

SEXTO SEMINARIO TEMÁTICO



El Desarrollo Agrícola Territorial del Trópico Húmedo Mexicano: reflexiones y experiencias en el manejo del suelo y agua



El drenaje agrícola en el Trópico Húmedo mexicano

M.C. José R. Namuche Vargas

09 de diciembre de 2020

TRÓPICO HÚMEDO Y SUBHÚMEDO

La agricultura de secano es aquella en la que el ser humano no contribuye a la irrigación de los campos, sino que utiliza únicamente la que proviene de la lluvia.

En el hemisferio norte, se conoce como agricultura de temporal y se realiza de abril a septiembre. En Chile, se conoce como agricultura de rulo.

Las aceitunas provenientes de los olivos de secano tienen mayor rendimiento que las de regadío, ya que éstas no poseen tanta cantidad de agua y, por lo tanto, su porcentaje de aceite es mayor.

Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Producción agrícola

- Aumento de la superficie destinada a la producción de cultivos alimentarios de 1960 a 2010: 12%.
- Aumento de la productividad agrícola mundial en el mismo período: 150% - 200%.
- Total de la superficie cultivada (secano + riego) en 1961, 2006: 1 400 millones y 1 500 millones de ha, respectivamente.
- Superficie agrícola de regadío en 1961, 2006: 139 millones y 301 millones de ha, respectivamente.
- Promedio de hectáreas de tierras agrícolas necesarias para alimentar a una persona en 1961: 0.45 ha.
- Promedio de hectáreas de tierras agrícolas necesarias para alimentar a una persona en 2006: 0.22 ha.

Uso del agua

- Porcentaje del total de agua extraída de los acuíferos, ríos y lagos por la agricultura: 70%.
- Porcentaje del total de la producción agrícola mundial obtenida en sistemas de secano: 60%.
- Cantidad en la cual el riego suele mejorar la productividad agrícola: el doble.
- Volumen de las cosechas de cereales de secano en el mundo en desarrollo, en promedio: 1.5 t/ha
- Volumen de las cosechas de cereales de regadío en el mundo en desarrollo: 3.3 t/ha
- Número promedio de cultivos anuales en las tierras de secano y regadío en Asia: 1 y 2, respectivamente.
- Porcentaje de la población mundial que vive hoy en regiones donde hay escasez de agua: 40%
- Porcentaje de los recursos hídricos renovables utilizados actualmente en Libia, Arabia Saudita, Yemen y Egipto: 100%.
- Total de los recursos hídricos renovables utilizados actualmente en América del Sur: 1%

PROYECTOS DE DRENAJE

¿Para qué queremos establecer un sistema de drenaje?



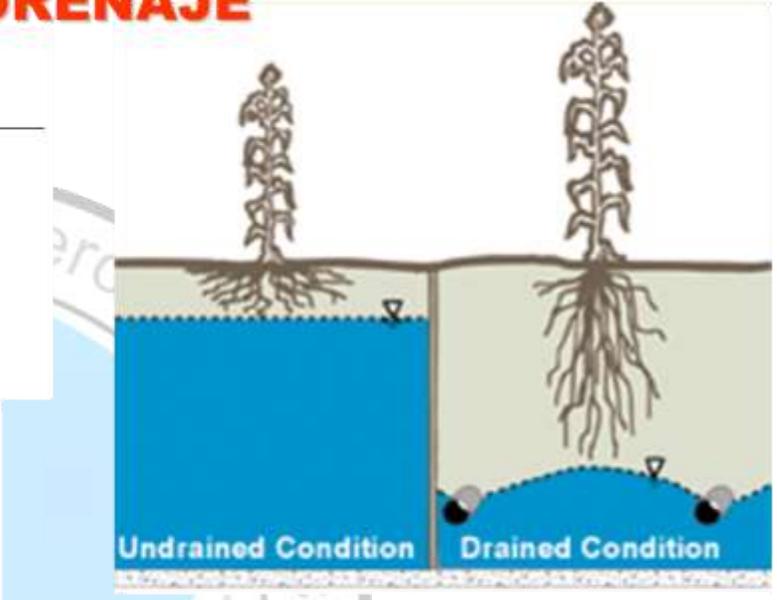
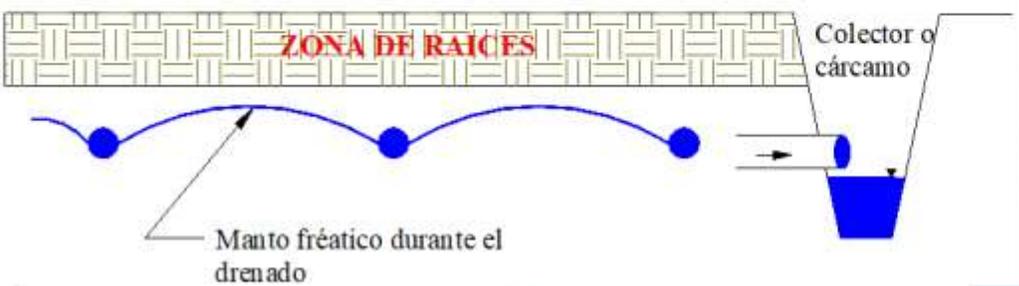
¿Para evacuar los excedentes de lluvias ?

¿Para recuperar suelos salinos o sódicos?

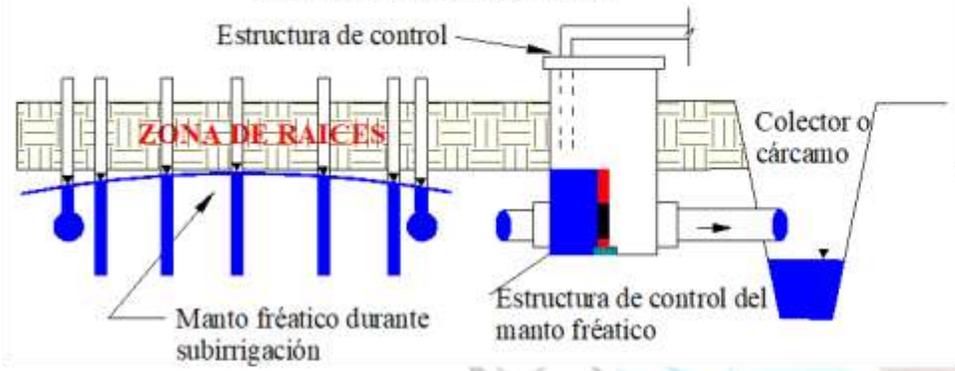
- ¿Cuánta agua tenemos de lluvia o de riego?
- ¿Qué cultivos se van a establecer?
- ¿Cómo vamos a sacar el agua de las zonas de proyecto?
- ¿Inundaciones, Bordos, Protección de ciudades o cultivos?

SISTEMAS DE DRENAJE

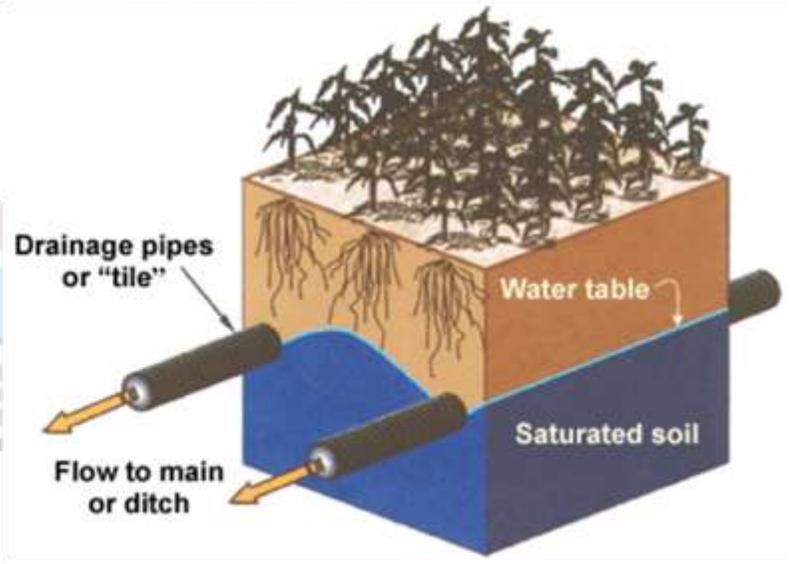
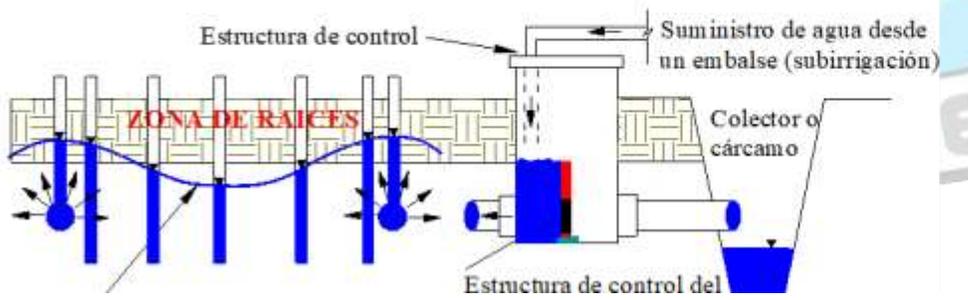
DRENAJE CONVENCIONAL



DRENAJE CONTROLADO

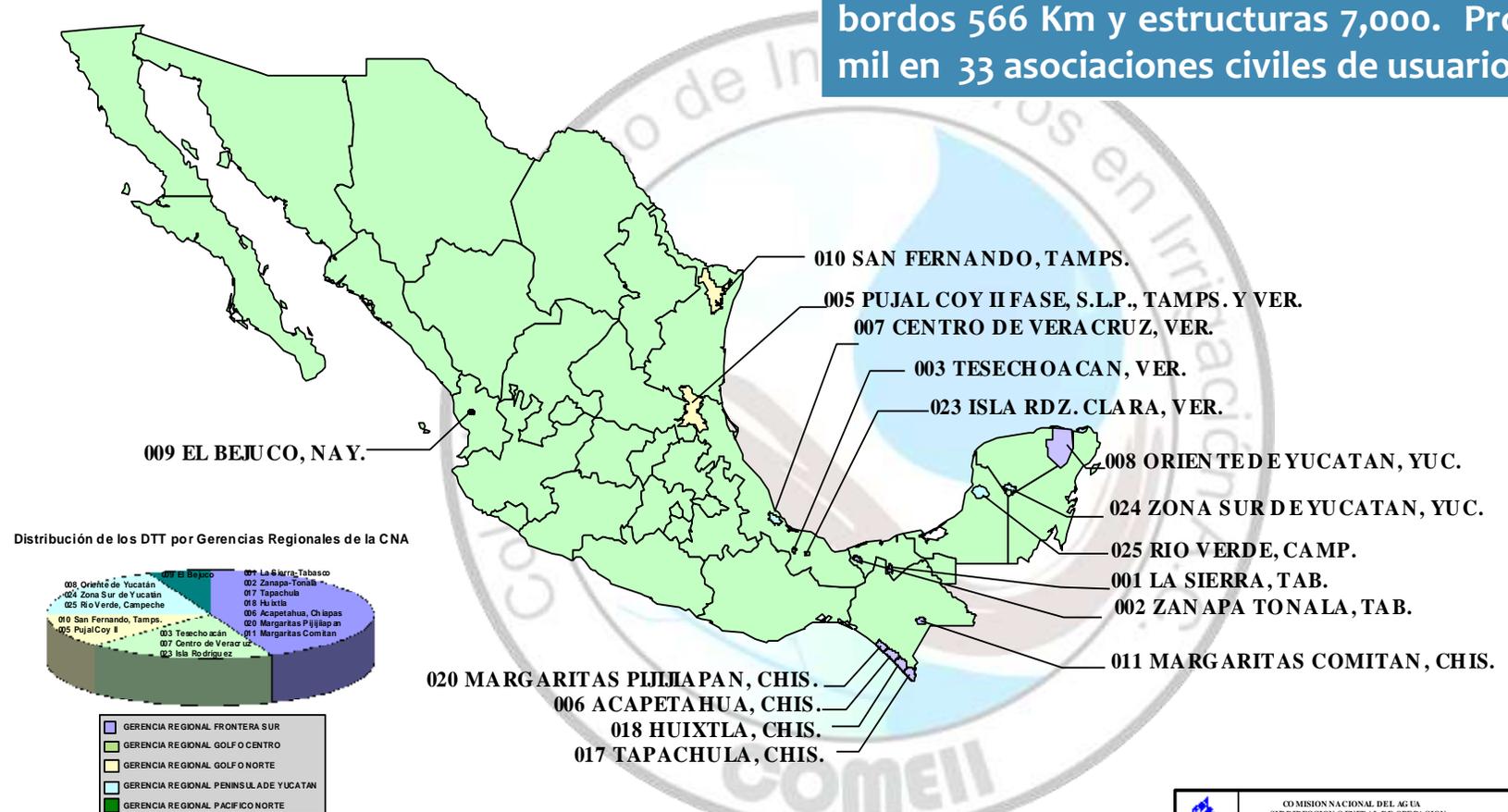


DRENAJE CONTROLADO CON SUBIRRIGACIÓN



DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO

Potencial agropecuario 7.5 millones ha, incorporadas 2.86 millones ha en 23 DTT. Infraestructura: drenes 3,220 km, caminos 5,170 km, bordos 566 Km y estructuras 7,000. Productores beneficiados: 120 mil en 33 asociaciones civiles de usuarios.



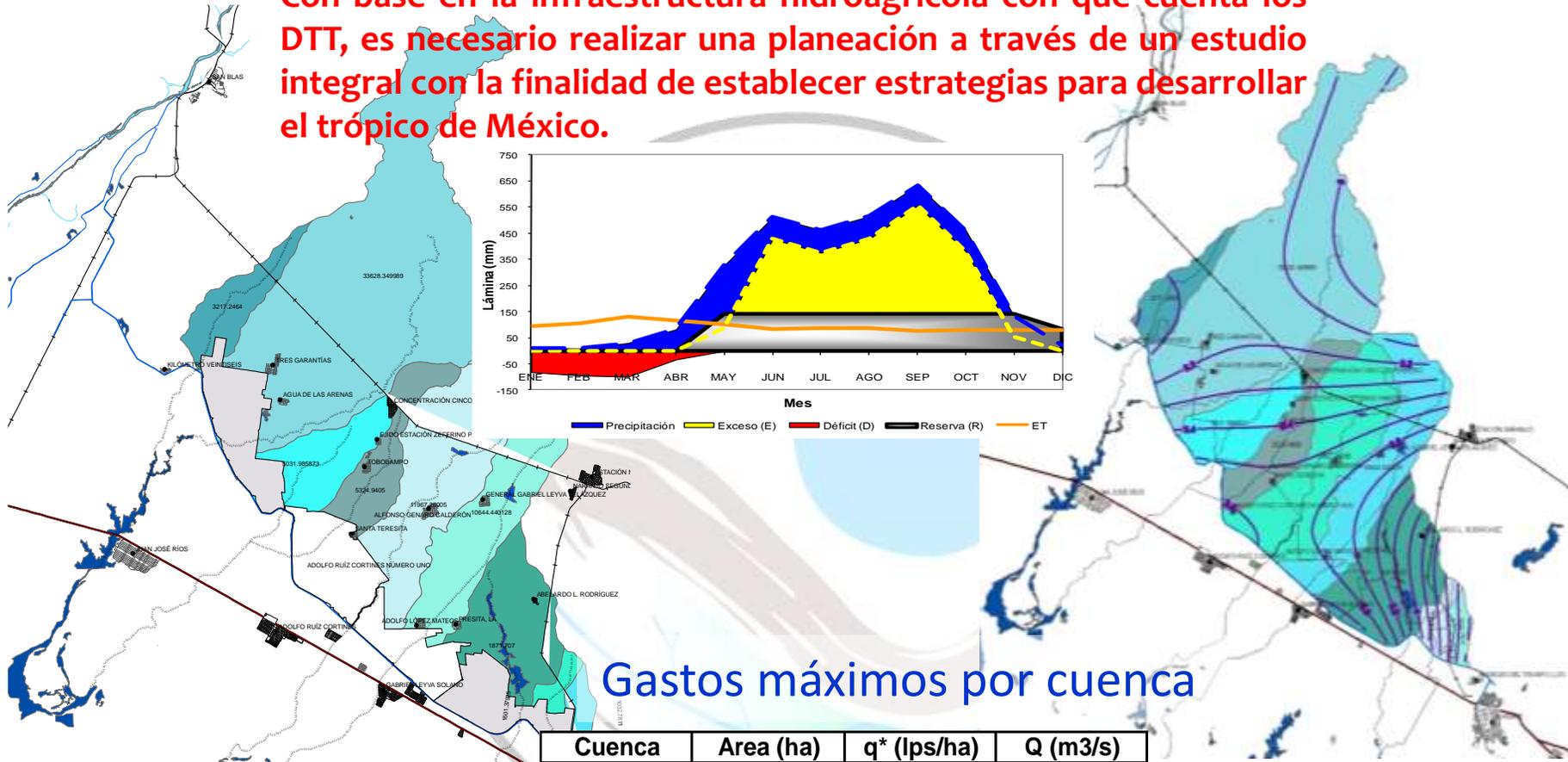
Drenaje subterráneo: 3,500 ha en Nayarit, 1,500 ha en Veracruz y 1,500 ha en Tamaulipas.

