinto	CORR	SacarosaCana	0.1246	0.9782	1	0.9023	0.91	0.958
Seco2	Piedemonte	CORR	SacarosaCana	-0.3994	0.9664	1	0.8248	0.18	0.589
Seco2	Tulua	CORR	SacarosaCana	0.1088	0.9978	1	0.9919	0.32	0.82
Seco2	Villarica	CORR	SacarosaCana	-0.0513	0.9985	1	0.962	0.7	0.882
Seco2	Viterbo	CORR	SacarosaCana	-0.1886	0.9986	1	0.9965	0.87	0.972

Anexo 2. Ecuaciones estructurales para la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 para el primer periodo de evaluación (valle del Cauca - Colombia).

R Console (64-bit)

Page 1

```
R version 3.0.2 (2013-09-25) -- "Frisbee Sailing"
Copyright (C) 2013 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R es un software libre y viene sin GARANTIA ALGUNA.
Usted puede redistribuirlo bajo ciertas circunstancias.
Escriba 'license()' o 'licence()' para detalles de distribucion.
```

```
R es un proyecto colaborativo con muchos contribuyentes.
Escriba 'contributors()' para obtener más información y
'citation()' para saber cómo citar R o paquetes de R en publicaciones.
```

```
Escriba 'demo()' para demostraciones, 'help()' para el sistema on-line de ayuda,
o 'help.start()' para abrir el sistema de ayuda HTML con su navegador.
Escriba 'q()' para salir de R.
```

This is a session spawned by NppToR.

```
> # Libreria PLSPM
>
> library(plspm)
Loading required package: amap
Loading required package: diagram
Loading required package: shape
Loading required package: tester
Loading required package: turner
>
> #####
>
> #BASE DE DATOS
>
> PLS <- data.frame(read.csv("c:/dataR/PLS_REBUS Pl.csv", header = TRUE, sep = ","))
>
> ##### ESTRUCTURA DE LOS MODELOS DE SENDERO PERIODO #####
>
> # create inner model matrix
>
> TERMICAS_DIU <-c(0,0,0,0,0,0)
> PRECIPITACION <-c(0,0,0,0,0,0)
> TERMICAS_NOC <-c(0,0,0,0,0,0)
> HUM_SUELO <-c(0,0,0,0,0,0)
> CRECIMIENTO <-c(0,0,0,0,0,0)
> SACAROSA <-c(1,1,1,1,1,0)
>
> sim.inner = rbind(TERMICAS_DIU,PRECIPITACION,TERMICAS_NOC,HUM_SUELO,CRECIMIENTO,SACAROSA)
> sim.inner
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
TERMICAS_DIU  0  0  0  0  0  0
PRECIPITACION  0  0  0  0  0  0
TERMICAS_NOC  0  0  0  0  0  0
HUM_SUELO     0  0  0  0  0  0
CRECIMIENTO   0  0  0  0  0  0
SACAROSA      1  1  1  1  1  0
>
> # define outer model list
> sim.outer <- list(c(12,13,14),c(3),c(8,15,16),c(5,6),c(2),c(24))
> sim.outer
[[1]]
[1] 12 13 14

[[2]]
[1] 3

[[3]]
[1] 8 15 16
```

```

[[4]]
[1] 5 6

[[5]]
[1] 2

[[6]]
[1] 24

>
> # define vector with reflective indicators
> sim.modes <- c("A","A","A","A","A","A")
> sim.modes
[1] "A" "A" "A" "A" "A" "A"
>
> ##### ANALISIS PLSPM GENERAL #####
>
> sim.data <- PLS
>
> # run plspm analysis
> sim.global = plspm(sim.data, sim.inner, sim.outer, sim.modes,scheme="centroid",scaled = TRUE)
> summary(sim.global)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

```

-----
MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases 160
2 Latent Variables 6
3 Manifest Variables 11
4 Scale of Data Standardized Data
5 Non-Metric PLS FALSE
6 Weighting Scheme centroid
7 Tolerance Crit 1e-06
8 Max Num Iters 100
9 Convergence Iters 3
10 Bootstrapping FALSE
11 Bootstrap samples NULL

```

```

-----
BLOCKS DEFINITION
      Block      Type  Size  Mode
1  TERMICAS_DIU Exogenous  3    A
2  PRECIPITACION Exogenous  1    A
3  TERMICAS_NOC Exogenous  3    A
4  HUM_SUELO Exogenous  2    A
5  CRECIMIENTO Exogenous  1    A
6  SACAROSA Endogenous  1    A

```

```

-----
BLOCKS UNIDIMENSIONALITY
      Mode  MVs  C.alpha  DG.rho  eig.1st  eig.2nd
TERMICAS_DIU  A  3  0.953  0.970  2.74  0.2415
PRECIPITACION  A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000
TERMICAS_NOC  A  3  0.983  0.989  2.90  0.0938
HUM_SUELO  A  2  0.928  0.965  1.87  0.1339
CRECIMIENTO  A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000
SACAROSA  A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000

```

```

-----
OUTER MODEL
      weight  loading  communality  redundancy
TERMICAS_DIU
  1 P_DPVI  0.295  0.921  0.849  0.000
  1 P_MxDPV1 0.360  0.995  0.991  0.000
  1 P_OciDPV1 0.390  0.950  0.903  0.000
PRECIPITACION
  2 P_Precipitacion 1.000  1.000  1.000  0.000
TERMICAS_NOC

```

```

  3 P_MnTemp 0.110  0.953  0.907  0.000
  3 P_Temp2 0.787  0.997  0.993  0.000
  3 P_MnTemp2 0.116  0.958  0.917  0.000
HUM_SUELO
  4 P_Tension20cm 0.578  0.974  0.948  0.000
  4 P_Tension40cm 0.457  0.957  0.916  0.000
CRECIMIENTO
  5 P_TasaElonga 1.000  1.000  1.000  0.000
SACAROSA
  6 SacarosaCana 1.000  1.000  1.000  0.325

```

```

-----
CROSSLOADINGS
      TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA
TERMICAS_DIU
  1 P_DPVI 0.9212  -0.5261  0.559  0.610  -0.0310  0.2210
  1 P_MxDPV1 0.9952  -0.4884  0.531  0.595  0.0626  0.2698
  1 P_OciDPV1 0.9500  -0.4802  0.466  0.511  0.0780  0.2920
PRECIPITACION
  2 P_Precipitacion -0.5180  1.0000  -0.318  -0.309  0.0759  -0.1611
TERMICAS_NOC
  3 P_MnTemp 0.4592  -0.2293  0.953  0.137  0.1011  0.0205
  3 P_Temp2 0.5498  -0.3369  0.997  0.276  0.1179  0.1474
  3 P_MnTemp2 0.4706  -0.2338  0.958  0.154  0.1107  0.0216
HUM_SUELO
  4 P_Tension20cm 0.6401  -0.3000  0.275  0.974  -0.1501  0.5956
  4 P_Tension40cm 0.4881  -0.2964  0.200  0.957  -0.1542  0.4703
CRECIMIENTO
  5 P_TasaElonga 0.0438  0.0759  0.117  -0.157  1.0000  -0.1790
SACAROSA
  6 SacarosaCana 0.2761  -0.1611  0.121  0.559  -0.1790  1.0000

```

```

-----
INNER MODEL
$SACAROSA
      Estimate  Std. Error  t value  Pr(>|t|)
Intercept 1.00e-15  0.0662  1.51e-14  1.00e+00
TERMICAS_DIU -9.02e-02  0.1031  -8.75e-01  3.83e-01
PRECIPITACION -1.05e-02  0.0781  -1.34e-01  8.94e-01
TERMICAS_NOC 2.87e-02  0.0794  3.61e-01  7.18e-01
HUM_SUELO 5.89e-01  0.0847  6.95e+00  9.79e-11
CRECIMIENTO -8.50e-02  0.0689  -1.23e+00  2.19e-01

```

```

-----
CORRELATIONS BETWEEN LVs
      TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA
TERMICAS_DIU 1.0000  -0.5180  0.538  0.593  0.0438  0.276
PRECIPITACION -0.5180  1.0000  -0.318  -0.309  0.0759  -0.161
TERMICAS_NOC 0.5377  -0.3175  1.000  0.250  0.1167  0.121
HUM_SUELO 0.5929  -0.3088  0.250  1.000  -0.1572  0.559
CRECIMIENTO 0.0438  0.0759  0.117  -0.157  1.0000  -0.179
SACAROSA 0.2761  -0.1611  0.121  0.559  -0.1790  1.000

```

```

-----
SUMMARY INNER MODEL
      Type  R2  Block_Community  Mean_Redundancy  AVE
TERMICAS_DIU Exogenous 0.000  0.914  0.000  0.914
PRECIPITACION Exogenous 0.000  1.000  0.000  1.000
TERMICAS_NOC Exogenous 0.000  0.939  0.000  0.939
HUM_SUELO Exogenous 0.000  0.932  0.000  0.932
CRECIMIENTO Exogenous 0.000  1.000  0.000  1.000
SACAROSA Endogenous 0.325  1.000  0.325  1.000

```

```

-----
GOODNESS-OF-FIT
[1] 0.5489

```

```

-----
TOTAL EFFECTS

```

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.0902	0	-0.0902
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.0105	0	-0.0105
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0287	0	0.0287
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.5888	0	0.5888
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0850	0	-0.0850

```
> sim.global$scores
```

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
1	-0.03906359	-0.429177045	-0.042683748	-0.63790763	0.905561903	1.04742438
2	-0.03906359	-0.429177045	-0.042683748	-0.63790763	0.905561903	1.82914870
3	-0.03906359	-0.429177045	-0.042683748	-0.63790763	0.905561903	0.91713699
4	-0.03906359	-0.429177045	-0.042683748	-0.63790763	0.905561903	1.05508834
5	-1.13201595	0.260263991	-0.303858391	-0.65134579	0.048474266	0.23504420
6	-1.13201595	0.260263991	-0.303858391	-0.65134579	0.048474266	0.81202798
7	-1.13201595	0.260263991	-0.303858391	-0.65134579	0.048474266	0.28102798
8	-1.13201595	0.260263991	-0.303858391	-0.65134579	0.048474266	0.34233969
9	-1.48065162	0.363680147	-1.935946016	-0.65737707	-1.135165057	0.84816131
10	-1.48065162	0.363680147	-1.935946016	-0.65737707	-1.135165057	0.75619375
11	-1.48065162	0.363680147	-1.935946016	-0.65737707	-1.135165057	1.10873609
12	-1.48065162	0.363680147	-1.935946016	-0.65737707	-1.135165057	0.43430726
13	-1.33047708	-0.291288838	-0.276353908	-0.67310920	-0.322116798	-0.15581797
14	-1.33047708	-0.291288838	-0.276353908	-0.67310920	-0.322116798	-0.47770445
15	-1.33047708	-0.291288838	-0.276353908	-0.67310920	-0.322116798	0.27336402
16	-1.33047708	-0.291288838	-0.276353908	-0.67310920	-0.322116798	-0.73827923
17	2.40386434	-1.222034237	1.326964290	3.61723819	-0.001401655	2.79480816
18	2.40386434	-1.222034237	1.326964290	3.61723819	-0.001401655	2.38095411
19	2.40386434	-1.222034237	1.326964290	3.61723819	-0.001401655	2.90976762
20	2.40386434	-1.222034237	1.326964290	3.61723819	-0.001401655	2.90976762
21	1.45185513	-0.687717434	1.468314371	-0.14833505	0.035857898	-0.25544950
22	1.45185513	-0.687717434	1.468314371	-0.14833505	0.035857898	0.59525050
23	1.45185513	-0.687717434	1.468314371	-0.14833505	0.035857898	0.64123429
24	1.45185513	-0.687717434	1.468314371	-0.14833505	0.035857898	0.78684960
25	0.24925169	-0.653245382	-0.780747222	-0.15059301	0.391179620	-0.13282608
26	0.24925169	-0.653245382	-0.780747222	-0.15059301	0.391179620	1.02443249
27	0.24925169	-0.653245382	-0.780747222	-0.15059301	0.391179620	-0.80725491
28	0.24925169	-0.653245382	-0.780747222	-0.15059301	0.391179620	0.28102798
29	0.49650637	-1.066910004	0.756910014	0.54933522	-0.785326150	-0.14815400
30	0.49650637	-1.066910004	0.756910014	0.54933522	-0.785326150	-0.79192698
31	0.49650637	-1.066910004	0.756910014	0.54933522	-0.785326150	-0.46237653
32	0.49650637	-1.066910004	0.756910014	0.54933522	-0.785326150	-0.34741707
33	0.72406237	-0.756661537	0.494872432	-0.43371546	-0.364210660	0.04344510
34	0.72406237	-0.756661537	0.494872432	-0.43371546	-0.364210660	-0.42405671
35	0.72406237	-0.756661537	0.494872432	-0.43371546	-0.364210660	0.54926672
36	0.72406237	-0.756661537	0.494872432	-0.43371546	-0.364210660	-0.14815400
37	0.19733831	-0.980729874	1.015375869	-0.23670513	-0.364210660	-0.08684229
38	0.19733831	-0.980729874	1.015375869	-0.23670513	-0.364210660	-1.15979725
39	0.19733831	-0.980729874	1.015375869	-0.23670513	-0.364210660	-2.79221258
40	0.19733831	-0.980729874	1.015375869	-0.23670513	-0.364210660	-1.00651797
41	0.09022329	-1.204798211	1.351133985	-0.54785185	0.962276603	-0.20180175
42	0.09022329	-1.204798211	1.351133985	-0.54785185	0.962276603	-0.51620247
43	0.09022329	-1.204798211	1.351133985	-0.54785185	0.962276603	0.46496311
44	0.09022329	-1.204798211	1.351133985	-0.54785185	0.962276603	0.37299355
45	-1.00929671	2.018338634	0.193130133	-0.39784884	0.769552742	1.78316492
46	-1.00929671	2.018338634	0.193130133	-0.39784884	0.769552742	0.40829104
47	-1.00929671	2.018338634	0.193130133	-0.39784884	0.769552742	0.06433699
48	-1.00929671	2.018338634	0.193130133	-0.39784884	0.769552742	0.34233969
49	-1.33914643	-0.946257822	-1.555572453	0.06921517	-0.545615163	-0.10217022
50	-1.33914643	-0.946257822	-1.555572453	0.06921517	-0.545615163	0.74086582
51	-1.33914643	-0.946257822	-1.555572453	0.06921517	-0.545615163	0.81176492

52	-1.33914643	-0.946257822	-1.555572453	0.06921517	-0.545615163	-1.47401977
53	-1.37046422	0.570512458	0.051507004	-0.48080927	-0.890619761	0.97078474
54	-1.37046422	0.570512458	0.051507004	-0.48080927	-0.890619761	-0.09450626
55	-1.37046422	0.570512458	0.051507004	-0.48080927	-0.890619761	0.56459465
56	-1.37046422	0.570512458	0.051507004	-0.48080927	-0.890619761	0.57252861
57	-1.44659273	2.793959799	-1.180994036	-0.41771989	-0.852888568	-1.91825298
58	-1.44659273	2.793959799	-1.180994036	-0.41771989	-0.852888568	-1.21344500
59	-1.44659273	2.793959799	-1.180994036	-0.41771989	-0.852888568	0.50328293
60	-1.44659273	2.793959799	-1.180994036	-0.41771989	-0.852888568	0.34233969
61	-1.91485744	1.777034271	-0.405945675	0.10411940	-0.391683685	0.94012888
62	-1.91485744	1.777034271	-0.405945675	0.10411940	-0.391683685	1.23135951
63	-1.91485744	1.777034271	-0.405945675	0.10411940	-0.391683685	0.96312077
64	-1.91485744	1.777034271	-0.405945675	0.10411940	-0.391683685	0.58277302
65	1.80835778	-1.204798211	0.738202657	1.40967860	-2.382298904	2.07439555
66	1.80835778	-1.204798211	0.738202657	1.40967860	-2.382298904	0.92480095
67	1.80835778	-1.204798211	0.738202657	1.40967860	-2.382298904	2.97874330
68	1.80835778	-1.204798211	0.738202657	1.40967860	-2.382298904	2.16636312
69	1.30154185	-0.670481408	0.860247874	2.58278260	-1.922332076	1.59922978
70	1.30154185	-0.670481408	0.860247874	2.58278260	-1.922332076	1.93644420
71	1.30154185	-0.670481408	0.860247874	2.58278260	-1.922332076	1.49959825
72	1.30154185	-0.670481408	0.860247874	2.58278260	-1.922332076	1.30799915
73	0.23799901	0.001723603	-1.184048106	2.94392375	0.317426928	0.59525050
74	0.23799901	0.001723603	-1.184048106	2.94392375	0.317426928	0.92480095
75	0.23799901	0.001723603	-1.184048106	2.94392375	0.317426928	1.23135951
76	0.23799901	0.001723603	-1.184048106	2.94392375	0.317426928	0.54160275
77	0.22628975	-0.446413071	0.368872384	-0.16775974	0.667501656	-0.76893509
78	0.22628975	-0.446413071	0.368872384	-0.16775974	0.667501656	-0.98352608
79	0.22628975	-0.446413071	0.368872384	-0.16775974	0.667501656	-0.14815400
80	0.22628975	-0.446413071	0.368872384	-0.16775974	0.667501656	-0.55434409
81	0.35566195	-0.377468967	0.273148605	-0.51939440	0.920182740	-0.13282608
82	0.35566195	-0.377468967	0.273148605	-0.51939440	0.920182740	-0.90688644
83	0.35566195	-0.377468967	0.273148605	-0.51939440	0.920182740	-0.40106481
84	0.35566195	-0.377468967	0.273148605	-0.51939440	0.920182740	-0.25544950
85	-0.72813456	-0.101692553	0.465714437	-0.40494037	1.835282087	-0.75360716
86	-0.72813456	-0.101692553	0.465714437	-0.40494037	1.835282087	1.06016572
87	-0.72813456	-0.101692553	0.465714437	-0.40494037	1.835282087	0.31934780
88	-0.72813456	-0.101692553	0.465714437	-0.40494037	1.835282087	-0.95287022
89	1.12153307	-0.601537304	0.002600204	-0.42606052	1.109664076	-0.14049004
90	1.12153307	-0.601537304	0.002600204	-0.42606052	1.109664076	-0.33975310
91	1.12153307	-0.601537304	0.002600204	-0.42606052	1.109664076	-1.32840446
92	1.12153307	-0.601537304	0.002600204	-0.42606052	1.109664076	-0.27844139
93	-0.14580471	0.329208095	0.382680241	-0.52769959	0.962276603	-1.29008464
94	-0.14580471	0.329208095	0.382680241	-0.52769959	0.962276603	0.47262708
95	-0.14580471	0.329208095	0.382680241	-0.52769959	0.962276603	-1.46635581
96	-0.14580471	0.329208095	0.382680241	-0.52769959	0.962276603	-0.13282608
97	-0.19996840	-0.308524864	-2.083024760	-0.51626436	-0.039958218	-0.14049004
98	-0.19996840	-0.308524864	-2.083024760	-0.51626436	-0.039958218	-0.37807292
99	-0.19996840	-0.308524864	-2.083024760	-0.51626436	-0.039958218	-0.31676121
100	-0.19996840	-0.308524864	-2.083024760	-0.51626436	-0.039958218	-0.16348193
101	-0.23409429	-0.739425511	0.128903574	-0.28817655	0.208949748	0.09709284
102	-0.23409429	-0.739425511	0.128903574	-0.28817655	0.208949748	0.35000365
103	-0.23409429	-0.739425511	0.128903574	-0.28817655	0.208949748	-0.86090265
104	-0.23409429	-0.739425511	0.128903574	-0.28817655	0.208949748	-0.20101755
105	-0.23582013	-0.429177045	-0.586940304	-0.27000443	-1.130625523	0.50328293
106	-0.23582013	-0.429177045	-0.586940304	-0.27000443	-1.130	

```

121 -0.83117420 -0.153400631 -0.651043193 -0.66212132 0.134666461 -0.07151436
122 -0.83117420 -0.153400631 -0.651043193 -0.66212132 0.134666461 -0.69229545
123 -0.83117420 -0.153400631 -0.651043193 -0.66212132 0.134666461 -2.42435131
124 -0.83117420 -0.153400631 -0.651043193 -0.66212132 0.134666461 -0.47004049
125 0.19925678 0.346444121 1.159592622 -0.19256376 0.162198441 -1.58131527
126 0.19925678 0.346444121 1.159592622 -0.19256376 0.162198441 -0.50836031
127 0.19925678 0.346444121 1.159592622 -0.19256376 0.162198441 -1.29774860
128 0.19925678 0.346444121 1.159592622 -0.19256376 0.162198441 0.07410095
129 0.08795662 0.191319888 0.311772302 -0.45982175 -2.890844643 -0.89155851
130 0.08795662 0.191319888 0.311772302 -0.45982175 -2.890844643 -0.99119004
131 0.08795662 0.191319888 0.311772302 -0.45982175 -2.890844643 -1.13680536
132 0.08795662 0.191319888 0.311772302 -0.45982175 -2.890844643 -0.88389455
133 -0.43127844 0.122375784 0.956310476 -0.52247721 -0.953760555 -0.24012157
134 -0.43127844 0.122375784 0.956310476 -0.52247721 -0.953760555 -0.74594319
135 -0.43127844 0.122375784 0.956310476 -0.52247721 -0.953760555 -0.78426301
136 -0.43127844 0.122375784 0.956310476 -0.52247721 -0.953760555 -1.17512518
137 1.30306712 -0.360232941 0.084307137 0.71069689 1.200336850 -0.46237653
138 1.30306712 -0.360232941 0.084307137 0.71069689 1.200336850 -0.07917833
139 1.30306712 -0.360232941 0.084307137 0.71069689 1.200336850 1.86746852
140 1.30306712 -0.360232941 0.084307137 0.71069689 1.200336850 0.16606852
141 0.28272103 2.656071592 -0.561392797 -0.31238548 0.932799108 0.32701176
142 0.28272103 2.656071592 -0.561392797 -0.31238548 0.932799108 -1.22110896
143 0.28272103 2.656071592 -0.561392797 -0.31238548 0.932799108 -0.52368824
144 0.28272103 2.656071592 -0.561392797 -0.31238548 0.932799108 -0.64631166
145 0.38449296 -0.222344734 -2.264217712 -0.42538868 -0.568312834 -1.32840446
146 0.38449296 -0.222344734 -2.264217712 -0.42538868 -0.568312834 -0.21712968
147 0.38449296 -0.222344734 -2.264217712 -0.42538868 -0.568312834 -0.80725491
148 0.38449296 -0.222344734 -2.264217712 -0.42538868 -0.568312834 -0.86856662
149 -0.17107372 0.777344768 -0.338611514 -0.46600452 0.520114182 -1.29774860
150 -0.17107372 0.777344768 -0.338611514 -0.46600452 0.520114182 -0.69995941
151 -0.17107372 0.777344768 -0.338611514 -0.46600452 0.520114182 -1.18278914
152 -0.17107372 0.777344768 -0.338611514 -0.46600452 0.520114182 -1.35139635
153 -0.09532511 0.794580794 -0.962005537 -0.49417296 -0.090482644 -0.76893509
154 -0.09532511 0.794580794 -0.962005537 -0.49417296 -0.090482644 0.41131537
155 -0.09532511 0.794580794 -0.962005537 -0.49417296 -0.090482644 0.34233969
156 -0.09532511 0.794580794 -0.962005537 -0.49417296 -0.090482644 0.10475681
157 -0.71663154 1.639146064 -0.688793218 -0.44132404 0.837586800 -1.12147743
158 -0.71663154 1.639146064 -0.688793218 -0.44132404 0.837586800 -0.99119004
159 -0.71663154 1.639146064 -0.688793218 -0.44132404 0.837586800 -0.58499995
160 -0.71663154 1.639146064 -0.688793218 -0.44132404 0.837586800 0.30401987
> sim.global$unidim
      Mode MVs  C.alpha  DG.rho  eig.lst  eig.2nd
TERMICAS_DIU  A  3 0.9529472 0.9698510 2.744289 0.2414865
PRECIPITACION A  1 1.0000000 1.0000000 1.000000 0.0000000
TERMICAS_NOC  A  3 0.9825408 0.9885323 2.899116 0.0937771
HUM_SUELO    A  2 0.9282524 0.9653686 1.866111 0.1338890
CRECIMIENTO  A  1 1.0000000 1.0000000 1.000000 0.0000000
SACAROSA     A  1 1.0000000 1.0000000 1.000000 0.0000000
> sim.global$inner.sum
NULL
> sim.global$gof
[1] 0.548868
> sim.global$inner.mod
NULL
> #plot inner model
> #plot(sim.global)
>
> ##### APLICACION DEL ALGORITMO PLS-REBUS #####
>
> # apply rebus
> rebus.sim = rebus.pls(sim.global, stop.crit = 0.005, iter.max = 100)
[1] "Enter the number of classes (an integer > 1), and then press Enter:"
1: 3
Read 1 item
>
> ###ESCRIBA EL NUMERO DE CLASES ACORDE CON LA SEGMENTACION DEL DENDROGRAMA###
>
> rebus.sim

```

