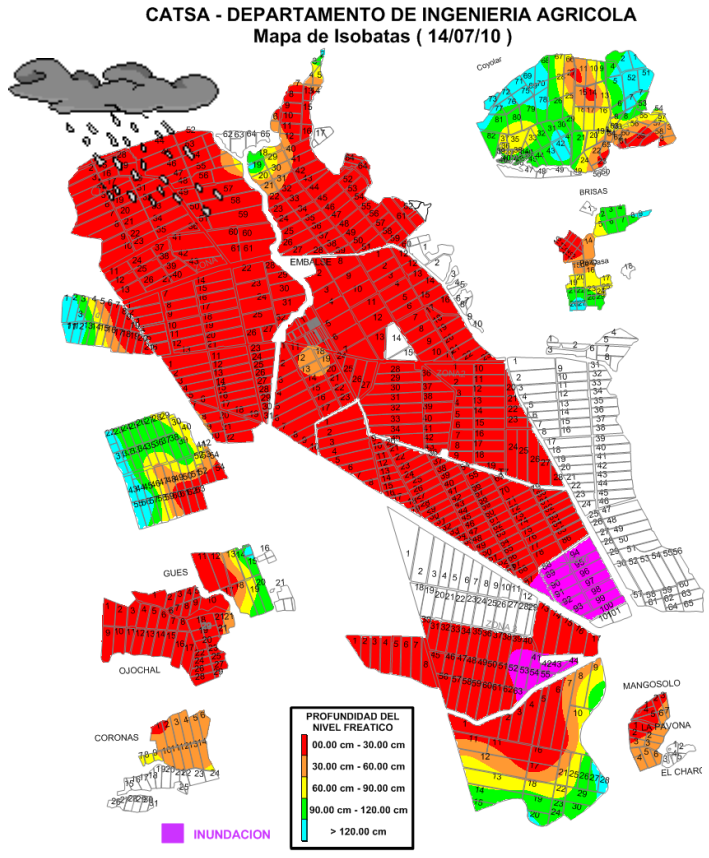
CATSA
CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE

2011

Relación de la precipitación anual y el rendimiento agrícola de Central Azucarera Tempisque S.A. CATSA durante 7 zafras



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CATSA

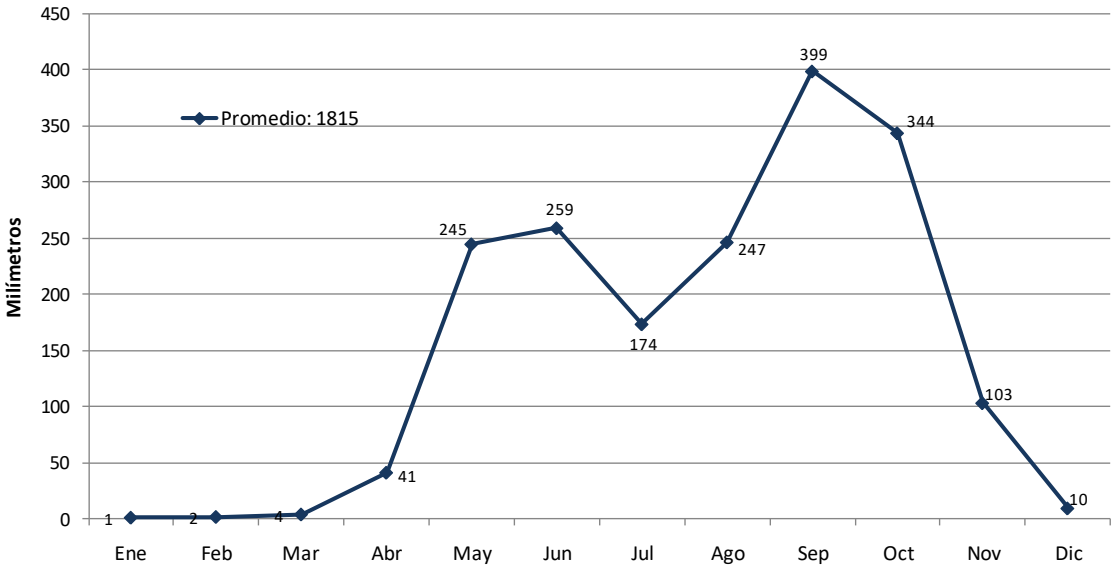
INTRODUCCIÓN

Central Azucarera Tempisque S.A. (CATSA) se localiza al noroeste del país en el Cantón de Liberia, provincia de Guanacaste. Geográficamente se ubica entre 85° 27’ y 25° 32’ de longitud Oeste y 10° 25’ y 10° 32’ de latitud Norte. Con una elevación del área que oscila entre 5 y 23 m.s.n.m. y una gradiente general inferior al 1%. Con una temperatura promedio anual de 28.3C°

Ubicación Geográfica CATSA

Registra una precipitación promedio en los últimos 26 años de 1.815 mm, con un periodo corto de disminución de lluvias entre los meses de Julio y Agosto conocido como “veranillo de San Juan” o “canícula”. Generalmente este periodo se extiende cada 5 a 7 años debido al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Como se aprecia en la **Figura 1** el 64% de acumulado de lluvias se concentra entre los meses de Julio y Octubre. Siendo Septiembre y Octubre los meses de mayor precipitación.

Fig. 1 Comportamiento mensual la precipitación en milímetros. Registro de 26 años Estación Polvazales Latitud 10° 29'. Longitud 85° 30'. Elevación 12 msnm. CATSA



El comportamiento anual de la precipitación en cuanto a su distribución y acumulación, juega un papel fundamental sobre la producción en las plantaciones de caña de azúcar de CATSA. Especialmente por su ubicación geográfica, que depende del Río Liberia como su principal drenaje natural, proceso que se dificulta en años muy lluviosos. Y porque el mayor porcentaje de su área está cubierta por suelos del Orden Vertisol. Como norma se tiene que la producción agrícola (toneladas de caña /ha) muestra una relación inversa con la precipitación. Al aumentar la precipitación anual se reducen las toneladas de caña/ha y viceversa. Independientemente de las labores agrícolas que se le ejecutan a la plantación durante su desarrollo.

El objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento anual y distribución del acumulado de lluvias cada 6 días y su influencia en las últimas 7 zafras sobre el rendimiento agrícola. Principalmente para la Zafra 2010-2011 donde la reducción del rendimiento agrícola fue altamente significativa.