EL ABORADOR POR:
 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
 COORDINACION DE TECNOLOGIA DE RIEGO Y DRENAJE
 SUBCOORDINACION DE CONSERVACION DE CUENCAS
 PARA:
 GERENCIA DE DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO
 COMISION NACIONAL DEL AGUA

 COMISION NACIONAL DEL AGUA SUBDIRECCION GENERAL DE OPERACION GERENCIA DE DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO		
LOCALIZACION DE LOS DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO EN LA REPUBLICA MEXICANA		
NOMBRE: SERVICIO PROGRAMADO DEL AGUA PREVENCIÓN DEL SEQUE	COSTOS: GERENTE DE DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO	FECHA: SUBGERENTE RESPONSABLE DE LA CONSERVACION

ESTUDIO INTEGRAL

Con base en la infraestructura hidroagrícola con que cuenta los DTT, es necesario realizar una planeación a través de un estudio integral con la finalidad de establecer estrategias para desarrollar el trópico de México.



Gastos máximos por cuenca

Delimitación de microcuencas

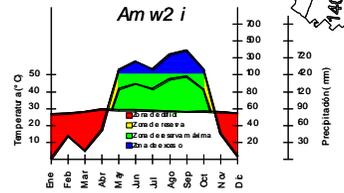
Módulos de drenaje

Cuenca	Area (ha)	q* (lps/ha)	Q (m3/s)
km 29	3217.2464	3.10	9.97
Amapal	33628.3499	3.15	105.93
Guayparime	5031.9850	3.40	17.11
Juncos	5324.9405	3.50	18.64
Navobampo	11967.2600	3.50	41.89
Batamote	11280.7780	3.64	41.13
Tepatoche	9487.2793	3.87	36.74
Hornos	1601.3790	4.20	6.73

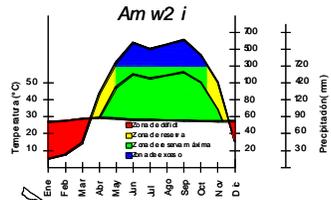
* Para un periodo de retorno de 10 años.



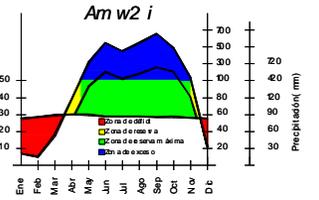
Climogramas e isoyetas anuales



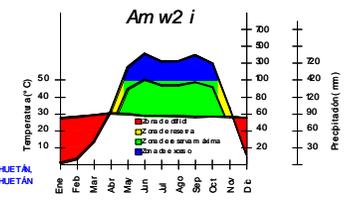
Salvación, Villa Comaltitlán



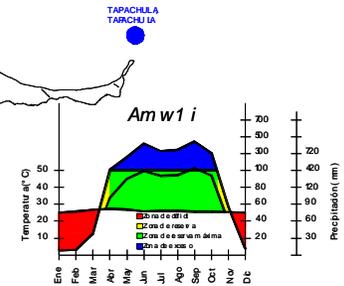
Despoblado, Villa Comaltitlán



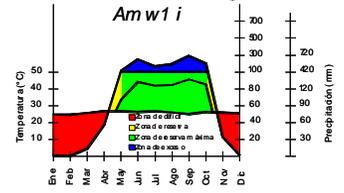
Huixtla, Huixtla



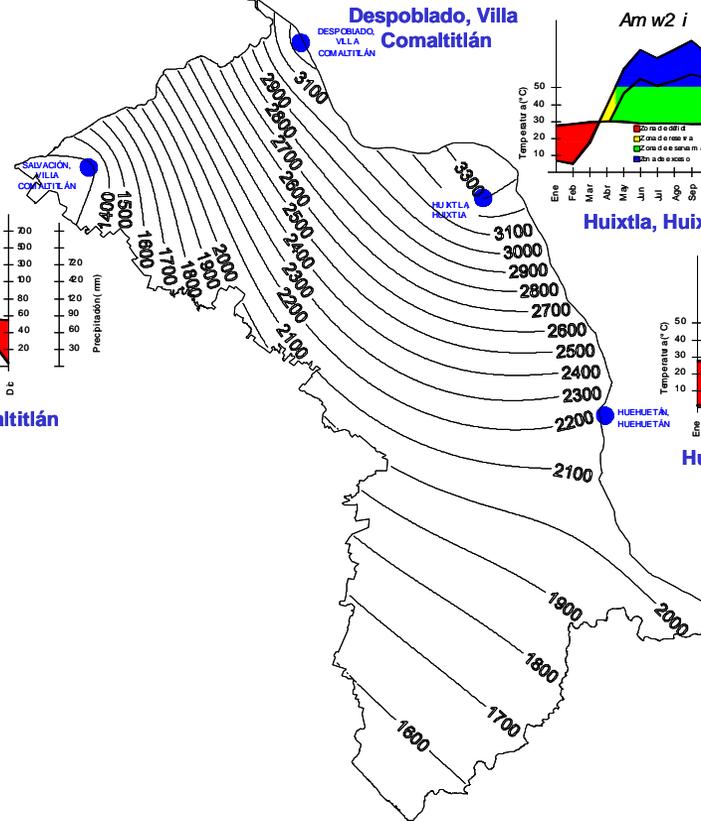
Huehuetán, Huehuetán



Tapachula, Tapachula



Puerto Madero, Tapachula



Determinación de las lluvias máximas

Funciones de Probabilidad:

a) Distribución Lognormal:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\alpha}{\beta}\right)^2} dx$$

b) Distribución Pearson III o
Gamma de tres
parámetros Lognormal:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1-1} dx$$

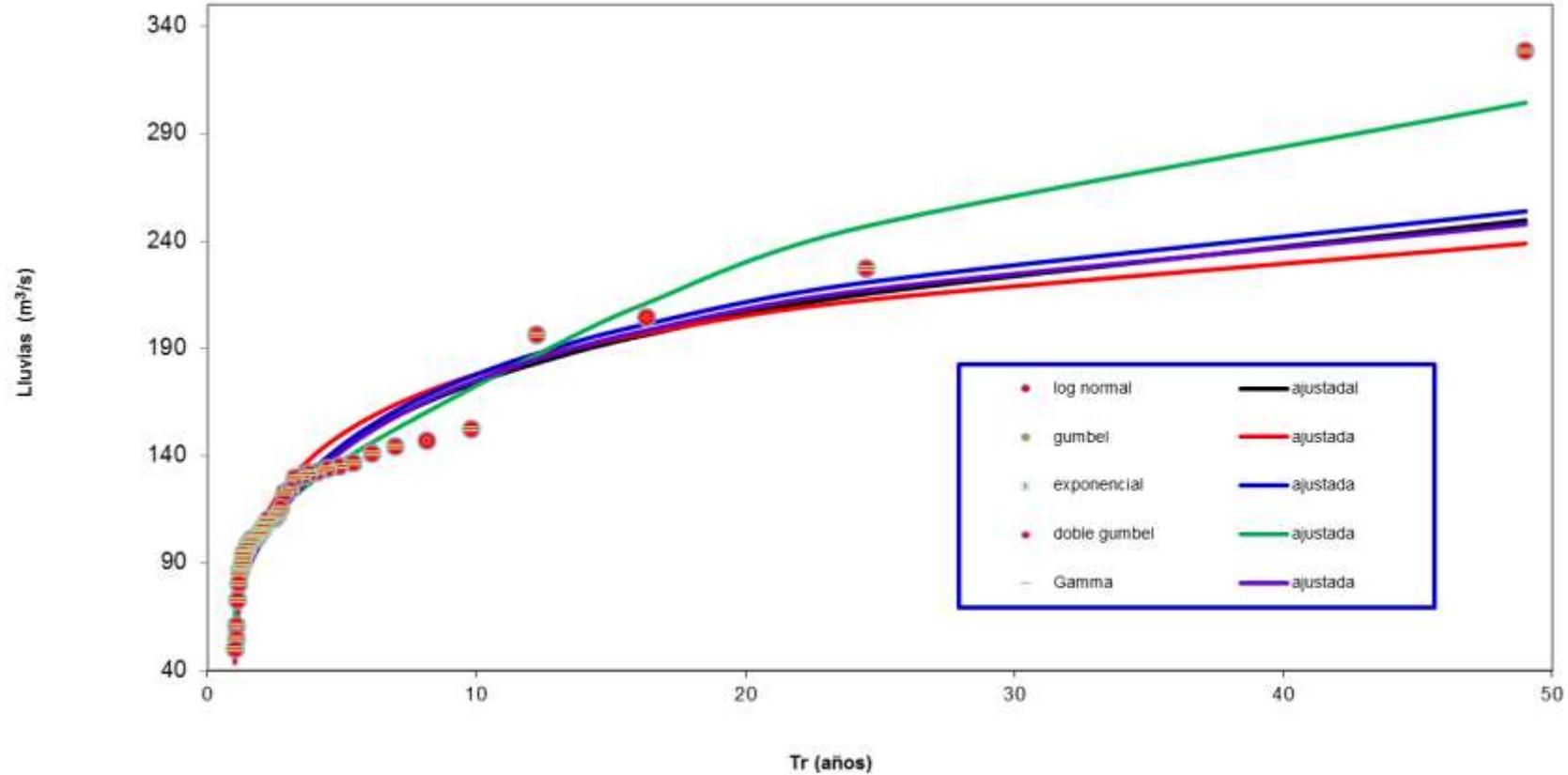
c) Distribución Gumbel

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{(x-\beta)}{\alpha}\right)\right); \quad -\infty \leq x \leq \infty, \quad -\infty \leq \beta \leq \infty, \quad \alpha > 0$$

d) Distribución Gumbel Doble

$$F(x) = p \exp\left(-\exp\left(-\frac{(x-\beta_1)}{\alpha_1}\right)\right) + (1-p) \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\beta_2}{\alpha_2}\right)\right); \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

Función de Gumbel



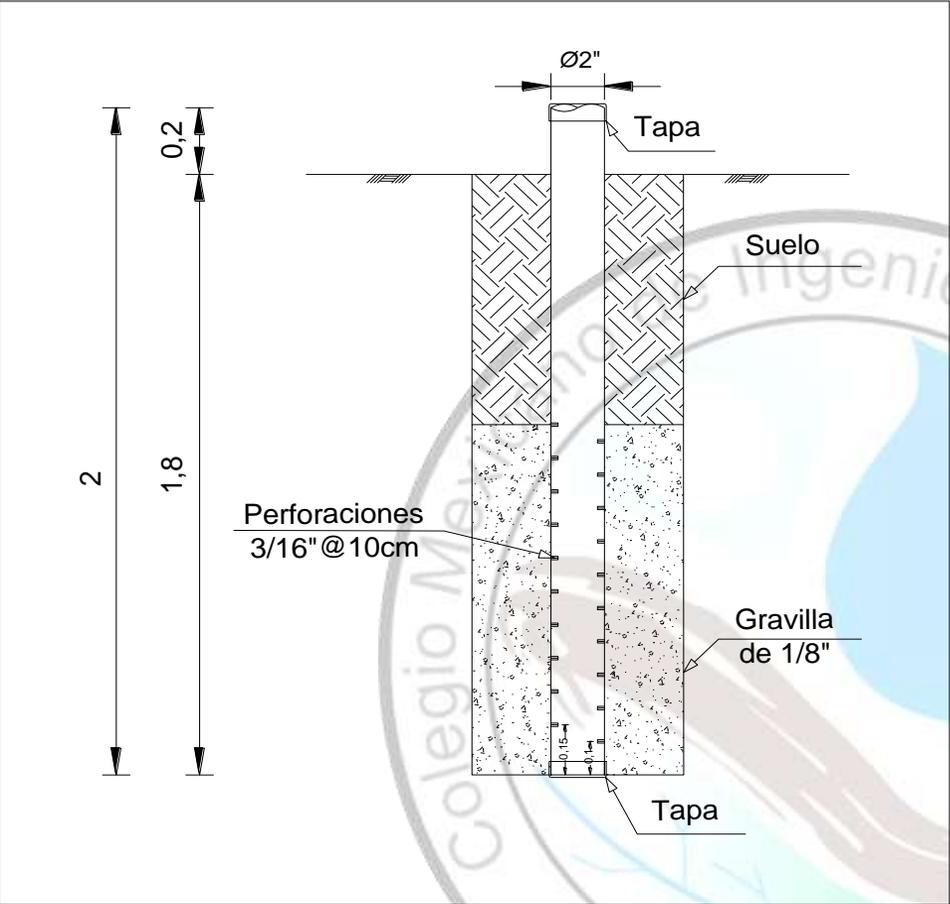
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	23.758		23.758	
Lognormal	17.301	14.308	19.743	14.280
Gumbel	17.314		19.758	
Exponencial	14.583		63.200	
Gamma	19.499		20.735	18.701
Doble Gumbel	7.248			

Lluvia máxima, Escurrimiento superficial y módulo de drenaje

Drenaje Subterráneo		Drenaje Superficial	
Cultivo:	Caña	Cultivo:	Caña
Ppmax en cm (Tr 25 años):	20.35	Ppmax en cm (Tr 10 años):	17.56
Clasificación del suelo:	C (Franco arenoso)	Clasificación del suelo:	C (Franco arenoso)
Condición hidro.	Buena	Condición hidro.	Buena
# de curva CN:	72	# de curva CN:	72
Re (cm)	11.95	Re (cm)	9.54
Td (horas)	72	Td (horas)	72
q (l/s/ha)	3.24	q (l/s/ha)	3.68

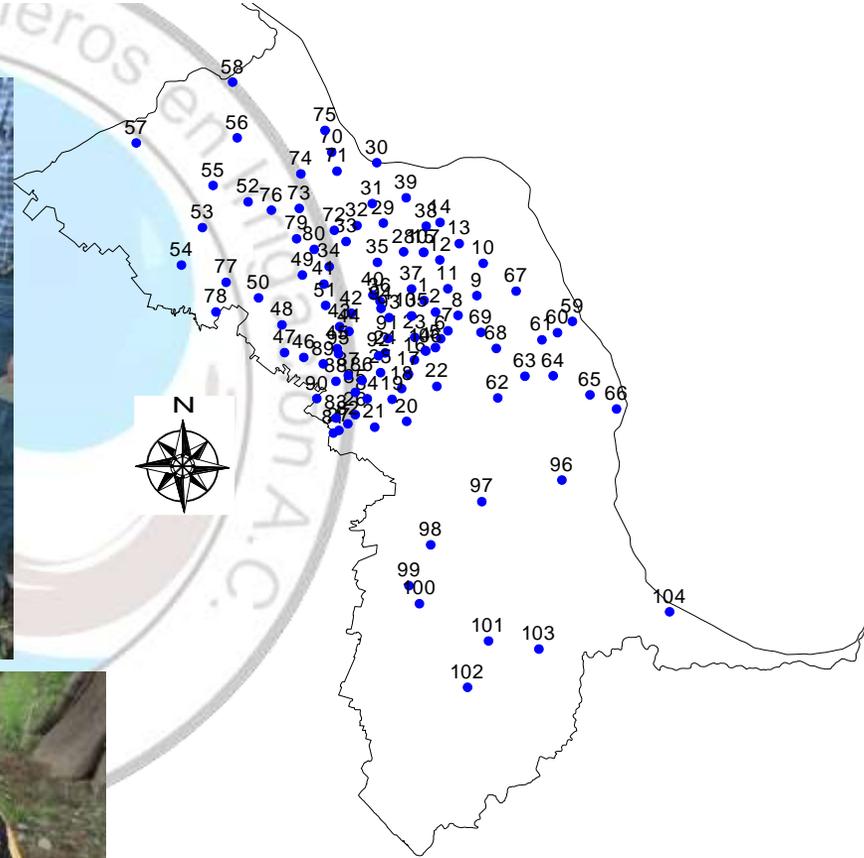
$$q = \frac{\eta(PP - R_e)}{T_d}$$

$$q = \frac{\eta R_e}{T_d}$$

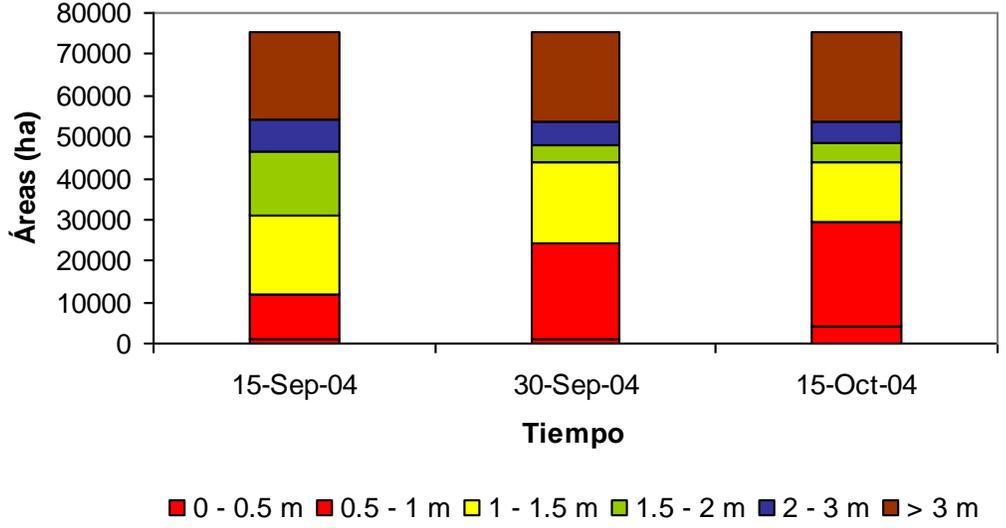


Localización de pozos de observación y determinación de la conductividad hidráulica