```

RESPONSE-BASED UNIT SEGMENTATION (REBUS)
IN PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING
-----
Parameters Specification
Number of segments: 3
Stop criterion: 0.005
Max number of iter: 100

REBUS solution (on standardized data)
Number of iterations: 10
Rate of unit change: 0
Group Quality Index: 0.8393318

REBUS Segments
      Class.1  Class.2  Class.3
number.units  47      53      60
proportions(%) 29      33      38
-----
$path.coef
      Class.1  Class.2  Class.3
TERMICAS_DIU->SACAROSA 0.4381 0.0755 0.1705
PRECIPITACION->SACAROSA 0.1912 0.3146 0.0724
TERMICAS_NOC->SACAROSA -0.1690 0.0192 -0.0533
HUM_SUELO->SACAROSA 0.6626 0.8797 0.6933
CRECIMIENTO->SACAROSA -0.1121 -0.0925 -0.0010
-----
$loadings
      Class.1  Class.2  Class.3
P_DPV1 0.9660 0.9505 0.9160
P_MxDPV1 0.9970 0.9929 0.9923
P_OcidPV1 0.9702 0.9030 0.8911
P_Precipitacion 1.0000 1.0000 1.0000
P_MnTemp 0.9866 0.9899 0.9288
P_Temp2 0.9741 0.9793 0.9999
P_MnTemp2 0.9878 0.9927 0.9356
P_Tension20cm 0.9765 0.9738 0.9648
P_Tension40cm 0.9668 0.9723 0.9590
P_TasaElonga 1.0000 1.0000 1.0000
SacarosaCana 1.0000 1.0000 1.0000
-----
$quality
      Class.1  Class.2  Class.3
Aver.Com
Com.TERMICAS_DIU 0.9561423 0.9015743 0.8726183
Com.PRECIPITACION 1.0000000 1.0000000 1.0000000
Com.TERMICAS_NOC 0.9660064 0.9747808 0.9126201
Com.HUM_SUELO 0.9440979 0.9468139 0.9253048
Com.CRECIMIENTO 1.0000000 1.0000000 1.0000000
Com.SACAROSA 1.0000000 1.0000000 1.0000000
Aver.Redu
Red.SACAROSA 0.7483908 0.9057211 0.5878504
R2
R2.SACAROSA 0.7483908 0.9057211 0.5878504
GoF
GoF 0.8553990 0.9375648 0.7479912
> ##### TABLA DEL DE OBSERVACIONES POR SEGMENTOS DE PLS-REBUS #####
>
> table(rebus.sim$segments)
      1  2  3
47 53 60

```

```

>
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 1 #####
> # plspm analysis of class 1
> sim.class1 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==1,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary(sim.class1)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

```

-----
MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases      47
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS      FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit      1e-06
8 Max Num Iters       100
9 Convergence Iters   3
10 Bootstrapping      TRUE
11 Bootstrap samples  100

```

```

-----
BLOCKS DEFINITION
Block      Type      Size  Mode
1  TERMICAS_DIU  Exogenous  3     A
2  PRECIPITACION Exogenous  1     A
3  TERMICAS_NOC  Exogenous  3     A
4  HUM_SUELO     Exogenous  2     A
5  CRECIMIENTO  Exogenous  1     A
6  SACAROSA     Endogenous 1     A

```

```

-----
BLOCKS UNIDIMENSIONALITY
Mode  MVs  C.alpha  DG.rho  eig.1st  eig.2nd
TERMICAS_DIU  A  3  0.977  0.985  2.87  0.1242
PRECIPITACION A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000
TERMICAS_NOC  A  3  0.983  0.989  2.90  0.0929
HUM_SUELO     A  2  0.941  0.971  1.89  0.1111
CRECIMIENTO  A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000
SACAROSA     A  1  1.000  1.000  1.00  0.0000

```

```

-----
OUTER MODEL
weight  loading  communality  redundancy
TERMICAS_DIU
1 P_DPV1      0.353  0.966      0.933  0.000
1 P_MxDPV1    0.342  0.997      0.994  0.000
1 P_OciDPV1   0.328  0.970      0.941  0.000
PRECIPITACION
2 P_Precipitacion 1.000  1.000      1.000  0.000
TERMICAS_NOC
3 P_MnTemp    0.313  0.987      0.973  0.000
3 P_Temp2     0.403  0.974      0.949  0.000
3 P_MnTemp2   0.302  0.988      0.976  0.000
HUM_SUELO
4 P_Tension20cm 0.558  0.976      0.953  0.000
4 P_Tension40cm 0.471  0.967      0.935  0.000
CRECIMIENTO
5 P_TasaElonga 1.000  1.000      1.000  0.000
SACAROSA
6 SacarosaCana 1.000  1.000      1.000  0.748

```

```

-----
CROSSLOADINGS
TERMICAS_DIU  TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA

```

1	P_DPV1	0.9660	-0.7099	0.706	0.723	-0.1490	0.665
1	P_MxDPV1	0.9970	-0.7034	0.709	0.703	-0.0216	0.644
1	P_OciDPV1	0.9702	-0.6863	0.667	0.702	0.0446	0.618
PRECIPITACION							
2	P_Precipitacion	-0.7161	1.0000	-0.402	-0.442	0.0549	-0.347
TERMICAS_NOC							
3	P_MnTemp	0.6795	-0.3650	0.987	0.390	0.2911	0.280
3	P_Temp2	0.7189	-0.4353	0.974	0.489	0.2460	0.360
3	P_MnTemp2	0.6871	-0.3705	0.988	0.374	0.2653	0.270
HUM_SUELO							
4	P_Tension20cm	0.7775	-0.4921	0.452	0.976	-0.2461	0.875
4	P_Tension40cm	0.6207	-0.3562	0.382	0.967	-0.0963	0.739
CRECIMIENTO							
5	P_TasaElonga	-0.0454	0.0549	0.270	-0.183	1.0000	-0.288
SACAROSA							
6	SacarosaCana	0.6573	-0.3467	0.314	0.836	-0.2877	1.000

```

-----
INNER MODEL
$SACAROSA
Estimate  Std. Error  t value  Pr(>|t|)
Intercept 5.70e-16  0.0783    7.28e-15  1.00e+00
TERMICAS_DIU 4.28e-01  0.1949    2.20e+00  3.38e-02
PRECIPITACION 1.91e-01  0.1176    1.63e+00  1.12e-01
TERMICAS_NOC -1.69e-01  0.1277    -1.32e+00  1.93e-01
HUM_SUELO 6.63e-01  0.1196    5.54e+00  1.94e-06
CRECIMIENTO -1.12e-01  0.0881    -1.27e+00  2.11e-01

```

```

-----
CORRELATIONS BETWEEN LVs
TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA
TERMICAS_DIU  1.0000          -0.7161        0.710        0.726        -0.0454        0.657
PRECIPITACION -0.7161          1.0000        -0.402       -0.442        0.0549       -0.347
TERMICAS_NOC  0.7101          -0.4016        1.000        0.432        0.2705        0.314
HUM_SUELO    0.7261          -0.4423        0.432        1.000       -0.1826        0.836
CRECIMIENTO  -0.0454          0.0549        0.271       -0.183        1.0000       -0.288
SACAROSA     0.6573          -0.3467        0.314        0.836       -0.2877        1.000

```

```

-----
SUMMARY INNER MODEL
Type  R2  Block_Community  Mean_Redundancy  AVE
TERMICAS_DIU  Exogenous  0.000  0.956  0.000  0.956
PRECIPITACION Exogenous  0.000  1.000  0.000  1.000
TERMICAS_NOC  Exogenous  0.000  0.966  0.000  0.966
HUM_SUELO     Exogenous  0.000  0.944  0.000  0.944
CRECIMIENTO  Exogenous  0.000  1.000  0.000  1.000
SACAROSA     Endogenous 0.748  1.000  0.748  1.000

```

```

-----
GOODNESS-OF-FIT
[1] 0.8462

```

```

-----
TOTAL EFFECTS
relationships  direct  indirect  total
1  TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION  0.000  0  0.000
2  TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC  0.000  0  0.000
3  TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO    0.000  0  0.000
4  TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO  0.000  0  0.000
5  TERMICAS_DIU -> SACAROSA     0.428  0  0.428
6  PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC 0.000  0  0.000
7  PRECIPITACION -> HUM_SUELO   0.000  0  0.000
8  PRECIPITACION -> CRECIMIENTO 0.000  0  0.000
9  PRECIPITACION -> SACAROSA    0.191  0  0.191
10 TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO    0.000  0  0.000
11 TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO 0.000  0  0.000
12 TERMICAS_NOC -> SACAROSA    -0.169  0  -0.169
13 HUM_SUELO -> CRECIMIENTO    0.000  0  0.000
14 HUM_SUELO -> SACAROSA      0.663  0  0.663

```

```
15      CRECIMIENTO -> SACAROSA  -0.112      0  -0.112
```

BOOTSTRAP VALIDATION

weights

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.353	0.352	1.91e-02	0.320	0.392
P_MxDPV1	0.342	0.342	5.61e-03	0.332	0.352
P_OciDPV1	0.328	0.329	1.81e-02	0.291	0.360
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.21e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.313	0.306	2.52e-02	0.245	0.348
P_Temp2	0.403	0.417	4.93e-02	0.341	0.557
P_MnTemp2	0.302	0.296	2.80e-02	0.225	0.334
P_Tension20cm	0.558	0.563	2.90e-02	0.522	0.629
P_Tension40cm	0.471	0.469	1.75e-02	0.429	0.493
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.23e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.31e-16	1.000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.966	0.965	8.60e-03	0.949	0.978
P_MxDPV1	0.997	0.997	8.93e-04	0.995	0.998
P_OciDPV1	0.970	0.969	8.95e-03	0.948	0.982
P_Precipitacion	1.000	1.000	4.46e-17	1.000	1.000
P_MnTemp	0.987	0.985	5.66e-03	0.974	0.993
P_Temp2	0.974	0.974	9.52e-03	0.954	0.988
P_MnTemp2	0.988	0.987	4.52e-03	0.976	0.992
P_Tension20cm	0.976	0.975	8.67e-03	0.957	0.989
P_Tension40cm	0.967	0.962	2.01e-02	0.909	0.987
P_TasaElonga	1.000	1.000	3.87e-17	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	3.87e-17	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.428	0.4266	0.206	0.0588	0.7633
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.191	0.1943	0.176	-0.0980	0.5579
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.169	-0.1773	0.113	-0.3986	0.0155
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.663	0.6579	0.111	0.4508	0.8898
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.112	-0.0993	0.102	-0.2952	0.0864

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.748	0.765	0.0735	0.637	0.881

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.428	0.4266	0.206	0.0588	0.7633
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.191	0.1943	0.176	-0.0980	0.5579
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.169	-0.1773	0.113	-0.3986	0.0155
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.663	0.6579	0.111	0.4508	0.8898
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.112	-0.0993	0.102	-0.2952	0.0864

```
> sla<-data.frame(sim.class1$unidim)
> slb<-data.frame(sim.class1$inner.sum)
> slc<-data.frame(sim.class1$gof)
> sld<-data.frame(sim.class1$inner.mod)
> slbl<-data.frame(sim.class1$boot$rsq)
> slb2<-data.frame(sim.class1$scores)
>
```

```
>
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class1, what="all", how="joint")
>
> segment1<-sim.data[rebus.sim$segments==1,]
> S1<-data.frame(segment1[,1:36])
> mytable1 <- xtabs(~Localidad, data=S1)
> T1<-data.frame(mytable1)
>
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 2 #####
>
> # plspm analysis of class 2
> sim.class2 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==2,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary (sim.class2)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

MODEL SPECIFICATION

1	Number of Cases	53
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	Max Num Iters	100
9	Convergence Iters	3
10	Bootstrapping	TRUE
11	Bootstrap samples	100

BLOCKS DEFINITION

	Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6	SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.947	0.966	1.72	0.000
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
TERMICAS_NOC	A	3	0.987	0.992	1.02	0.000
HUM_SUELO	A	2	0.944	0.973	1.00	0.000
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPV1	0.412	0.950	0.903	0.000
1 P_MxDPV1	0.405	0.993	0.986	0.000
1 P_OciDPV1	0.228	0.903	0.815	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.303	0.990	0.980	0.000
3 P_Temp2	0.374	0.979	0.959	0.000
3 P_MnTemp2	0.336	0.993	0.985	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.521	0.974	0.948	0.000
4 P_Tension40cm	0.507	0.972	0.945	0.000
CRECIMIENTO				

5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.906

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.950	-0.5094	0.4758	0.519	-0.1531	0.3868
1 P_MxDPV1	0.993	-0.4587	0.4661	0.492	-0.0822	0.3806
1 P_OciDPV1	0.903	-0.4375	0.3779	0.308	0.0195	0.2138
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.496	1.0000	-0.1233	-0.207	0.1340	0.0803
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.462	-0.0887	0.9899	0.116	0.0192	0.1235
3 P_Temp2	0.472	-0.1666	0.9793	0.167	0.0127	0.1523
3 P_MnTemp2	0.460	-0.1014	0.9927	0.135	0.0160	0.1368
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.523	-0.1852	0.1783	0.974	-0.5618	0.8948
4 P_Tension40cm	0.416	-0.2182	0.0989	0.972	-0.5625	0.8704
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.092	0.1340	0.0159	-0.578	1.0000	-0.5651
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.362	0.0803	0.1404	0.907	-0.5651	1.0000

INNER MODEL

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	9.88e-16	0.0448	2.21e-14	1.00e+00
TERMICAS_DIU	7.55e-02	0.0683	1.11e+00	2.75e-01
PRECIPITACION	3.15e-01	0.0529	5.95e+00	3.25e-07
TERMICAS_NOC	1.92e-02	0.0517	3.72e-01	7.11e-01
HUM_SUELO	8.80e-01	0.0656	1.34e+01	1.14e-17
CRECIMIENTO	-9.25e-02	0.0576	-1.60e+00	1.15e-01

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000	-0.4956	0.4711	0.483	-0.0920	0.3624
PRECIPITACION	-0.496	1.0000	-0.1233	-0.207	0.1340	0.0803
TERMICAS_NOC	0.471	-0.1233	1.0000	0.143	0.0159	0.1404
HUM_SUELO	0.483	-0.2071	0.1430	1.000	-0.5777	0.9072
CRECIMIENTO	-0.092	0.1340	0.0159	-0.578	1.0000	-0.5651
SACAROSA	0.362	0.0803	0.1404	0.907	-0.5651	1.0000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.902	0.000	0.902
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.975	0.000	0.975
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.947	0.000	0.947
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.906	1.000	0.906	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.9229

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0755	0	0.0755
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000

7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	0.3146	0	0.3146
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0192	0	0.0192
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.8797	0	0.8797
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0925	0	-0.0925

BOOTSTRAP VALIDATION

weights	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.412	0.389	1.73e-01	0.282	0.508
P_MxDPV1	0.405	0.403	5.79e-02	0.377	0.472
P_OciDPV1	0.228	0.247	1.62e-01	0.119	0.317
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.22e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.303	0.341	1.77e-01	0.171	0.923
P_Temp2	0.374	0.345	2.77e-01	-0.249	0.576
P_MnTemp2	0.336	0.323	2.67e-01	0.208	0.501
P_Tension20cm	0.521	0.527	2.17e-02	0.505	0.588
P_Tension40cm	0.507	0.506	9.07e-03	0.490	0.524
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.25e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.26e-16	1.000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.950	0.937	9.34e-02	0.896	0.977
P_MxDPV1	0.993	0.986	6.35e-02	0.977	0.996
P_OciDPV1	0.903	0.901	3.58e-02	0.825	0.933
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.990	0.987	2.04e-02	0.963	0.997
P_Temp2	0.979	0.972	3.70e-02	0.913	0.994
P_MnTemp2	0.993	0.989	2.18e-02	0.964	0.997
P_Tension20cm	0.974	0.970	1.69e-02	0.924	0.994
P_Tension40cm	0.972	0.966	2.32e-02	0.896	0.993
P_TasaElonga	1.000	1.000	9.20e-17	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	9.73e-17	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0755	0.0829	0.0697	-0.0427	0.217
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.3146	0.3174	0.0895	0.1251	0.488
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0192	0.0171	0.0459	-0.0604	0.115
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.8797	0.8767	0.0627	0.7539	0.992
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0925	-0.0857	0.0565	-0.1854	0.023

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.906	0.906	0.0358	0.813	0.95

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0755	0.0829	0.0697	-0.0427	0.217
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.3146	0.3174	0.0895	0.1251	0.488
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0192	0.0171	0.0459	-0.0604	0.115
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.8797	0.8767	0.0627	0.7539	0.992
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0925	-0.0857	0.0565	-0.1854	0.023

```
> s2a<-data.frame(sim.class2$unidim)
> s2b<-data.frame(sim.class2$inner.sum)
> s2c<-data.frame(sim.class2$gof)
> s2d<-data.frame(sim.class2$inner.mod)
> s2b1<-data.frame(sim.class2$boot$rsq)
> s2b2<-data.frame(sim.class2$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class2, what="all", how="joint")
>
> segment2<-sim.data[rebus.sim$segments==2,]
> S2<-data.frame(segment2[,1:36])
> mytable2 <- xtabs(~Localidad, data=S2)
> T2<-data.frame(mytable2)
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 3 #####
>
> # plspm analysis of class 3
> sim.class3 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==3,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary (sim.class3)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

MODEL SPECIFICATION

1	Number of Cases	60
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	Max Num Iters	100
9	Convergence Iters	3
10	Bootstrapping	TRUE
11	Bootstrap samples	100

BLOCKS DEFINITION

Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3 A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1 A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3 A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2 A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1 A
6	SACAROSA	Endogenous	1 A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.927	0.954	2.62	0.3573
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
TERMICAS_NOC	A	3	0.983	0.989	2.90	0.0942
HUM_SUELO	A	2	0.919	0.961	1.85	0.1492
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPVI	0.3811	0.916	0.839	0.000
1 P_MxDPV1	0.3935	0.992	0.985	0.000
1 P_OciDPV1	0.2922	0.891	0.794	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.0000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	-0.0694	0.929	0.863	0.000
3 P_Temp2	0.9632	1.000	1.000	0.000

3 P_MnTemp2	0.1084	0.936	0.875	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.5391	0.965	0.931	0.000
4 P_Tension40cm	0.5004	0.959	0.920	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.0000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.0000	1.000	1.000	0.588

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPVI	0.916	-0.4594	0.551	0.5633	0.1178	0.47907
1 P_MxDPV1	0.992	-0.3607	0.479	0.5305	0.2582	0.49472
1 P_OciDPV1	0.891	-0.3415	0.378	0.3855	0.1726	0.36737
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.417	1.0000	-0.421	-0.2895	0.0341	-0.17692
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.307	-0.3037	0.929	-0.0774	0.0411	-0.00776
3 P_Temp2	0.516	-0.4249	1.000	0.1535	0.1152	0.10762
3 P_MnTemp2	0.310	-0.2979	0.936	-0.0478	0.0727	0.01211
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.606	-0.2195	0.159	0.9648	0.2407	0.75293
4 P_Tension40cm	0.418	-0.3420	0.124	0.9590	0.1065	0.69890
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	0.197	0.0341	0.116	0.1831	1.0000	0.15580
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.485	-0.1769	0.106	0.7556	0.1558	1.00000

INNER MODEL

\$SACAROSA	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-7.49e-16	0.0874	-8.57e-15	1.00e+00
TERMICAS_DIU	1.70e-01	0.1228	1.39e+00	1.71e-01
PRECIPITACION	7.24e-02	0.1019	7.11e-01	4.80e-01
TERMICAS_NOC	-5.33e-02	0.1079	-4.94e-01	6.23e-01
HUM_SUELO	6.93e-01	0.1069	6.49e+00	2.79e-08
CRECIMIENTO	-9.99e-04	0.0907	-1.10e-02	9.91e-01

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000					
PRECIPITACION	-0.417	1.0000				
TERMICAS_NOC	0.509	-0.4205	1.000			
HUM_SUELO	0.536	-0.2895	0.148	1.000		
CRECIMIENTO	0.197	0.0341	0.116	0.183	1.0000	
SACAROSA	0.485	-0.1769	0.105	0.756	0.1558	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.873	0.000	0.873
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.913	0.000	0.913
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.925	0.000	0.925
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.588	1.000	0.588	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.7277

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000000	0	0.000000

```

2  TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC 0.000000 0 0.000000
3  TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO 0.000000 0 0.000000
4  TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO 0.000000 0 0.000000
5  TERMICAS_DIU -> SACAROSA 0.170457 0 0.170457
6  PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC 0.000000 0 0.000000
7  PRECIPITACION -> HUM_SUELO 0.000000 0 0.000000
8  PRECIPITACION -> CRECIMIENTO 0.000000 0 0.000000
9  PRECIPITACION -> SACAROSA 0.072442 0 0.072442
10 TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO 0.000000 0 0.000000
11 TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO 0.000000 0 0.000000
12 TERMICAS_NOC -> SACAROSA -0.053268 0 -0.053268
13 HUM_SUELO -> CRECIMIENTO 0.000000 0 0.000000
14 HUM_SUELO -> SACAROSA 0.693265 0 0.693265
15 CRECIMIENTO -> SACAROSA -0.000999 0 -0.000999