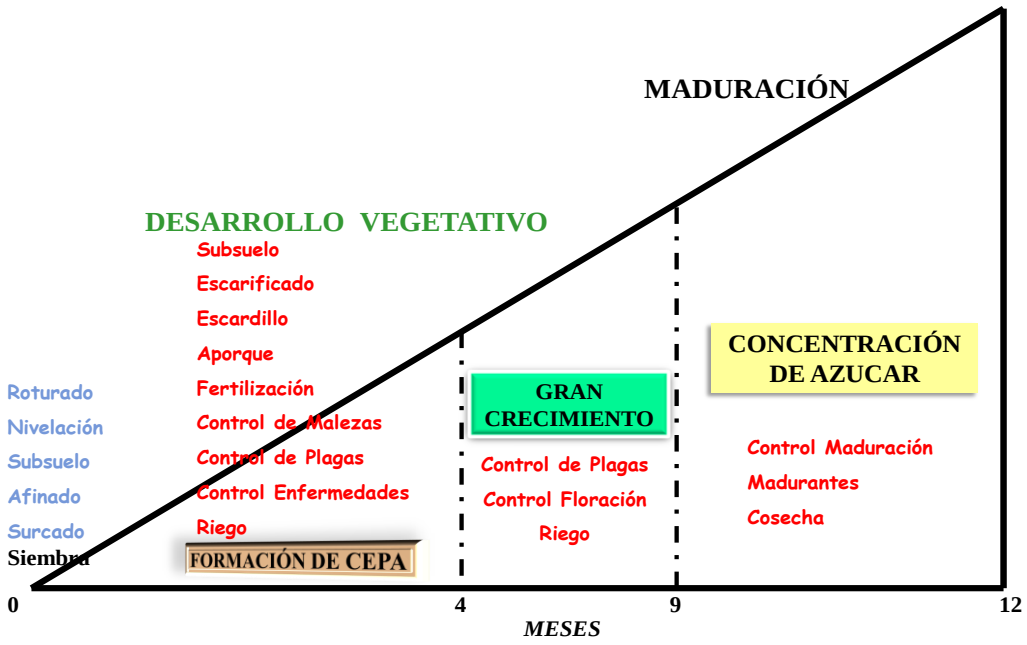
Para ello, se cuenta con el apoyo informativo de una base de datos producto de una red de 18 pluviómetros. Así como con 192 pozos de medición de nivel freático distribuidos en la zona de influencia de CATSA. Como también con varios estudios detallados de suelos que abarcan del 95% del área en análisis.

ASPECTOS DE MANEJO DEL CULTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE CATSA

ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Para mejor comprensión del comportamiento de la lluvia y su influencia en el rendimiento agrícola, es fundamental conocer donde se concentran las principales labores agrícolas de manejo de las plantaciones de caña, con respecto a las etapas fisiológicas de desarrollo del cultivo.

Fig. 2. ETAPAS DE DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN VAR. DE CICLO VEGETATIVO DE 12 MESES . UBICACIÒN LABORES AGRÌCOLAS. CATSA

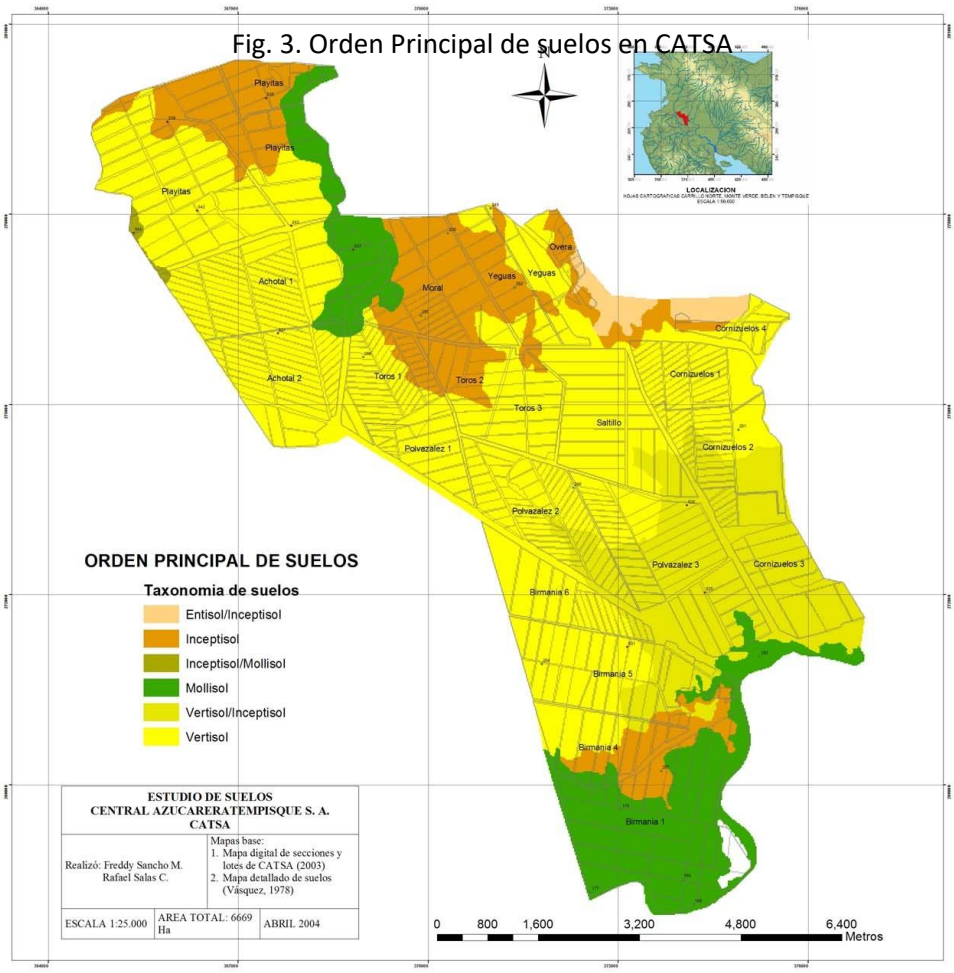


Como se aprecia en la **Figura 2** una plantación de caña de azúcar para un ciclo de 12 meses, muestra en su desarrollo 3 etapas importantes. Estas son: **1-Formación de Cepa** (comprende desde cosecha o siembra hasta aproximadamente los 4 meses). **2-Gran Crecimiento** (4 a 9 meses). **3- Maduración** (9 a 12 meses). Cronológicamente es importante ubicar estas etapas para cada región o zona. En CATSA la primera etapa se concentra en la época de verano e inicios del invierno (Enero a Mayo) y se constituye como la etapa donde se ejecutan la mayoría de las labores de mantenimiento de la plantación. Segunda etapa de Junio a Septiembre, donde se da una alta producción de biomasa con el alargamiento de los tallos y caer a una disminución paulatina de estos, para iniciar la Tercera etapa de Octubre a Diciembre que es la de maduración o concentración de Sacarosa en el tallo. Es importante tener presente estas tres etapas, ya que serán la base del presente estudio para explicar la influencia del comportamiento y distribución de la lluvia en el rendimiento agrícola de CATSA.

CARACTERÍSTICAS GENERALES SUELOS DE CATSA

Otro de los elementos importantes de considerar para la explicación del comportamiento de la reducción del tonelaje versus precipitación, lo constituye las características especialmente físicas de los suelos de CATSA. Más del 80% de los suelos explotados en la producción de caña de azúcar en CATSA pertenecen al Orden Vertisol o una mezcla Vertisol – Inceptisol como se aprecia en la **Figura 3**.