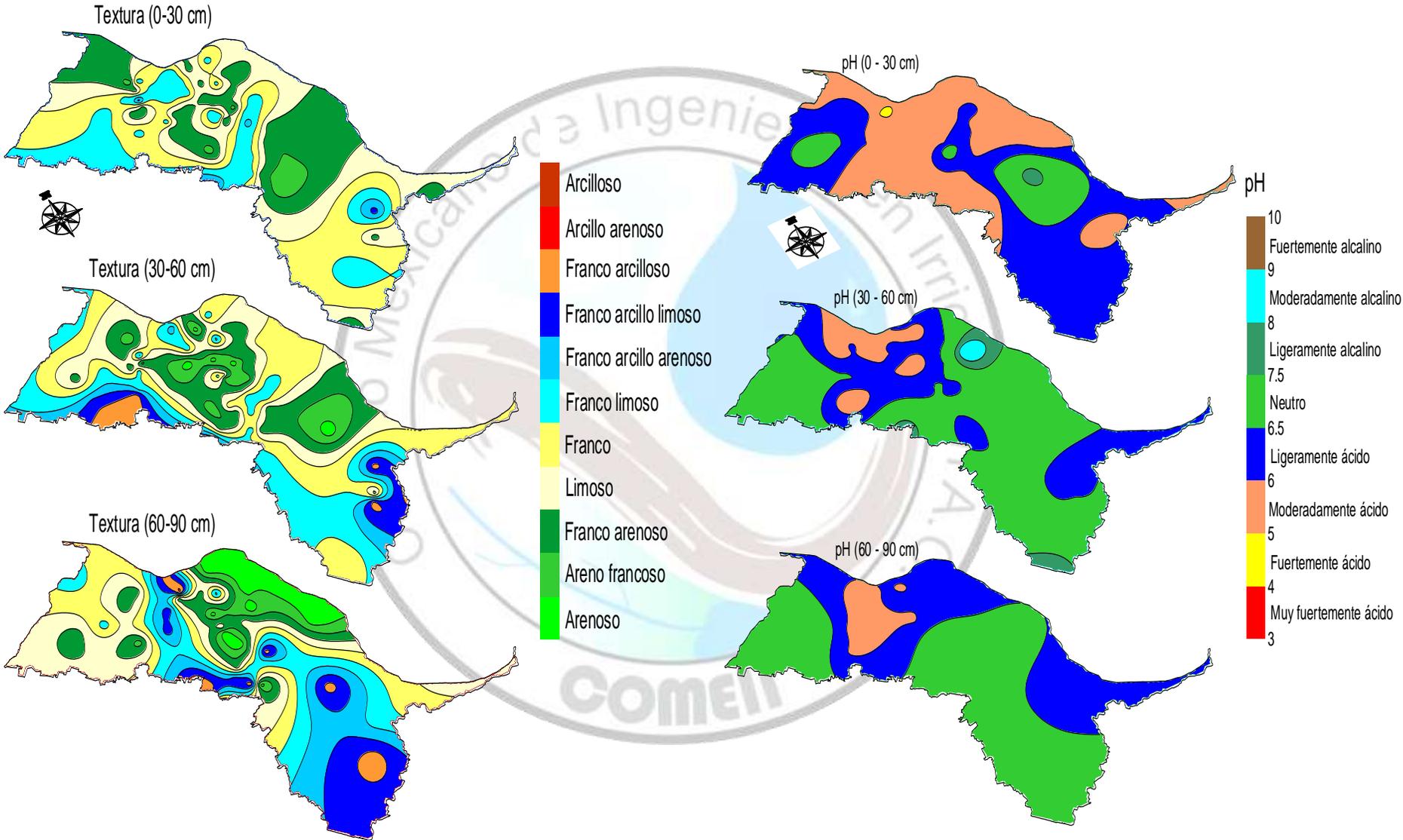
La conductividad hidráulica a saturación varía de 0.62 a 3.2 m/día, con un valor medio de 1.7 m/día



Profundidad (m)	Áreas (ha)			
	15-Sep-04	30-Sep-04	15-Oct-04	Promedio
0-0.5	1,276.128	969.735	3,894.083	2,046.649
0.5-1	10,782.507	23,434.995	25,748.527	19,988.676
1-1.5	18,908.095	19,267.373	14,354.871	17,510.113
1.5-2	15,521.989	4,517.662	4,589.660	8,209.770
2-3	7,481.640	5,376.399	5,105.583	5,987.874
3-9	21,410.870	21,815.064	21,688.503	21,638.146
Total	75,381.228	75,381.228	75,381.228	



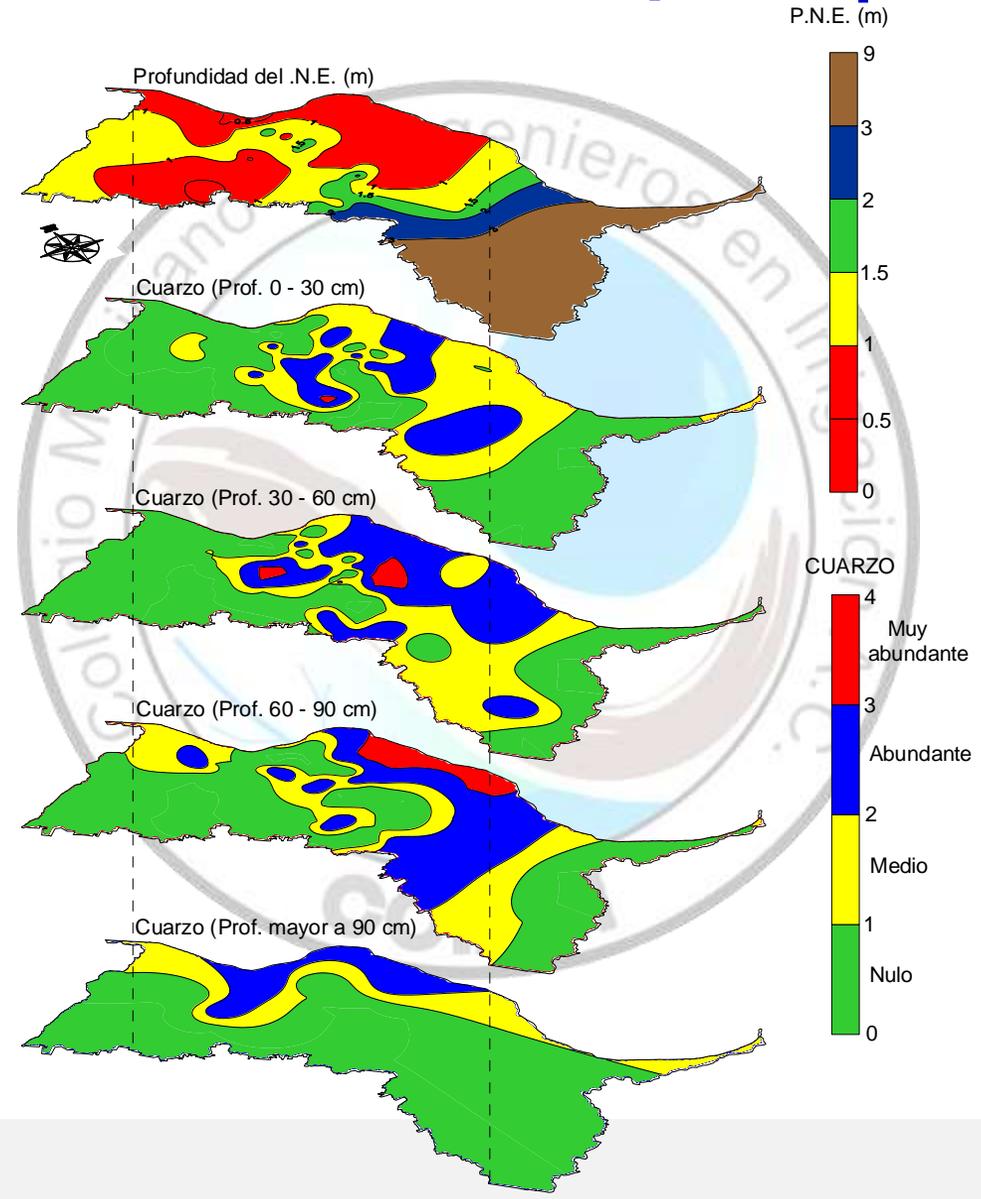
Caracterización físico-químico del suelo



Plano de Texturas

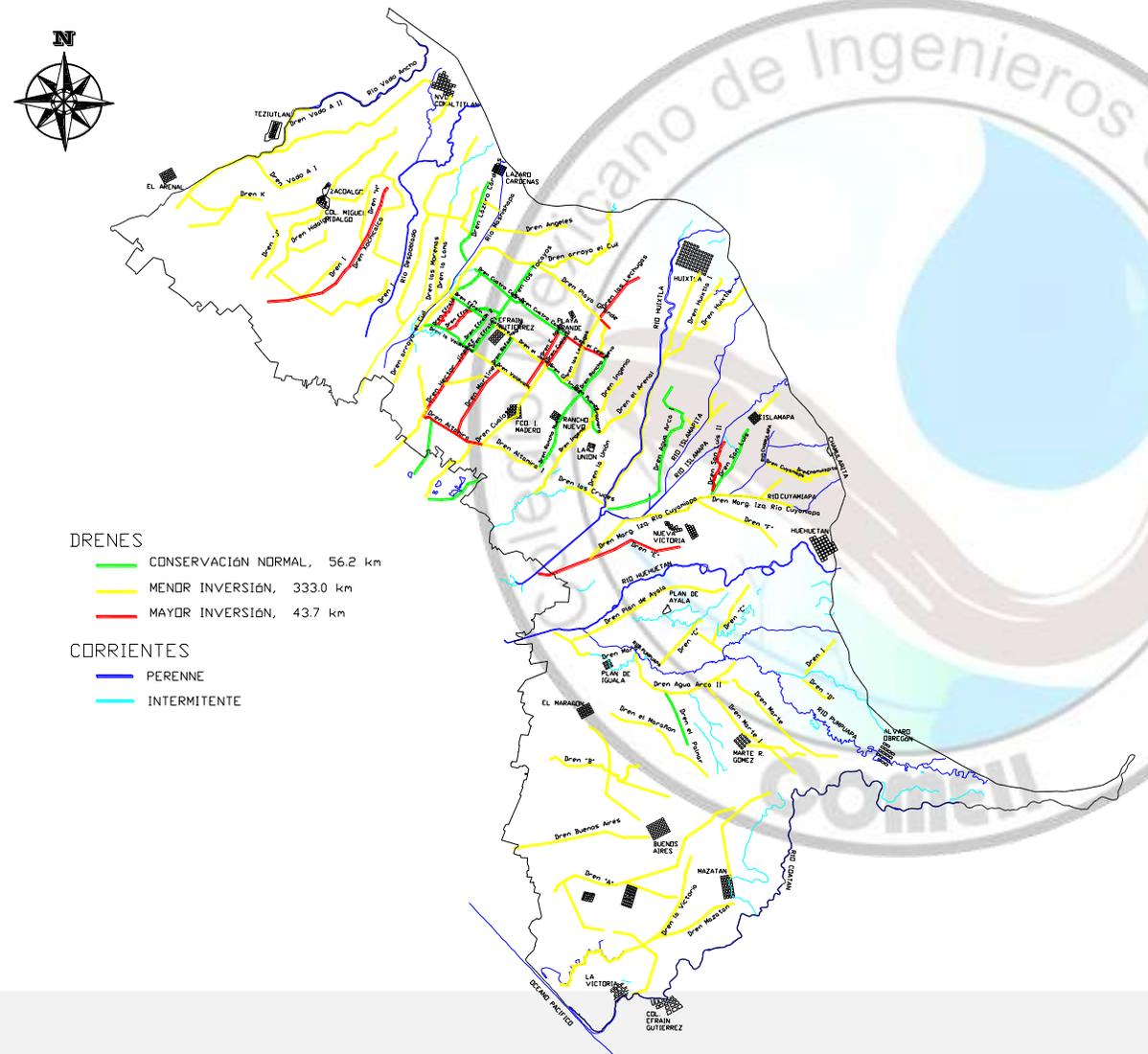
Plano de pH

Distribución espacial del cuarzo en el DTT 018 Huixtla, Chiapas

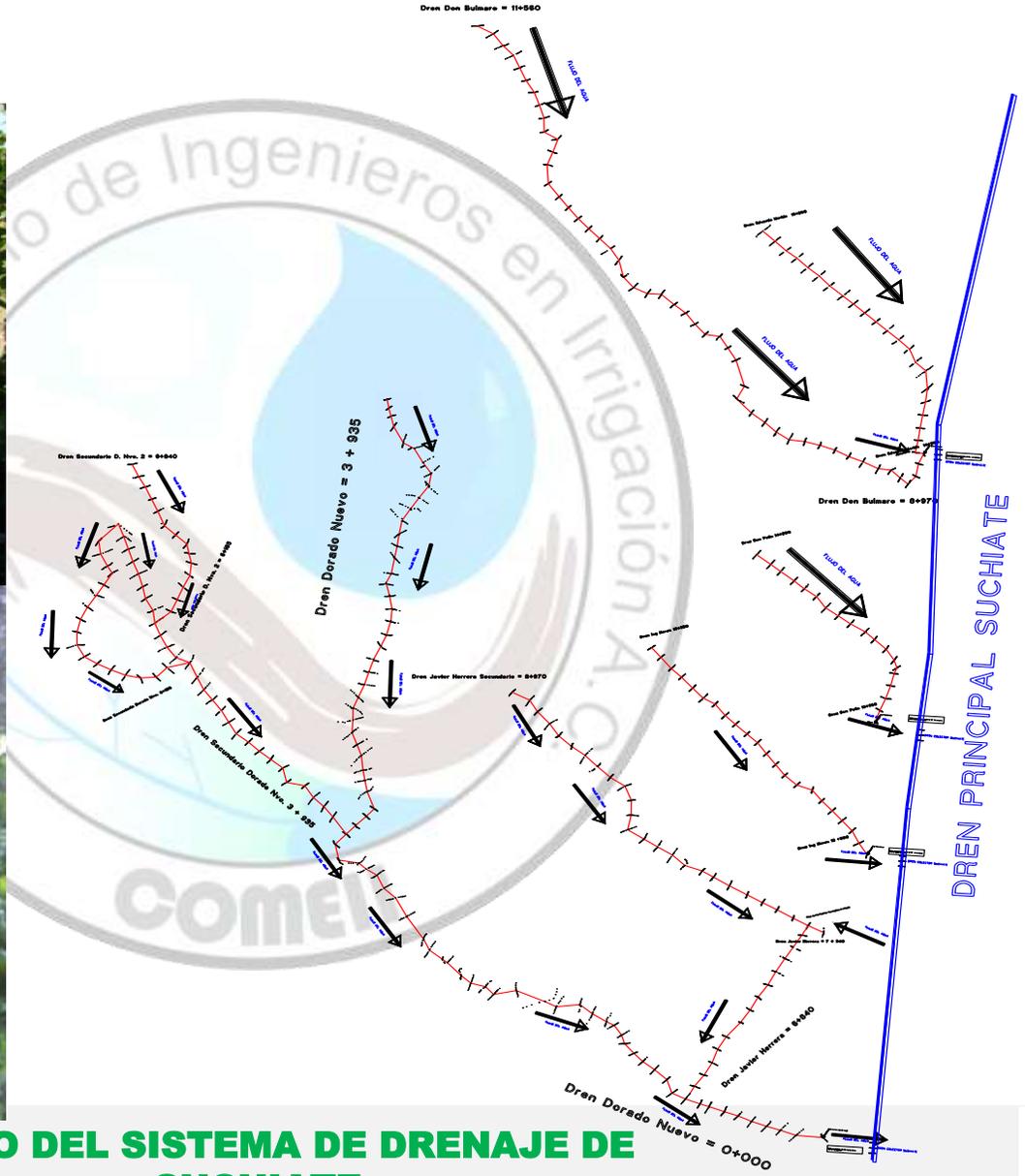


ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL

Drenes	Longitud (km)	Porcentaje
Verde	56.2	13.0
Amarillo	333.0	76.9
Rojo	43.7	10.1
Total	432.9	100.0