```

BOOTSTRAP VALIDATION

weights

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.3811	0.383	6.45e-02	0.2944	0.556
P_MxDPV1	0.3935	0.397	1.77e-02	0.3709	0.439
P_OciDPV1	0.2922	0.288	7.21e-02	0.0937	0.383
P_Precipitacion	1.0000	1.000	1.27e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	-0.0694	0.245	4.72e-01	-1.0249	1.190
P_Temp2	0.9632	0.445	6.98e-01	-1.2118	2.115
P_MnTemp2	0.1084	0.283	2.37e-01	-0.3267	0.685
P_Tension20cm	0.5391	0.545	2.86e-02	0.5039	0.628
P_Tension40cm	0.5004	0.499	2.17e-02	0.4511	0.533
P_TasaElonga	1.0000	1.000	1.21e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.0000	1.000	1.13e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.916	0.911	3.26e-02	0.851	0.959
P_MxDPV1	0.992	0.990	8.55e-03	0.972	0.996
P_OciDPV1	0.891	0.883	4.44e-02	0.800	0.937
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.929	0.938	1.35e-01	0.506	0.998
P_Temp2	1.000	0.935	1.40e-01	0.528	1.000
P_MnTemp2	0.936	0.941	1.35e-01	0.487	0.998
P_Tension20cm	0.965	0.962	1.56e-02	0.919	0.982
P_Tension40cm	0.959	0.953	2.32e-02	0.892	0.981
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.170457	0.15879	0.1014	-0.00471	0.403
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.072442	0.08727	0.0980	-0.12519	0.243
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.053268	-0.00366	0.1300	-0.29145	0.176
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.693265	0.69549	0.1154	0.45858	0.889
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.000999	-0.00470	0.0588	-0.09409	0.135

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.588	0.603	0.111	0.376	0.812

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.170457	0.15879	0.1014	-0.00471	0.403
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.072442	0.08727	0.0980	-0.12519	0.243
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000000	0.000000	0.0000	0.00000	0.000

```

TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO 0.000000 0.00000 0.0000 0.00000 0.000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA -0.053268 -0.00366 0.1300 -0.29145 0.176
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO 0.000000 0.00000 0.0000 0.00000 0.000
HUM_SUELO -> SACAROSA 0.693265 0.69549 0.1154 0.45858 0.889
CRECIMIENTO -> SACAROSA -0.000999 -0.00470 0.0588 -0.09409 0.135

```

```

> s3a<-data.frame(sim.class3$unidim)
> s3b<-data.frame(sim.class3$inner.sum)
> s3c<-data.frame(sim.class3$gof)
> s3d<-data.frame(sim.class3$inner.mod)
> s3bl<-data.frame(sim.class3$boot$rsq)
> s3b2<-data.frame(sim.class3$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class3, what="all", how="joint")
>
> segment3<-sim.data[rebus.sim$segments==3,]
> S3<-data.frame(segment3[,1:36])
> mytable3 <- xtabs(~Localidad, data=S3)
> T3<-data.frame(mytable3)
>
>

```

Anexo 3. Ecuaciones estructurales para la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 para el segundo periodo de evaluación (valle del Cauca - Colombia).

```
R Console (64-bit)
> # Libreria PLSPM
>
> library(plspm)
>
> #####
> #BASE DE DATOS
>
> PLS <- data.frame(read.csv("c:/dataR/PLS_REBUS P2.csv", header = TRUE, sep = ","))
>
> ##### ESTRUCTURA DE LOS MODELOS DE SENDERO PERIODO #####
> # create inner model matrix
>
> TERMICAS_DIU <-c(0,0,0,0,0,0)
> PRECIPITACION <-c(0,0,0,0,0,0)
> TERMICAS_NOC <-c(0,0,0,0,0,0)
> HUM_SUELO <-c(0,0,0,0,0,0)
> CRECIMIENTO <-c(0,0,0,0,0,0)
> SACAROSA <-c(1,1,1,1,1,0)
>
> sim.inner = rbind(TERMICAS_DIU,PRECIPITACION,TERMICAS_NOC,HUM_SUELO,CRECIMIENTO,SACAROSA)
> sim.inner
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
TERMICAS_DIU  0  0  0  0  0  0
PRECIPITACION  0  0  0  0  0  0
TERMICAS_NOC  0  0  0  0  0  0
HUM_SUELO     0  0  0  0  0  0
CRECIMIENTO   0  0  0  0  0  0
SACAROSA      1  1  1  1  1  0
>
> # define outer model list
> sim.outer <- list(c(12,13,14),c(3),c(8,15,16),c(5,6),c(2),c(24))
> sim.outer
[[1]]
[1] 12 13 14

[[2]]
[1] 3

[[3]]
[1] 8 15 16

[[4]]
[1] 5 6

[[5]]
[1] 2

[[6]]
[1] 24

>
> # define vector with reflective indicators
> sim.modes <- c("A","A","A","A","A","A")
> sim.modes
[1] "A" "A" "A" "A" "A" "A"
>
> ##### ANALISIS PLSPM GENERAL #####
>
> sim.data <- PLS
>
> # run plspm analysis
> sim.global = plspm(sim.data, sim.inner, sim.outer, sim.modes,scheme="centroid",scaled = TRUE)
> summary(sim.global)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
-----
```

```

MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases      124
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS      FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit       1e-06
8 Max Num Iters        100
9 Convergence Iters    3
10 Bootstrapping       FALSE
11 Bootstrap samples   NULL

```

BLOCKS DEFINITION

Block	Type	Size	Mode
1 TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2 PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3 TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4 HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5 CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6 SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd	
TERMICAS_DIU	A	3	0.945	0.965	2.71	0.286
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
TERMICAS_NOC	A	3	0.961	0.975	2.78	0.206
HUM_SUELO	A	2	0.774	0.898	1.63	0.369
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPV1	-0.00168	0.805	0.647	0.000
1 P_MxDPV1	0.37717	0.968	0.937	0.000
1 P_OciDPV1	0.64305	0.989	0.979	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.00000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.43077	0.988	0.976	0.000
3 P_Temp2	0.20065	0.897	0.805	0.000
3 P_MnTemp2	0.39663	0.995	0.989	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.19702	0.742	0.551	0.000
4 P_Tension40cm	0.86388	0.988	0.977	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.00000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.00000	1.000	1.000	0.227

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P DPV1	0.8046	-0.21174	0.41657	0.4991	0.0247	-0.000462
1 P_MxDPV1	0.9681	-0.24581	0.20194	0.2806	-0.1540	0.103511
1 P_OciDPV1	0.9894	-0.22108	-0.02557	0.0517	-0.2489	0.176480
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.2345	1.00000	-0.00064	-0.1643	0.2312	-0.340088
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.0403	0.06547	0.98777	0.4995	0.2709	-0.351544
3 P_Temp2	0.1662	-0.14121	0.89726	0.4740	0.1145	-0.163750
3 P_MnTemp2	0.0210	-0.00129	0.99452	0.5206	0.2716	-0.323684
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.2875	-0.25202	0.30056	0.7424	0.3794	-0.038093

4 P_Tension40cm	0.0945	-0.13266	0.52965	0.9883	0.6576	-0.167024
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.2182	0.23116	0.24740	0.6428	1.0000	-0.204273
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.1525	-0.34009	-0.31268	-0.1518	-0.2043	1.000000

INNER MODEL

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	5.22e-16	0.0810	6.45e-15	1.000000
TERMICAS_DIU	1.10e-01	0.0897	1.22e+00	0.223479
PRECIPITACION	-3.38e-01	0.0932	-3.62e+00	0.000431
TERMICAS_NOC	-2.75e-01	0.0971	-2.84e+00	0.005363
HUM_SUELO	-9.90e-02	0.1421	-6.97e-01	0.487120
CRECIMIENTO	2.95e-02	0.1289	2.29e-01	0.819209

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000	-0.2345	0.0590	0.138	-0.218	0.152
PRECIPITACION	-0.234	1.0000	-0.0006	-0.164	0.231	-0.340
TERMICAS_NOC	0.059	-0.0006	1.0000	0.517	0.247	-0.313
HUM_SUELO	0.138	-0.1643	0.5168	1.000	0.643	-0.152
CRECIMIENTO	-0.218	0.2312	0.2474	0.643	1.000	-0.204
SACAROSA	0.152	-0.3401	-0.3127	-0.152	-0.204	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.855	0.000	0.855
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.923	0.000	0.923
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.764	0.000	0.764
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.227	1.000	0.227	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.4409

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1 TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION		0.0000	0	0.0000
2 TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC		0.0000	0	0.0000
3 TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO		0.0000	0	0.0000
4 TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO		0.0000	0	0.0000
5 TERMICAS_DIU -> SACAROSA		0.1097	0	0.1097
6 PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC		0.0000	0	0.0000
7 PRECIPITACION -> HUM_SUELO		0.0000	0	0.0000
8 PRECIPITACION -> CRECIMIENTO		0.0000	0	0.0000
9 PRECIPITACION -> SACAROSA		-0.3376	0	-0.3376
10 TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO		0.0000	0	0.0000
11 TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO		0.0000	0	0.0000
12 TERMICAS_NOC -> SACAROSA		-0.2755	0	-0.2755
13 HUM_SUELO -> CRECIMIENTO		0.0000	0	0.0000
14 HUM_SUELO -> SACAROSA		-0.0990	0	-0.0990
15 CRECIMIENTO -> SACAROSA		0.0295	0	0.0295

> sim.global\$scores

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
1	-0.29708705	-0.6535915	0.17522362	-0.89982740	-0.86522288	-0.10748385
2	-0.29708705	-0.6535915	0.17522362	-0.89982740	-0.86522288	-0.79501086
3	-0.29708705	-0.6535915	0.17522362	-0.89982740	-0.86522288	-1.13161262
4	-0.29708705	-0.6535915	0.17522362	-0.89982740	-0.86522288	-0.36530648
5	0.83195711	-0.7134183	-0.77149544	-0.73135451	-1.20327965	0.97393884
6	0.83195711	-0.7134183	-0.77149544	-0.73135451	-1.20327965	1.52539279
7	0.83195711	-0.7134183	-0.77149544	-0.73135451	-1.20327965	-1.31065611
8	0.83195711	-0.7134183	-0.77149544	-0.73135451	-1.20327965	0.58720490

```

9 0.67195739 -0.6336493 -0.64448932 -0.87077129 -1.30989718 0.04291268
10 0.67195739 -0.6336493 -0.64448932 -0.87077129 -1.30989718 0.87367448
11 0.67195739 -0.6336493 -0.64448932 -0.87077129 -1.30989718 0.08588312
12 0.67195739 -0.6336493 -0.64448932 -0.87077129 -1.30989718 -0.41543866
13 0.13616712 0.6227132 1.31329461 -0.59978691 -1.56819991 0.77341013
14 0.13616712 0.6227132 1.31329461 -0.59978691 -1.56819991 0.94529188
15 0.13616712 0.6227132 1.31329461 -0.59978691 -1.56819991 -0.78068738
16 0.13616712 0.6227132 1.31329461 -0.59978691 -1.56819991 -0.22207169
17 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 -0.97444913 -1.90733909 -0.17910125
18 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 -0.97444913 -1.90733909 -0.96689261
19 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 -0.97444913 -1.90733909 0.96677710
20 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 -0.97444913 -1.90733909 0.80921883
21 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 -0.84771267 -1.50320602 -0.09316037
22 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 -0.84771267 -1.50320602 -0.12896907
23 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 -0.84771267 -1.50320602 0.74476317
24 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 -0.84771267 -1.50320602 0.43680836
25 -1.86400974 0.8021935 0.27735804 -0.38792341 0.63076812 -1.58996396
26 -1.86400974 0.8021935 0.27735804 -0.38792341 0.63076812 -0.38679170
27 -1.86400974 0.8021935 0.27735804 -0.38792341 0.63076812 -0.44408562
28 -1.86400974 0.8021935 0.27735804 -0.38792341 0.63076812 0.15750052
29 -2.45870496 2.7565352 -1.46145137 -0.08134365 1.28852987 -0.71623172
30 -2.45870496 2.7565352 -1.46145137 -0.08134365 1.28852987 -0.80217260
31 -2.45870496 2.7565352 -1.46145137 -0.08134365 1.28852987 -0.98837783
32 -2.45870496 2.7565352 -1.46145137 -0.08134365 1.28852987 -0.08599863
33 -2.09674207 -0.7931874 -0.54212059 0.06470314 1.53669729 0.34370575
34 -2.09674207 -0.7931874 -0.54212059 0.06470314 1.53669729 0.90948187
35 -2.09674207 -0.7931874 -0.54212059 0.06470314 1.53669729 0.94529188
36 -2.09674207 -0.7931874 -0.54212059 0.06470314 1.53669729 -0.02870471
37 -1.37438583 -0.5339380 -1.22397723 -0.02076997 0.45310505 -0.37246822
38 -1.37438583 -0.5339380 -1.22397723 -0.02076997 0.45310505 2.71424158
39 -1.37438583 -0.5339380 -1.22397723 -0.02076997 0.45310505 1.43229018
40 -1.37438583 -0.5339380 -1.22397723 -0.02076997 0.45310505 1.69011280
41 -0.85464435 -0.9926100 -0.22374693 -0.02212382 -1.74920862 1.40364322
42 -0.85464435 -0.9926100 -0.22374693 -0.02212382 -1.74920862 0.35086749
43 -0.85464435 -0.9926100 -0.22374693 -0.02212382 -1.74920862 -1.10295666
44 -0.85464435 -0.9926100 -0.22374693 -0.02212382 -1.74920862 0.45113184
45 0.13616712 0.6227132 1.31329461 0.59662886 0.62122322 -0.72339346
46 0.13616712 0.6227132 1.31329461 0.59662886 0.62122322 -1.53983178
47 0.13616712 0.6227132 1.31329461 0.59662886 0.62122322 -0.78068738
48 0.13616712 0.6227132 1.31329461 0.59662886 0.62122322 -0.56583519
49 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 0.85916153 1.02712751 -0.49421791
50 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 0.85916153 1.02712751 -0.62312911
51 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 0.85916153 1.02712751 -1.35362655
52 -0.30383730 0.2238680 -0.24459318 0.85916153 1.02712751 -1.04567175
53 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 1.06553451 1.06225668 -1.31781785
54 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 1.06553451 1.06225668 -0.11464559
55 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 1.06553451 1.06225668 -0.39395344
56 -0.74194424 -0.8530141 0.72725076 1.06553451 1.06225668 -0.68042302
57 0.69496418 -1.2119749 0.17050664 1.22956823 0.39455643 0.01426572
58 0.69496418 -1.2119749 0.17050664 1.22956823 0.39455643 -0.33665952
59 0.69496418 -1.2119749 0.17050664 1.22956823 0.39455643 -0.54434997
60 0.69496418 -1.2119749 0.17050664 1.22956823 0.39455643 -1.64009614
61 1.32489075 -0.6735338 0.66851321 1.29396363 0.67568820 0.65882229
62 1.32489075 -0.6735338 0.66851321 1.29396363 0.67568820 1.65430411
63 1.32489075 -0.6735338 0.66851321 1.29396363 0.67568820 2.09833197
64 1.32489075 -0.6735338 0.66851321 1.29396363 0.67568820 0.85218926
65 0.39069889 2.6767661 0.54638074 -0.91795097 0.10550337 -0.95256913
66 0.39069889 2.6767661 0.54638074 -0.91795097 0.10550337 0.07872138
67 0.39069889 2.6767661 0.54638074 -0.91795097 0.10550337 -0.88811347
68 0.39069889 2.6767661 0.54638074 -0.91795097 0.10550337 0.68746925
69 -0.54938426 -0.5937648 -0.59975960 -0.95311657 0.07224382 1.51823105
70 -0.54938426 -0.5937648 -0.59975960 -0.95311657 0.07224382 -0.03586645
71 -0.54938426 -0.5937648 -0.59975960 -0.95311657 0.07224382 0.42964662
72 -0.54938426 -0.5937648 -0.59975960 -0.95311657 0.07224382 1.78321542
73 0.08841849 -0.9128409 0.31233732 -0.93694828 -0.38330379 -0.17193951
74 0.08841849 -0.9128409 0.31233732 -0.93694828 -0.38330379 0.27925009
75 0.08841849 -0.9128409 0.31233732 -0.93694828 -0.38330379 -0.42260040
76 0.08841849 -0.9128409 0.31233732 -0.93694828 -0.38330379 -0.95973087
77 1.04254102 -0.4940534 -0.83607947 -0.90305134 -0.69489068 0.75192491

```

```

78 1.04254102 -0.4940534 -0.83607947 -0.90305134 -0.69489068 2.01239109
79 1.04254102 -0.4940534 -0.83607947 -0.90305134 -0.69489068 1.81902412
80 1.04254102 -0.4940534 -0.83607947 -0.90305134 -0.69489068 -0.61596737
81 0.50837438 0.4033483 -0.02483454 -0.96595362 -0.41375891 1.39648148
82 0.50837438 0.4033483 -0.02483454 -0.96595362 -0.41375891 -0.40111518
83 0.50837438 0.4033483 -0.02483454 -0.96595362 -0.41375891 1.19595277
84 0.50837438 0.4033483 -0.02483454 -0.96595362 -0.41375891 0.30073531
85 0.30807757 -0.6934761 2.62548248 2.52463378 1.16380655 -0.30085082
86 0.30807757 -0.6934761 2.62548248 2.52463378 1.16380655 -0.50854127
87 0.30807757 -0.6934761 2.62548248 2.52463378 1.16380655 0.65882229
88 0.30807757 -0.6934761 2.62548248 2.52463378 1.16380655 -1.08864218
89 -0.36399553 1.7793644 1.30477713 1.25731244 1.16242894 -1.81197789
90 -0.36399553 1.7793644 1.30477713 1.25731244 1.16242894 -1.69022832
91 -0.36399553 1.7793644 1.30477713 1.25731244 1.16242894 -2.63557795
92 -0.36399553 1.7793644 1.30477713 1.25731244 1.16242894 -1.32497959
93 0.55296604 0.4631751 0.43237403 1.19552711 0.78112491 -0.15045429
94 0.55296604 0.4631751 0.43237403 1.19552711 0.78112491 -0.92392217
95 0.55296604 0.4631751 0.43237403 1.19552711 0.78112491 0.89515970
96 0.55296604 0.4631751 0.43237403 1.19552711 0.78112491 -0.97405435
97 1.49085532 -0.7931874 0.12984233 1.50779078 0.78112491 -0.02154297
98 1.49085532 -0.7931874 0.12984233 1.50779078 0.78112491 0.69463099
99 1.49085532 -0.7931874 0.12984233 1.50779078 0.78112491 1.18162929
100 1.49085532 -0.7931874 0.12984233 1.50779078 0.78112491 0.52274924
101 1.38078311 -0.5937648 0.66854068 1.43193451 0.93925538 0.35086749
102 1.38078311 -0.5937648 0.66854068 1.43193451 0.93925538 -0.80933434
103 1.38078311 -0.5937648 0.66854068 1.43193451 0.93925538 0.63737007
104 1.38078311 -0.5937648 0.66854068 1.43193451 0.93925538 1.38215800
105 0.16213720 0.7224245 0.50341919 -0.85112506 -0.03068367 -1.49686135
106 0.16213720 0.7224245 0.50341919 -0.85112506 -0.03068367 -1.84778659
107 0.16213720 0.7224245 0.50341919 -0.85112506 -0.03068367 -0.55151171
108 0.16213720 0.7224245 0.50341919 -0.85112506 -0.03068367 -1.79765441
109 -0.17536197 0.2637525 -0.89481340 -0.97593386 0.34181347 1.66146585
110 -0.17536197 0.2637525 -0.89481340 -0.97593386 0.34181347 0.86651274
111 -0.17536197 0.2637525 -0.89481340 -0.97593386 0.34181347 0.22911791
112 -0.17536197 0.2637525 -0.89481340 -0.97593386 0.34181347 -0.05018993
113 0.07443300 0.4831174 0.02883908 0.08517201 0.45945191 -1.08148045
114 0.07443300 0.4831174 0.02883908 0.08517201 0.45945191 -0.10032211
115 0.07443300 0.4831174 0.02883908 0.08517201 0.45945191 -0.32233604
116 0.07443300 0.4831174 0.02883908 0.08517201 0.45945191 0.05007442
117 1.62537727 0.6227132 -2.39848687 -1.23221847 -0.64569016 0.02858920
118 1.62537727 0.6227132 -2.39848687 -1.23221847 -0.64569016 -0.35814474
119 1.62537727 0.6227132 -2.39848687 -1.23221847 -0.64569016 -0.25071864
120 1.62537727 0.6227132 -2.39848687 -1.23221847 -0.64569016 1.48242235
121 0.70511290 -0.6735338 -1.81424409 0.06043042 -1.22202505 0.84502752
122 0.70511290 -0.6735338 -1.81424409 0.06043042 -1.22202505 1.30337886
123 0.70511290 -0.6735338 -1.81424409 0.06043042 -1.22202505 1.03123276
124 0.70511290 -0.6735338 -1.81424409 0.06043042 -1.22202505 -0.80217260
> sim.global$unidim
> sim.global$inner.sum
NULL
> sim.global$gof
[1] 0.4409406
> sim.global$inner.mod
NULL
> #plot inner model
> #plot(sim.global)
>
> ##### APLICACION DEL ALGORITMO PLS-REBUS #####
>
> # apply rebus
> rebus.sim = rebus.pls(sim.global, stop.crit = 0.005, iter.max = 100)

```

```
[1] "Enter the number of classes (an integer > 1), and then press Enter:"
1: 3
Read 1 item
Error en Path[k1, k2] = path_lm$coef[-1, 1] :
número de items para para substituir no es un múltiplo de la longitud del reemplazo
> ##### APLICACION DEL ALGORITMO PLS-REBUS #####
>
> # apply rebus
> rebus.sim = rebus.pls(sim.global, stop.crit = 0.005, iter.max = 100)
[1] "Enter the number of classes (an integer > 1), and then press Enter:"
1: 2
Read 1 item
>
> ###ESCRIBA EL NUMERO DE CLASES ACORDE CON LA SEGMENTACION DEL DENDROGRAMA###
>
> rebus.sim
```

RESPONSE-BASED UNIT SEGMENTATION (REBUS)
IN PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING

Parameters Specification

```
Number of segments: 2
Stop criterion: 0.005
Max number of iter: 100
```

REBUS solution (on standardized data)

```
Number of iterations: 11
Rate of unit change: 0
Group Quality Index: 0.6238483
```

REBUS Segments

	Class.1	Class.2
number.units	67	57
proportions(%)	54	46

\$path.coef

	Class.1	Class.2
TERMICAS_DIU->SACAROSA	0.0726	0.4926
PRECIPITACION->SACAROSA	-0.4649	-0.5118
TERMICAS_NOC->SACAROSA	-0.2413	-0.3207
HUM_SUELO->SACAROSA	-0.3512	-0.4388
CRECIMIENTO->SACAROSA	0.2004	0.2061