Fig. 3. Orden Principal de suelos en CATSA



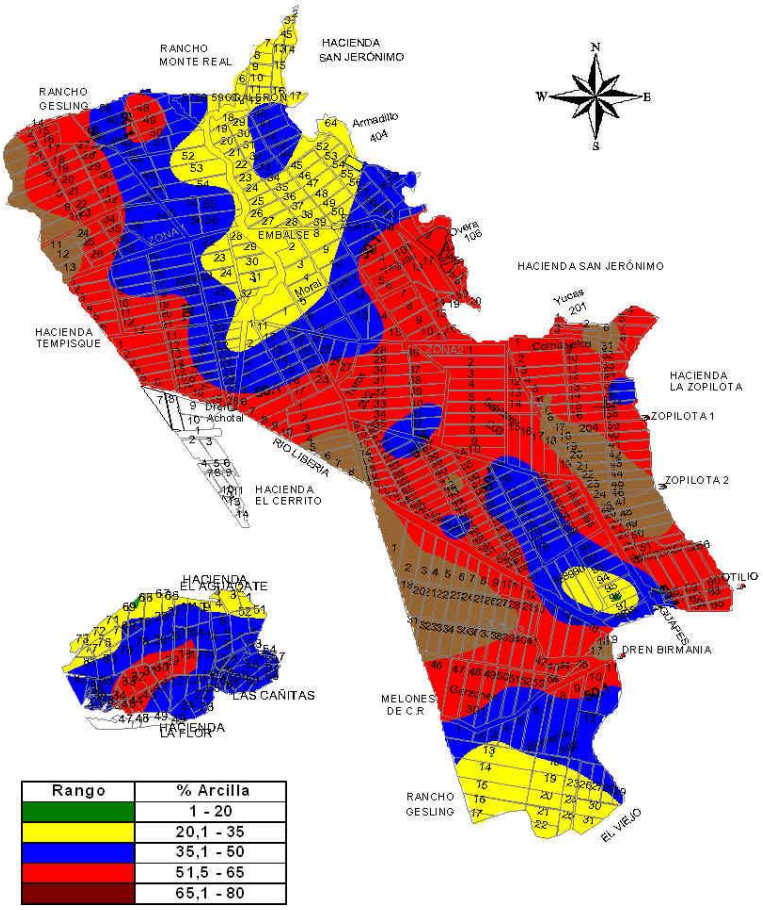
El suelo del orden Vertisol se caracteriza por mostrar altos contenidos de arcilla expandible (2:1) del tipo montmorillonitico que durante la época seca se contraen formando grietas en la superficie y se dilatan al humedecerse dando lugar a superficies de fricción o deslizamiento entre las caras de los agregados del suelo. Debido a los altos contenidos de arcilla 2:1, a pesar de que los análisis de densidad y la porosidad total muestran valores medios, estos suelos tienen serios problemas de movimiento de agua mostrando valores de conductividad hidráulica cercanos a cero. Con el inicio de las lluvias cuando estos suelos están agrietados, el movimiento del agua ocurre a través de las aperturas, con lo que las arcillas del subsuelo se expanden modificando todos sus agregados y prácticamente no dejan ningún espacio libre para el movimiento del agua o el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera. Como consecuencia el suelo se hace prácticamente impermeable y por lo tanto se inundan.

Grietas con una profundidad hasta de 50 cm. Característica de un suelo Vertisol en época de Verano en CATSA

Formación de grandes bloques de arcilla en un suelo Vertisol con cierto porcentaje de humedad, ejemplo por apertura de un canal de riego. CATSA

Son suelos con contenidos altos de calcio y magnesio y muy bajos en potasio, fósforo y zinc. Son suelos muy difíciles para su preparación. La mecanización resulta una práctica dificultosa y onerosa, dependiente de los límites de consistencia y del contenido de humedad. Como se observa en la **Figura 4**, la mayor parte del área de CATSA muestra suelos con más de un 50% de arcilla.

Fig. 4 DEPARTAMENTO INVESTIGACIÓN CATSA
Porcentaje de Arcilla por rango. 2007-2008



Rango	% Arcilla
	1 - 20
	20,1 - 35
	35,1 - 50
	51,5 - 65
	65,1 - 80

EL AIRE EN EL SUELO

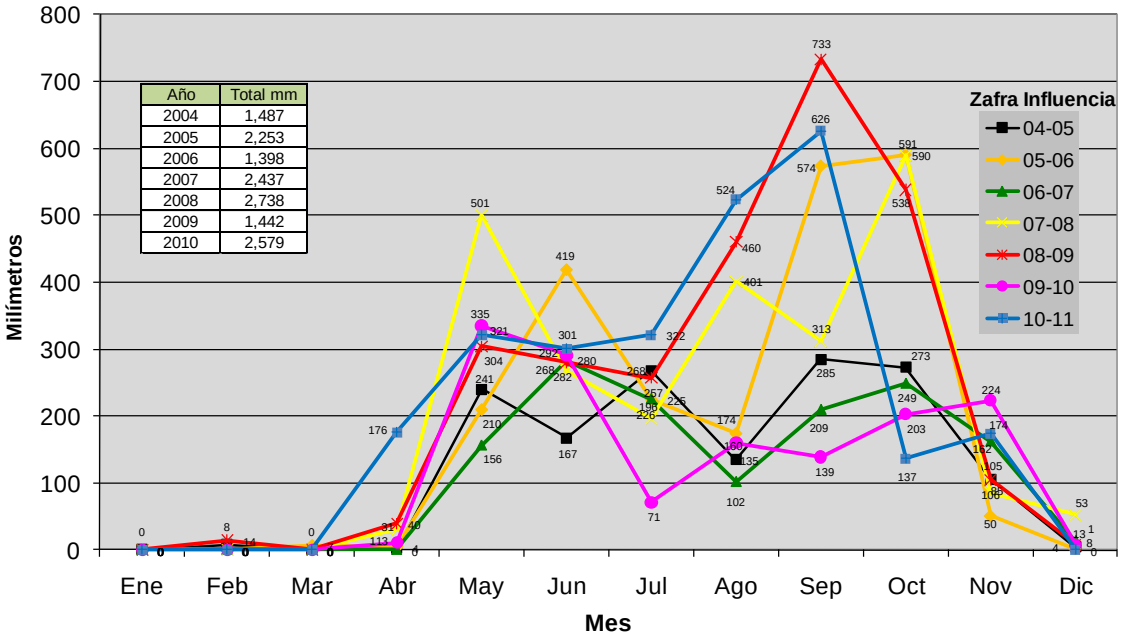
La aireación del suelo se refiere al abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los microorganismos y de las raíces de las plantas que posee el suelo. El aire del suelo guarda una relación opuesta con su agua: al aumentar la proporción de la fase líquida disminuye la relación de la fase gaseosa. Bajo condiciones de capacidad de campo, la proporción de aire de un suelo acuoso varía entre 30 y 40% para un suelo arenoso; para un suelo franco entre 10 y 15% y para uno arcilloso, entre 5 y 15%. La deficiencia de O_2 en el suelo produce normalmente el cese del crecimiento de las raíces, lo que va acompañado por daños o la muerte de ellas. Externamente esto se manifiesta luego por descoloración y muerte de las hojas, y reducción en el crecimiento de la planta. La aireación deficiente que resulta de un pobre drenaje y del anegamiento o de la compactación mecánica del suelo, puede inhibir grandemente el crecimiento del cultivo. La mayor parte de los cultivos sólo pueden desarrollarse en

forma vigorosa si la concentración de CO_2 alrededor de sus raíces no es demasiada alta y la de O_2 demasiado baja. Por ello, las velocidades de transferencia de CO_2 desde la zona de la raíz a la atmósfera y de O_2 desde la atmósfera a la zona radicular son propiedades del suelo de fundamental importancia para el cultivo, y en suelos húmedos, la velocidad de penetración de O_2 limita probablemente con más frecuencia al desarrollo de la raíz que la velocidad de eliminación de CO_2: el aporte O_2 en los suelos húmedos es tan importante como el aporte de agua en los secos.