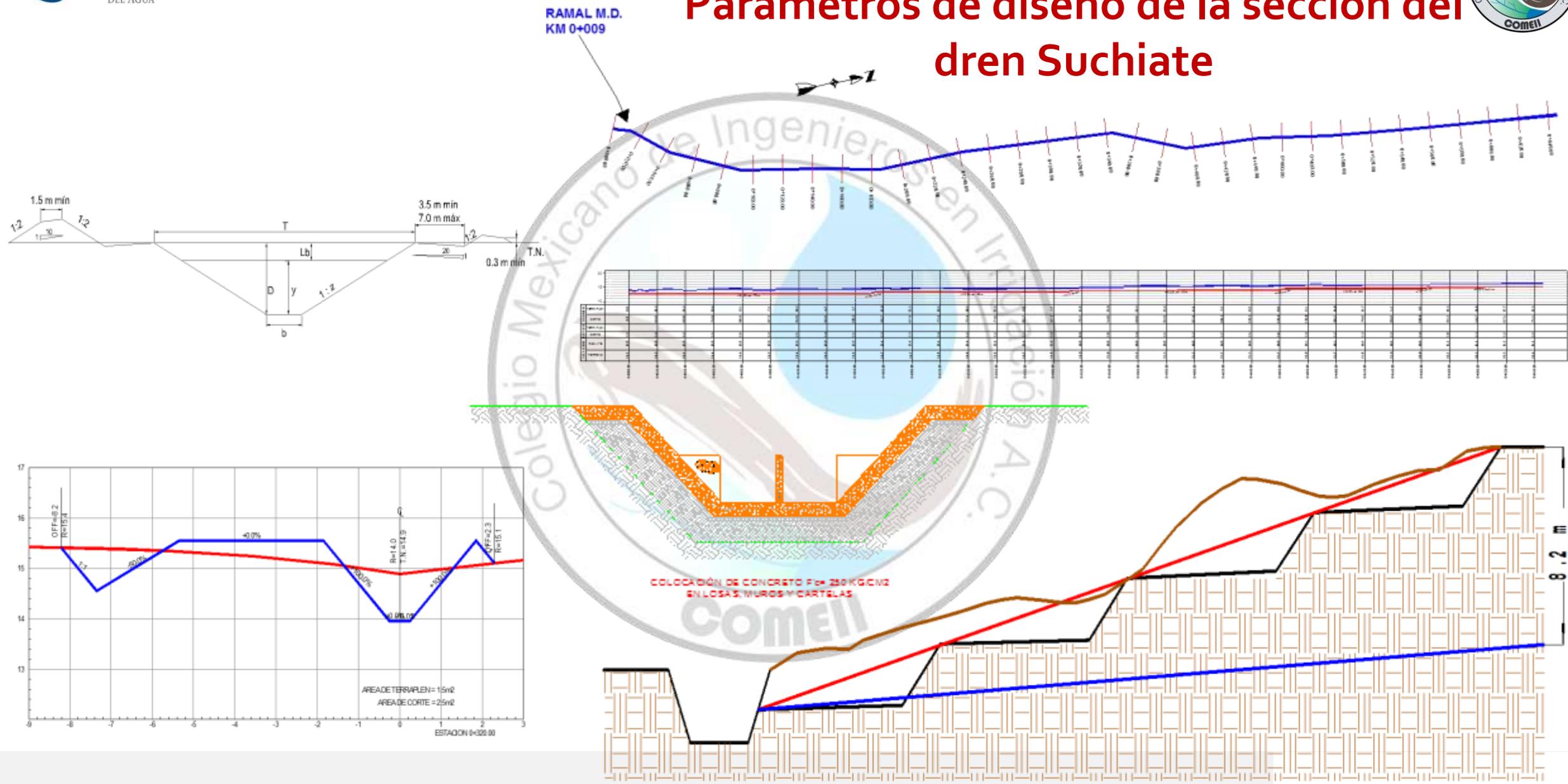


PROYECTOS EJECUTIVOS DRENAJE SUPERFICIAL PRINCIPAL



**TRAZO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE
SUCHIATE**

Proyecto de drenaje superficial: Parámetros de diseño de la sección del dren Suchiate



Manejo del agua, suelo y planta con drenaje agrícola



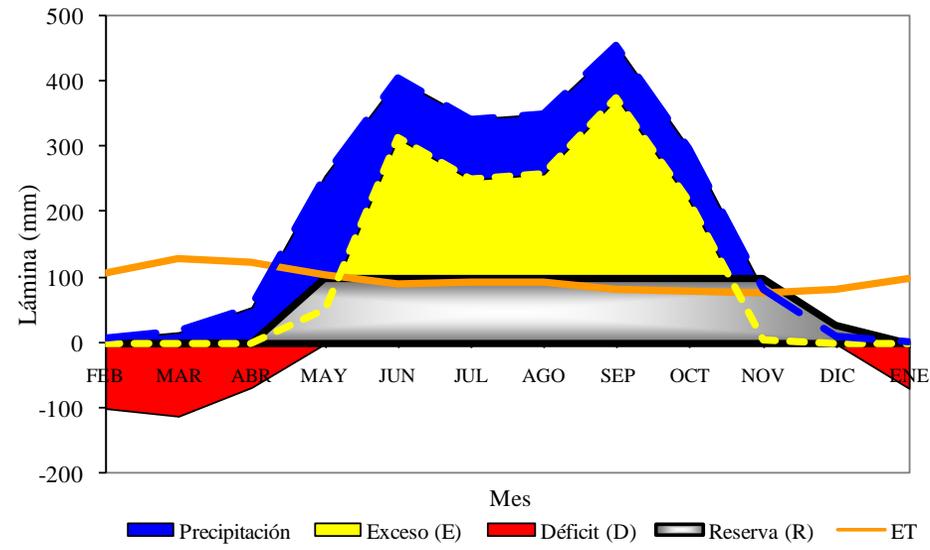
COMELI

Adecuación o construcción de drenes interceptores

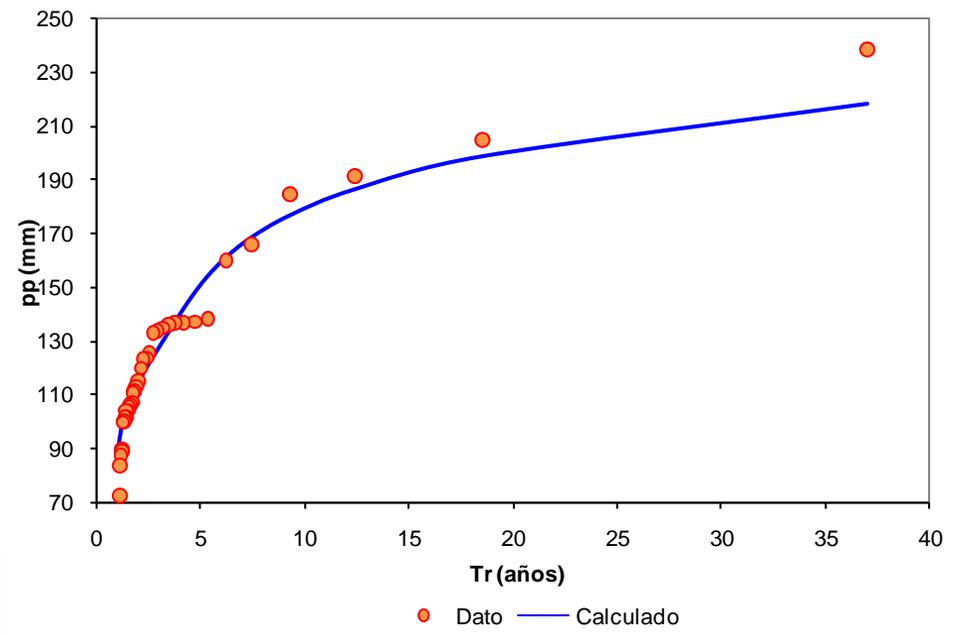


DRENAJE SUPERFICIAL PARCELARIO, EN LA CUENCA DEL RÍO HUEHUETÁN

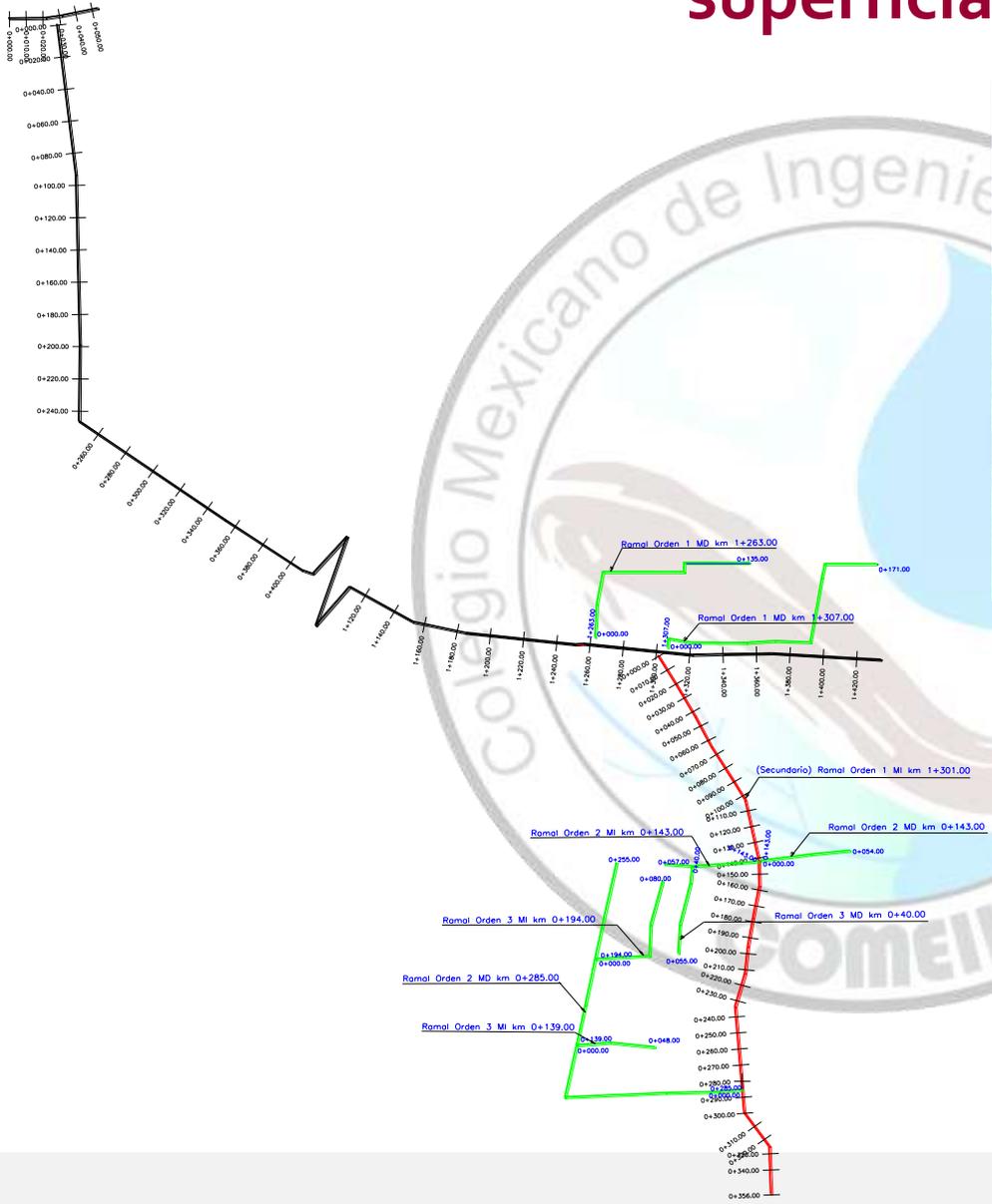




Estación	Huehuetán
Cultivo	Cacao
Ppmax (cm)	17.946 (10 años)
Clasificación del suelo	C
Condición hidrológica	Buena
No. de curva CN:	79
Re (cm)	11.80
Módulo de drenaje (lps/ha)	4.55₇₂