\$loadings

	Class.1	Class.2
P_DPV1	0.4520	0.9325
P_MxDPV1	0.8227	0.9970
P_OciDPV1	0.9975	0.9726
P_Precipitacion	1.0000	1.0000
P_MnTemp	0.9810	0.9851
P_Temp2	0.9069	0.9247
P_MnTemp2	0.9909	0.9929
P_Tension20cm	0.6969	0.8869
P_Tension40cm	0.9888	0.9444
P_TasaElonga	1.0000	1.0000
SacarosaCana	1.0000	1.0000

\$quality

	Class.1	Class.2
Aver.Com		
Com.TERMICAS_DIU	0.6253681	0.9364839
Com.PRECIPITACION	1.0000000	1.0000000
Com.TERMICAS_NOC	0.9222168	0.9370997
Com.HUM_SUELO	0.7317232	0.8392022
Com.CRECIMIENTO	1.0000000	1.0000000

```
Com.SACAROSA 1.0000000 1.0000000
Aver.Redu
Red.SACAROSA 0.3740293 0.5155417
R2
R2.SACAROSA 0.3740293 0.5155417
GoF
GoF 0.5736747 0.7006163
>
>
> ##### TABLA DEL DE OBSERVACIONES POR SEGMENTOS DE PLS-REBUS #####
>
> table(rebus.sim$segments)
 1 2
67 57
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 1 #####
>
> # plspm analysis of class 1
> sim.class1 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==1,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary(sim.class1)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

MODEL SPECIFICATION

```
1 Number of Cases 67
2 Latent Variables 6
3 Manifest Variables 11
4 Scale of Data Standardized Data
5 Non-Metric PLS FALSE
6 Weighting Scheme centroid
7 Tolerance Crit 1e-06
8 Max Num Iters 100
9 Convergence Iters 3
10 Bootstrapping TRUE
11 Bootstrap samples 100
```

BLOCKS DEFINITION

	Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6	SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.895	0.936	2.49	0.498
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
TERMICAS_NOC	A	3	0.958	0.973	2.77	0.219
HUM_SUELO	A	2	0.736	0.883	1.58	0.418
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPV1	-0.261	0.452	0.204	0.000
1 P_MxDPV1	0.329	0.823	0.677	0.000
1 P_OciDPV1	0.850	0.998	0.995	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000

TERMICAS_NOC					
3 P_MnTemp	0.399	0.981	0.962	0.000	
3 P_Temp2	0.268	0.907	0.823	0.000	
3 P_MnTemp2	0.369	0.991	0.982	0.000	
HUM_SUELO					
4 P_Tension20cm	0.183	0.697	0.486	0.000	
4 P_Tension40cm	0.882	0.989	0.978	0.000	
CRECIMIENTO					
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000	
SACAROSA					
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.374	

CROSSLLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.45197	-0.0745	0.2603	0.4905	0.169	-0.0610
1 P_MxDPV1	0.82266	-0.1020	-0.0335	0.1554	-0.109	0.0769
1 P_OciDPV1	0.99752	-0.0838	-0.2930	-0.2124	-0.327	0.1988
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.08533	1.0000	0.0938	-0.0107	0.295	-0.4308
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	-0.35500	0.1718	0.9810	0.5148	0.391	-0.4544
3 P_Temp2	-0.15674	-0.0420	0.9069	0.4017	0.162	-0.3061
3 P_MnTemp2	-0.39100	0.0992	0.9909	0.5271	0.386	-0.4207
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.00863	-0.1821	0.1911	0.6969	0.467	-0.0764
4 P_Tension40cm	-0.29338	0.0257	0.5356	0.9888	0.745	-0.3678
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.35748	0.2953	0.3415	0.7429	1.000	-0.3062
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.21010	-0.4308	-0.4185	-0.3385	-0.306	1.0000

INNER MODEL

Intercept	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	7.35e-16	0.101	7.25e-15	1.000000
TERMICAS_DIU	7.26e-02	0.113	6.44e-01	0.521807
PRECIPITACION	-4.65e-01	0.115	-4.03e+00	0.000159
TERMICAS_NOC	-2.41e-01	0.124	-1.95e+00	0.056189
HUM_SUELO	-3.51e-01	0.181	-1.94e+00	0.057474
CRECIMIENTO	2.00e-01	0.178	1.12e+00	0.265836

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.0000	-0.0853	-0.3278	-0.2572	-0.357	0.210
PRECIPITACION	-0.0853	1.0000	0.0938	-0.0107	0.295	-0.431
TERMICAS_NOC	-0.3278	0.0938	1.0000	0.5075	0.342	-0.418
HUM_SUELO	-0.2572	-0.0107	0.5075	1.0000	0.743	-0.339
CRECIMIENTO	-0.3575	0.2953	0.3415	0.7429	1.000	-0.306
SACAROSA	0.2101	-0.4308	-0.4185	-0.3385	-0.306	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.625	0.000	0.625
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.922	0.000	0.922
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.732	0.000	0.732
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.374	1.000	0.374	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.5343

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0726	0	0.0726
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.4649	0	-0.4649
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.2413	0	-0.2413
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.3512	0	-0.3512
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.2004	0	0.2004

BOOTSTRAP VALIDATION

weights	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	-0.261	0.0669	5.28e-01	-0.7589	1.082
P_MxDPV1	0.329	0.3106	1.10e-01	0.0143	0.435
P_OciDPV1	0.850	0.4840	5.45e-01	-0.7519	1.098
P_Precipitacion	1.000	1.0000	1.10e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.399	0.4039	2.83e-02	0.3582	0.460
P_Temp2	0.268	0.2599	4.45e-02	0.1626	0.339
P_MnTemp2	0.369	0.3721	1.86e-02	0.3389	0.414
P_Tension20cm	0.183	0.1321	2.70e-01	-0.5708	0.451
P_Tension40cm	0.882	0.8858	1.38e-01	0.6514	1.207
P_TasaElonga	1.000	1.0000	1.07e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.0000	1.09e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.452	0.563	3.44e-01	-0.338	0.993
P_MxDPV1	0.823	0.779	2.33e-01	0.136	0.991
P_OciDPV1	0.998	0.787	3.46e-01	-0.181	0.998
P_Precipitacion	1.000	1.000	8.35e-17	1.000	1.000
P_MnTemp	0.981	0.982	5.02e-03	0.970	0.989
P_Temp2	0.907	0.900	3.16e-02	0.827	0.944
P_MnTemp2	0.991	0.991	2.90e-03	0.984	0.996
P_Tension20cm	0.697	0.663	1.74e-01	0.230	0.873
P_Tension40cm	0.989	0.928	2.85e-01	0.140	1.000
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.09e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	8.64e-17	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0726	0.0934	0.1018	-0.103	0.2905
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.4649	-0.4565	0.0823	-0.596	-0.3009
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.2413	-0.2543	0.0949	-0.441	-0.0754
HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.3512	-0.3402	0.2244	-0.723	0.1305
CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.2004	0.1847	0.1779	-0.173	0.4959

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.374	0.412	0.0909	0.237	0.593

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0726	0.0934	0.1018	-0.103	0.2905
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000


```

PRECIPITACION -> CRECIMIENTO      0.0000  0.0000  0.0000  0.000  0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA        -0.4649 -0.4565  0.0823 -0.596 -0.3009
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO         0.0000  0.0000  0.0000  0.000  0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO      0.0000  0.0000  0.0000  0.000  0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA        -0.2413 -0.2543  0.0949 -0.441 -0.0754
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO         0.0000  0.0000  0.0000  0.000  0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA          -0.3512 -0.3402  0.2244 -0.723  0.1305
CRECIMIENTO -> SACAROSA          0.2004  0.1847  0.1779 -0.173  0.4959

```

```

> sla<-data.frame(sim.class1$unidim)
> slb<-data.frame(sim.class1$inner.sum)
> slc<-data.frame(sim.class1$gof)
> sld<-data.frame(sim.class1$inner.mod)
> slbl<-data.frame(sim.class1$boot$rsq)
> slb2<-data.frame(sim.class1$scores)
>
>
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class1, what="all", how="joint")
>
> segment1<-sim.data[rebus.sim$segments==1,]
> S1<-data.frame(segment1[,1:36])
> mytable1 <- xtabs(~Localidad, data=S1)
> T1<-data.frame(mytable1)
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 2 #####
>
> # plspm analysis of class 2
> sim.class2 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==2,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary (sim.class2)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

MODEL SPECIFICATION

```

1 Number of Cases      57
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS      FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit      1e-06
8 Max Num Iters       100
9 Convergence Iters   3
10 Bootstrapping      TRUE
11 Bootstrap samples  100

```

BLOCKS DEFINITION

Block	Type	Size	Mode
1 TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2 PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3 TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4 HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5 CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6 SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.968	0.979	2.82	0.175
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
TERMICAS_NOC	A	3	0.967	0.979	2.82	0.174
HUM_SUELO	A	2	0.813	0.915	1.69	0.314
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000

```

OUTER MODEL
weight loading communality redundancy
TERMICAS_DIU
1 P_DPV1      0.229  0.932  0.870  0.000
1 P_MxDPV1    0.364  0.997  0.994  0.000
1 P_OciDPV1   0.435  0.973  0.946  0.000
PRECIPITACION
2 P_Precipitacion 1.000  1.000  1.000  0.000
TERMICAS_NOC
3 P_MnTemp    0.393  0.985  0.970  0.000
3 P_Temp2     0.256  0.925  0.855  0.000
3 P_MnTemp2   0.379  0.993  0.986  0.000
HUM_SUELO
4 P_Tension20cm 0.452  0.887  0.787  0.000
4 P_Tension40cm 0.635  0.944  0.892  0.000
CRECIMIENTO
5 P_TasaElonga 1.000  1.000  1.000  0.000
SACAROSA
6 SacarosaCana 1.000  1.000  1.000  0.516

```

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.932	-0.3310	0.525	0.548	-0.0809	0.2177
1 P_MxDPV1	0.997	-0.3616	0.353	0.421	-0.1912	0.3456
1 P_OciDPV1	0.973	-0.3353	0.164	0.296	-0.2039	0.4129
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.353	1.0000	-0.120	-0.340	0.1675	-0.4637
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.288	-0.0467	0.985	0.489	0.1596	-0.3223
3 P_Temp2	0.385	-0.2335	0.925	0.522	0.0745	-0.2097
3 P_MnTemp2	0.288	-0.1107	0.993	0.503	0.1622	-0.3114
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.438	-0.3162	0.396	0.887	0.3072	-0.0939
4 P_Tension40cm	0.331	-0.3107	0.531	0.944	0.5704	-0.1319
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.177	0.1675	0.143	0.501	1.0000	-0.2324
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.355	-0.4637	-0.298	-0.126	-0.2324	1.0000

INNER MODEL

```

$SACAROSA
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Intercept -7.63e-16  0.0975  -7.83e-15  1.00e+00
TERMICAS_DIU  4.93e-01  0.1225  4.02e+00  1.92e-04
PRECIPITACION -5.12e-01  0.1155  -4.43e+00  4.99e-05
TERMICAS_NOC  -3.21e-01  0.1169  -2.74e+00  8.37e-03
HUM_SUELO    -4.39e-01  0.1672  -2.62e+00  1.14e-02
CRECIMIENTO  2.06e-01  0.1386  1.49e+00  1.43e-01

```

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000	-0.353	0.320	0.408	-0.177	0.355
PRECIPITACION	-0.353	1.000	-0.120	-0.340	0.168	-0.464
TERMICAS_NOC	0.320	-0.120	1.000	0.516	0.143	-0.298
HUM_SUELO	0.408	-0.340	0.516	1.000	0.501	-0.126
CRECIMIENTO	-0.177	0.168	0.143	0.501	1.000	-0.232
SACAROSA	0.355	-0.464	-0.298	-0.126	-0.232	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.936	0.000	0.936
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.937	0.000	0.937
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.839	0.000	0.839

		Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000	
SACAROSA	Endogenous	0.516	1.000	0.516	1.000	

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.6858

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0	0.000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.493	0	0.493
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.512	0	-0.512
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.321	0	-0.321
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.439	0	-0.439
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.206	0	0.206

BOOTSTRAP VALIDATION

weights

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.229	0.213	1.55e-01	0.0612	0.320
P_MxDPV1	0.364	0.364	1.61e-02	0.3503	0.384
P_OciDPV1	0.435	0.445	1.38e-01	0.3488	0.583
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.53e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.393	0.364	2.47e-01	-0.0316	0.512
P_Temp2	0.256	0.282	3.00e-01	0.0453	0.963
P_MnTemp2	0.379	0.365	1.44e-01	0.0245	0.461
P_Tension20cm	0.452	0.412	4.80e-01	-0.7927	1.233
P_Tension40cm	0.635	0.577	4.34e-01	-0.5828	1.288
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.08e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.24e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.932	0.922	7.08e-02	0.850	0.962
P_MxDPV1	0.997	0.991	4.20e-02	0.984	0.998
P_OciDPV1	0.973	0.969	3.30e-02	0.946	0.989
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.985	0.966	1.22e-01	0.775	0.995
P_Temp2	0.925	0.912	5.79e-02	0.805	0.963
P_MnTemp2	0.993	0.975	1.13e-01	0.813	0.998
P_Tension20cm	0.887	0.765	3.49e-01	-0.248	0.994
P_Tension40cm	0.944	0.828	3.16e-01	-0.252	1.000
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.493	0.481	0.127	0.2521	0.7175
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.512	-0.488	0.100	-0.6996	-0.2992
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.321	-0.336	0.100	-0.5314	-0.0953
HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.439	-0.376	0.215	-0.6571	0.1504
CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.206	0.177	0.131	-0.0932	0.3770

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.516	0.527	0.0848	0.353	0.677

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.493	0.481	0.127	0.2521	0.7175
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.512	-0.488	0.100	-0.6996	-0.2992
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.321	-0.336	0.100	-0.5314	-0.0953
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.439	-0.376	0.215	-0.6571	0.1504
CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.206	0.177	0.131	-0.0932	0.3770

```

> s2a<-data.frame(sim.class2$unidim)
> s2b<-data.frame(sim.class2$inner.sum)
> s2c<-data.frame(sim.class2$gof)
> s2d<-data.frame(sim.class2$inner.mod)
> s2bl<-data.frame(sim.class2$boot$rsq)
> s2b2<-data.frame(sim.class2$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class2, what="all", how="joint")
>
> segment2<-sim.data[rebus.sim$segments==2,]
> S2<-data.frame(segment2[,1:36])
> mytable2 <- xtabs(~Localidad, data=S2)
> T2<-data.frame(mytable2)
>

```

Anexo 4. Ecuaciones estructurales para la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 para el tercer periodo de evaluación (valle del Cauca - Colombia).

```
R Console (64-bit)
> # Libreria PLSPM
>
> library(plspm)
>
> #####
> #BASE DE DATOS
>
> PLS <- data.frame(read.csv("c:/dataR/PLS_REBUS P3.csv", header = TRUE, sep = ","))
>
> ##### ESTRUCTURA DE LOS MODELOS DE SENDERO PERIODO #####
> # create inner model matrix
>
> TERMICAS_DIU <-c(0,0,0,0,0,0)
> PRECIPITACION <-c(0,0,0,0,0,0)
> TERMICAS_NOC <-c(0,0,0,0,0,0)
> HUM_SUELO <-c(0,0,0,0,0,0)
> CRECIMIENTO <-c(0,0,0,0,0,0)
> SACAROSA <-c(1,1,1,1,1,0)
>
> sim.inner = rbind(TERMICAS_DIU,PRECIPITACION,TERMICAS_NOC,HUM_SUELO,CRECIMIENTO,SACAROSA)
> sim.inner
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
TERMICAS_DIU  0  0  0  0  0  0
PRECIPITACION  0  0  0  0  0  0
TERMICAS_NOC   0  0  0  0  0  0
HUM_SUELO     0  0  0  0  0  0
CRECIMIENTO   0  0  0  0  0  0
SACAROSA      1  1  1  1  1  0
>
> # define outer model list
> sim.outer <- list(c(12,13,14),c(3),c(8,15,16),c(5,6),c(2),c(24))
> sim.outer
[[1]]
[1] 12 13 14

[[2]]
[1] 3

[[3]]
[1] 8 15 16

[[4]]
[1] 5 6

[[5]]
[1] 2

[[6]]
[1] 24

>
> # define vector with reflective indicators
> sim.modes <- c("A","A","A","A","A","A")
> sim.modes
[1] "A" "A" "A" "A" "A" "A"
>
> ##### ANALISIS PLSPM GENERAL #####
>
> sim.data <- PLS
>
> # run plspm analysis
> sim.global = plspm(sim.data, sim.inner, sim.outer, sim.modes,scheme="centroid",scaled = TRUE)
> summary(sim.global)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
-----
```

```

MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases      152
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS       FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit       1e-06
8 Max Num Iters        100
9 Convergence Iters    3
10 Bootstrapping       FALSE
11 Bootstrap samples   NULL

```

BLOCKS DEFINITION

Block	Type	Size	Mode
1 TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2 PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3 TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4 HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5 CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6 SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd	
TERMICAS_DIU	A	3	0.979	0.987	2.88	0.111
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
TERMICAS_NOC	A	3	0.932	0.957	2.65	0.342
HUM_SUELO	A	2	0.285	0.737	1.17	0.834
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPV1	0.456	0.983	0.966	0.000
1 P_MxDPV1	0.340	0.996	0.993	0.000
1 P_OciDPV1	0.223	0.956	0.915	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.166	0.881	0.777	0.000
3 P_Temp2	0.667	0.963	0.928	0.000
3 P_MnTemp2	0.235	0.898	0.806	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.657	0.765	0.585	0.000
4 P_Tension40cm	0.653	0.762	0.581	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.309

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.982905	-0.430	0.2847	0.0985	-0.0844	0.3029
1 P_MxDPV1	0.996433	-0.356	0.2326	0.0054	-0.1142	0.2256
1 P_OciDPV1	0.956368	-0.320	0.1103	-0.1016	-0.1251	0.1484
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.388140	1.000	-0.2947	0.1604	-0.2102	-0.3469
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.042528	-0.124	0.8813	0.0579	0.2217	0.0429
3 P_Temp2	0.339480	-0.375	0.9633	0.0529	0.2889	0.1731
3 P_MnTemp2	-0.000649	-0.101	0.8980	0.0853	0.2132	0.0611
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.026114	0.137	0.1451	0.7650	-0.0943	0.2370

	4 P_Tension40cm	0.010542	0.108	-0.0464	0.7622	-0.3422	0.2358
CRECIMIENTO							
5 P_TasaElonga	-0.105188		-0.210	0.2797	-0.2855	1.0000	-0.2264
SACAROSA							
6 SacarosaCana	0.247824	-0.347	0.1370	0.3096	-0.2264	1.0000	

INNER MODEL

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	2.26e-18	0.0688	3.29e-17	1.00e+00
TERMICAS_DIU	4.32e-02	0.0778	5.55e-01	5.80e-01
PRECIPITACION	-4.13e-01	0.0794	-5.21e+00	6.43e-07
TERMICAS_NOC	5.14e-02	0.0768	6.69e-01	5.04e-01
HUM_SUELO	3.04e-01	0.0736	4.13e+00	6.03e-05
CRECIMIENTO	-2.36e-01	0.0780	-3.03e+00	2.90e-03

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000	-0.388	0.233	0.024	-0.105	0.248
PRECIPITACION	-0.388	1.000	-0.295	0.160	-0.210	-0.347
TERMICAS_NOC	0.233	-0.295	1.000	0.065	0.280	0.137
HUM_SUELO	0.024	0.160	0.065	1.000	-0.285	0.310
CRECIMIENTO	-0.105	-0.210	0.280	-0.285	1.000	-0.226
SACAROSA	0.248	-0.347	0.137	0.310	-0.226	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.958	0.000	0.958
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.837	0.000	0.837
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.583	0.000	0.583
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.309	1.000	0.309	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.5028

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1 TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000	
2 TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000	
3 TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000	
4 TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000	
5 TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.0432	0	0.0432	
6 PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000	
7 PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000	
8 PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000	
9 PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.4135	0	-0.4135	
10 TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000	
11 TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000	
12 TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0514	0	0.0514	
13 HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000	
14 HUM_SUELO -> SACAROSA	0.3040	0	0.3040	
15 CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.2364	0	-0.2364	

> sim.global\$cores

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
1	0.28125830	0.28741574	0.23670613	-0.425361475	1.13608040	-3.081523957
2	0.28125830	0.28741574	0.23670613	-0.425361475	1.13608040	-2.854707580
3	0.28125830	0.28741574	0.23670613	-0.425361475	1.13608040	-2.200632449
4	0.28125830	0.28741574	0.23670613	-0.425361475	1.13608040	-2.037113666
5	0.63621704	0.07083617	0.41016428	-0.413740863	1.22371181	-2.195357649
6	0.63621704	0.07083617	0.41016428	-0.413740863	1.22371181	-1.251168548
7	0.63621704	0.07083617	0.41016428	-0.413740863	1.22371181	-1.108748963
8	0.63621704	0.07083617	0.41016428	-0.413740863	1.22371181	-0.966329378