REGISTRO DE LA PRECIPITACIÓN DE LOS AÑOS DE ANALISIS 2005 AL 2010 Y SU ZAFRA DE INFLUENCIA RESPECTIVA

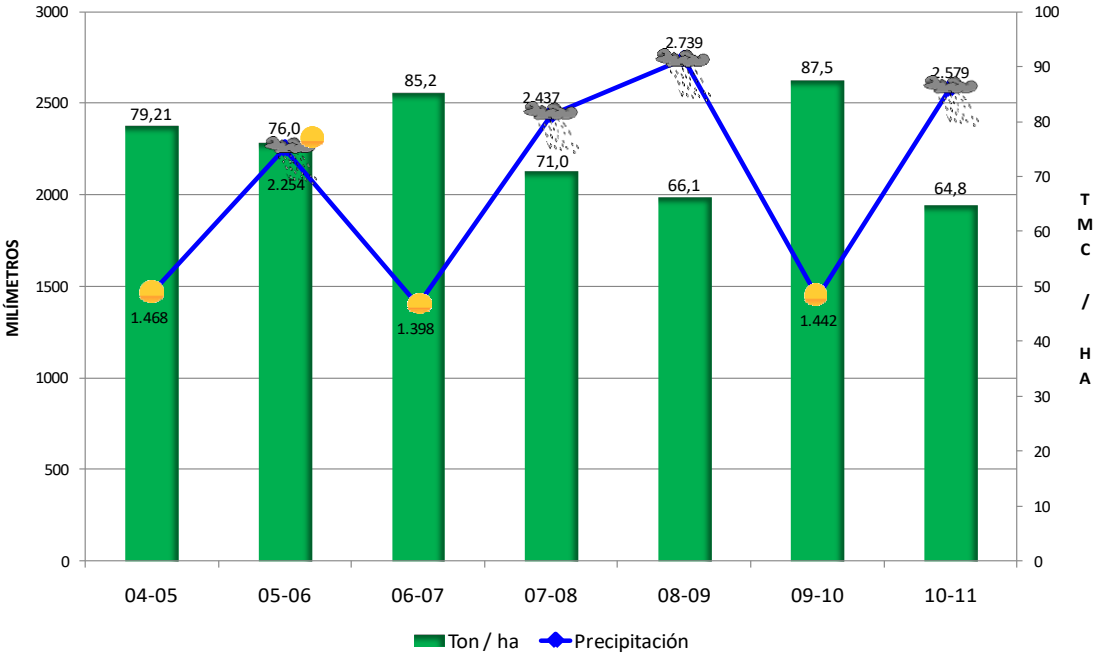
Como se aprecia en la **Figura 5** del año 2004 al 2010 se han presentado 4 años con más de un 25% de incremento de la precipitación, con respecto al promedio general de 1.800 mm registrado en los últimos 26 años. Así como tres años por debajo de este promedio.

Fig. 5 Comportamiento de la precipitación pluvial del año 2004 al 2010 con zafra de influencia. Estación Polvazales. CATSA



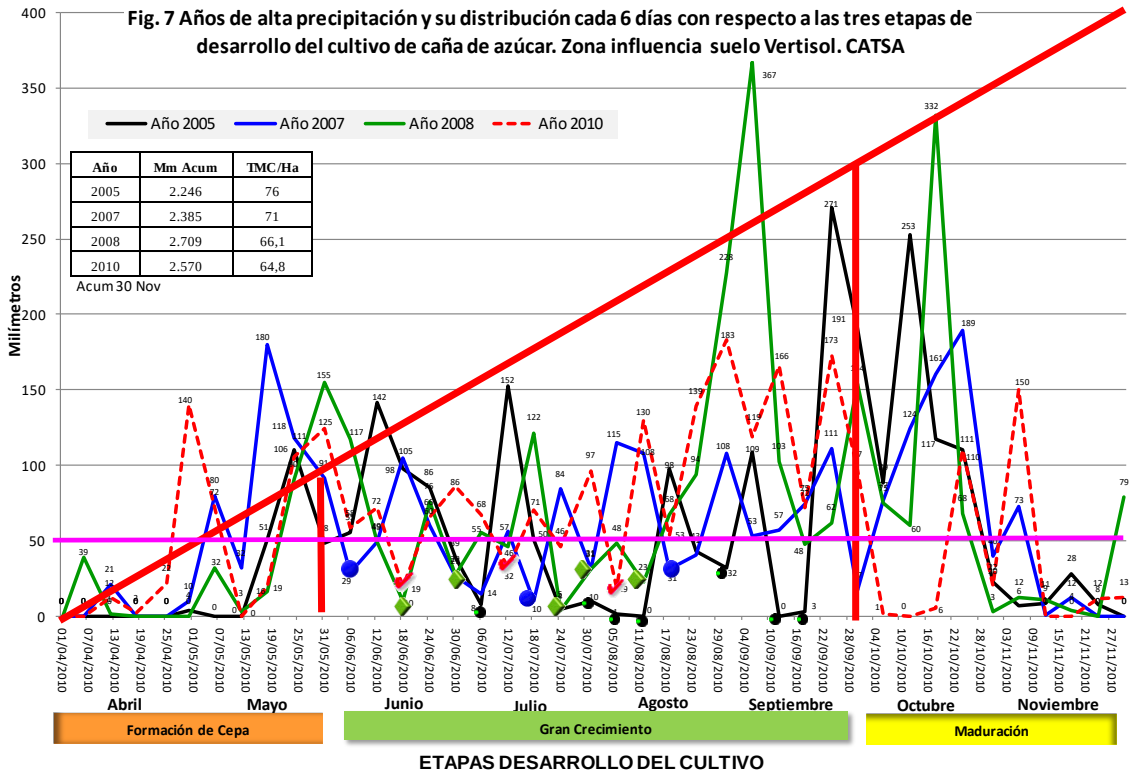
Ahora, si se relaciona el acumulado de la precipitación anual con su respectiva zafra de influencia. No existe duda, de una relación inversa del acumulado de lluvia anual con respecto a la producción agrícola (toneladas de caña / ha). Como se contempla en la **Figura 6** en años de alta precipitación se muestra una reducción en el rendimiento agrícola y viceversa. Se sale bajo este esquema el rendimiento de la zafra 05-06, que a pesar de mostrar un acumulado de 2.254 mm de lluvia la reducción en el rendimiento no fue tan significativo. Acá, se tiene que introducir otro concepto de mucha importancia, y es la distribución de la lluvia en toda la época de invierno. Por esta razón, el análisis de la lluvia bajo acumulados cortos de tiempo es muy importante.