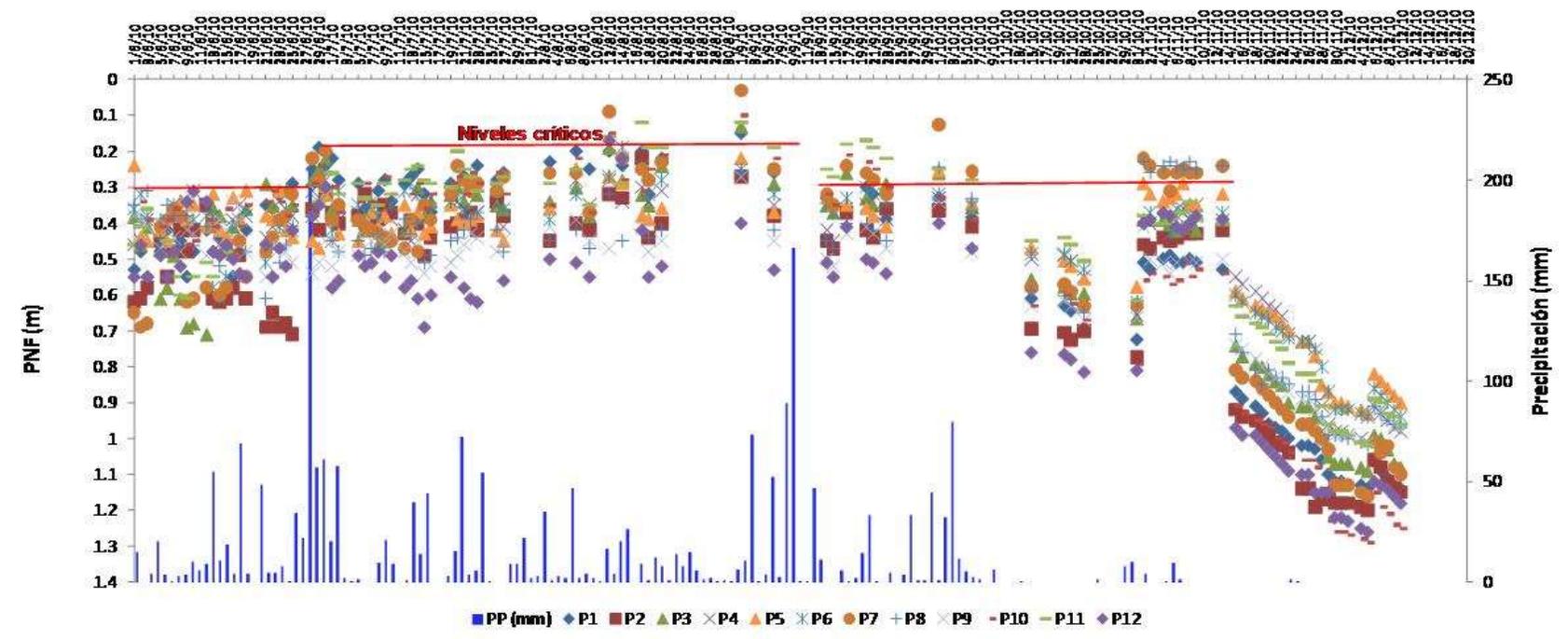


Diseño en planta del sistema de drenaje superficial parcelario



Construcción del sistema de drenaje superficial





Enfermedades

Mazorca negra



Moniliasis



Manejo agronómico del cultivo de Cacao







Aplicación de fertilizantes foliares



Aplicación de fungicidas para control de Monilia y Mosca Negra





Evaluación económica

Inversión en drenaje parcelario: \$1,000.00/ha

Costo de Producción: \$14,000.00/ha

Precio de venta: \$55/kilos de cacao seco

Rendimiento: 400 kilos de cacao seco/ha

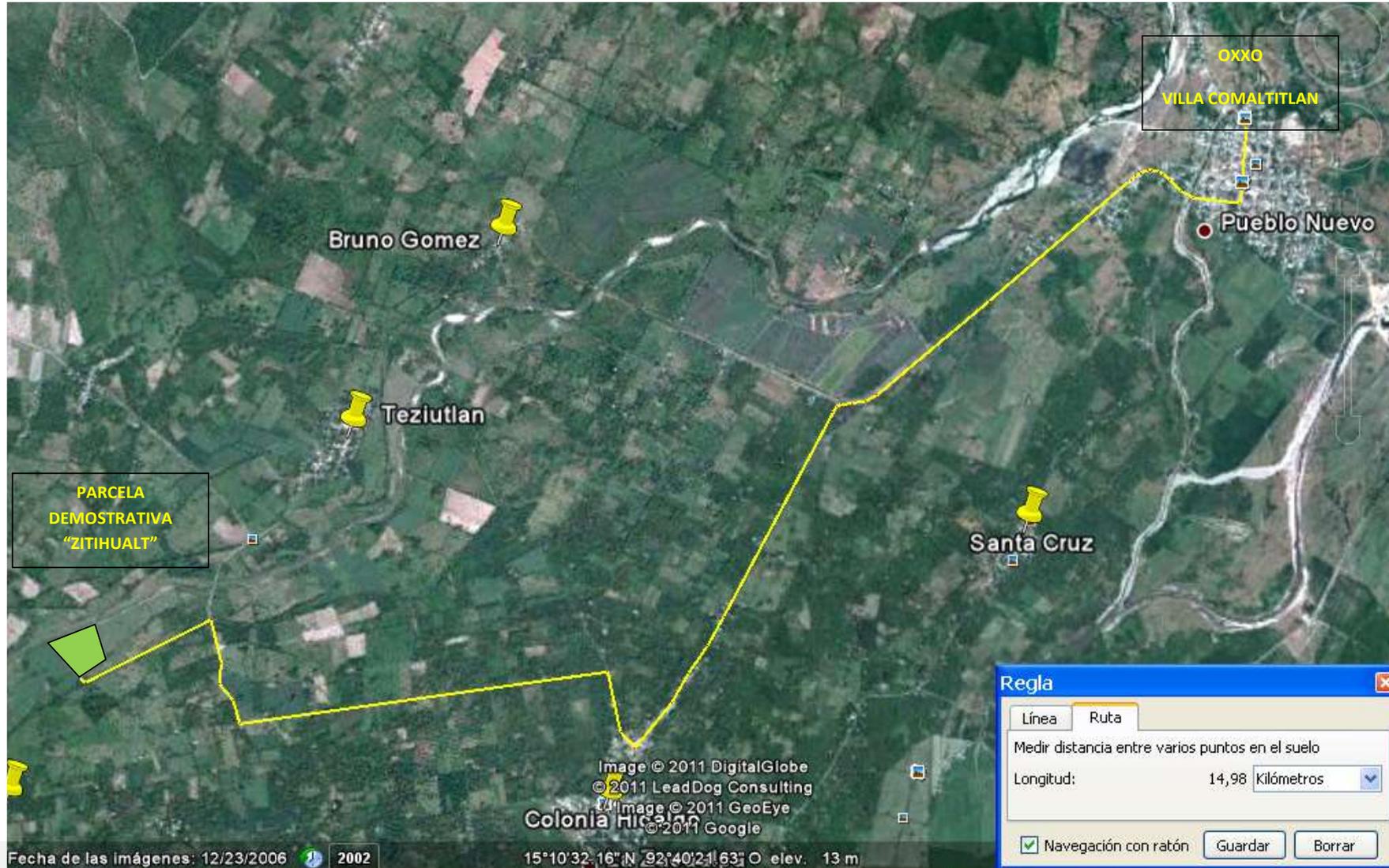
Ganancia bruta: \$22,000.00/ha

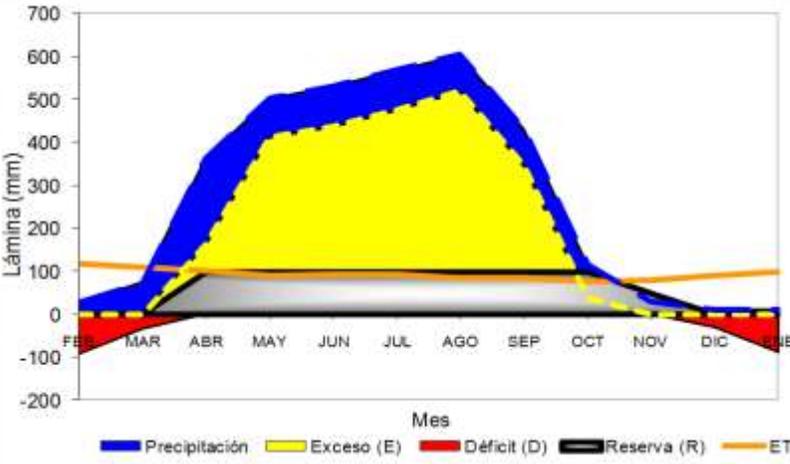
Ganancia neta: \$22,000-\$15000=\$7,000/ha

El gobierno esperaba obtener con los apoyos del campo un rendimiento mínimo de 200 y un máximo de 300 kilos/ha

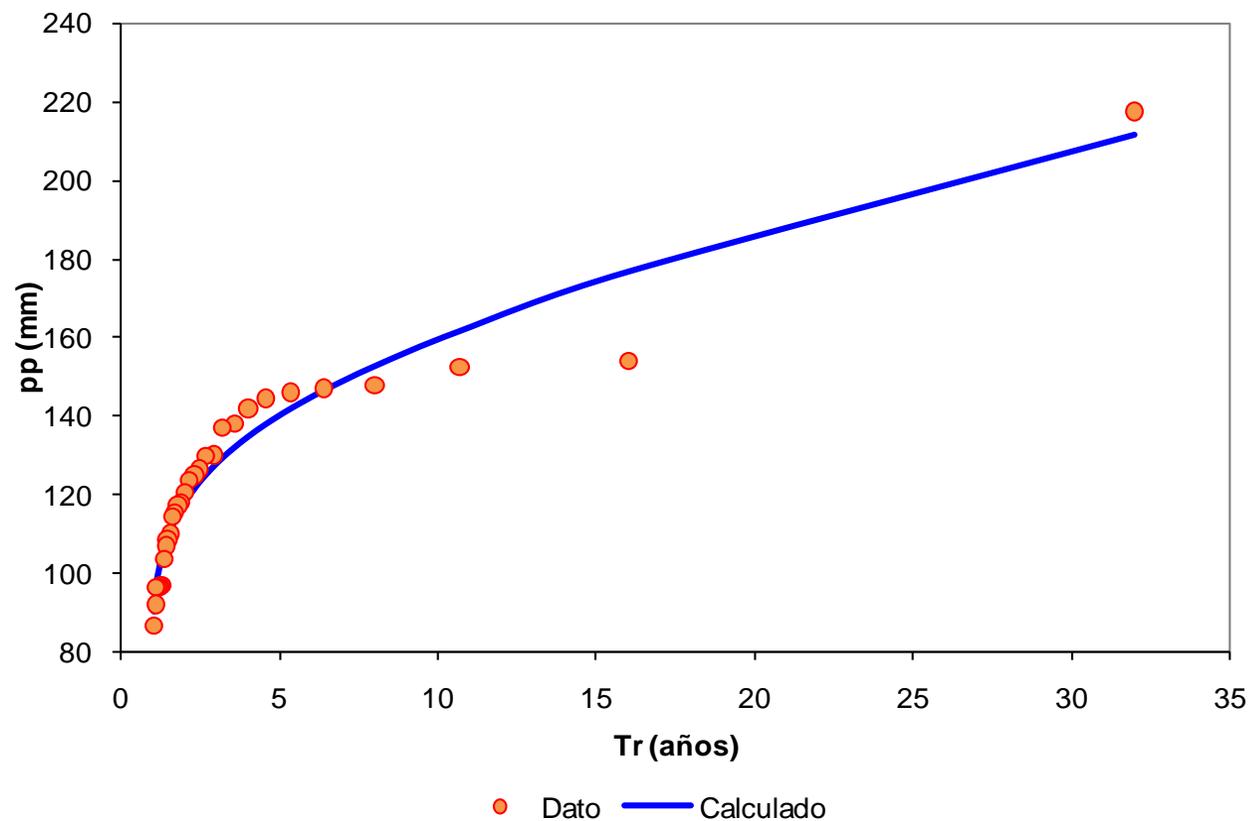
Sistemas de drenaje	Superficial parcelario
Área influencia (ha)	150
Long (m)	3,500
Costo Total (\$)	120,000.00
Costo/ha (\$)	800.00
Costo/m (\$)	34.29

LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA DEMOSTRATIVA DE PALMA DE ACEITE: ZITIHUATL, VILLA COMALTITLÁN





HIDROLOGÍA: LLUVIA MÁXIMA, ESCURRIMIENTO Y MÓDULO DE DRENAJE



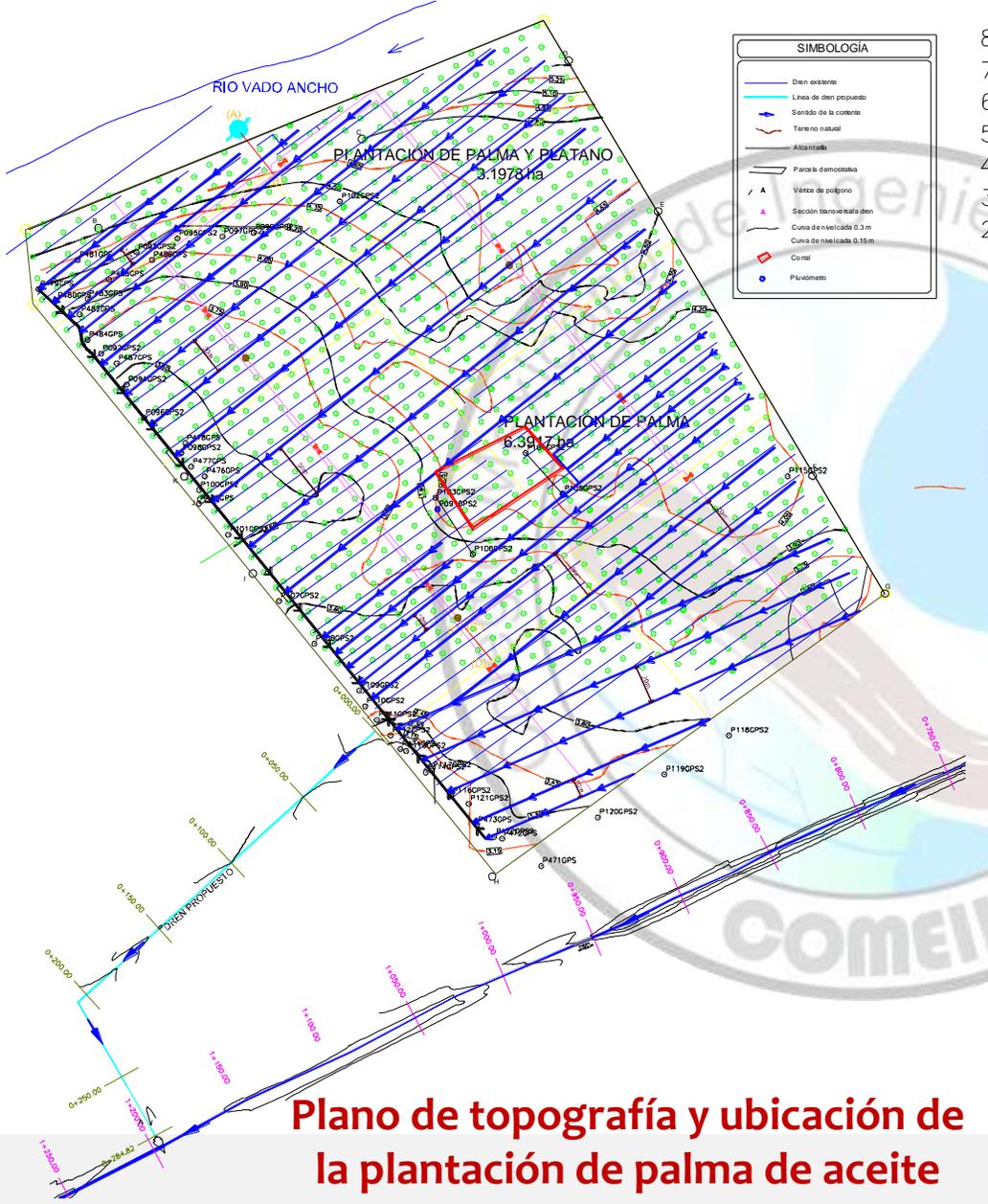
Parámetros de la muestra	
μ	123.82
σ	26.33
γ	1.42
κ	7.05
Parámetros de la función	
$\alpha 1$	0.063
$\beta 1$	109.95
$\alpha 2$	0.018
$\beta 2$	154.83
P	0.90

Tr (años)	PPmáx (mm)
5	140.03
10	159.37
20	186.74
25	198.05
50	237.50

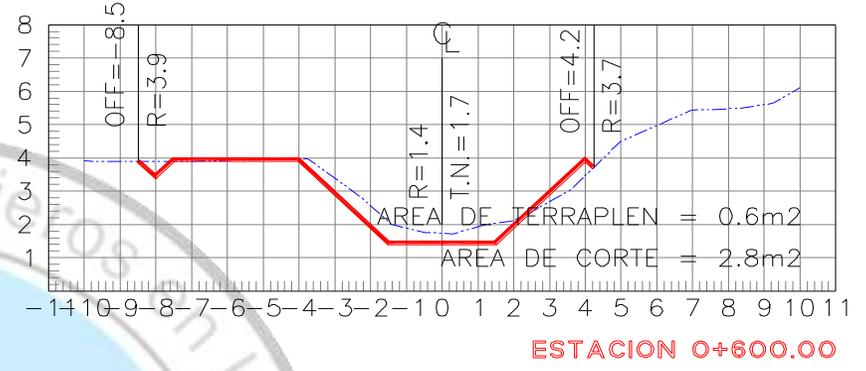
Módulo de drenaje: 4.5 l/s/ha con un tiempo de drenaje de 72 horas



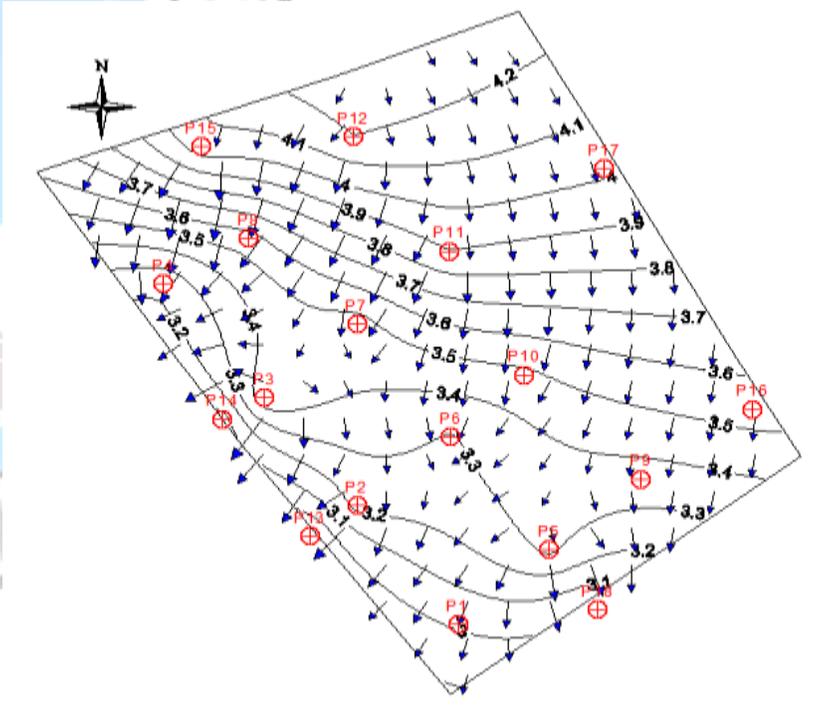
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE



Plano de topografía y ubicación de la plantación de palma de aceite



ESTACION 0+600.00



PLANO DE ISOHYPAS



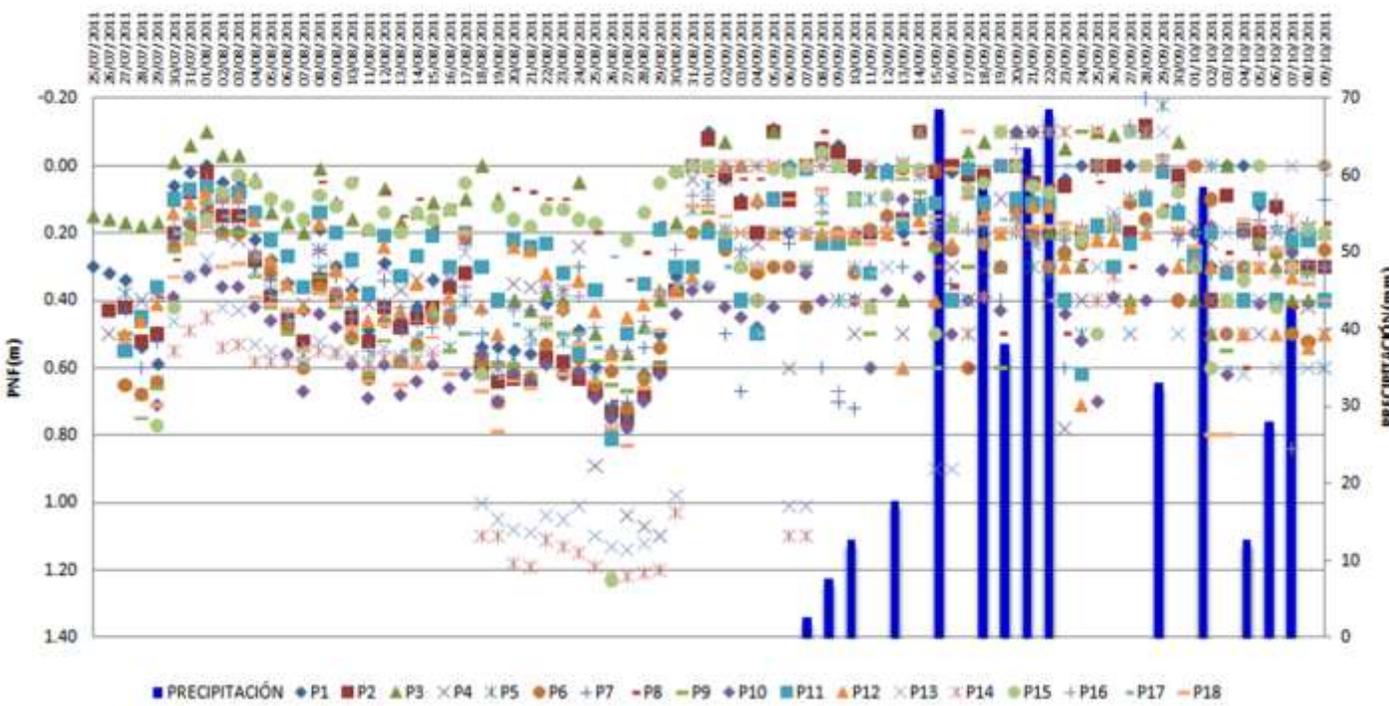




Dren	Longitud Programa da(m)	Longitud ejecutada (m)
Colector principal	1,275	1,275
Dren Secundario	285	285
Colector parcelario	370	370
Dren parcelario	4,795	556
Total	6,725	2486



Instalación y medición del manto freático



EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE



Desbordamiento del río por Xochicalco en el mes de octubre, continua inundado por falta de drenaje hasta el 7 de diciembre 2011



Desbordamiento del río Despoblado el día 5 de octubre de 2011

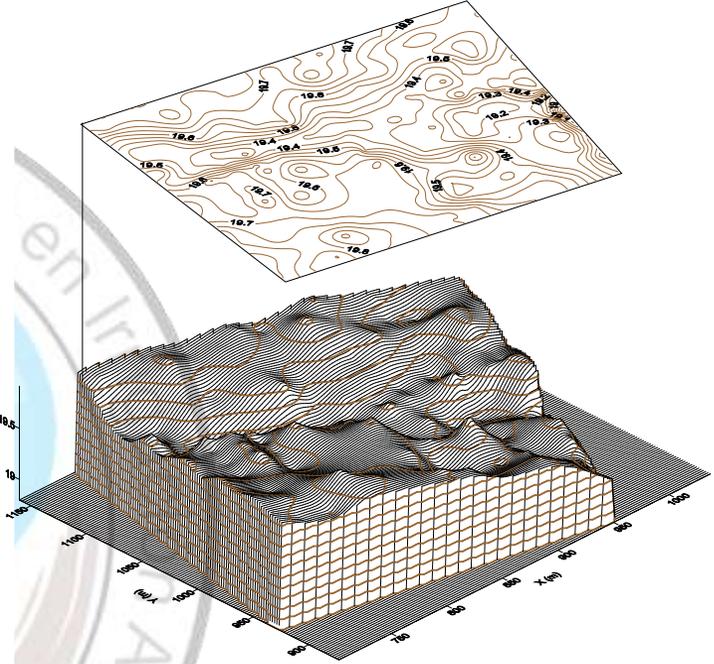
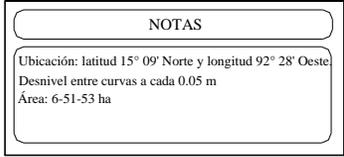
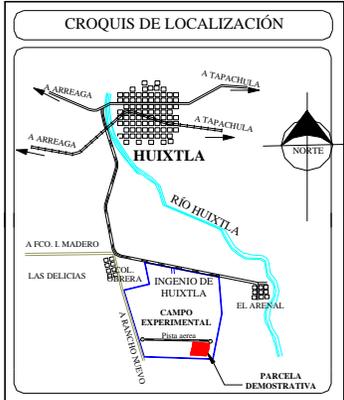
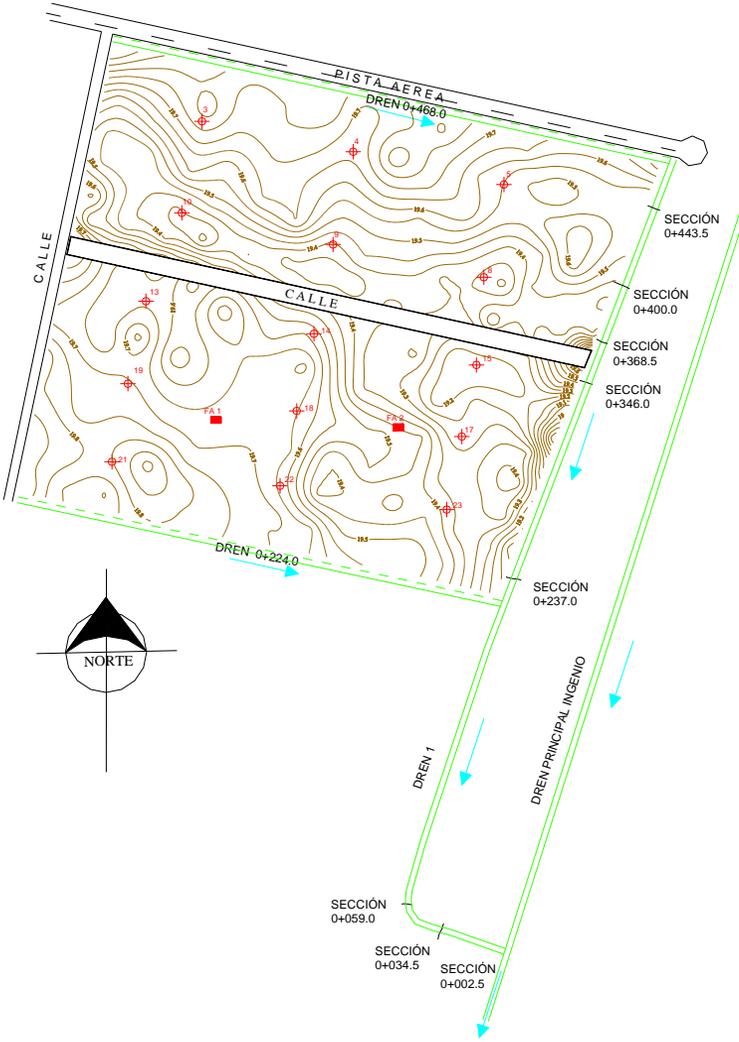


Parcela antes y después de la inundación



Foto 7 de diciembre 2011

Drenaje subterráneo parcelario controlado



Emparejamiento

Topografía y localización



Precipitación anual promedio: 3,300 (mm)



Evaporación anual promedio: 1,549 (mm)

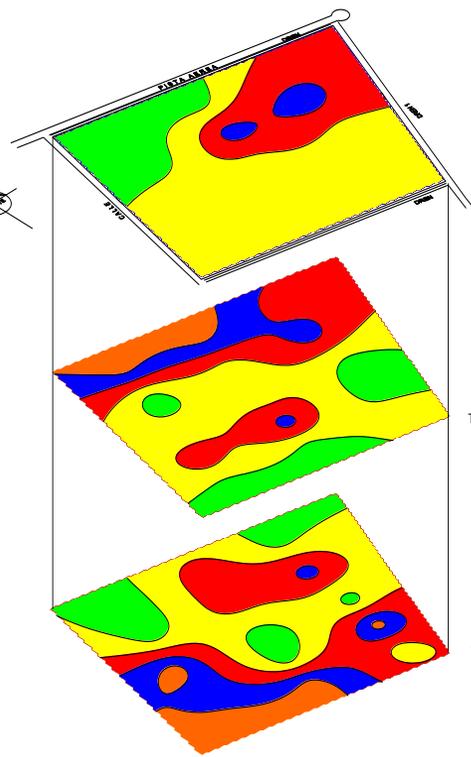
Precipitación efectiva promedio: 1,446 (mm)

Temperatura media anual: 28.8 (°C)

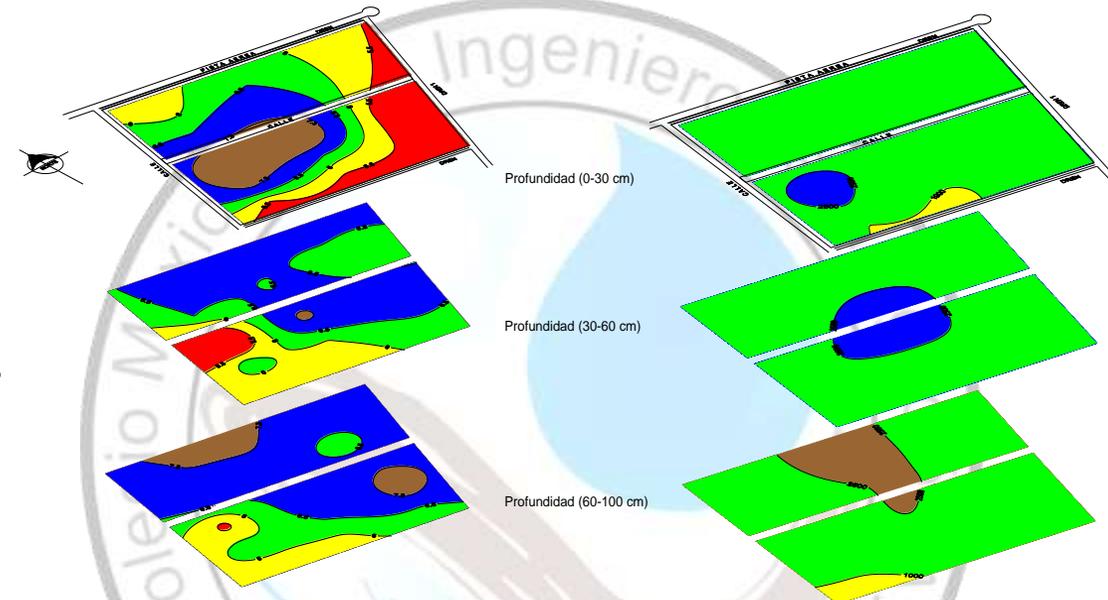
Lluvia de 112 mm, 30 de julio 2003



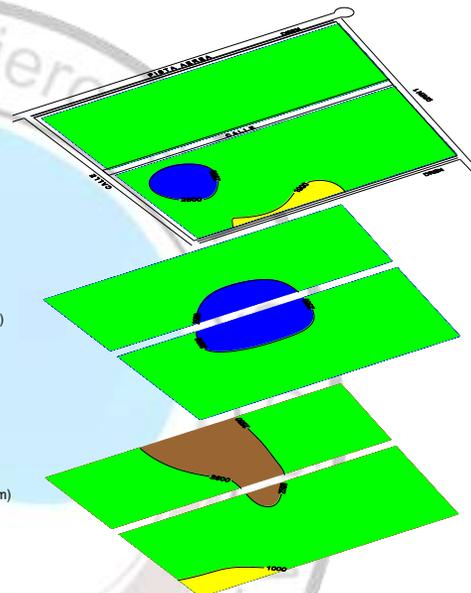
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO



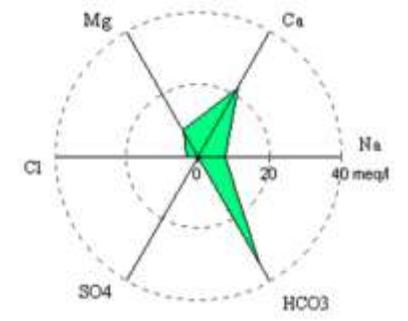
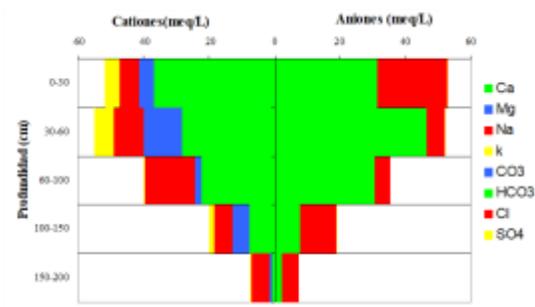
Textura