9	0.66469704	0.03989624	0.47889574	-0.363103821	1.22896602	-0.992703375
10	0.66469704	0.03989624	0.47889574	-0.363103821	1.22896602	0.310172089
11	0.66469704	0.03989624	0.47889574	-0.363103821	1.22896602	-0.692039807
12	0.66469704	0.03989624	0.47889574	-0.363103821	1.22896602	0.199401300
13	1.22559803	0.13271605	1.49140372	-0.345634283	1.29719727	-0.776436598
14	1.22559803	0.13271605	1.49140372	-0.345634283	1.29719727	0.289072891
15	1.22559803	0.13271605	1.49140372	-0.345634283	1.29719727	0.352370484
16	1.22559803	0.13271605	1.49140372	-0.345634283	1.29719727	0.684682849
17	1.11946457	-0.23856320	1.93778396	-0.330858992	0.16603556	-0.391376238
18	1.11946457	-0.23856320	1.93778396	-0.330858992	0.16603556	0.531713665
19	1.11946457	-0.23856320	1.93778396	-0.330858992	0.16603556	-0.333353444
20	1.11946457	-0.23856320	1.93778396	-0.330858992	0.16603556	0.658308852
21	3.46032487	-0.95018177	0.98266357	-0.287490461	-2.01530686	0.299622490
22	3.46032487	-0.95018177	0.98266357	-0.287490461	-2.01530686	1.259635989
23	3.46032487	-0.95018177	0.98266357	-0.287490461	-2.01530686	0.167752504
24	3.46032487	-0.95018177	0.98266357	-0.287490461	-2.01530686	1.460078368
25	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	3.242558579	-1.67437107	0.737430844
26	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	3.242558579	-1.67437107	0.705782047
27	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	3.242558579	-1.67437107	1.549749959
28	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	3.242558579	-1.67437107	-0.322803845
29	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	2.768187316	-1.36051466	1.090842407
30	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	2.768187316	-1.36051466	1.681619945
31	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	2.768187316	-1.36051466	0.705782047
32	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	2.768187316	-1.36051466	1.080292808
33	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	0.063966621	-0.42445686	1.016995215
34	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	0.063966621	-0.42445686	0.370277040
35	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	0.063966621	-0.42445686	0.821827635
36	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	0.063966621	-0.42445686	0.151928105
37	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.334833685	-0.56444666	-0.296429848
38	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.334833685	-0.56444666	0.932598423
39	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.334833685	-0.56444666	0.974786819
40	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.334833685	-0.56444666	0.341820885
41	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.008368386	-1.68421812	0.209505989
42	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.008368386	-1.68421812	-0.528521024
43	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.008368386	-1.68421812	0.331271286
44	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.008368386	-1.68421812	0.159285066
45	0.56076468	-0.79548208	0.52282741	-0.178504843	2.50687819	0.953697621
46	0.56076468	-0.79548208	0.52282741	-0.178504843	2.50687819	0.484204070
47	0.56076468	-0.79548208	0.52282741	-0.178504843	2.50687819	1.465535168
48	0.56076468	-0.79548208	0.52282741	-0.178504843	2.50687819	1.4753902767
49	-1.87447133	3.65986893	-0.59393328	1.555845198	0.09034554	-0.066550567
50	-1.87447133	3.65986893	-0.59393328	1.555845198	0.09034554	-0.892482186
51	-1.87447133	3.65986893	-0.59393328	1.555845198	0.09034554	-0.375551840
52	-1.87447133	3.65986893	-0.59393328	1.555845198	0.09034554	0.267973693
53	-1.49599973	-0.73360220	1.28524505	-0.553680633	0.40313641	0.721606446
54	-1.49599973	-0.73360220	1.28524505	-0.553680633	0.40313641	-0.011590678
55	-1.49599973	-0.73360220	1.28524505	-0.553680633	0.40313641	0.183576902
56	-1.49599973	-0.73360220	1.28524505	-0.553680633	0.40313641	-1.019077372
57	-0.21405237	-0.82642202	1.44105255	0.163136955	0.23165808	0.378744481
58	-0.21405237	-0.82642202	1.44105255	0.163136955	0.23165808	0.73255242
59	-0.21405237	-0.82642202	1.44105255	0.163136955	0.23165808	1.043369212
60	-0.21405237	-0.82642202	1.44105255	0.163136955	0.23165808	0.278523292
61	-0.23599633	-0.91924183	1.41853298	0.570672394	0.10919456	1.518101162
62	-0.23599633	-0.91924183	1.41853298	0.570672394	0.10919456	-0.154010263
63	-0.23599633	-0.91924183	1.41853298	0.570672394	0.10919456	1.423154772
64	-0.23599633	-0.91924183	1.41853298	0.570672394	0.10919456	-0.233132255
65	-1.46145626	-0.39326289	0.68661476	-0.637760286	1.09511225	0.069743209
66	-1.46145626	-0.39326289	0.68661476	-0.637760286	1.09511225	-0.001041079
67	-1.46145626	-0.39326289	0.68661476	-0.637760286	1.09511225	1.043369212
68	-1.46145626	-0.39326289	0.68661476	-0.637760286	1.09511225	-0.285880249
69	0.14435932	-0.95018177	2.05746399	2.657805019	0.44362689	1.096117206
70	0.14435932	-0.95018177	2.05746399	2.657805019	0.44362689	1.096117206
71	0.14435932	-0.95018177	2.05746399	2.657805019	0.44362689	1.333483182
72	0.14435932	-0.95018177	2.05746399	2.657805019	0.44362689	0.373469682
73	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	-0.804393728	-0.12426875	-0.296429848
74	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	-0.804393728	-0.12426875	-1.4566885727
75	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	-0.804393728	-0.12426875	0.405118479
76	-0.41636577	1.46313336	-0.93760055	-0.804393728	-0.12426875	-0.069613472
77	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	-0.472396698	0.36944332	-0.322803845

78	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	-0.472396698	0.36944332	0.934148022
79	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	-0.472396698	0.36944332	-0.369651037
80	0.03324768	-0.67172233	0.02205704	-0.472396698	0.36944332	-0.945230180
81	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	-0.559296664	-0.01767809	-0.053789073
82	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	-0.559296664	-0.01767809	-0.607643015
83	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	-0.559296664	-0.01767809	0.515889267
84	0.02633323	-0.85736195	-0.18229618	-0.559296664	-0.01767809	-0.180384260
85	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.573115318	0.06017976	0.547538064
86	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.573115318	0.06017976	1.296559585
87	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.573115318	0.06017976	0.241599696
88	1.30098760	-0.42420283	0.15531735	-0.573115318	0.06017976	1.053918811
89	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.446922817	-0.09641776	-1.277542545
90	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.446922817	-0.09641776	0.679408050
91	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.446922817	-0.09641776	-0.412475436
92	-0.07545344	1.15373399	0.40835414	-0.446922817	-0.09641776	-0.850283790
93	-1.31004967	0.25647580	-0.79323206	-0.894325630	0.11356695	-0.665665809
94	-1.31004967	0.25647580	-0.79323206	-0.894325630	0.11356695	-0.285880249
95	-1.31004967	0.25647580	-0.79323206	-0.894325630	0.11356695	-0.433574634
96	-1.31004967	0.25647580	-0.79323206	-0.894325630	0.11356695	-0.992703375
97	-1.37946389	-0.42420283	0.49423079	-0.950893938	0.61220254	-0.665665809
98	-1.37946389	-0.42420283	0.49423079	-0.950893938	0.61220254	-1.098199364
99	-1.37946389	-0.42420283	0.49423079	-0.950893938	0.61220254	-0.871328988
100	-1.37946389	-0.42420283	0.49423079	-0.950893938	0.61220254	0.041820885
101	-0.22419788	-0.91924183	-0.75496492	-0.769347306	-0.09336811	0.356981715
102	-0.22419788	-0.91924183	-0.75496492	-0.769347306	-0.09336811	0.215225699
103	-0.22419788	-0.91924183	-0.75496492	-0.769347306	-0.09336811	1.338757981
104	-0.22419788	-0.91924183	-0.75496492	-0.769347306	-0.09336811	0.589736459
105	-0.79878012	0.60984245	-0.21932828	-0.490554638	-0.39296834	0.331271286
106	-0.79878012	0.60984245	-0.21932828	-0.490554638	-0.39296834	1.30828907
107	-0.79878012	0.60984245	-0.21932828	-0.490554638	-0.39296834	-0.132911065
108	-0.79878012	0.60984245	-0.21932828	-0.490554638	-0.39296834	0.589736459
109	-1.18735216	0.87527455	-0.48316236	-0.853758881	-1.73668674	0.315446888
110	-1.18735216	0.87527455	-0.48316236	-0.853758881	-1.73668674	-0.248956653
111	-1.18735216	0.87527455	-0.48316236	-0.853758881	-1.73668674	-0.913581383
112	-1.18735216	0.87527455	-0.48316236	-0.853758881	-1.73668674	-0.190933859
113	0.07423819	-0.57890252	-1.26231931	-0.368336642	0.44362689	0.974796819
114	0.07423819	-0.57890252	-1.26231931	-0.368336642	0.44362689	0.447316874
115	0.07423819	-0.57890252	-1.26231931	-0.368336642	0.44362689	1.755467137
116	0.07423819	-0.57890252	-1.26231931	-0.368336642	0.44362689	1.428429572
117	-0.03502299	0.53493524	-0.67905670	0.588832831	0.41537173	-1.309191342
118	-0.03502299	0.53493524	-0.67905670	0.588832831	0.41537173	-0.428299834
119	-0.03502299	0.53493524	-0.67905670	0.588832831	0.41537173	0.004233721
120	-0.03502299	0.53493524	-0.67905670	0.588832831	0.41537173	0.304897289
121	0.28763125	-0.39326289	0.92502976	-0.500372042	0.59908539	0.078080913
122	0.28763125	-0.39326289	0.92502976	-0.500372042	0.59908539	-0.570421826
123	0.28763125	-0.39326289	0.92502976	-0.500372042	0.59908539	-0.560169820
124	0.28763125	-0.39326289	0.92502976	-0.500372042	0.59908539	0.331271286
125	1.54682965	-0.95018177	-0.55187494	1.28444		

```

147 -0.65020553 1.61783305 -0.81423195 0.252057455 -1.39553049 -0.254231452
148 -0.65020553 1.61783305 -0.81423195 0.252057455 -1.39553049 0.621385256
149 0.75410155 -0.60984245 -2.37227191 -0.237915903 -1.45001995 1.159414800
150 0.75410155 -0.60984245 -2.37227191 -0.237915903 -1.45001995 1.196338396
151 0.75410155 -0.60984245 -2.37227191 -0.237915903 -1.45001995 1.001170816
152 0.75410155 -0.60984245 -2.37227191 -0.237915903 -1.45001995 0.948422822

```

```
> sim.global$unidim
```

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.9794336	0.9865279	2.881951	0.1114657
PRECIPITACION	A	1	1.0000000	1.0000000	1.000000	0.0000000
TERMICAS_NOC	A	3	0.9317428	0.9571668	2.645747	0.3417184
HUM_SUELO	A	2	0.2848443	0.7366060	1.166075	0.8339251
CRECIMIENTO	A	1	1.0000000	1.0000000	1.000000	0.0000000
SACAROSA	A	1	1.0000000	1.0000000	1.000000	0.0000000

```
> sim.global$inner.sum
```

```
NULL
```

```
> sim.global$gof
```

```
[1] 0.5028452
```

```
> sim.global$inner.mod
```

```
NULL
```

```
> #plot inner model
```

```
> #plot(sim.global)
```

```
>
> ##### APLICACION DEL ALGORITMO PLS-REBUS #####
>
```

```
> # apply rebus
```

```
> rebus.sim = rebus.pls(sim.global, stop.crit = 0.005, iter.max = 100)
```

```
[1] "Enter the number of classes (an integer > 1), and then press Enter:"
```

```
1: 3
```

```
Read 1 item
```

```
>
> ###ESCRIBA EL NUMERO DE CLASES ACORDE CON LA SEGMENTACION DEL DENDROGRAMA###
>
```

```
> rebus.sim
```

```
RESPONSE-BASED UNIT SEGMENTATION (REBUS)
```

```
IN PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING
```

```
-----
```

```
Parameters Specification
```

```

Number of segments: 3
Stop criterion: 0.005
Max number of iter: 100

```

```
REBUS solution (on standardized data)
```

```

Number of iterations: 67
Rate of unit change: 0
Group Quality Index: 0.7575293

```

```
REBUS Segments
```

	Class.1	Class.2	Class.3
number.units	33	32	87
proportions(%)	22	21	57

```
-----
```

\$path.coef	Class.1	Class.2	Class.3
TERMICAS_DIU->SACAROSA	-0.3828	-0.1537	0.1394
PRECIPITACION->SACAROSA	-0.2422	-0.9093	-0.1587
TERMICAS_NOC->SACAROSA	0.2027	-0.0849	-0.1861
HUM_SUELO->SACAROSA	0.5375	0.0916	0.2547
CRECIMIENTO->SACAROSA	-0.3022	0.4090	-0.4418

```
-----
```

\$loadings	Class.1	Class.2	Class.3
P_DPV1	0.6560	0.9884	0.9750
P_MxDPV1	0.9011	0.9969	0.9976

P_OciDPV1	0.9985	0.9657	0.9738
P_Precipitacion	1.0000	1.0000	1.0000
P_MnTemp	0.9930	0.9445	0.9926
P_Temp2	0.7887	0.8772	0.8048
P_MnTemp2	0.9960	0.9529	0.9947
P_Tension20cm	0.6437	0.5700	0.9511
P_Tension40cm	0.8692	0.8584	0.7791
P_TasaElonga	1.0000	1.0000	1.0000
SacarosaCana	1.0000	1.0000	1.0000

```
-----
```

```
$quality
```

	Class.1	Class.2	Class.3
Aver.Com			
Com.TERMICAS_DIU	0.7464949	0.9677960	0.9647199
Com.PRECIPITACION	1.0000000	1.0000000	1.0000000
Com.TERMICAS_NOC	0.8667308	0.8565545	0.8741704
Com.HUM_SUELO	0.5849579	0.5309280	0.7558241
Com.CRECIMIENTO	1.0000000	1.0000000	1.0000000
Com.SACAROSA	1.0000000	1.0000000	1.0000000

```
Aver.Redu
```

Red.SACAROSA	0.9537305	0.9518982	0.4418270
--------------	-----------	-----------	-----------

```
R2
```

R2.SACAROSA	0.9537305	0.9518982	0.4418270
-------------	-----------	-----------	-----------

```
GoF
```

GoF	0.9089982	0.9217447	0.6418587
-----	-----------	-----------	-----------

```
>
```

```
>
```

```
>
```

```
> ##### TABLA DEL DE OBSERVACIONES POR SEGMENTOS DE PLS-REBUS #####
```

```
>
```

```
> table(rebus.sim$segments)
```

```
1 2 3
```

```
33 32 87
```

```
>
```

```
>
```

```
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 1 #####
```

```
>
```

```
> # plspm analysis of class 1
```

```
> sim.class1 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==1,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
```

```
entroid", boot.val=TRUE)
```

```
> summary(sim.class1)
```

```
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

```
-----
```

```
MODEL SPECIFICATION
```

1	Number of Cases	33
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	Max Num Iters	100
9	Convergence Iters	3
10	Bootstrapping	TRUE
11	Bootstrap samples	100

```
-----
```

BLOCKS DEFINITION	Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6	SACAROSA	Endogenous	1	A

```

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY
Mode MVs C.alpha DG.rho eig.1st eig.2nd
TERMICAS_DIU A 3 0.927 0.954 2.62 0.364
PRECIPITACION A 1 1.000 1.000 1.00 0.000
TERMICAS_NOC A 3 0.933 0.958 2.65 0.336
HUM_SUELO A 2 0.307 0.743 1.18 0.819
CRECIMIENTO A 1 1.000 1.000 1.00 0.000
SACAROSA A 1 1.000 1.000 1.00 0.000

```

```

OUTER MODEL
weight loading communality redundancy
TERMICAS_DIU
1 P_DPV1 -0.157 0.656 0.430 0.000
1 P_MxDPV1 0.331 0.901 0.812 0.000
1 P_OciDPV1 0.806 0.999 0.997 0.000
PRECIPITACION
2 P_Precipitacion 1.000 1.000 1.000 0.000
TERMICAS_NOC
3 P_MnTemp 0.458 0.993 0.986 0.000
3 P_Temp2 0.105 0.789 0.622 0.000
3 P_MnTemp2 0.464 0.996 0.992 0.000
HUM_SUELO
4 P_Tension20cm 0.503 0.644 0.414 0.000
4 P_Tension40cm 0.778 0.869 0.756 0.000
CRECIMIENTO
5 P_TasaElonga 1.000 1.000 1.000 0.000
SACAROSA
6 SacarosaCana 1.000 1.000 1.000 0.954

```

```

CROSSLLOADINGS
TERMICAS_DIU
1 P_DPV1 0.6560 -0.3865 0.40602 0.2627 -0.0651 0.1079
1 P_MxDPV1 0.9011 -0.2578 0.27488 0.0309 0.0962 -0.2279
1 P_OciDPV1 0.9985 -0.1761 -0.04878 -0.2427 0.2488 -0.5555
PRECIPITACION
2 P_Precipitacion -0.1666 1.0000 -0.25190 0.0426 -0.2537 -0.1299
TERMICAS_NOC
3 P_MnTemp -0.0039 -0.2642 0.99301 0.2289 -0.0415 0.4047
3 P_Temp2 0.1894 -0.2972 0.78872 0.0231 0.2379 0.0931
3 P_MnTemp2 -0.0650 -0.2146 0.99602 0.2371 -0.0178 0.4106
HUM_SUELO
4 P_Tension20cm -0.1762 0.1047 0.18080 0.6437 -0.2036 0.4850
4 P_Tension40cm -0.1772 -0.0129 0.16239 0.8692 -0.5916 0.7507
CRECIMIENTO
5 P_TasaElonga 0.2425 -0.2537 -0.00217 -0.5627 1.0000 -0.6365
SACAROSA
6 SacarosaCana -0.5399 -0.1299 0.38568 0.8280 -0.6365 1.0000

```

```

INNER MODEL
$SACAROSA
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Intercept 4.25e-16 0.0414 1.03e-14 1.00e+00
TERMICAS_DIU -3.83e-01 0.0433 -8.84e+00 1.86e-09
PRECIPITACION -2.42e-01 0.0448 -5.41e+00 1.02e-05
TERMICAS_NOC 2.03e-01 0.0442 4.59e+00 9.20e-05
HUM_SUELO 5.38e-01 0.0524 1.03e+01 8.08e-11
CRECIMIENTO -3.02e-01 0.0526 -5.75e+00 4.13e-06

```

```

CORRELATIONS BETWEEN LVs
TERMICAS_DIU PRECIPITACION TERMICAS_NOC HUM_SUELO CRECIMIENTO SACAROSA
TERMICAS_DIU 1.000 -0.1666 -0.0120 -0.2265 0.2425 -0.540
PRECIPITACION -0.167 1.0000 -0.2519 0.0426 -0.2537 -0.130
TERMICAS_NOC -0.012 -0.2519 1.0000 0.2173 -0.0022 0.386

```

```

HUM_SUELO -0.227 0.0426 0.2173 1.0000 -0.5627 0.828
CRECIMIENTO 0.242 -0.2537 -0.0022 -0.5627 1.0000 -0.636
SACAROSA -0.540 -0.1299 0.3857 0.8280 -0.6365 1.000

```

```

SUMMARY INNER MODEL
Type R2 Block_Community Mean_Redundancy AVE
TERMICAS_DIU Exogenous 0.000 0.746 0.000 0.746
PRECIPITACION Exogenous 0.000 1.000 0.000 1.000
TERMICAS_NOC Exogenous 0.000 0.867 0.000 0.867
HUM_SUELO Exogenous 0.000 0.585 0.000 0.585
CRECIMIENTO Exogenous 0.000 1.000 0.000 1.000
SACAROSA Endogenous 0.954 1.000 0.954 1.000

```

```

GOODNESS-OF-FIT
[1] 0.8464

```

```

TOTAL EFFECTS
relationships direct indirect total
1 TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION 0.000 0 0.000
2 TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC 0.000 0 0.000
3 TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO 0.000 0 0.000
4 TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO 0.000 0 0.000
5 TERMICAS_DIU -> SACAROSA -0.383 0 -0.383
6 PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC 0.000 0 0.000
7 PRECIPITACION -> HUM_SUELO 0.000 0 0.000
8 PRECIPITACION -> CRECIMIENTO 0.000 0 0.000
9 PRECIPITACION -> SACAROSA -0.242 0 -0.242
10 TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO 0.000 0 0.000
11 TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO 0.000 0 0.000
12 TERMICAS_NOC -> SACAROSA 0.203 0 0.203
13 HUM_SUELO -> CRECIMIENTO 0.000 0 0.000
14 HUM_SUELO -> SACAROSA 0.538 0 0.538
15 CRECIMIENTO -> SACAROSA -0.302 0 -0.302

```

```

BOOTSTRAP VALIDATION
weights
Original Mean.Boot Std.Error perc.025 perc.975
P_DPV1 -0.157 -0.1373 4.14e-01 -0.8945 1.076
P_MxDPV1 0.331 0.2917 1.05e-01 -0.0277 0.396
P_OciDPV1 0.806 0.7122 4.73e-01 -1.1566 1.283
P_Precipitacion 1.000 1.0000 1.34e-16 1.0000 1.000
P_MnTemp 0.458 0.4447 1.80e-01 0.0160 0.653
P_Temp2 0.105 0.0335 4.07e-01 -0.9788 0.854
P_MnTemp2 0.464 0.4581 1.95e-01 -0.0593 0.712
P_Tension20cm 0.503 0.5066 1.11e-01 0.3044 0.750
P_Tension40cm 0.778 0.7608 6.64e-02 0.5875 0.884
P_TasaElonga 1.000 1.0000 1.46e-16 1.0000 1.000
SacarosaCana 1.000 1.0000 1.15e-16 1.0000 1.000

```

```

loadings
Original Mean.Boot Std.Error perc.025 perc.975
P_DPV1 0.656 0.564 3.05e-01 -0.217 0.918
P_MxDPV1 0.901 0.796 2.43e-01 0.154 0.988
P_OciDPV1 0.999 0.894 2.90e-01 -0.239 0.998
P_Precipitacion 1.000 1.000 1.12e-16 1.000 1.000
P_MnTemp 0.993 0.938 1.65e-01 0.343 0.998
P_Temp2 0.789 0.669 3.24e-01 -0.383 0.899
P_MnTemp2 0.996 0.939 1.68e-01 0.316 0.998
P_Tension20cm 0.644 0.668 8.26e-02 0.486 0.826
P_Tension40cm 0.869 0.860 7.54e-02 0.663 0.955
P_TasaElonga 1.000 1.000 1.12e-16 1.000 1.000
SacarosaCana 1.000 1.000 1.12e-16 1.000 1.000

```

```

paths
Original Mean.Boot Std.Error perc.025 perc.975

```

```

TERMICAS_DIU -> SACAROSA      -0.383    -0.348    0.1811  -5.68e-01  0.3102
PRECIPITACION -> SACAROSA     -0.242    -0.238    0.0790  -3.85e-01  -0.0767
TERMICAS_NOC  -> SACAROSA      0.203     0.183    0.0795   8.89e-05  0.3366
HUM_SUELO    -> SACAROSA      0.538     0.523    0.0771   3.60e-01  0.6577
CRECIMIENTO  -> SACAROSA     -0.302    -0.296    0.0670  -4.50e-01  -0.1751

```

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.954	0.952	0.0207	0.899	0.976

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.383	-0.348	0.1811	-5.68e-01	0.3102
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.242	-0.238	0.0790	-3.85e-01	-0.0767
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.203	0.183	0.0795	8.89e-05	0.3366
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.00e+00	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.538	0.523	0.0771	3.60e-01	0.6577
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.302	-0.296	0.0670	-4.50e-01	-0.1751

```

> sla<-data.frame(sim.class1$unidim)
> slb<-data.frame(sim.class1$inner.sum)
> slc<-data.frame(sim.class1$gof)
> sld<-data.frame(sim.class1$inner.mod)
> slbl<-data.frame(sim.class1$boot$rsq)
> slb2<-data.frame(sim.class1$scores)
>
>
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class1, what="all", how="joint")
>
> segment1<-sim.data[rebus.sim$segments==1,]
> S1<-data.frame(segment1[,1:36])
> mytable1 <- xtabs(~Localidad, data=S1)
> T1<-data.frame(mytable1)
>
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 2 #####
>
> # plspm analysis of class 2
> sim.class2 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==2,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary (sim.class2)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

MODEL SPECIFICATION

1	Number of Cases	32
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	MaxNum Iters	100
9	Convergence Iters	3
10	Bootstrapping	TRUE
11	Bootstrap samples	100