Fig. 6 Relación de la precipitación acumulada anual y el rendimiento agrícola Ton Caña/ Ha. En 7 zafras. CATSA



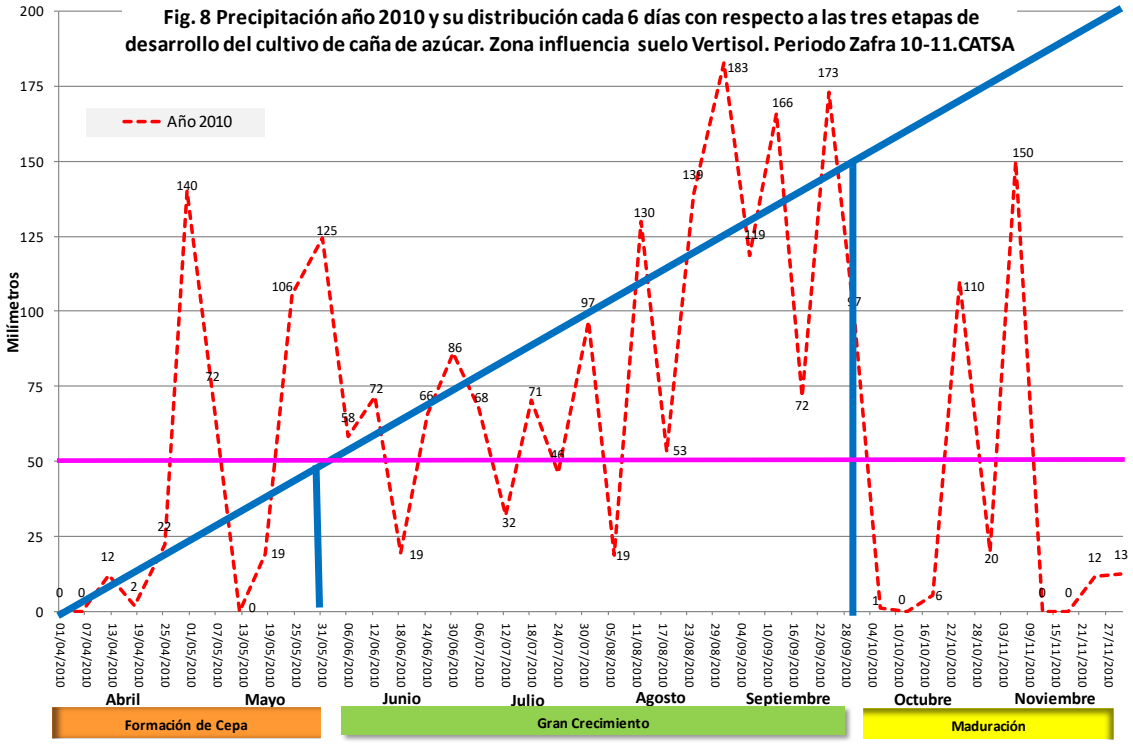
Para apreciar con más detalle la influencia de la lluvia sobre el rendimiento agrícola (Ton Caña/ha) se graficó la distribución de la lluvia cada 6 días de las 7 zafras en análisis y sobre el desarrollo de las 3 etapas del cultivo anteriormente mencionadas. Inicialmente, como se nota en la **Figura 7** se incluyen solamente los años lluviosos, que son los de mayor impacto en la reducción de la producción.

Fig. 7 Años de alta precipitación y su distribución cada 6 días con respecto a las tres etapas de desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Zona influencia suelo Vertisol. CATSA

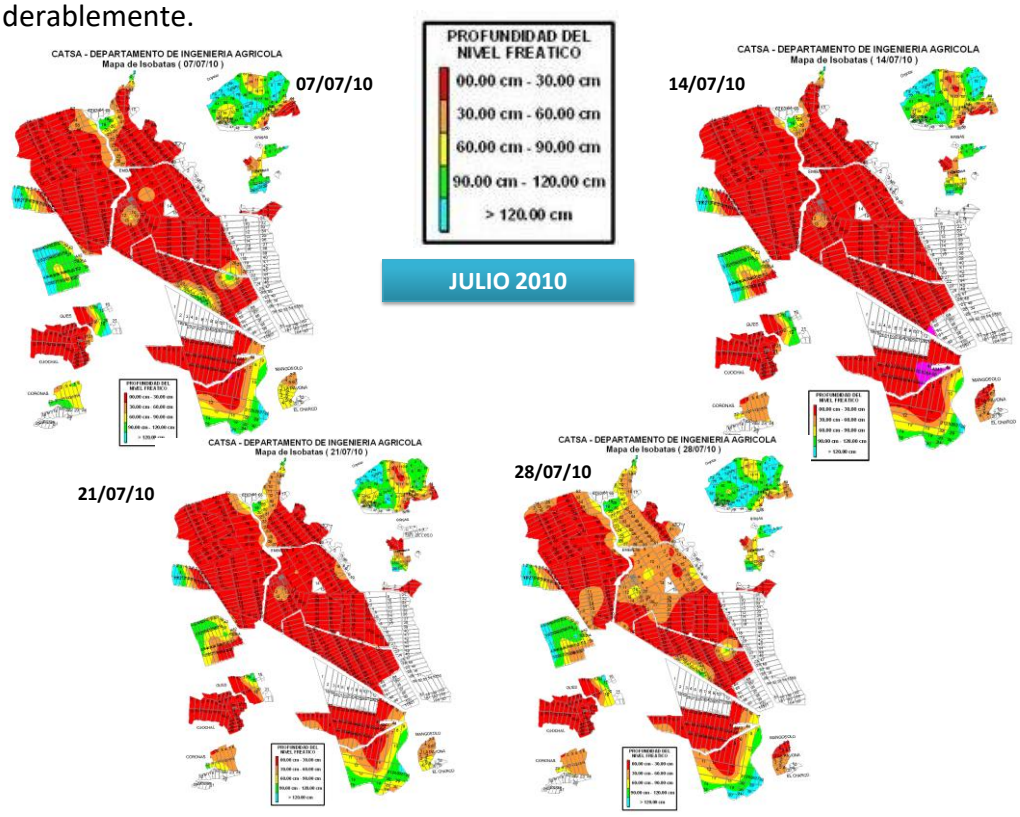


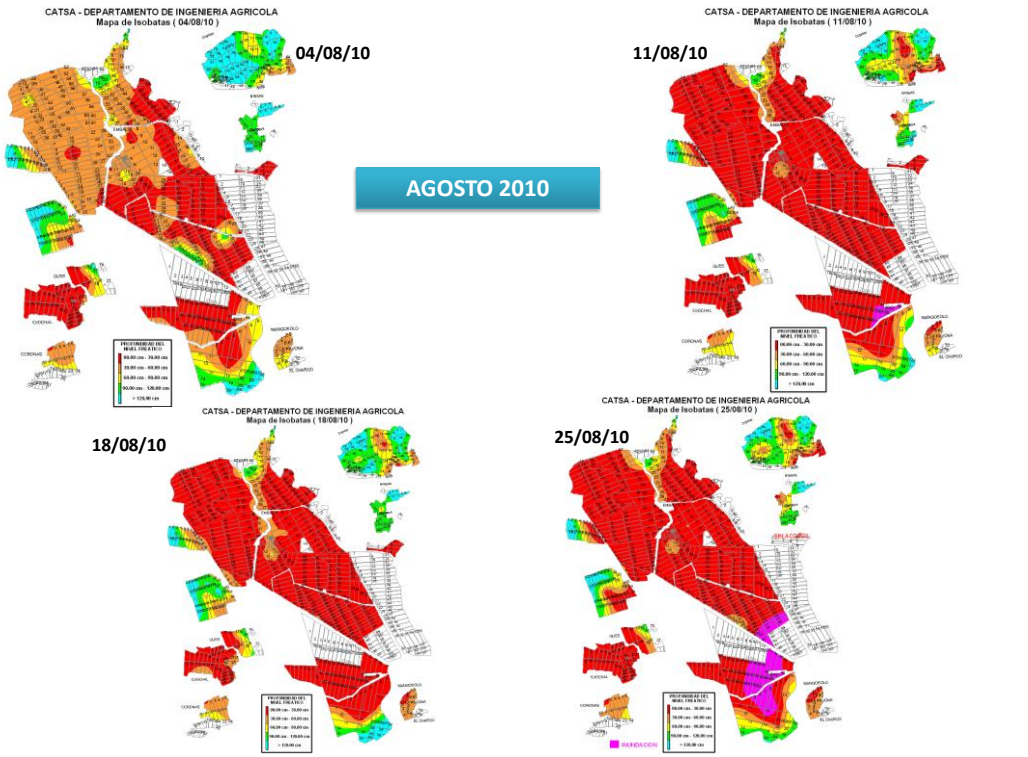
Año	Mm Acum	TMC/Ha
2005	2.246	76
2007	2.385	71
2008	2.709	66,1
2010	2.570	64,8