pH



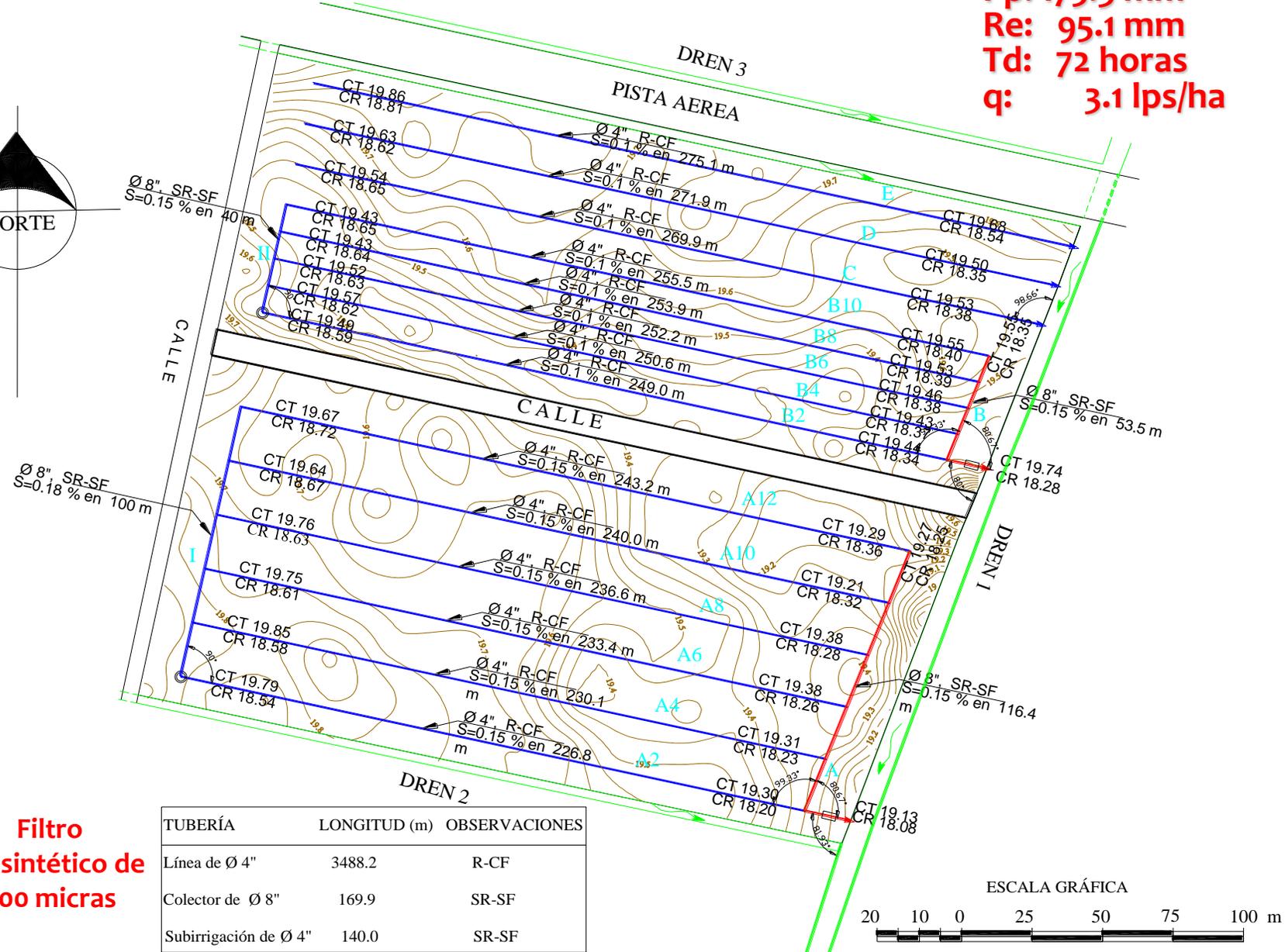
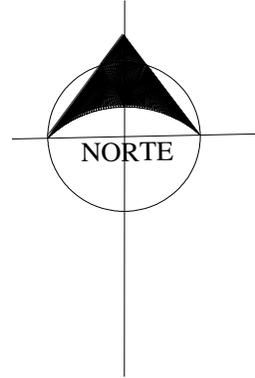
Calcio



Análisis del agua drenada

PLANO DE DISEÑO EN PLANTA

Módulo de drenaje
Pp: 175.3 mm
Re: 95.1 mm
Td: 72 horas
q: 3.1 lps/ha



Filtro geosintético de 400 micras

TUBERÍA	LONGITUD (m)	OBSERVACIONES
Línea de Ø 4"	3488.2	R-CF
Colector de Ø 8"	169.9	SR-SF
Subirrigación de Ø 4"	140.0	SR-SF

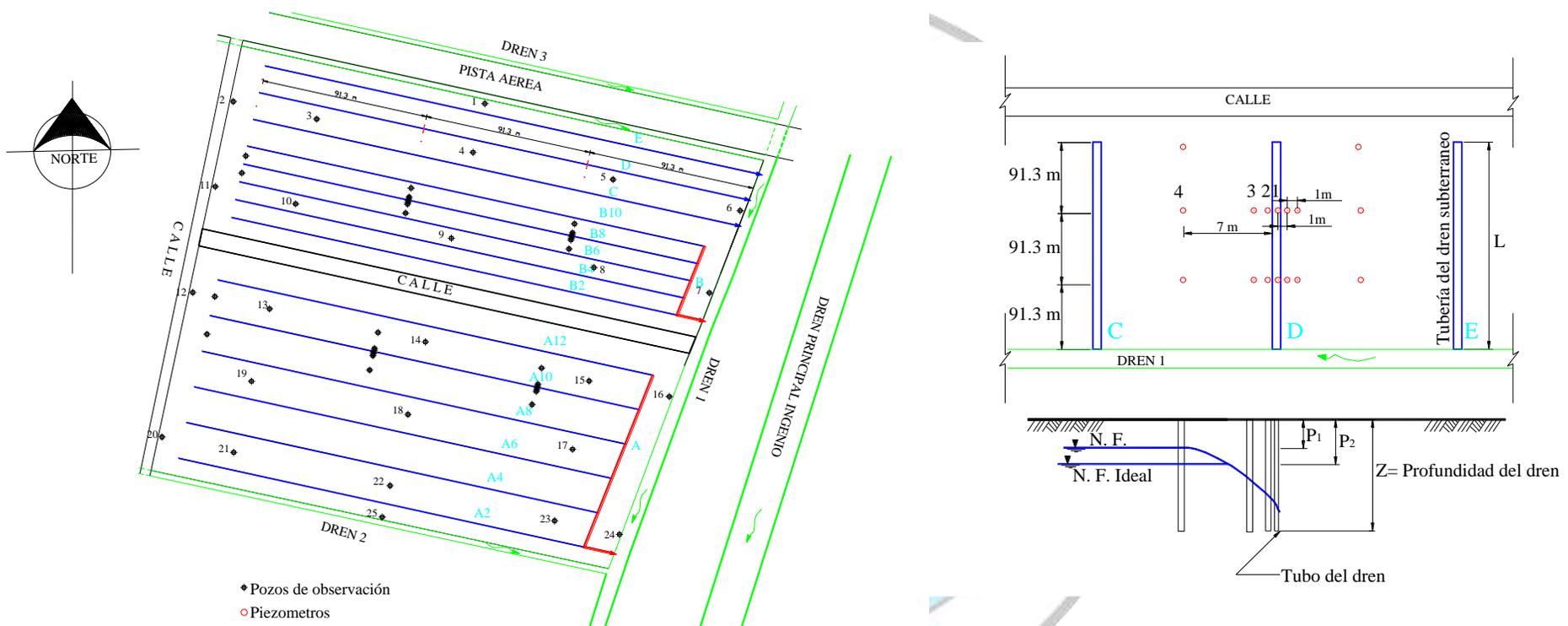


Instalación del sistema de drenaje subterráneo parcelario





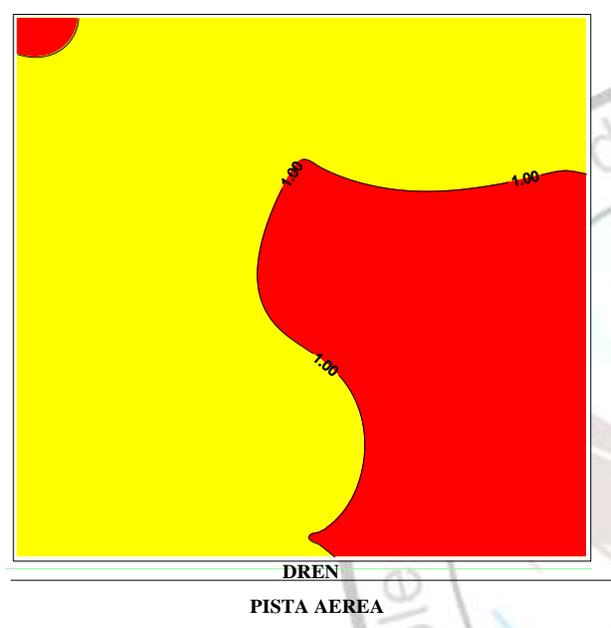
Esquema de evaluación de un sistema de drenaje subterráneo parcelario



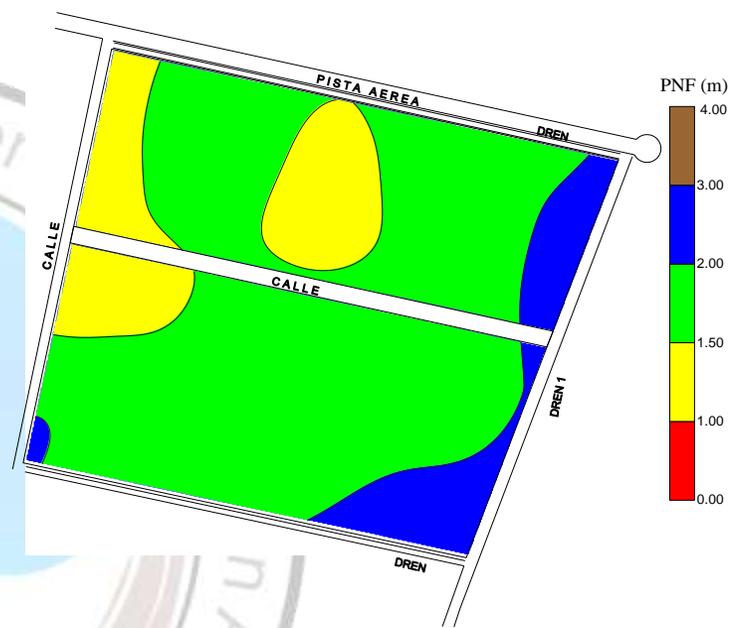
MEDICIONES DE CARGAS Y GASTOS



En el cultivo de la caña, el drenaje es tan importante como el riego, debido a que el exceso de humedad reduce el contenido de oxígeno en el suelo, disminuyendo la tasa de respiración de las raíces, la mineralización del nitrógeno, la absorción de agua y nutrientes y, favorece la formación de sustancias tóxicas. Experimentos realizados por IMTA-CONAGUA demuestran como la producción se puede reducir hasta en 50 t/ha, cuando el nivel freático se mantiene a una profundidad menor de 60 cm



Isobatas en la parcela testigo. Fecha: 26 de noviembre, 0 mm .



Isobatas en la parcela demostrativa. Fecha: 26 de noviembre, 0 mm.

Manejo del cultivo

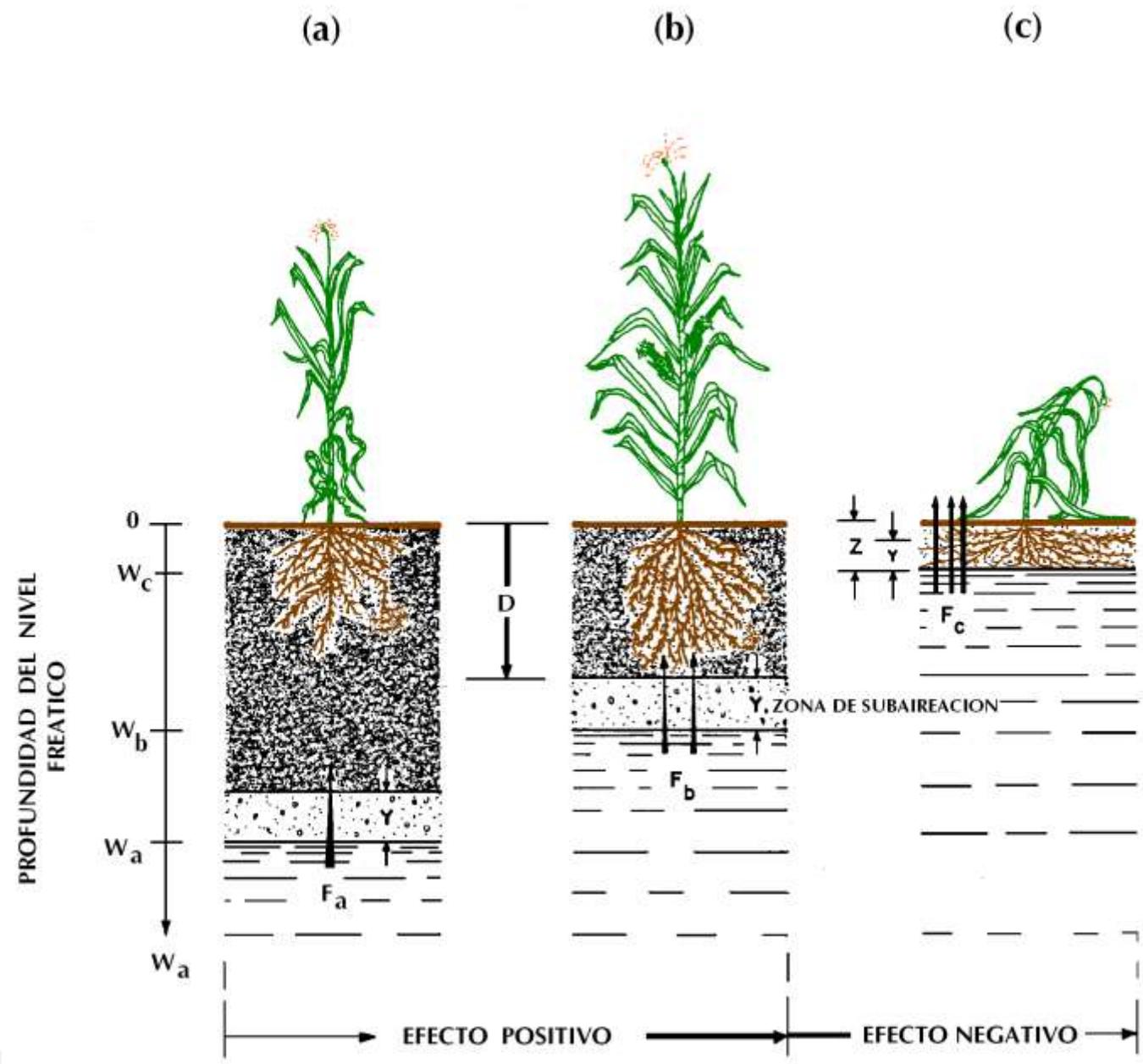


Control cultural preventivo de la mosca pinta (salivazo) con la rastra fitosanitaria