BLOCKS DEFINITION

	Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6	SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.985	0.990	2.91	0.0838
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
TERMICAS_NOC	A	3	0.917	0.948	2.58	0.3993
HUM_SUELO	A	2	0.127	0.696	1.07	0.9321
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPVI	0.482	0.988	0.977	0.000
1 P_MxDPV1	0.332	0.997	0.994	0.000
1 P_OciDPV1	0.199	0.966	0.933	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.361	0.944	0.892	0.000
3 P_Temp2	0.417	0.877	0.770	0.000
3 P_MnTemp2	0.307	0.953	0.908	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.514	0.570	0.325	0.000
4 P_Tension40cm	0.824	0.858	0.737	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.952

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPVI	0.9884	-0.544	0.2882	-0.0283	-0.00585	0.3121
1 P_MxDPV1	0.9969	-0.472	0.2718	-0.1186	-0.06781	0.2151
1 P_OciDPV1	0.9657	-0.403	0.2048	-0.2087	-0.12829	0.1288
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.4990	1.000	-0.4000	0.1995	-0.23872	-0.8780
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	0.1497	-0.345	0.9445	-0.0642	0.31469	0.3344
3 P_Temp2	0.4825	-0.461	0.8772	-0.1703	0.31550	0.3859
3 P_MnTemp2	0.0476	-0.271	0.9529	-0.0463	0.32907	0.2840
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	-0.1331	0.215	0.0554	0.5700	0.02738	-0.0904
4 P_Tension40cm	-0.0318	0.108	-0.1663	0.8584	-0.31323	-0.1449
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.0509	-0.239	0.3464	-0.2439	1.00000	0.5821
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.2476	-0.878	0.3691	-0.1658	0.58214	1.0000

INNER MODEL

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-5.49e-16	0.0430	-1.28e-14	1.00e+00
TERMICAS_DIU	-1.54e-01	0.0513	-2.99e+00	5.97e-03
PRECIPITACION	-9.09e-01	0.0539	-1.69e+01	1.61e-15
TERMICAS_NOC	-8.49e-02	0.0495	-1.71e+00	9.86e-02
HUM_SUELO	9.16e-02	0.0449	2.04e+00	5.18e-02


```
CRECIMIENTO      4.09e-01      0.0486      8.41e+00      6.78e-09
```

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS DIU	PRECIPITACION	TERMICAS NOC	HUM SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.0000	-0.499	0.270	-0.0946	-0.0509	0.248
PRECIPITACION	-0.4990	1.000	-0.400	0.1995	-0.2387	-0.878
TERMICAS_NOC	0.2700	-0.400	1.000	-0.1085	0.3464	0.369
HUM_SUELO	-0.0946	0.200	-0.108	1.0000	-0.2439	-0.166
CRECIMIENTO	-0.0509	-0.239	0.346	-0.2439	1.0000	0.582
SACAROSA	0.2476	-0.878	0.369	-0.1658	0.5821	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous 0.000		0.968	0.000	0.968
PRECIPITACION	Exogenous 0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous 0.000		0.857	0.000	0.857
HUM_SUELO	Exogenous 0.000		0.531	0.000	0.531
CRECIMIENTO	Exogenous 0.000	1.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous 0.952		1.000	0.952	1.000

GOODNESS-OF-FIT

```
[1] 0.8818
```

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.1537	0	-0.1537
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.9093	0	-0.9093
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.0849	0	-0.0849
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.0916	0	0.0916
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.4090	0	0.4090

BOOTSTRAP VALIDATION

weights

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.482	0.446	3.87e-01	-0.4088	1.140
P_MxDPV1	0.332	0.332	3.82e-02	0.2574	0.385
P_OciDPV1	0.199	0.225	3.53e-01	-0.4472	0.957
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.30e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.361	0.331	1.35e-01	-0.0493	0.463
P_Temp2	0.417	0.435	2.38e-01	0.2603	1.007
P_MnTemp2	0.307	0.291	1.23e-01	0.0172	0.398
P_Tension20cm	0.514	0.496	4.95e-01	-0.6233	0.997
P_Tension40cm	0.824	0.492	5.04e-01	-0.6599	1.000
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.24e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.30e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.988	0.974	6.12e-02	0.864	0.999
P_MxDPV1	0.997	0.985	4.13e-02	0.889	0.999
P_OciDPV1	0.966	0.950	4.71e-02	0.816	0.997
P_Precipitacion	1.000	1.000	3.16e-17	1.000	1.000
P_MnTemp	0.944	0.913	1.27e-01	0.438	0.978
P_Temp2	0.877	0.863	1.95e-01	0.663	0.973

P_MnTemp2	0.953	0.923	1.26e-01	0.441	0.984
P_Tension20cm	0.570	0.408	5.96e-01	-0.952	0.999
P_Tension40cm	0.858	0.389	6.11e-01	-0.962	0.995
P_TasaElonga	1.000	1.000	0.00e+00	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	3.16e-17	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.1537	-0.1537	0.0624	-0.2888	-0.0577
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.9093	-0.8719	0.1104	-1.0568	-0.6298
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.0849	-0.0778	0.0575	-0.1723	0.0427
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.0916	0.0437	0.0690	-0.0849	0.1466
CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.4090	0.4085	0.0851	0.2721	0.6043

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.952	0.948	0.0221	0.895	0.978

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.1537	-0.1537	0.0624	-0.2888	-0.0577
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.9093	-0.8719	0.1104	-1.0568	-0.6298
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.0849	-0.0778	0.0575	-0.1723	0.0427
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.0916	0.0437	0.0690	-0.0849	0.1466
CRECIMIENTO -> SACAROSA	0.4090	0.4085	0.0851	0.2721	0.6043

```
> s2a<-data.frame(sim.class2$unidim)
> s2b<-data.frame(sim.class2$inner.sum)
> s2c<-data.frame(sim.class2$gof)
> s2d<-data.frame(sim.class2$inner.mod)
> s2bl<-data.frame(sim.class2$boot$rsq)
> s2b2<-data.frame(sim.class2$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class2, what="all", how="joint")
>
> segment2<-sim.data[rebus.sim$segments==2,]
> S2<-data.frame(segment2[,1:36])
> mytable2 <- xtabs(~Localidad, data=S2)
> T2<-data.frame(mytable2)
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 3 #####
>
> # plspm analysis of class 3
> sim.class3 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==3,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary(sim.class3)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

MODEL SPECIFICATION

1	Number of Cases	87
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	Max Num Iters	100
9	Convergence Iters	3

```

10 Bootstrapping      TRUE
11 Bootstrap samples  100

```

BLOCKS DEFINITION

Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3 A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1 A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3 A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2 A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1 A
6	SACAROSA	Endogenous	1 A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd	
TERMICAS_DIU	A	3	0.982	0.988	2.89	0.0987
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
TERMICAS_NOC	A	3	0.936	0.960	2.66	0.3244
HUM_SUELO	A	2	0.708	0.872	1.55	0.4525
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPV1	0.343	0.975	0.951	0.000
1 P_MxDPV1	0.338	0.998	0.995	0.000
1 P_OciDPV1	0.337	0.974	0.948	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.485	0.993	0.985	0.000
3 P_Temp2	0.129	0.805	0.648	0.000
3 P_MnTemp2	0.417	0.995	0.989	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.749	0.951	0.905	0.000
4 P_Tension40cm	0.369	0.779	0.607	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.442

CROSSLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.975	-0.34957	0.0332	0.32273	-0.1879	0.366
1 P_MxDPV1	0.998	-0.29086	-0.0365	0.24449	-0.2402	0.361
1 P_OciDPV1	0.974	-0.28103	-0.1942	0.17411	-0.2623	0.360
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.313	1.00000	-0.0226	0.04226	-0.1156	-0.136
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	-0.096	0.02591	0.9926	-0.00733	0.2910	-0.347
3 P_Temp2	0.223	-0.32428	0.8048	0.30347	0.2835	-0.092
3 P_MnTemp2	-0.116	0.01567	0.9947	0.04634	0.2607	-0.298
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.133	0.05709	-0.0368	0.95115	-0.1313	0.330
4 P_Tension40cm	0.412	-0.00139	0.2233	0.77908	0.0557	0.163
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.234	-0.11561	0.2864	-0.07786	1.0000	-0.529
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.369	-0.13633	-0.3043	0.30732	-0.5292	1.000

INNER MODEL

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
\$\$SACAROSA			

```

Intercept      7.52e-16      0.0830      9.06e-15      1.00e+00
TERMICAS_DIU   1.39e-01      0.0948      1.47e+00      1.45e-01
PRECIPITACION -1.59e-01      0.0901     -1.76e+00      8.17e-02
TERMICAS_NOC  -1.86e-01      0.0869     -2.14e+00      3.53e-02
HUM_SUELO      2.55e-01      0.0868      2.93e+00      4.36e-03
CRECIMIENTO   -4.42e-01      0.0908     -4.87e+00      5.49e-06

```

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.0000	-0.3130	-0.0665	0.2520	-0.2341	0.369
PRECIPITACION	-0.3130	1.0000	-0.0226	0.0423	-0.1156	-0.136
TERMICAS_NOC	-0.0665	-0.0226	1.0000	0.0548	0.2864	-0.304
HUM_SUELO	0.2520	0.0423	0.0548	1.0000	-0.0779	0.307
CRECIMIENTO	-0.2341	-0.1156	0.2864	-0.0779	1.0000	-0.529
SACAROSA	0.3691	-0.1363	-0.3043	0.3073	-0.5292	1.000

SUMMARY INNER MODEL

Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE	
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.965	0.000	0.965
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.874	0.000	0.874
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.756	0.000	0.756
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.442	1.000	0.442	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.623

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0	0.000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0	0.139
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.159	0	-0.159
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.186	0	-0.186
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.255	0	0.255
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.442	0	-0.442

BOOTSTRAP VALIDATION

weights	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.343	0.3415	2.70e-02	0.2966	0.391
P_MxDPV1	0.338	0.3378	1.02e-02	0.3184	0.356
P_OciDPV1	0.337	0.3402	2.77e-02	0.2952	0.390
P_Precipitacion	1.000	1.0000	1.47e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.485	0.5050	1.95e-01	0.3853	0.850
P_Temp2	0.129	0.0729	2.70e-01	-0.5801	0.299
P_MnTemp2	0.417	0.4174	6.60e-02	0.3269	0.534
P_Tension20cm	0.749	0.7517	1.12e-01	0.5705	0.962
P_Tension40cm	0.369	0.3405	1.88e-01	0.0136	0.555
P_TasaElonga	1.000	1.0000	1.06e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.0000	1.22e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.975	0.973	8.05e-03	0.960	0.983

P_MxDPV1	0.998	0.997	9.04e-04	0.996	0.998
P_OciDPV1	0.974	0.972	7.30e-03	0.955	0.983
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
P_MnTemp	0.993	0.978	6.96e-02	0.874	0.998
P_Temp2	0.805	0.761	1.49e-01	0.312	0.907
P_MnTemp2	0.995	0.978	6.56e-02	0.853	0.997
P_Tension20cm	0.951	0.934	1.57e-01	0.877	0.995
P_Tension40cm	0.779	0.763	1.20e-01	0.499	0.896
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.12e-16	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0.144	0.0965	-0.0540	0.3094
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.159	-0.155	0.0815	-0.2986	-0.0026
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.186	-0.174	0.1011	-0.3712	0.0553
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.255	0.252	0.0858	0.0969	0.3705
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.442	-0.441	0.0979	-0.6202	-0.2383

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.442	0.471	0.0742	0.327	0.622

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0.144	0.0965	-0.0540	0.3094
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.159	-0.155	0.0815	-0.2986	-0.0026
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.186	-0.174	0.1011	-0.3712	0.0553
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.255	0.252	0.0858	0.0969	0.3705
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.442	-0.441	0.0979	-0.6202	-0.2383

```

> s3a<-data.frame(sim.class3$unidim)
> s3b<-data.frame(sim.class3$inner.sum)
> s3c<-data.frame(sim.class3$gof)
> s3d<-data.frame(sim.class3$inner.mod)
> s3b1<-data.frame(sim.class3$boot$rsq)
> s3b2<-data.frame(sim.class3$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class3, what="all", how="joint")
>
> segment3<-sim.data[rebus.sim$segments==3,]
> S3<-data.frame(segment3[,1:36])
> mytable3 <- xtabs(~Localidad, data=S3)
> T3<-data.frame(mytable3)
>
>

```

Anexo 5. Ecuaciones estructurales para la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 para el cuarto periodo de evaluación (valle del Cauca - Colombia).

```

> # Libreria PLSPM
>
> library(plspm)
>
> #####
> #BASE DE DATOS
>
> PLS <- data.frame(read.csv("c:/dataR/PLS_REBUS P4.csv", header = TRUE, sep = ","))
>
> ##### ESTRUCTURA DE LOS MODELOS DE SENDERO PERIODO #####
>
> # create inner model matrix
>
> TERMICAS_DIU <-c(0,0,0,0,0)
> PRECIPITACION <-c(0,0,0,0,0)
> TERMICAS_NOC <-c(0,0,0,0,0)
> HUM_SUELO <-c(0,0,0,0,0)
> CRECIMIENTO <-c(0,0,0,0,0)
> SACAROSA <-c(1,1,1,1,0)
>
> sim.inner = rbind(TERMICAS_DIU,PRECIPITACION,TERMICAS_NOC,HUM_SUELO,CRECIMIENTO,SACAROSA)
> sim.inner
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
TERMICAS_DIU  0  0  0  0  0  0
PRECIPITACION  0  0  0  0  0  0
TERMICAS_NOC  0  0  0  0  0  0
HUM_SUELO    0  0  0  0  0  0
CRECIMIENTO  0  0  0  0  0  0
SACAROSA     1  1  1  1  1  0
>
> # define outer model list
> sim.outer <- list(c(12,13,14),c(3),c(8,15,16),c(5,6),c(2),c(24))
> sim.outer
[[1]]
[1] 12 13 14

[[2]]
[1] 3

[[3]]
[1] 8 15 16

[[4]]
[1] 5 6

[[5]]
[1] 2

[[6]]
[1] 24
>
> # define vector with reflective indicators
> sim.modes <- c("A","A","A","A","A","A")
> sim.modes
[1] "A" "A" "A" "A" "A" "A"
>
> ##### ANALISIS PLSPM GENERAL #####
>
> sim.data <- PLS
>
> # run plspm analysis
> sim.global = plspm(sim.data, sim.inner, sim.outer, sim.modes,scheme="centroid",scaled = TRUE)
> summary(sim.global)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

```

MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases      152
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS      FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit      1e-06
8 Max Num Iters        100
9 Convergence Iters   3
10 Bootstrapping       FALSE
11 Bootstrap samples   NULL
-----
BLOCKS DEFINITION
      Block      Type      Size      Mode
1  TERMICAS_DIU  Exogenous  3      A
2  PRECIPITACION Exogenous  1      A
3  TERMICAS_NOC  Exogenous  3      A
4  HUM_SUELO     Exogenous  2      A
5  CRECIMIENTO  Exogenous  1      A
6  SACAROSA     Endogenous  1      A
-----
BLOCKS UNIDIMENSIONALITY
      Mode  MVs  C.alpha  DG.rho  eig.1st  eig.2nd
TERMICAS_DIU  A  3  0.966  0.978  2.81  0.186
PRECIPITACION A  1  1.000  1.000  1.00  0.000
TERMICAS_NOC  A  3  0.954  0.970  2.75  0.234
HUM_SUELO     A  2  0.876  0.942  1.78  0.220
CRECIMIENTO  A  1  1.000  1.000  1.00  0.000
SACAROSA     A  1  1.000  1.000  1.00  0.000
-----
OUTER MODEL
      weight  loading  communality  redundancy
TERMICAS_DIU
1  P_DPV1    1.2923  0.922      0.850      0.000
1  P_MxDPV1  0.3193  0.765      0.585      0.000
1  P_OciDPV1 -0.8283  0.526      0.277      0.000
PRECIPITACION
2  P_Precipitacion 1.0000  1.000      1.000      0.000
TERMICAS_NOC
3  P_MnTemp    0.4504  0.994      0.987      0.000
3  P_Temp2    -0.0846  0.796      0.634      0.000
3  P_MnTemp2   0.6230  0.995      0.990      0.000
HUM_SUELO
4  P_Tension20cm 0.5593  0.950      0.902      0.000
4  P_Tension40cm 0.5006  0.937      0.877      0.000
CRECIMIENTO
5  P_TasaElonga 1.0000  1.000      1.000      0.000
SACAROSA
6  SacarosaCana 1.0000  1.000      1.000      0.201
-----
CROSSLOADINGS
      TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA
TERMICAS_DIU
1  P_DPV1          0.922          -0.3850        -0.01325      0.48274      -0.3264      0.1230
1  P_MxDPV1        0.765          -0.3806        -0.24007      0.37727      -0.2406      0.0304
1  P_OciDPV1       0.526          -0.4061        -0.44320      0.19724      -0.0830     -0.0789
PRECIPITACION
2  P_Precipitacion -0.283          1.0000        -0.07227     -0.03406     -0.1220      0.1133
TERMICAS_NOC
3  P_MnTemp        0.245          -0.0927        0.99357     -0.00609     -0.0506      0.0803
3  P_Temp2         0.499          -0.2906        0.79603      0.00730      -0.0835     -0.0151
3  P_MnTemp2       0.330          -0.0885        0.99484      0.05998     -0.1024     0.1110
HUM_SUELO
4  P_Tension20cm   0.619          -0.0732        0.05868      0.94961     -0.3939      0.3405

```

4 P_Tension40cm	0.469	0.0137	0.00237	0.93668	-0.3538	0.3048
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.430	-0.1220	-0.07949	-0.39742	1.0000	-0.3756
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.234	0.1133	0.10659	0.34304	-0.3756	1.0000

```

-----
INNER MODEL
$SACAROSA
      Estimate   Std. Error   t value   Pr(>|t|)
Intercept -8.84e-17    0.0740   -1.20e-15  1.00000
TERMICAS_DIU -2.86e-02   0.1067   -2.68e-01  0.78894
PRECIPITACION 8.75e-02   0.0810   1.08e+00  0.28180
TERMICAS_NOC 9.07e-02   0.0780   1.16e+00  0.24658
HUM_SUELO 2.52e-01   0.0946   2.67e+00  0.00851
CRECIMIENTO -2.70e-01   0.0866   -3.12e+00  0.00220

```

```

-----
CORRELATIONS BETWEEN LVs
      TERMICAS_DIU  PRECIPITACION  TERMICAS_NOC  HUM_SUELO  CRECIMIENTO  SACAROSA
TERMICAS_DIU      1.000          -0.2826      0.2733      0.5809      -0.4299      0.234
PRECIPITACION    -0.283          1.0000      -0.0723     -0.0341     -0.1220     0.113
TERMICAS_NOC      0.273          -0.0723      1.0000      0.0340     -0.0795     0.107
HUM_SUELO         0.581          -0.0341      0.0340      1.0000     -0.3974     0.343
CRECIMIENTO      -0.430          -0.1220      -0.0795     -0.3974      1.0000     -0.376
SACAROSA          0.234          0.1133      0.1066      0.3430     -0.3756      1.000

```

```

-----
SUMMARY INNER MODEL
      Type      R2  Block_Community  Mean_Redundancy  AVE
TERMICAS_DIU  Exogenous  0.000  0.571  0.000  0.571
PRECIPITACION Exogenous  0.000  1.000  0.000  1.000
TERMICAS_NOC  Exogenous  0.000  0.870  0.000  0.870
HUM_SUELO     Exogenous  0.000  0.890  0.000  0.890
CRECIMIENTO   Exogenous  0.000  1.000  0.000  1.000
SACAROSA      Endogenous  0.201  1.000  0.201  1.000

```

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.3913

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.0286	0	-0.0286
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	0.0875	0	0.0875
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.0907	0	0.0907
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.2523	0	0.2523
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.2698	0	-0.2698
>	sim.global\$scores			
1	TERMICAS_DIU	0.0000	0.0000	0.0000
2	PRECIPITACION	0.0000	0.0000	0.0000
3	TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000
4	HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000
5	CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000
6	SACAROSA	0.0000	0.0000	0.0000