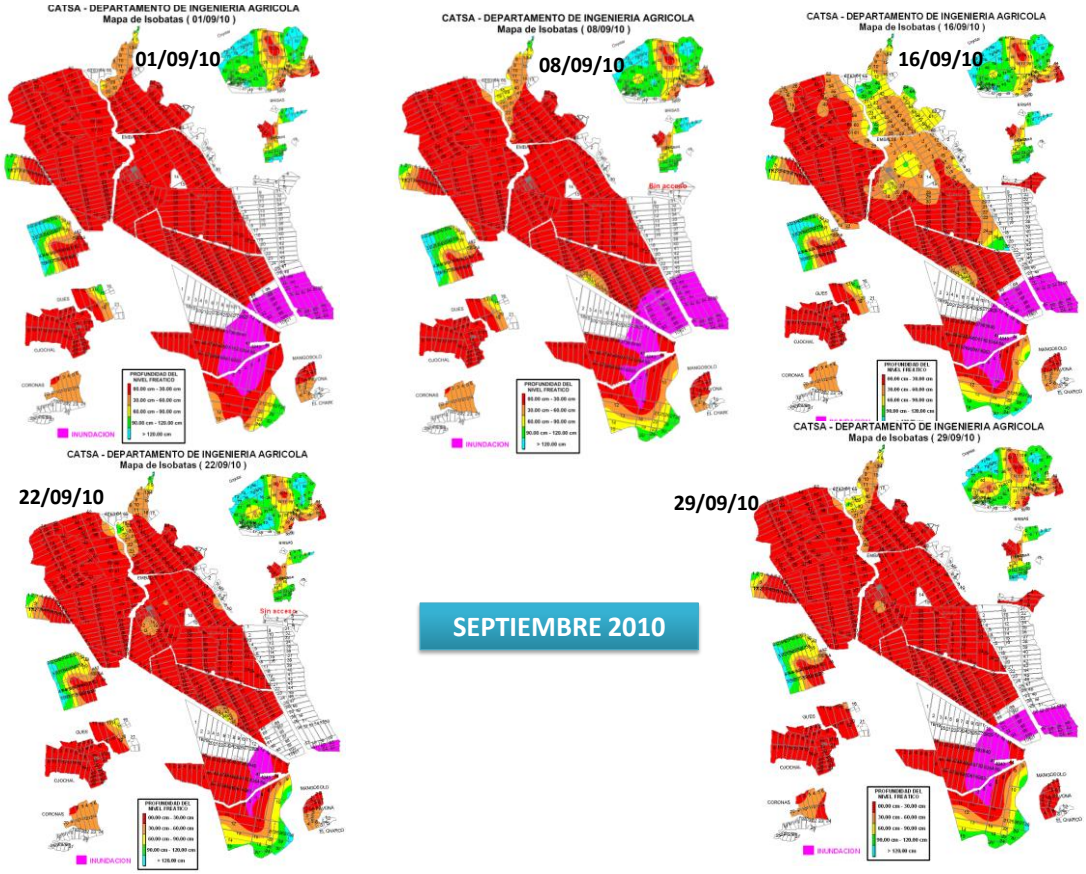
Para CATSA su periodo más crítico de desarrollo del cultivo es en la **Etapa de Gran Crecimiento**, principalmente por lo detallado al inicio de este documento, sobre las características físicas de sus suelos, ubicación geográfica y periodo cronológico donde se ubica esta etapa. La **Figura 7** muestra muchos aspectos, apoyados bajo la teoría de que el término aireación pobre del suelo, se refiere a una condición en la que la disponibilidad de O_2 en la zona radicular es insuficiente para soportar el crecimiento óptimo de la mayoría de las plantas, es decir una mala aireación se vuelve un impedimento serio para el crecimiento de las plantas. Por esta razón, se traza una línea de color purpura en la escala de **50 mm de lluvia** (equivalente a 50 litros agua/m^2) lo cual se considera que un suelo Vertisol de las características de CATSA bajo ciclos de 6 días de lluvia con el acumulado a 50 mm, el suelo se mantiene saturado constantemente. De aquí, que estos ciclos de 6 días entre menos distantes estén en esta etapa de Gran Crecimiento y desde luego con acumulados menores a 50 mm, más se favorecerá la planta de caña en su crecimiento. Por esta razón, es muy importante la manifestación del "veranillo de San Juan" o la "canicula", la cual es una de la razones del porque la zafra 2005-2006 a pesar de que tuvo una influencia de alta precipitación (2,254 mm) su rendimiento agrícola no fue afectado tan drásticamente **(Fig.6 y 7)** donde se favoreció con aproximadamente 18 días (3 ciclos continuos de 6 días) de mínima precipitación en su etapa de Gran Crecimiento, entre los meses de Julio y Agosto. Caso contrario la Zafra 2010-2011, donde prácticamente la "canícula" está ausente. Además los ciclos acumulados de 6 días de menos de 50 mm de lluvia están muy distantes. Por otro lado, la etapa de Gran Crecimiento se inició con el suelo saturado de humedad y no se logró restablecer hasta el mes de Octubre, como se observa en la **Figura 8.**



Por otro lado, los Pozos de Medición semanal del Nivel Freático también demuestran que las plantaciones cosechadas para la zafra 2010-2011, en su etapa de Gran Crecimiento el suelo estuvo saturado (Nivel Freático entre 0 y 30 cm de profundidad) durante 3 meses (Julio-Agosto-Septiembre). Desde luego, con esta condición prácticamente el desarrollo o crecimiento de la plantación se redujo considerablemente.