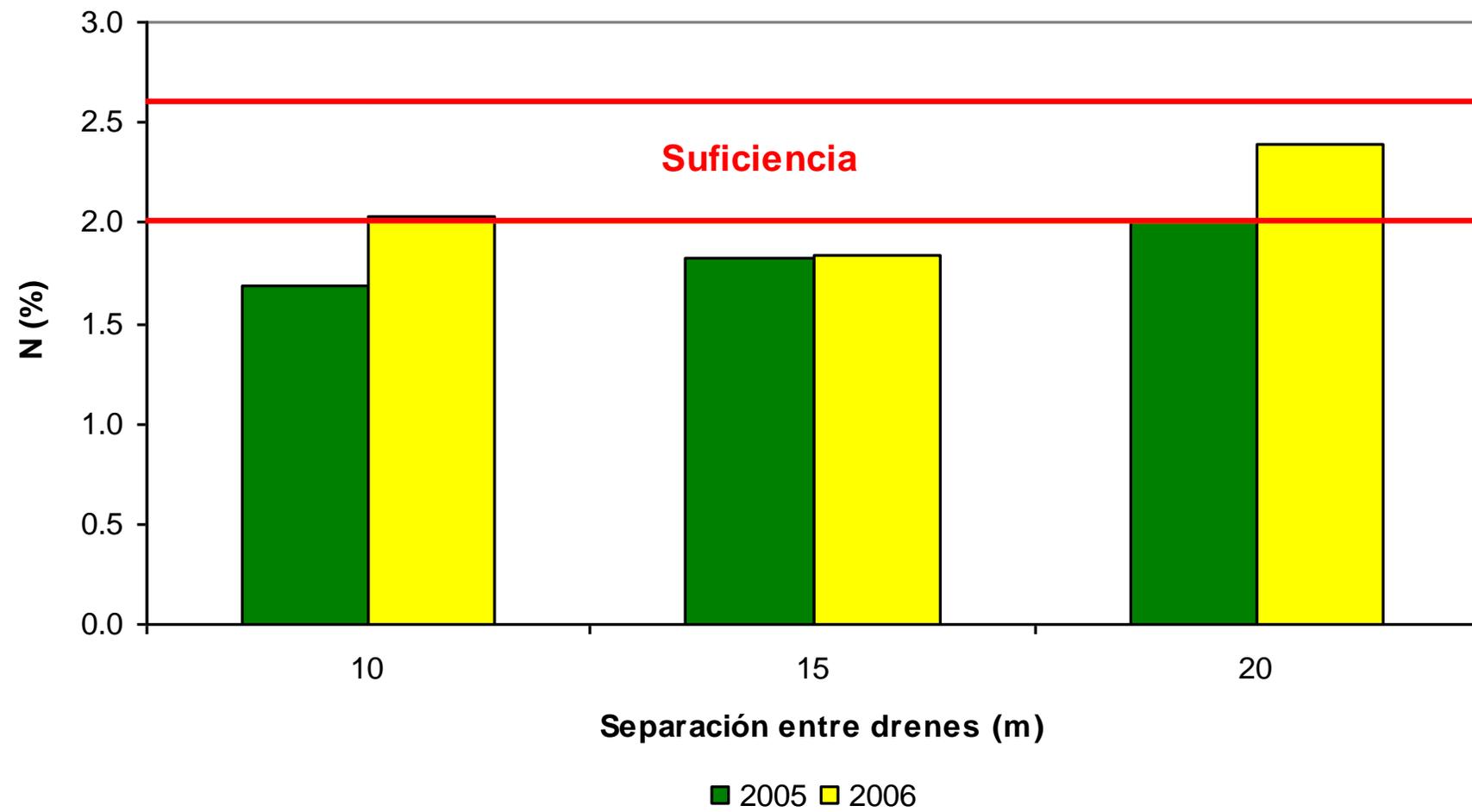


Medición de la altura de planta y raíz en caña de azúcar



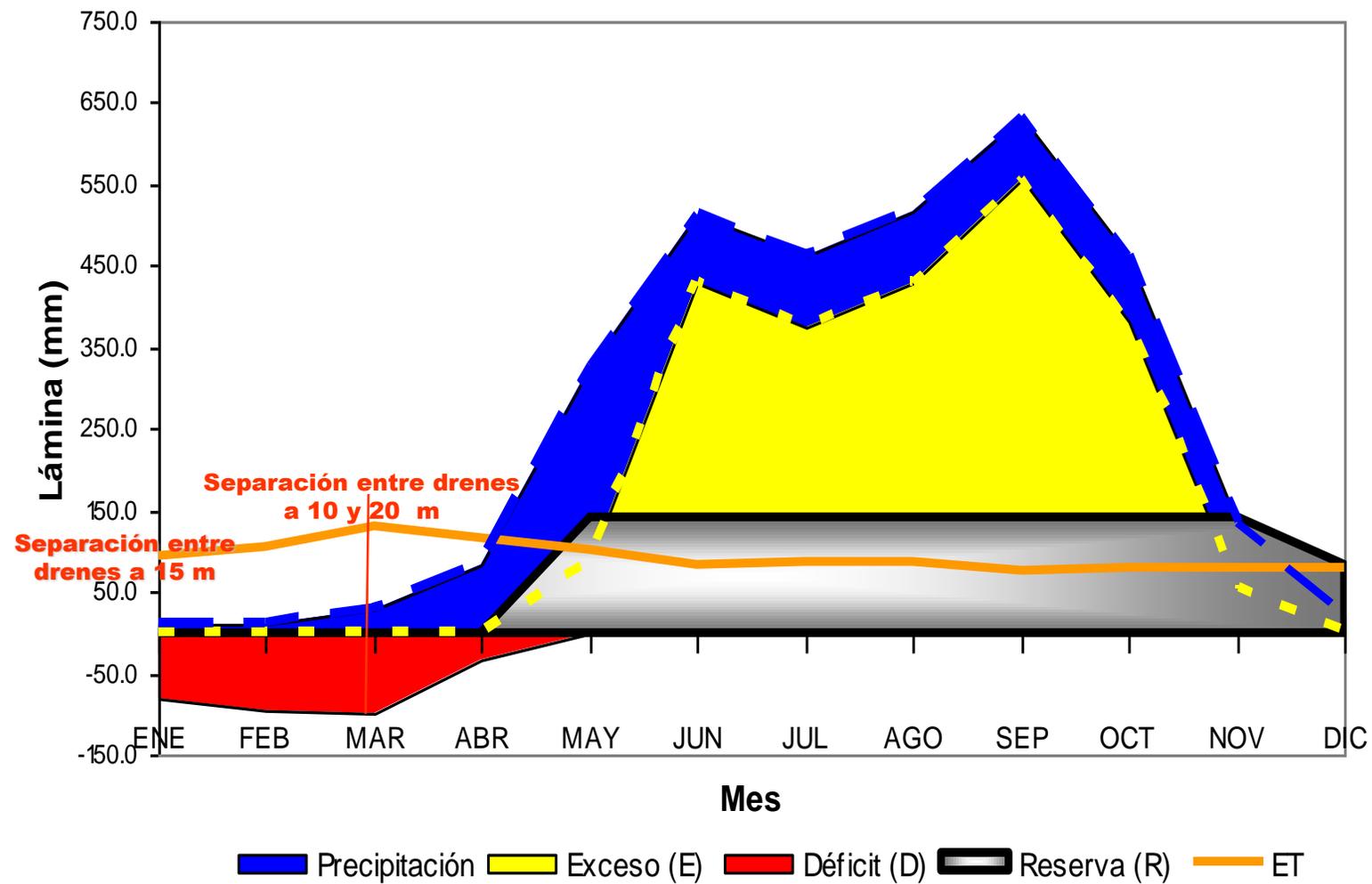




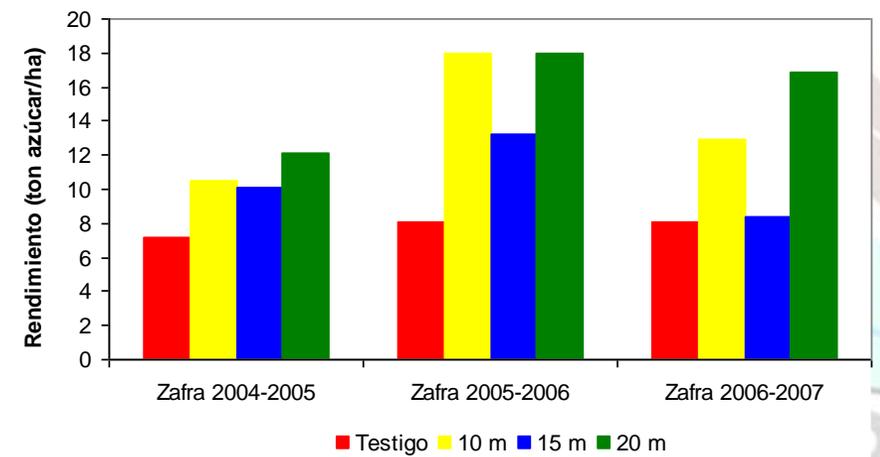
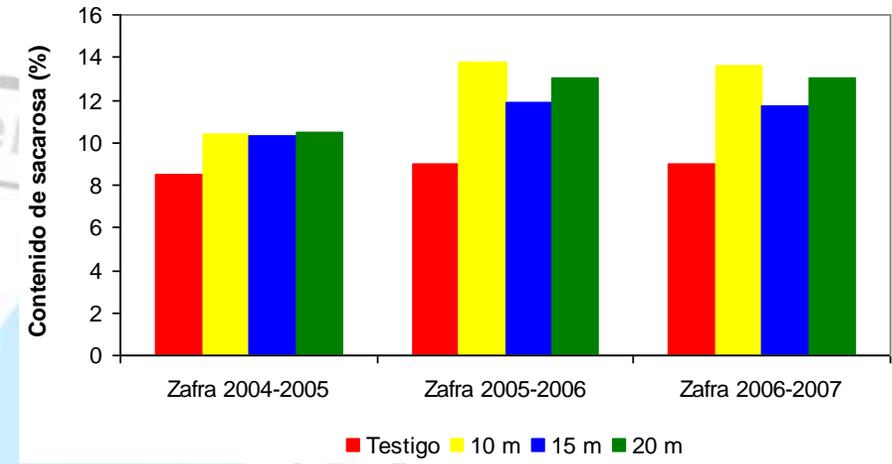
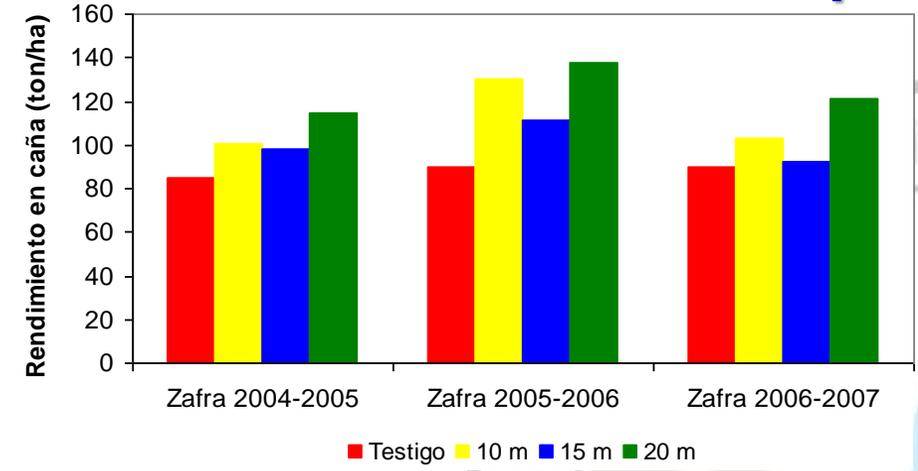


Muestras de sazonado y maduración de caña

Separación (m)	10, con estructura de control		15, sin estructura de control		20, con estructura de control	
Fecha	Humedad (%)	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Sacarosa (%)
01/11/2006	79.0	11.3	78.9	12.2	81.3	10.9
15/11/2006	78.8	11.3	78.4	11.9	80.2	10.0
30/11/2006	79.8	11.9	78.6	12.5	79.4	10.8
15/12/2006	79.0	11.5	73.9	12.8	79.3	10.7
30/12/2006	76.2	12.6	75.5	12.7	79.2	11.5
15/01/2007	78.1	12.7	79.1	12.0	77.5	12.7
08/03/2007	72.4	13.6	75.0	11.7	71.6	13.0
Rendimiento (ton/ha)	103.90		91.64		120.72	



Evaluación económica del sistema de drenaje subterráneo parcelario controlado



	Con el 100% de la Inversión (sin mezcla de recursos)			Con el 50% de la inversión (con mezcla de recursos)		
	10	15	20	10	15	20
RBC	2.45	2.08	2.98	2.45	2.08	2.98
TIR	17.47	13.37	59.02	48.74	44.40	118.81
VAN	4,904.11	956.26	31,120.14	19,904.11	13,456.26	41,120.14

	10 m	15 m	20 m
Plantilla	14,562.57	13,978.72	19,612.35
Soca	18,580.55	17,926.65	24,236.63
Resoca 1	16,796.00	12,581.50	22,578.04
Resoca 2	23,629.33	18,079.33	25,479.33

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR CON DRENAJE SUBTERRÁNEO PACELARIO

Criterios económico productivos y financieros

Valor Actual Neto (VAN) (o Valor Presente Neto VPN)

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{(BT - CT)}{(1+i)^t}$$

VAN > 0, beneficios netos están por arriba del costo de oportunidad

VAN = 0, el proyecto permite cubrir exactamente todos los costos

VAN < 0, beneficios netos del proyecto no compensan los costos de oportunidad

Tasa Interna de Retorno Económica

$$TIR = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{(BT - CT)}{(1+i)^t} = 0$$

TIR > i, proyecto es viable

TIR = i, indiferente entre invertir en el proyecto o en otras alternativas de inversión

TIR < i, no se debe invertir en el proyecto

Relación Beneficio Costo

$$RBC = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=1} \frac{C_t}{(1+i)^t}} = \frac{\text{Suma de valores actualizados de beneficios}}{\text{Suma de valores actualizados de costos}}$$

RBC > 1, se acepta el proyecto

RBC = 1, es indiferente entre realizar o rechazar el proyecto

RBC < 1, se rechaza el proyecto

Información necesaria para realizar el análisis económico

- Separación entre drenes 25 metros.
- Rendimiento promedio en el área cañera: 90 ton/ha en caña.
- Rendimiento promedio en el módulo de drenaje subterráneo parcelario controlado: 110 ton/ha en caña. Esta producción es sin considerar el riego.
- Precio de la tonelada de caña: \$741.00
- Beneficio \$81,510
- Costo de producción \$39,245.00/ha
- Precio del Sistema de drenaje subterráneo parcelario controlado es de \$38,000.00, considerando la tubería, accesorios, estructura de control e instalación del Sistema.
- Interés o tasa de descuento 12%
- Si consideramos las reglas de operación de CONAGUA 2020 en las que manifiestan que se otorgan el apoyo financiero hasta el 50% de la inversión o sea \$19,000 pesos aportarían el productor o asociación civil y el otro 50% el Gobierno Federal.
- Se realiza un análisis económico financiero considerando los beneficios y costos de producción en cultivo de Caña de Azúcar con drenaje subterráneo parcelario controlado, para una superficie de una hectárea .

Evaluación económica de sistema de drenaje subterráneo parcelario

				VPN	TIR	B/C	REC. INV.		
ALTERNATIVAS ECONOMICAS								(AÑO)	
TASA DE DESCUENTO	0.12								
FACTOR INCR. EN COSTO	1.00			133,357	222	2.1		1	
FACTOR INCR. EN BENEF.	1.00								
ANALISIS DE LA INFORMACION									
No.	COSTOS	BENEF.	FEN	VPN	VPC	VPB	RELACION	AÑO DE	
PERIODO	(\$)	(\$)		Flujo de efectivo			B/C	RECUP.	
0	19,000	0	-19,000	- 19,000	- 19,000	-	0.0	-	19,000
1	39,245	81,510	42,265	37,737	- 35,040	72,777	2.1		18,737
2	39,245	81,510	42,265	33,694	- 31,286	64,979	2.1		52,430
3	39,245	81,510	42,265	30,084	- 27,934	58,017	2.1		82,514
4	39,245	81,510	42,265	26,860	- 24,941	51,801	2.1		109,374
5	39,245	81,510	42,265	23,982	- 22,269	46,251	2.1		133,357
			VPN:	133,357	- 160,468	293,825	2.1		
			TIR:	222					

Tasa de amortización del Valor presente neto

Años	Costo	Beneficio	Capacidad de pago	saldo	Pagos	Saldo
0	19,000	-	- 19,000	- 19,000	-	
1	35,040	72,777	37,737	18,737	37,737	- 18,737
2	31,286	64,979	33,694	52,430	18,737	-
3	27,934	58,017	30,084	82,514		
4	24,941	51,801	26,860	109,374		
5	22,269	46,251	23,982	133,357		

Tasa de amortización (VPN) en pagos constantes

Año	Costo	Beneficio	Capacidad de pago	PAGOS	Compromiso de pago	Beneficio saldo anual
0	19,000	-	- 42,000	-	19,000	
1	35,040	72,777	37,737	3,800	15,200	33,937
2	31,286	64,979	33,694	3,800	11,400	29,894
3	27,934	58,017	30,084	3,800	7,600	26,284
4	24,941	51,801	26,860	3,800	3,800	23,060
5	22,269	46,251	23,982	3,800	-	20,182
		PROMEDIO	30,471			26,671



Capacitación en Aula



Taller de Drenaje Agrícola en zonas Húmedas



Capacitación en campo



Capacitación en servicio





MVI_0984LAVI



EL RIEGO ES UNA TECNOLOGÍA QUE PERMITE LA SUPERVIVENCIA DE LA HUMANIDAD, PERO EL DRENAJE ES LA SUPERVIVENCIA DEL RIEGO (Bureau of Reclamation, 1991)



La inversión en un proyecto de drenaje para riego el Estado o una Nación manifiesta que es demasiado caro y a menudo se ha subestimado. La historia de riego, tal como se practica en los Estados Unidos y el mundo, universalmente señala la ineludible conclusión de que es necesario prever el drenaje para alcanzar con éxito el riego (Bureau of Reclamation, 1991).

El país que tiene trópico es un país rico, porque tiene algo muy valioso, qué es?

EL AGUA, solo es necesario saber manejarla.

(Foro Mundial del agua, México D.F., 2006)

SEXTO SEMINARIO TEMÁTICO



El Desarrollo Agrícola Territorial del Trópico Húmedo Mexicano: reflexiones y experiencias en el manejo del suelo y agua

Para citar esta presentación:

Namuche Vargas, J. R. 2020. **El drenaje agrícola en el Trópico Húmedo mexicano**. Sexto Seminario Temático "El Desarrollo Agrícola Territorial del Trópico Húmedo Mexicano: reflexiones y experiencias en el manejo del suelo y agua". 9 de diciembre de 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMIIR). México. 70 pp.

Muchas Gracias

M.C. José R. Namuche Vargas



rnamuche@tlaloc.imta.mx



Consulta el portal del COMIIR y sus redes sociales:
www.comeii.com y www.riego.mx