9	-0.5502428	0.3009275	-1.1806273	-0.3657777029	1.9031492377	1.64228764
10	-0.5502428	0.3009275	-1.1806273	-0.3657777029	1.9031492377	-0.01113271
11	-0.5502428	0.3009275	-1.1806273	-0.3657777029	1.9031492377	-1.07035512
12	-0.5502428	0.3009275	-1.1806273	-0.3657777029	1.9031492377	0.81557746
13	-0.9021939	2.0491729	-1.1455867	-0.6229385994	0.0969034001	-0.84430156
14	-0.9021939	2.0491729	-1.1455867	-0.6229385994	0.0969034001	-1.56121429
15	-0.9021939	2.0491729	-1.1455867	-0.6229385994	0.0969034001	0.85432950
16	-0.9021939	2.0491729	-1.1455867	-0.6229385994	0.0969034001	0.84141215
17	-0.5604395	-0.6161848	0.1391532	-0.6181702703	0.1548358163	-1.01222706
18	-0.5604395	-0.6161848	0.1391532	-0.6181702703	0.1548358163	0.61535859
19	-0.5604395	-0.6161848	0.1391532	-0.6181702703	0.1548358163	-0.15322352
20	-0.5604395	-0.6161848	0.1391532	-0.6181702703	0.1548358163	-1.02514441
21	-0.4374122	0.1576287	-0.4381446	-0.5498275025	-0.0313879355	-1.21890461
22	-0.4374122	0.1576287	-0.4381446	-0.5498275025	-0.0313879355	0.59598257
23	-0.4374122	0.1576287	-0.4381446	-0.5498275025	-0.0313879355	0.99642031
24	-0.4374122	0.1576287	-0.4381446	-0.5498275025	-0.0313879355	2.07501874
25	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.1033819865	-1.0817895394	1.03517235
26	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.1033819865	-1.0817895394	1.07392439
27	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.1033819865	-1.0817895394	0.51847849
28	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.1033819865	-1.0817895394	0.49264380
29	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	0.0389459474	-1.6024571297	1.28060193
30	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	0.0389459474	-1.6024571297	1.31289530
31	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	0.0389459474	-1.6024571297	1.50665550
32	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	0.0389459474	-1.6024571297	-0.00467404
33	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	0.1371923596	-0.2685053149	1.33227132
34	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	0.1371923596	-0.2685053149	-0.06926077
35	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	0.1371923596	-0.2685053149	0.98350297
36	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	0.1371923596	-0.2685053149	0.79620144
37	0.8400109	0.6161848	0.5405920	0.2533052861	0.0196505231	0.39576370
38	0.8400109	0.6161848	0.5405920	0.2533052861	0.0196505231	1.16971014
39	0.8400109	0.6161848	0.5405920	0.2533052861	0.0196505231	0.95120960
40	0.8400109	0.6161848	0.5405920	0.2533052861	0.0196505231	1.07392439
41	0.4452948	0.2722677	1.4523718	-0.0981013914	0.3665208650	1.09330041
42	0.4452948	0.2722677	1.4523718	-0.0981013914	0.3665208650	-0.03050873
43	0.4452948	0.2722677	1.4523718	-0.0981013914	0.3665208650	-0.63116534
44	0.4452948	0.2722677	1.4523718	-0.0981013914	0.3665208650	0.71223869
45	0.9368409	-1.2466996	1.1937055	0.7905002695	-0.1927586808	-0.94764033
46	0.9368409	-1.2466996	1.1937055	0.7905002695	-0.1927586808	-0.68283473
47	0.9368409	-1.2466996	1.1937055	0.7905002695	-0.1927586808	0.17616881
48	0.9368409	-1.2466996	1.1937055	0.7905002695	-0.1927586808	0.07283004
49	1.2619165	-1.5332972	1.1477570	-0.4222304733	-0.3520728253	1.15033412
50	1.2619165	-1.5332972	1.1477570	-0.4222304733	-0.3520728253	1.29351928
51	1.2619165	-1.5332972	1.1477570	-0.4222304733	-0.3520728253	0.84787083
52	1.2619165	-1.5332972	1.1477570	-0.4222304733	-0.3520728253	-0.06926077
53	-0.6254831	0.1576287	-0.3362028	-0.4470638812	-0.9313969870	-0.25656230
54	-0.6254831	0.1576287	-0.3362028	-0.4470638812	-0.9313969870	-0.65054136
55	-0.6254831	0.1576287	-0.3362028	-0.4470638812	-0.9313969870	-0.72158677
56	-0.6254831	0.1576287	-0.3362028	-0.4470638812	-0.9313969870	-0.68929340
57	-0.8262750	-0.1289689	-0.6594507	-0.4460481739	-0.5934482373	0.82849481
58	-0.8262750	-0.1289689	-0.6594507	-0.4460481739	-0.5934482373	1.06746572
59	-0.8262750	-0.1289689	-0.6594507	-0.4460481739	-0.5934482373	0.54431319
60	-0.8262750	-0.1289689	-0.6594507	-0.4460481739	-0.5934482373	0.29242493
61	-1.1268768	-0.1289689	-0.1743095	-0.4536348839	-0.3665559293	-0.64408269
62	-1.1268768	-0.1289689	-0.1743095	-0.4536348839	-0.3665559293	0.52493717
63	-1.1268768	-0.1289689	-0.1743095	-0.4536348839	-0.3665559293	-0.65054136
64	-1.1268768	-0.1289689	-0.1743095	-0.4536348839	-0.3665559293	0.20846218
65	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.0199911013	-1.3380246161	1.91355191
66	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.0199911013	-1.3380246161	0.88016419
67	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.0199911013	-1.3380246161	1.34518867
68	2.1013199	-1.1893801	-0.6964387	2.0199911013	-1.3380246161	1.20955653
69	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	1.3493199103	-1.3900189596	1.13205245
70	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	1.3493199103	-1.3900189596	2.28815496
71	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	1.3493199103	-1.3900189596	1.74562641
72	0.9375503	0.8454629	-0.1923057	1.3493199103	-1.3900189596	1.99751466
73	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	2.4064608346	-0.8144314387	0.91891623
74	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	2.4064608346	-0.8144314387	1.10621776
75	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	2.4064608346	-0.8144314387	1.50019682
76	0.4505657	0.7308239	-0.7711806	2.4064608346	-0.8144314387	1.64228764
77	0.8400109	0.6161848	0.5405920	2.7058690329	-0.4631003009	0.57014788

```

78 0.8400109 0.6161848 0.5405920 2.7058690329 -0.4631003009 -1.18015257
79 0.8400109 0.6161848 0.5405920 2.7058690329 -0.4631003009 0.04053667
80 0.8400109 0.6161848 0.5405920 2.7058690329 -0.4631003009 -0.34698372
81 0.4452948 0.2722677 1.4523718 2.3978178827 -0.2462303009 -0.15968220
82 0.4452948 0.2722677 1.4523718 2.3978178827 -0.2462303009 -0.22426893
83 0.4452948 0.2722677 1.4523718 2.3978178827 -0.2462303009 -0.81846687
84 0.4452948 0.2722677 1.4523718 2.3978178827 -0.2462303009 1.70687437
85 -0.6589466 -1.2180398 -1.4889694 -0.5829843763 3.9928583877 -1.59996633
86 -0.6589466 -1.2180398 -1.4889694 -0.5829843763 3.9928583877 -2.00040407
87 -0.6589466 -1.2180398 -1.4889694 -0.5829843763 3.9928583877 -1.90998264
88 -0.6589466 -1.2180398 -1.4889694 -0.5829843763 3.9928583877 -1.56767296
89 -1.7660391 2.2497912 -0.7576920 -0.5848123004 0.5748458335 0.16325146
90 -1.7660391 2.2497912 -0.7576920 -0.5848123004 0.5748458335 0.30534228
91 -1.7660391 2.2497912 -0.7576920 -0.5848123004 0.5748458335 0.47972645
92 -1.7660391 2.2497912 -0.7576920 -0.5848123004 0.5748458335 -0.88951227
93 -0.8375832 -1.1607203 -1.4015046 -0.5883093910 1.4261337230 -0.48907453
94 -0.8375832 -1.1607203 -1.4015046 -0.5883093910 1.4261337230 -0.69575208
95 -0.8375832 -1.1607203 -1.4015046 -0.5883093910 1.4261337230 -0.67637606
96 -0.8375832 -1.1607203 -1.4015046 -0.5883093910 1.4261337230 -0.97347503
97 -1.4959318 -0.2436080 -0.3094864 -0.5898483323 0.7534804388 -0.54720259
98 -1.4959318 -0.2436080 -0.3094864 -0.5898483323 0.7534804388 -0.13095810
99 -1.4959318 -0.2436080 -0.3094864 -0.5898483323 0.7534804388 0.83495348
100 -1.4959318 -0.2436080 -0.3094864 -0.5898483323 0.7534804388 -0.17905822
101 -1.2372932 -0.6448446 1.4530105 -0.5819605433 1.0572490630 -0.46323984
102 -1.2372932 -0.6448446 1.4530105 -0.5819605433 1.0572490630 0.40222237
103 -1.2372932 -0.6448446 1.4530105 -0.5819605433 1.0572490630 0.54431319
104 -1.2372932 -0.6448446 1.4530105 -0.5819605433 1.0572490630 1.13851112
105 -0.9245566 -0.7021641 0.1987288 -0.5943471842 0.5686470650 0.63473461
106 -0.9245566 -0.7021641 0.1987288 -0.5943471842 0.5686470650 -0.17259954
107 -0.9245566 -0.7021641 0.1987288 -0.5943471842 0.5686470650 0.14387544
108 -0.9245566 -0.7021641 0.1987288 -0.5943471842 0.5686470650 -0.00467404
109 2.3604866 -1.5332972 -0.1477453 -0.0186016931 -0.2555284537 -1.02514441
110 2.3604866 -1.5332972 -0.1477453 -0.0186016931 -0.2555284537 -1.46433419
111 2.3604866 -1.5332972 -0.1477453 -0.0186016931 -0.2555284537 -0.94118166
112 2.3604866 -1.5332972 -0.1477453 -0.0186016931 -0.2555284537 -1.01868574
113 0.5414357 1.7339155 1.1970415 -0.6258802023 -0.4606961056 0.02761933
114 0.5414357 1.7339155 1.1970415 -0.6258802023 -0.4606961056 -1.49662756
115 0.5414357 1.7339155 1.1970415 -0.6258802023 -0.4606961056 -1.43204083
116 0.5414357 1.7339155 1.1970415 -0.6258802023 -0.4606961056 0.29242493
117 0.6403253 -0.3869068 0.5960330 -0.6313988889 -0.0865395957 -0.07571945
118 0.6403253 -0.3869068 0.5960330 -0.6313988889 -0.0865395957 0.17616881
119 0.6403253 -0.3869068 0.5960330 -0.6313988889 -0.0865395957 0.50771786
120 0.6403253 -0.3869068 0.5960330 -0.6313988889 -0.0865395957 -1.05743778
121 0.7156230 -0.6448446 1.7873691 -0.6039189326 0.0003590285 -0.21781026
122 0.7156230 -0.6448446 1.7873691 -0.6039189326 0.0003590285 -0.33406637
123 0.7156230 -0.6448446 1.7873691 -0.6039189326 0.0003590285 -0.59241330
124 0.7156230 -0.6448446 1.7873691 -0.6039189326 0.0003590285 -0.36635974
125 0.3428712 -0.3582470 2.2836783 -0.6321100263 0.4333459070 -0.37281841
126 0.3428712 -0.3582470 2.2836783 -0.6321100263 0.4333459070 0.16325146
127 0.3428712 -0.3582470 2.2836783 -0.6321100263 0.4333459070 0.50556115
128 0.3428712 -0.3582470 2.2836783 -0.6321100263 0.4333459070 -0.87013625
129 -0.1102617 1.4186581 1.6639826 -0.6208692897 0.7341599780 -0.74742146
130 -0.1102617 1.4186581 1.6639826 -0.6208692897 0.7341599780 0.85432950
131 -0.1102617 1.4186581 1.6639826 -0.6208692897 0.7341599780 0.32471830
132 -0.1102617 1.4186581 1.6639826 -0.6208692897 0.7341599780 1.42915142
133 -0.8029267 -0.7021641 -0.3902004 -0.0009493378 -0.2351072770 -0.36635974
134 -0.8029267 -0.7021641 -0.3902004 -0.0009493378 -0.2351072770 -0.35344239
135 -0.8029267 -0.7021641 -0.3902004 -0.0009493378 -0.2351072770 -1.38683011
136 -0.8029267 -0.7021641 -0.3902004 -0.0009493378 -0.2351072770 -0.94118166
137 -0.5502428 0.3009275 -1.1806273 -0.6360600475 -0.5279266746 0.15033412
138 -0.5502428 0.3009275 -1.1806273 -0.6360600475 -0.5279266746 -0.00467404
139 -0.5502428 0.3009275 -1.1806273 -0.6360600475 -0.5279266746 -1.32870205
140 -0.5502428 0.3009275 -1.1806273 -0.6360600475 -0.5279266746 -0.35990107
141 -0.9021939 2.0491729 -1.1455867 -0.5908841603 -0.1831129335 -1.10264849
142 -0.9021939 2.0491729 -1.1455867 -0.5908841603 -0.1831129335 -1.53537960
143 -0.9021939 2.0491729 -1.1455867 -0.5908841603 -0.1831129335 -1.98102805
144 -0.9021939 2.0491729 -1.1455867 -0.5908841603 -0.1831129335 -0.92180564
145 -0.5604395 -0.6161848 0.1391532 -0.4418716024 0.4556498872 -1.43204083
146 -0.5604395 -0.6161848 0.1391532 -0.4418716024 0.4556498872 -0.49988475

```

```

147 -0.5604395 -0.6161848 0.1391532 -0.4418716024 0.4556498872 -1.13494186
148 -0.5604395 -0.6161848 0.1391532 -0.4418716024 0.4556498872 -1.14140053
149 -0.4374122 0.2722677 -0.4381446 -0.5935707525 0.5169134173 -0.87659493
150 -0.4374122 0.2722677 -0.4381446 -0.5935707525 0.5169134173 -0.63762402
151 -0.4374122 0.2722677 -0.4381446 -0.5935707525 0.5169134173 0.01470198
152 -0.4374122 0.2722677 -0.4381446 -0.5935707525 0.5169134173 1.11913510
> sim.global$unidim
      Mode MVs      C.alpha      DG.rho      eig.lst      eig.2nd
TERMICAS_DIU      A      3      0.9659459      0.9779668      2.810163      0.1861194
PRECIPITACION      A      1      1.0000000      1.0000000      1.000000      0.0000000
TERMICAS_NOC      A      3      0.9536661      0.9703055      2.747950      0.2343012
HUM_SUELO      A      2      0.8762208      0.9417175      1.779709      0.2202910
CRECIMIENTO      A      1      1.0000000      1.0000000      1.000000      0.0000000
SACAROSA      A      1      1.0000000      1.0000000      1.000000      0.0000000
> sim.global$inner.sum
NULL
> sim.global$gof
[1] 0.3913232
> sim.global$inner.mod
NULL
> #plot inner model
> #plot(sim.global)
>
> ##### APLICACION DEL ALGORITMO PLS-REBUS #####
> # apply rebus
> rebus.sim = rebus.pls(sim.global, stop.crit = 0.005, iter.max = 100)
[1] "Enter the number of classes (an integer > 1), and then press Enter:"
1: 2
Read 1 item
>
#####ESCRIBA EL NUMERO DE CLASES ACORDE CON LA SEGMENTACION DEL DENDROGRAMA###
>
> rebus.sim

RESPONSE-BASED UNIT SEGMENTATION (REBUS)
IN PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING
-----
Parameters Specification
Number of segments:      2
Stop criterion:          0.005
Max number of iter:     100

REBUS solution (on standardized data)
Number of iterations:    10
Rate of unit change:    0
Group Quality Index:    0.7965689

REBUS Segments
      Class.1      Class.2
number.units      85      67
proportions(%)    56      44

-----
$path.coef
      Class.1      Class.2
TERMICAS_DIU->SACAROSA      -0.2598      0.1394
PRECIPITACION->SACAROSA      0.0371      -0.1666
TERMICAS_NOC->SACAROSA      0.4205      -0.7588
HUM_SUELO->SACAROSA      0.5681      -0.1494
CRECIMIENTO->SACAROSA      -0.0757      -0.1339

-----
$loadings
      Class.1      Class.2
P_DPVI      0.8305      0.9431
P_MxDPVI      0.9610      0.9952

```

```

P_OciDPV1      0.9992    0.9793
P_Precipitacion 1.0000    1.0000
P_MnTemp      0.9818    0.9822
P_Temp2       0.8555    0.9717
P_MnTemp2     0.9866    0.9954
P_Tension20cm 0.9791    0.9397
P_Tension40cm 0.9684    0.9304
P_TasaElonga  1.0000    1.0000
SacarosaCana  1.0000    1.0000

```

```
-----
$quality
```

	Class.1	Class.2
Aver.Com		
Com.TERMICAS_DIU	0.8705260	0.9463251
Com.PRECIPITACION	1.0000000	1.0000000
Com.TERMICAS_NOC	0.8897408	0.9665557
Com.HUM_SUELO	0.9482301	0.8743498
Com.CRECIMIENTO	1.0000000	1.0000000
Com.SACAROSA	1.0000000	1.0000000
Aver.Redu		
Red.SACAROSA	0.6743695	0.6796335
R2		
R2.SACAROSA	0.6743695	0.6796335
GoF		
GoF	0.8010032	0.8096497

```

>
>
> ##### TABLA DEL DE OBSERVACIONES POR SEGMENTOS DE PLS-REBUS #####
>
> table(rebus.sim$segments)

```

```

1 2
85 67
>
> ##### ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 1 #####
>
> # plspm analysis of class 1
> sim.class1 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==1,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary(sim.class1)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)

```

```
-----
MODEL SPECIFICATION
1 Number of Cases      85
2 Latent Variables     6
3 Manifest Variables   11
4 Scale of Data        Standardized Data
5 Non-Metric PLS      FALSE
6 Weighting Scheme     centroid
7 Tolerance Crit      1e-06
8 Max Num Iters       100
9 Convergence Iters    3
10 Bootstrapping      TRUE
11 Bootstrap samples   100

```

```
-----
BLOCKS DEFINITION
Block      Type      Size  Mode
1  TERMICAS_DIU  Exogenous  3    A
2  PRECIPITACION Exogenous  1    A
3  TERMICAS_NOC  Exogenous  3    A
4  HUM_SUELO     Exogenous  2    A
5  CRECIMIENTO  Exogenous  1    A
6  SACAROSA     Endogenous 1    A

```

```
-----
BLOCKS UNIDIMENSIONALITY
Mode  MVs  C.alpha  DG.rho  eig.1st  eig.2nd
TERMICAS_DIU  A  3  0.966  0.978  2.81  0.186
PRECIPITACION A  1  1.000  1.000  1.00  0.000
TERMICAS_NOC  A  3  0.939  0.962  2.68  0.302
HUM_SUELO     A  2  0.946  0.974  1.90  0.103
CRECIMIENTO   A  1  1.000  1.000  1.00  0.000
SACAROSA      A  1  1.000  1.000  1.00  0.000

```

```
-----
OUTER MODEL
```

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS_DIU				
1 P_DPVI	-0.118	0.830	0.690	0.000
1 P_MxDV1	0.330	0.961	0.924	0.000
1 P_OciDPV1	0.782	0.999	0.998	0.000
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.000
TERMICAS_NOC				
3 P_MnTemp	0.404	0.982	0.964	0.000
3 P_Temp2	0.232	0.855	0.732	0.000
3 P_MnTemp2	0.410	0.987	0.973	0.000
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.565	0.979	0.959	0.000
4 P_Tension40cm	0.461	0.968	0.938	0.000
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.000
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.674

```
-----
CROSSLLOADINGS
```

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPVI	0.8305	-0.3594	0.1494	0.35407	-0.2080	0.0544
1 P_MxDV1	0.9610	-0.3863	-0.0882	0.24949	-0.1139	-0.1520
1 P_OciDPV1	0.9992	-0.4505	-0.2938	0.07530	0.0493	-0.3598
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.4372	1.0000	-0.1084	0.10954	-0.2665	0.1875
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	-0.3851	-0.0526	0.9818	0.00775	-0.1521	0.5428
3 P_Temp2	0.1263	-0.3323	0.8555	0.01059	-0.1226	0.3118
3 P_MnTemp2	-0.3660	-0.0244	0.9866	0.06157	-0.1704	0.5515
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.0416	0.1528	0.0757	0.97909	-0.3697	0.6241
4 P_Tension40cm	0.1645	0.0503	-0.0258	0.96842	-0.3561	0.5092
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	0.0255	-0.2665	-0.1598	-0.37316	1.0000	-0.3714
SACAROSA						
6 SacarosaCana	-0.3378	0.1875	0.5179	0.58754	-0.3714	1.0000

```
-----
INNER MODEL
```

```

$SACAROSA
Estimate  Std. Error  t value  Pr(>|t|)
Intercept -7.29e-16  0.0642   -1.13e-14  1.00e+00
TERMICAS_DIU -2.60e-01  0.0788  -3.30e+00  1.46e-03
PRECIPITACION 3.71e-02  0.0790   4.69e-01  6.40e-01
TERMICAS_NOC 4.20e-01  0.0716   5.87e+00  9.81e-08
HUM_SUELO 5.68e-01  0.0699   8.13e+00  4.89e-12
CRECIMIENTO -7.57e-02  0.0734  -1.03e+00  3.06e-01

```

```
-----
CORRELATIONS BETWEEN LVs
```

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.0000	-0.437	-0.2764	0.0994	0.0255	-0.338
PRECIPITACION	-0.4372	1.000	-0.1084	0.1095	-0.2665	0.188
TERMICAS_NOC	-0.2764	-0.108	1.0000	0.0309	-0.1598	0.518

HUM_SUELO	0.0994	0.110	0.0309	1.0000	-0.3732	0.588
CRECIMIENTO	0.0255	-0.267	-0.1598	-0.3732	1.0000	-0.371
SACAROSA	-0.3378	0.188	0.5179	0.5875	-0.3714	1.000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.000	0.871	0.000	0.871
PRECIPITACION	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
TERMICAS_NOC	Exogenous	0.000	0.890	0.000	0.890
HUM_SUELO	Exogenous	0.000	0.948	0.000	0.948
CRECIMIENTO	Exogenous	0.000	1.000	0.000	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.674	1.000	0.674	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.7778

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0	0.0000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.2598	0	-0.2598
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0	0.0000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	0.0371	0	0.0371
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0	0.0000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.4205	0	0.4205
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0	0.0000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	0.5681	0	0.5681
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0757	0	-0.0757

BOOTSTRAP VALIDATION

weights

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	-0.118	-0.0895	6.56e-01	-1.3314	1.601
P_MxDPV1	0.330	0.2961	8.96e-02	-0.0087	0.390
P_OciDPV1	0.782	0.6717	7.14e-01	-1.3378	1.586
P_Precipitacion	1.000	1.0000	1.30e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.404	0.4025	2.07e-02	0.3639	0.451
P_Temp2	0.232	0.2320	4.11e-02	0.1408	0.302
P_MnTemp2	0.410	0.4098	2.16e-02	0.3746	0.457
P_Tension20cm	0.565	0.5776	4.52e-02	0.5261	0.727
P_Tension40cm	0.461	0.4517	3.69e-02	0.3265	0.493
P_TasaElonga	1.000	1.0000	1.27e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.0000	1.12e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.830	0.733	2.29e-01	-0.000708	0.934
P_MxDPV1	0.961	0.850	2.14e-01	0.190088	0.995
P_OciDPV1	0.999	0.883	2.56e-01	0.080148	1.000
P_Precipitacion	1.000	1.000	9.20e-17	1.000000	1.000
P_MnTemp	0.982	0.983	3.88e-03	0.975372	0.990
P_Temp2	0.855	0.856	3.73e-02	0.778639	0.916
P_MnTemp2	0.987	0.987	2.71e-03	0.982104	0.992
P_Tension20cm	0.979	0.979	6.02e-03	0.966234	0.988
P_Tension40cm	0.968	0.961	2.38e-02	0.894912	0.985
P_TasaElonga	1.000	1.000	9.20e-17	1.000000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.07e-16	1.000000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
--	----------	-----------	-----------	----------	----------

TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.2598	-0.2456	0.1101	-0.4166	0.0174
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.0371	0.0486	0.0782	-0.0982	0.1956
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.4205	0.4277	0.0912	0.2731	0.6175
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.5681	0.5667	0.0922	0.3762	0.7194
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0757	-0.0697	0.0658	-0.1813	0.0603

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.674	0.688	0.0446	0.611	0.767

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	-0.2598	-0.2456	0.1101	-0.4166	0.0174
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	0.0371	0.0486	0.0782	-0.0982	0.1956
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	0.4205	0.4277	0.0912	0.2731	0.6175
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	0.5681	0.5667	0.0922	0.3762	0.7194
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.0757	-0.0697	0.0658	-0.1813	0.0603

```
> sla<-data.frame(sim.class1$unidim)
> slb<-data.frame(sim.class1$inner.sum)
> slc<-data.frame(sim.class1$gof)
> sld<-data.frame(sim.class1$inner.mod)
> slbl<-data.frame(sim.class1$boot$rsq)
> slb2<-data.frame(sim.class1$scores)
>
>
```

```
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class1, what="all", how="joint")
>
> segment1<-sim.data[rebus.sim$segments==1,]
> S1<-data.frame(segment1[,1:36])
> mytable1 <- xtabs(~Localidad, data=S1)
> T1<-data.frame(mytable1)
>
```

ANALISIS PLSPM DE LA CLASE 2

```
> # plspm analysis of class 2
> sim.class2 = plspm(sim.data[rebus.sim$segments==2,], sim.inner, sim.outer, sim.modes, scheme="c
entroid", boot.val=TRUE)
> summary (sim.class2)
PARTIAL LEAST SQUARES PATH MODELING (PLS-PM)
```

MODEL SPECIFICATION

1	Number of Cases	67
2	Latent Variables	6
3	Manifest Variables	11
4	Scale of Data	Standardized Data
5	Non-Metric PLS	FALSE
6	Weighting Scheme	centroid
7	Tolerance Crit	1e-06
8	Max Num Iters	100
9	Convergence Iters	3
10	Bootstrapping	TRUE
11	Bootstrap samples	100