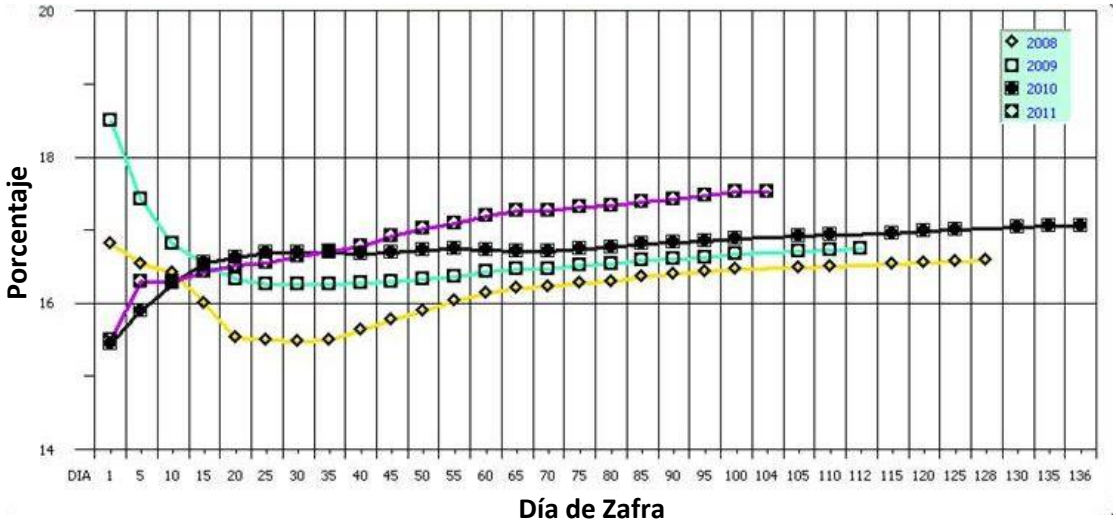




Existen otras variables climáticas que probablemente hayan influido también en este comportamiento de la zafra 10-11. Por ejemplo la Luminosidad y horas luz. En la actualidad la Estación Meteorológica de CATSA no cuenta con esta medición. Sin embargo, generalmente cuando se presentan condiciones de alta precipitación anual, se presenta una reducción en la luminosidad y horas luz. En este caso la caña de azúcar es sensible a los cambios en el fotoperiodo, especialmente en la disminución de la longitud del día, cuando esta es prolongada se estimula la Floración en la planta. Como consecuencia la floración detiene el desarrollo de los tallos, ya que estos no producen hojas nuevas. Por lo tanto, la floración a corto plazo puede aumentar el contenido de Sacarosa. Pero a largo plazo, puede resultar en menos producción de biomasa y en aumentos en el contenido de fibra.

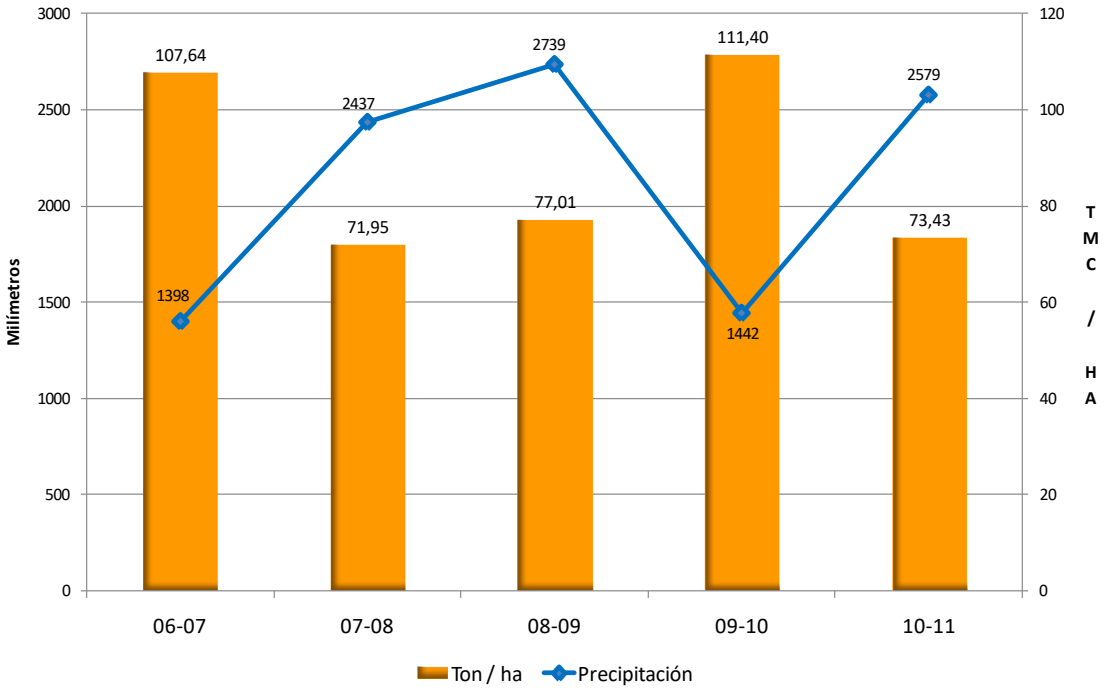
Precisamente la zafra 2010-2011 se caracterizó por la presencia de alta floración, donde variedades como la NA56-42 y SP70-1284 incrementaron su floración aproximadamente entre un 20 al 30% más de lo normal. También el contenido de % Fibra en Caña mostró un incremento importante, superando a las últimas 3 zafras con un valor final acumulado de 17.53% como se aprecia en la **Figura 9**.

Fig. 9 Porcentaje de Fibra en Caña en últimas 4 zafras. CATSA



Históricamente los mejores rendimientos agrícolas en las plantaciones de CATSA se expresan en lotes Ciclo Planta. Luego estos van decreciendo paulatinamente hasta el quinto o sexto corte. Sin embargo, el rendimiento del ciclo planta (ton caña/ha) ver **Figura 10** es el más perjudicado en los años de alta precipitación, lo cual al final de estos periodos, impacta significativamente en la producción general de la empresa, ya que como norma se está renovando por año entre el 15 al 20% del área.

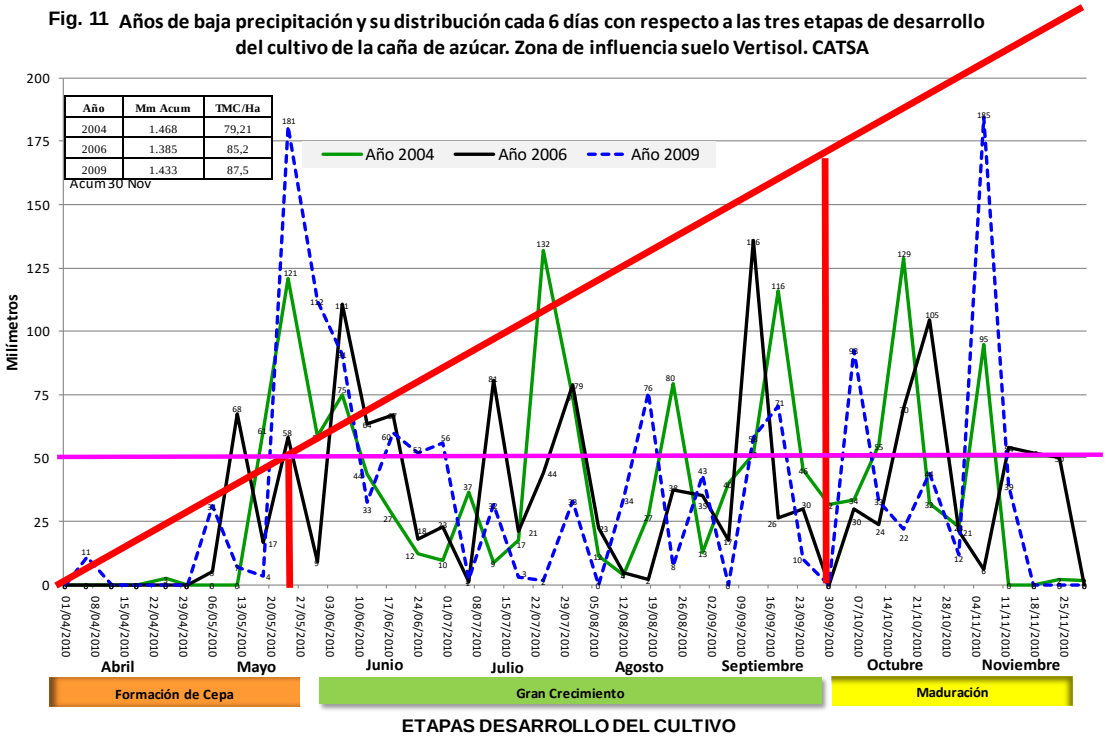
Fig. 10 Relación de la precipitación acumulada anual y el rendimiento agrícola Ton caña/ha en Ciclo Planta. Últimas 5 zafras. CATSA



