

# **PRINCIPIOS NUTRICIONALES APLICADOS A LA PRODUCCIÓN RENTABLE Y COMPETITIVA DE CAÑA DE AZÚCAR**

**Dr. Rafael E. Salas**

**Centro de Investigaciones  
Agronómicas**

**Universidad de Costa Rica**

**San José, Costa Rica  
8 Setiembre 2011**

Producción= Interacción Suelo – Planta - Clima - Manejo



# MANEJO DE LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO

## 1. Análisis de suelo

- ▣ Condiciones físicas (compactación)
- ▣ **Disponibilidad de nutrientes y balance de cationes**

## 2. Análisis foliar

- ▣ **Contenido de elementos totales en planta**
- ▣ **Variación estacional de nutrientes (Cantidad y tiempo de absorción)**

## 3. Rendimientos

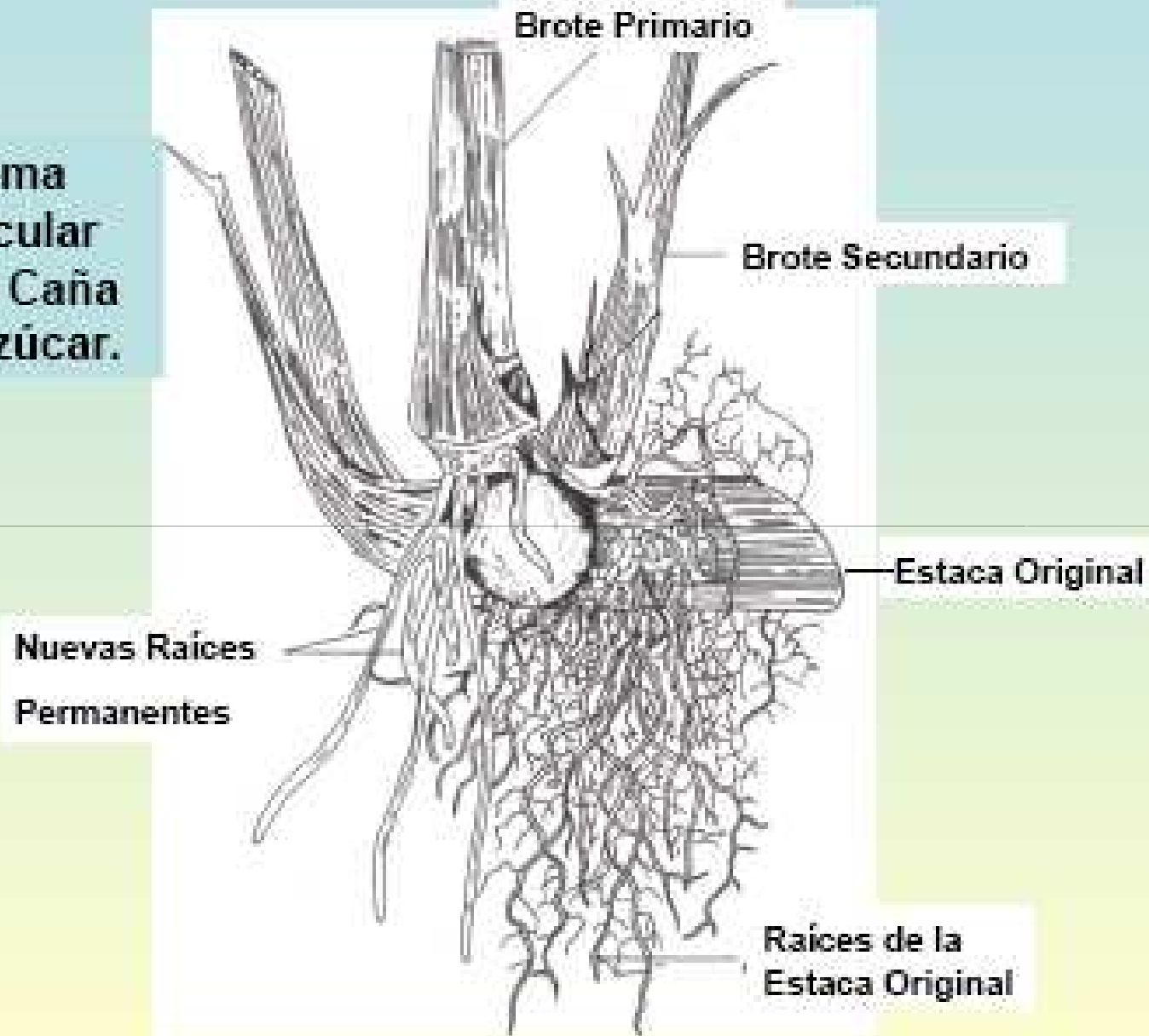
## 4. Sistemas de interpretación

- ▣ **Método comparativo con tabla de niveles críticos (muy rígido)**
- ▣ **DRIS: sistema integrado de diagnóstico y recomendación (balance de elementos)**