BLOCKS DEFINITION

	Block	Type	Size	Mode
1	TERMICAS_DIU	Exogenous	3	A
2	PRECIPITACION	Exogenous	1	A
3	TERMICAS_NOC	Exogenous	3	A
4	HUM_SUELO	Exogenous	2	A
5	CRECIMIENTO	Exogenous	1	A
6	SACAROSA	Endogenous	1	A

BLOCKS UNIDIMENSIONALITY

	Mode	MVs	C.alpha	DG.rho	eig.1st	eig.2nd
TERMICAS_DIU	A	3	0.974	0.983	2.85	0.1429
PRECIPITACION	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
TERMICAS_NOC	A	3	0.983	0.989	2.90	0.0908
HUM_SUELO	A	2	0.856	0.933	1.75	0.2510
CRECIMIENTO	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000
SACAROSA	A	1	1.000	1.000	1.00	0.0000

OUTER MODEL

	weight	loading	communality	redundancy
TERMICAS DIU				
1 P_DPV1	0.201	0.943	0.889	0.00
1 P_MxDPV1	0.343	0.995	0.990	0.00
1 P_OciDPV1	0.479	0.979	0.959	0.00
PRECIPITACION				
2 P_Precipitacion	1.000	1.000	1.000	0.00
TERMICAS NOC				
3 P_MnTemp	0.340	0.982	0.965	0.00
3 P_Temp2	0.340	0.972	0.944	0.00
3 P_MnTemp2	0.337	0.995	0.991	0.00
HUM_SUELO				
4 P_Tension20cm	0.553	0.940	0.883	0.00
4 P_Tension40cm	0.516	0.930	0.866	0.00
CRECIMIENTO				
5 P_TasaElonga	1.000	1.000	1.000	0.00
SACAROSA				
6 SacarosaCana	1.000	1.000	1.000	0.68

CROSSLLOADINGS

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU						
1 P_DPV1	0.943	-0.4308	-0.0129	0.5890	-0.5600	0.2040
1 P_MxDPV1	0.995	-0.3702	-0.2014	0.5245	-0.5356	0.3473
1 P_OciDPV1	0.979	-0.3328	-0.3868	0.3866	-0.4468	0.4854
PRECIPITACION						
2 P_Precipitacion	-0.373	1.0000	-0.2143	-0.1813	0.2156	-0.0577
TERMICAS_NOC						
3 P_MnTemp	-0.334	-0.1771	0.9822	-0.0863	0.2262	-0.7604
3 P_Temp2	-0.174	-0.2359	0.9717	-0.0304	0.0562	-0.7599
3 P_MnTemp2	-0.249	-0.2192	0.9954	-0.0266	0.1316	-0.7518
HUM_SUELO						
4 P_Tension20cm	0.593	-0.2881	-0.0507	0.9397	-0.4743	0.0444
4 P_Tension40cm	0.302	-0.0425	-0.0399	0.9304	-0.3710	0.0414
CRECIMIENTO						
5 P_TasaElonga	-0.510	0.2156	0.1404	-0.4539	1.0000	-0.2797
SACAROSA						
6 SacarosaCana	0.393	-0.0577	-0.7705	0.0459	-0.2797	1.0000

INNER MODEL

\$\$SACAROSA	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-3.54e-16	0.0725	-4.89e-15	1.00e+00
TERMICAS_DIU	1.39e-01	0.0994	1.40e+00	1.66e-01
PRECIPITACION	-1.67e-01	0.0834	-2.00e+00	5.02e-02
TERMICAS_NOC	-7.59e-01	0.0804	-9.44e+00	1.54e-13
HUM_SUELO	-1.49e-01	0.0866	-1.72e+00	8.96e-02

CRECIMIENTO	-1.34e-01	0.0878	-1.53e+00	1.32e-01
-------------	-----------	--------	-----------	----------

CORRELATIONS BETWEEN LVs

	TERMICAS_DIU	PRECIPITACION	TERMICAS_NOC	HUM_SUELO	CRECIMIENTO	SACAROSA
TERMICAS_DIU	1.000	-0.3730	-0.2569	0.4835	-0.510	0.3926
PRECIPITACION	-0.373	1.0000	-0.2143	-0.1813	0.216	-0.0577
TERMICAS_NOC	-0.257	-0.2143	1.0000	-0.0487	0.140	-0.7705
HUM_SUELO	0.483	-0.1813	-0.0487	1.0000	-0.454	0.0459
CRECIMIENTO	-0.510	0.2156	0.1404	-0.4539	1.000	-0.2797
SACAROSA	0.393	-0.0577	-0.7705	0.0459	-0.280	1.0000

SUMMARY INNER MODEL

	Type	R2	Block_Community	Mean_Redundancy	AVE
TERMICAS_DIU	Exogenous	0.00	0.946	0.00	0.946
PRECIPITACION	Exogenous	0.00	1.000	0.00	1.000
TERMICAS NOC	Exogenous	0.00	0.967	0.00	0.967
HUM_SUELO	Exogenous	0.00	0.874	0.00	0.874
CRECIMIENTO	Exogenous	0.00	1.000	0.00	1.000
SACAROSA	Endogenous	0.68	1.000	0.68	1.000

GOODNESS-OF-FIT

[1] 0.7975

TOTAL EFFECTS

	relationships	direct	indirect	total
1	TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0	0.000
2	TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
3	TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
4	TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
5	TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0	0.139
6	PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0	0.000
7	PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
8	PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
9	PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.167	0	-0.167
10	TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0	0.000
11	TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
12	TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.759	0	-0.759
13	HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0	0.000
14	HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.149	0	-0.149
15	CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.134	0	-0.134

BOOTSTRAP VALIDATION

weights	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.201	0.183	5.83e-02	0.0517	0.258
P_MxDPV1	0.343	0.341	8.16e-03	0.3196	0.354
P_OciDPV1	0.479	0.498	6.21e-02	0.4187	0.640
P_Precipitacion	1.000	1.000	1.25e-16	1.0000	1.000
P_MnTemp	0.340	0.341	5.55e-03	0.3288	0.351
P_Temp2	0.340	0.339	7.93e-03	0.3259	0.358
P_MnTemp2	0.337	0.337	3.54e-03	0.3292	0.343
P_Tension20cm	0.553	0.483	4.82e-01	-0.9399	1.387
P_Tension40cm	0.516	0.501	4.86e-01	-0.8712	1.392
P_TasaElonga	1.000	1.000	1.19e-16	1.0000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.21e-16	1.0000	1.000

loadings

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
P_DPV1	0.943	0.936	2.83e-02	0.871	0.970
P_MxDPV1	0.995	0.993	6.20e-03	0.978	0.998
P_OciDPV1	0.979	0.981	4.59e-03	0.974	0.992
P_Precipitacion	1.000	1.000	9.47e-17	1.000	1.000
P_MnTemp	0.982	0.982	3.77e-03	0.975	0.988
P_Temp2	0.972	0.971	5.71e-03	0.958	0.980

P_MnTemp2	0.995	0.995	9.91e-04	0.994	0.997
P_Tension20cm	0.940	0.838	2.91e-01	-0.187	0.998
P_Tension40cm	0.930	0.856	2.52e-01	0.112	0.998
P_TasaElonga	1.000	1.000	9.20e-17	1.000	1.000
SacarosaCana	1.000	1.000	1.09e-16	1.000	1.000

paths

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0.138	0.1114	-0.0663	0.3241
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.167	-0.161	0.0964	-0.3237	0.0226
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.759	-0.751	0.0675	-0.8915	-0.6443
HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.149	-0.138	0.1316	-0.3865	0.1237
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.134	-0.143	0.0887	-0.2991	0.0250

rsq

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
SACAROSA	0.68	0.699	0.05	0.58	0.784

total.efs

	Original	Mean.Boot	Std.Error	perc.025	perc.975
TERMICAS_DIU -> PRECIPITACION	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_DIU -> SACAROSA	0.139	0.138	0.1114	-0.0663	0.3241
PRECIPITACION -> TERMICAS_NOC	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
PRECIPITACION -> SACAROSA	-0.167	-0.161	0.0964	-0.3237	0.0226
TERMICAS_NOC -> HUM_SUELO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
TERMICAS_NOC -> SACAROSA	-0.759	-0.751	0.0675	-0.8915	-0.6443
HUM_SUELO -> CRECIMIENTO	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
HUM_SUELO -> SACAROSA	-0.149	-0.138	0.1316	-0.3865	0.1237
CRECIMIENTO -> SACAROSA	-0.134	-0.143	0.0887	-0.2991	0.0250

```

> s2a<-data.frame(sim.class2$unidim)
> s2b<-data.frame(sim.class2$inner.sum)
> s2c<-data.frame(sim.class2$gof)
> s2d<-data.frame(sim.class2$inner.mod)
> s2b1<-data.frame(sim.class2$boot$rsq)
> s2b2<-data.frame(sim.class2$scores)
> #plot all (inner, weights, loadings)
> #plot(sim.class2, what="all", how="joint")
>
> segment2<-sim.data[rebus.sim$segments==2,]
> S2<-data.frame(segment2[,1:36])
> mytable2 <- xtabs(~Localidad, data=S2)
> T2<-data.frame(mytable2)
>
>

```

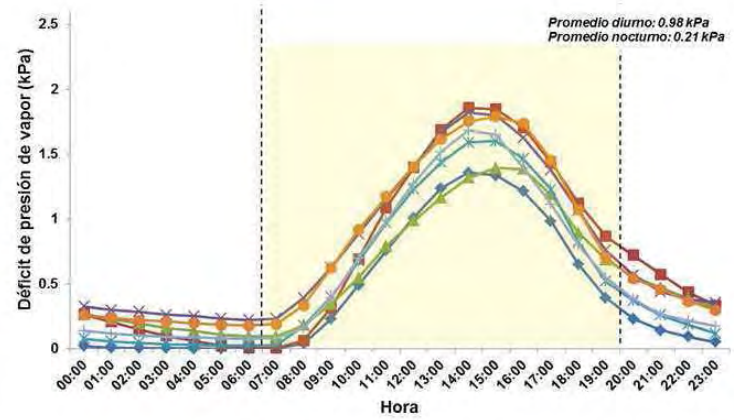
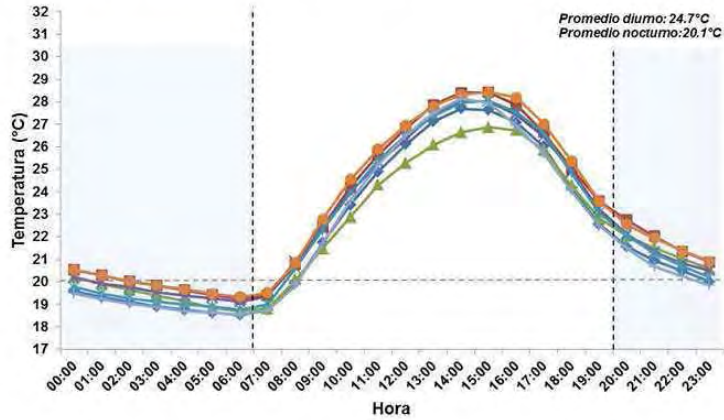
Anexo 6. Promedio y desviación estándar por edad de la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 en función de cuatro periodos (valle del Cauca - Colombia).

Periodo	Edad (meses aprox.) / Muestreo (#)						
	10 / m ₁	10.5 / m ₂	11 / m ₃	11.5 / m ₄	12 / m ₅	12.5 / m ₆	13 / m ₇
Primer periodo (Sep - Dic/2011)	13.7 ± 1.29	14.5 ± 1.57	13.8 ± 0.97	13.4 ± 0.92	12.9 ± 0.69	13.1 ± 0.57	12.8 ± 0.89
	10 / m ₁	10.5	11 / m ₂	11.5 / m ₃	12 / m ₄	12.5 / m ₅	13 / m ₆
Segundo periodo (Dic/2011 - Mar/2012)	12.0 ± 1.19		11.1 ± 0.73	11.6 ± 1.35	11.6 ± 0.61	12.6 ± 0.96	12.7 ± 0.58
	9 / m ₁	9.5 / m ₂	10 / m ₃	10.5 / m ₄	11 / m ₅	11.5 / m ₆	12 / m ₇
Tercer periodo (May - Sep/2012)	11.8 ± 2.71	11.9 ± 1.92	12.6 ± 1.58	13.7 ± 1.17	13.5 ± 1.73	13.4 ± 0.81	15.2 ± 0.27
Cuarto periodo (Sep - Dic/2012)	13.3 ± 1.43	13.1 ± 2.21	14.3 ± 1.51	14.4 ± 1.09	13.6 ± 0.94	13.8 ± 0.77	14.2 ± 0.61

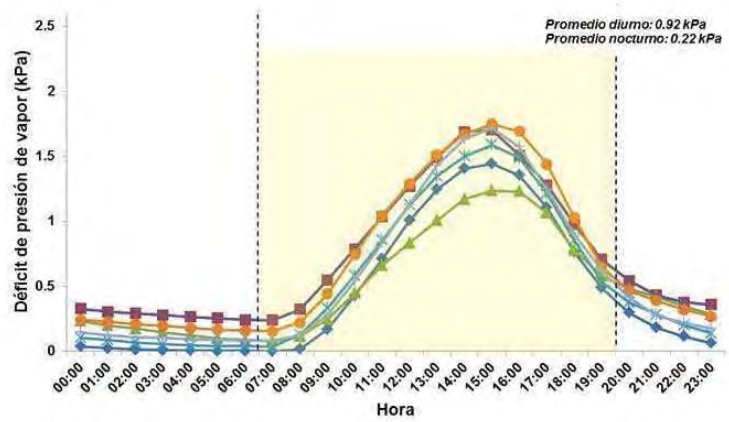
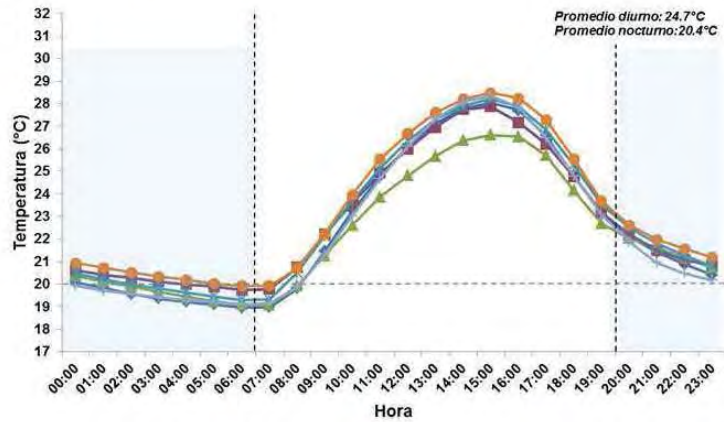
Anexo 7. Promedio y desviación estándar por periodo de la variable sacarosa (% caña) en la variedad CC 85-92 en función de siete localidades (valle del Cauca - Colombia).

Localidad	Periodo			
	1er (Sep - Dic/2011)	2do (Dic/2011 - Mar/2012)	3er (May - Sep/2012)	4to (Sep - Dic/2012)
Cartago	13.9 ± 0.92	12.1 ± 1.23	11.5 ± 3.00	13.7 ± 1.30
Centro Valle	13.8 ± 1.61	12.1 ± 0.19	14.5 ± 0.77	14.8 ± 0.69
Corinto	13.5 ± 0.81	12.2 ± 1.04	13.8 ± 1.01	14.1 ± 0.84
Piedemonte	14.4 ± 1.62	11.3 ± 1.22	13.0 ± 0.90	15.2 ± 1.24
Tuluá	13.0 ± 0.35	12.2 ± 0.98	13.3 ± 1.26	13.1 ± 1.53
Villarica	12.9 ± 0.69	11.5 ± 1.21	13.6 ± 1.15	13.4 ± 0.82
Viterbo	13.1 ± 0.92	12.0 ± 1.16	11.9 ± 2.22	12.5 ± 1.13
Media	13.5 ± 1.14	11.9 ± 1.06	13.1 ± 1.90	13.8 ± 1.36

a) *Primer periodo: Septiembre a Diciembre de 2011*



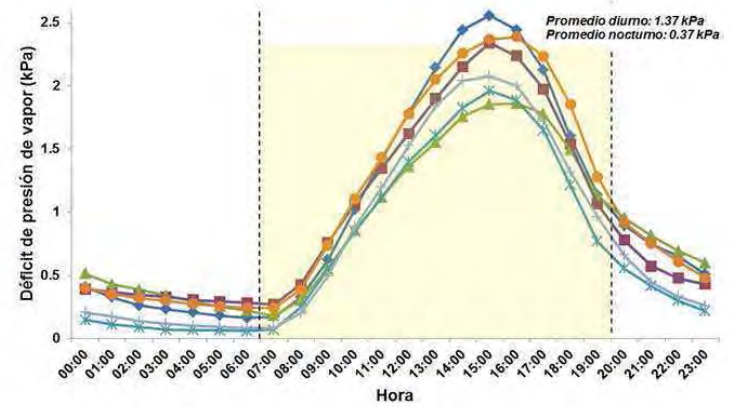
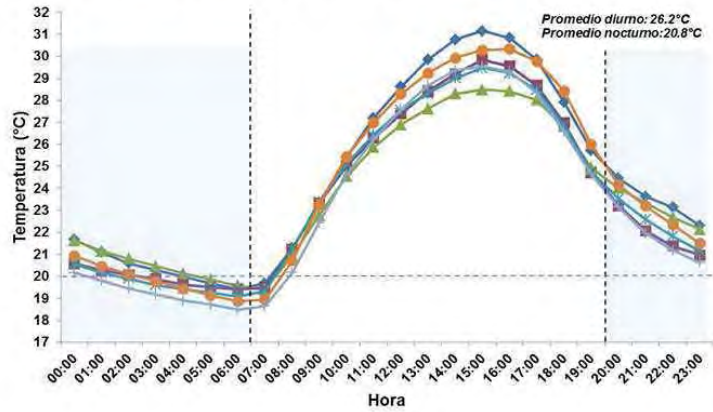
b) *Segundo periodo: Diciembre de 2011 a Marzo de 2012*



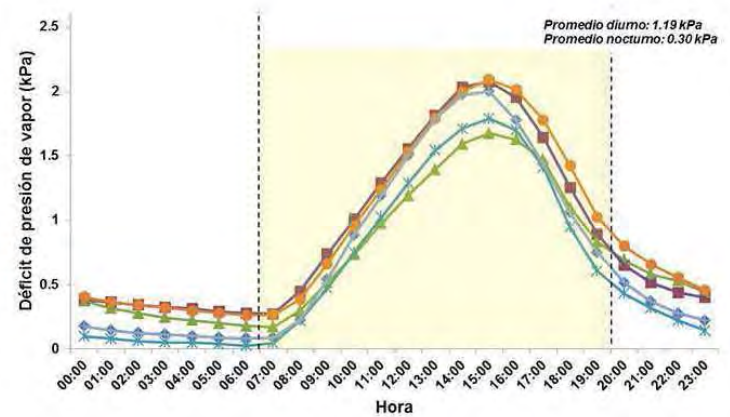
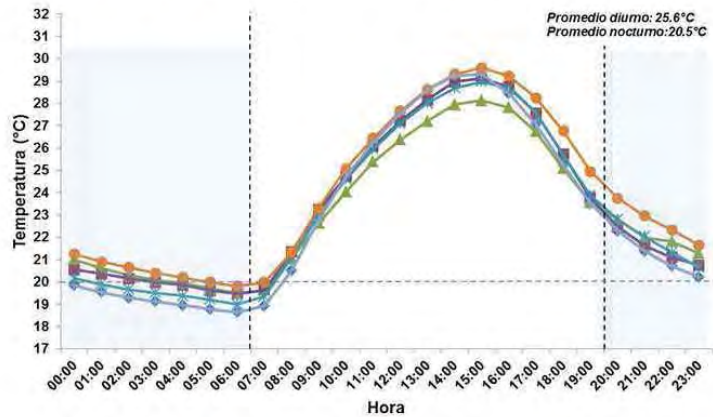
—●— Cartago —■— CentroValle —▲— Corinto —◆— Piedemonte —◆— Tuluá —●— Villarrica —◆— Viterbo

Anexo 8. Temperatura media y Déficit de presión de vapor medio por hora durante el día para cuatro periodos en siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca.

c) Tercer periodo: Mayo a Septiembre de 2012



d) Cuarto periodo: Septiembre a Diciembre de 2012



◆ Cartago
 ■ CentroValle
 ▲ Corinto
 ✱ Piedemonte
 ✱ Tuluá
 ● Villarrica
 — Viterbo

Anexo 8. Temperatura media y Déficit de presión de vapor medio por hora durante el día para cuatro periodos en siete localidades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca (continuación)

Anexo 9. Toneladas de caña por hectárea (TCH) y rendimiento durante cuatro periodos en siete localidades ubicadas en el valle del Cauca - Colombia.

Periodo	Sitio	Estación Meteorológica	Ingenio	Hacienda	Suerte	Plantilla/ Zoca	TCH	Rendimiento
1. Septiembre - Diciembre 2011	Cartago	Cartago	RS	Cabuyas TIT	3	8	120.0	10.8
	Centro Valle	Rozo	MN	Olga	132a	13	122.8	10.6
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	17	3	107.9	10.4
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Cabaña	17	3	116.4	12.4
	Tuluá	Tuluá	SC	Ballesteros	51e	2	-	-
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalito	30b	2	108.0	10.6
	Viterbo	Viterbo	RS	Olivares	6	2	105.9	11.1
2. Diciembre 2011- Marzo 2012	Cartago	Cartago	RS	Sonora	3	2	154.0	10.7
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Santa Anita	26a	5	-	-
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	34a	0	72.3	10.2
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Olimpo	14b	0	-	-
	Tuluá	Tuluá	SC	Silencio	26a	2	124.1	11.4
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalito	35	1	120.0	11.1
	Viterbo	Viterbo	RS	San Felipe	2	8	101.2	10.8
3. Mayo - Septiembre 2012	Cartago	RUT	RS	Fátima	8	0	157.4	11.7
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Gertrudis	104b	1	113.3	13.5
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	35	4	151.1	9.0
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Olimpo	15	4	101.7	14.6
	Tuluá	Tuluá	SC	Ballesteros	31B	1	85.8	13.7
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalito	17	2	100.4	12.0
	Viterbo	Viterbo	RS	Bélgica	8	1	110.6	12.2
4. Septiembre - Diciembre 2012	Cartago	Viterbo	RS	Bélgica	34	3	-	-
	Centro Valle	Palmira La Rita	MN	Rita	45	4	118.2	8.8
	Corinto	Corinto	CA	San Judas	36a	5	55.3	10.5
	Piedemonte	Palmira La Rita	MN	Cabaña	8b	4	82.8	11.3
	Tuluá	Tuluá	SC	Esmeralda	83c	3	72.7	11.7
	Villarrica	Guachinte	CA	Cachimbalito	31	1	83.5	10.6
	Viterbo	Viterbo	RS	Montegranario	5	3	121.6	11.4