Con respecto a los años de baja precipitación no existe problema alguno. En la Etapa de Gran Crecimiento se dan las condiciones ideales de humedad en el suelo, para una

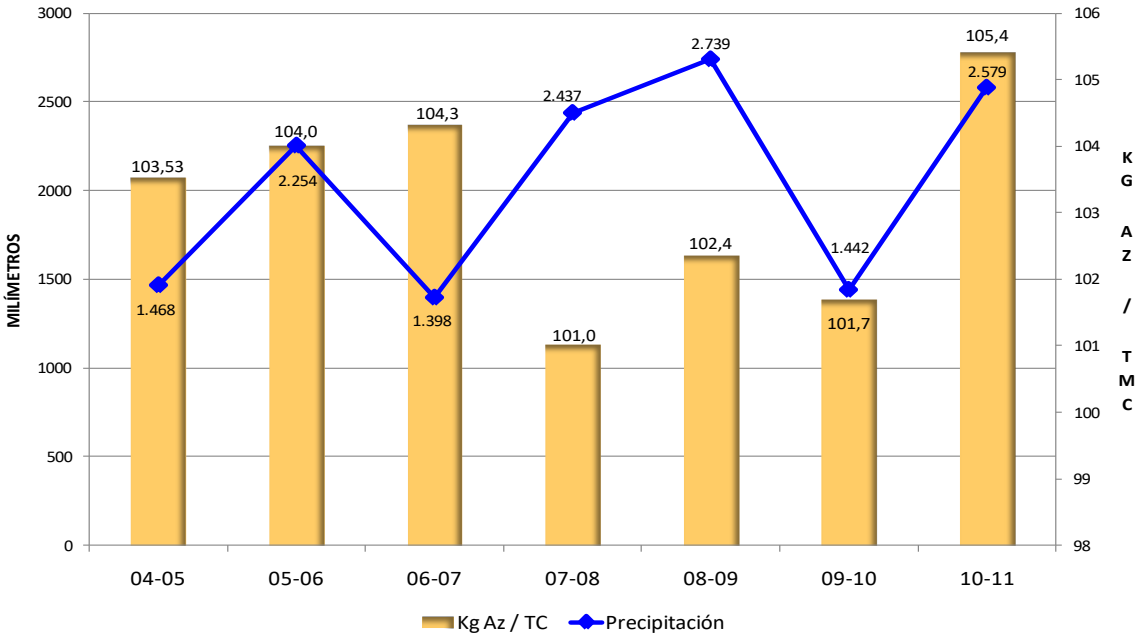
excelente aireación y adecuado desarrollo del cultivo. La **Figura 11** muestra este comportamiento, con periodos continuos de 6 días por debajo de los 50 mm de lluvia.

Fig. 11 Años de baja precipitación y su distribución cada 6 días con respecto a las tres etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar. Zona de influencia suelo Vertisol. CATSA



En cuanto al Rendimiento Industrial (Kilogramos de Azúcar / Ton caña) el periodo lluvioso tiende a marcar una relación inversa con el rendimiento en azúcar **Figura 12**. Sin embargo, depende en gran medida de las condiciones de lluvia en la Etapa de Maduración. Un ejemplo interesante es el manifestado en la Zafra 2010-2011, que a pesar ser año lluvioso, la concentración en azúcar fue extraordinaria. Probablemente se deba a la reducción de lluvias en Octubre 2010 el cual es un caso atípico **(Figura 7)**.

Fig. 11 Relación de la precipitación acumulada anual y el rendimiento industrial. Kilogramos azúcar / Ton Caña. Últimas 7 zafras. CATSA



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se demuestra una relación inversa entre la precipitación acumulada anual y el rendimiento agrícola de las últimas 7 zafras en Central Azucarera Tempisque S.A. Este comportamiento debe considerarse y valorarse para el estimado definitivo en producción, en el caso de CATSA no realizarse antes del 15 de Octubre, si la precipitación anual a esa fecha ha superado los 2.300 mm.

2. La etapa de Gran Crecimiento del cultivo es la más afectada en los años de alta precipitación. En este caso estratégicamente las labores a realizarse en la etapa de Formación de Cepa deben de efectuarse con la mejor calidad y criterio técnico posible. Por ejemplo: Mínima toxicidad al cultivo en el control químico de malezas. Dosis exacta, distribución e incorporación del fertilizante. En lotes soca programación de riego pre-zafra y eficiencia del riego post-cosecha. En suelos Vertisoles descompactación del entresurco de la plantación soca con implementos como Sub-escarificado. Fundamental el uso de excelente calidad de semilla en las plantaciones de renovación.

3. Además de la lluvia, existen otras variables climáticas que afectan el desarrollo del cultivo como por ejemplo la luminosidad. Por lo tanto, se sugiere incluir este equipo de medición en la Estación Meteorológica de CATSA. Lo cual nos dará más elementos técnicos para analizar el comportamiento agrícola de una zafra.

4. Definitivamente CATSA cuenta con un recurso de difícil manejo que lo son las condiciones físicas del Suelo Vertisol, a pesar de que se cuenta con una red de drenajes importantes. Es importante el incremento de la materia orgánica en estos suelos. Para ello, se tienen alternativas como programación de ciertas áreas de cosecha en verde para incorporar el rastrojo. Uso más intensivo de la Cachaza y Vinaza. Continuar con el programa de rotación arroz – caña.

5. Los pozos de medición del nivel freático, se han constituido en una herramienta importante para conocer el comportamiento posterior de una cantidad de lluvia y capacidad de drenaje en un suelo Vertisol. Se sugiere que el 100% de los pozos deben quedar instalados antes de las primeras lluvias.

6. En años de alta precipitación el Programa de aplicación de madurantes, debe establecer de manera muy exacta la dosis en relación al tonelaje estimado. Como también el periodo aplicación – cosecha. El manejo de estos dos factores podría contrarrestar un efecto de menor reducción del rendimiento agrícola. Ya dado por causa de la época lluviosa del periodo.

LITERATURA CONSULTADA

Aire en El Suelo. Consultado 29 Abril 2011. http://bibagr.ucla.edu.ve/jhonny2/aire_en_el_suelo.html

Aireación en El Suelo. Consultado 2 de Mayo 2011. http://araucarias.blogspot.com/2005/09/aireacin-del-suelo-la-aireacin-del.html

Amaya Estévez, A.; Cock,J.H.; Hernández, A.; Irvine, J. Biología. En CENICAÑA. El Cultivo De la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. 1995. p. 31-62. http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p31-62.pdf

Fassbender, H. 1980. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. p. 114.

Grijalba, M.E. 2004. Determinación de características edafológicas y microbiológicas que influyen en la disminución del rendimiento de la caña de azúcar en suelos de Guanacaste. Tesis para optar el grado de Licenciatura. Escuela de Fitotecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 86 p.

Henríquez, C.; Cabalceta, G.; Bertsch, F.; Alvarado, A. Principales suelos de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Consultado 2 Mayo 2011. http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html

Sancho, F.; Salas, R. 2004. Estudio de suelos de la finca de la Central Azucarera Tempisque. Liberia, Guanacaste. 100 p.

Sancho, F.; Salas, R. 2006. Estudio de suelos Finca Armadillo Propiedad de Central Azucarera Tempisque (CATSA). Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 71 p.