SUELO

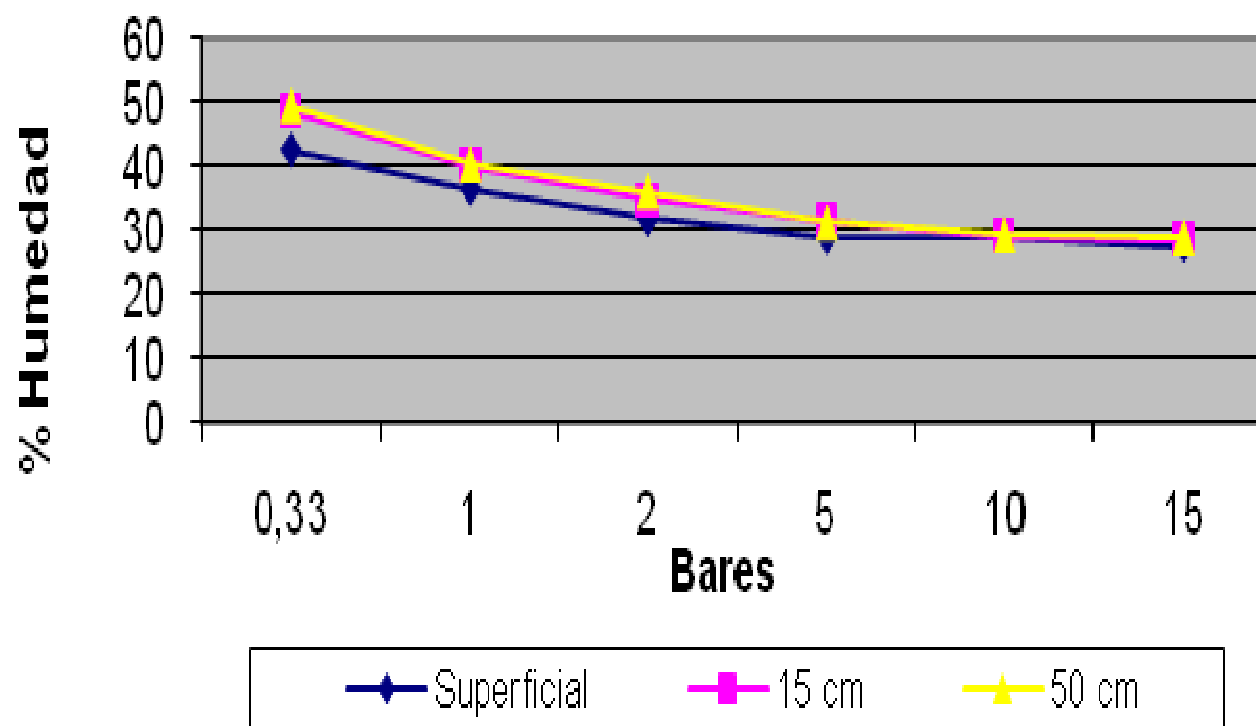
**Sistema  
Radicular  
de la Caña  
de Azúcar.**



### ANALISIS FISICOS DE SUELO

	Cond. Hidraulica	Densidad Partículas	Densidad Aparente	Porosidad Total	Esfuerzo Penetración	Penetración Raíces
IDENTIFICACION	cm / h	g / mL	g / mL	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
VERTISOL SUPERFICIAL	0,53	2,25	1,33	40,88	15,10	52
15 CMS	0,11	2,18	1,68	22,93	22,47	27
50 CMS	1,90	2,15	1,31	39,06	8,16	76
MOLLISOL SUPERFICIAL	2,58	2,24	0,98	56,19	3,06	94
15 CMS	0,12	2,07	1,31	36,71	15,10	52
30 CMS	1,00	2,15	1,06	50,70	8,16	76
50 CMS	0,26	2,17	1,05	51,61	8,16	76

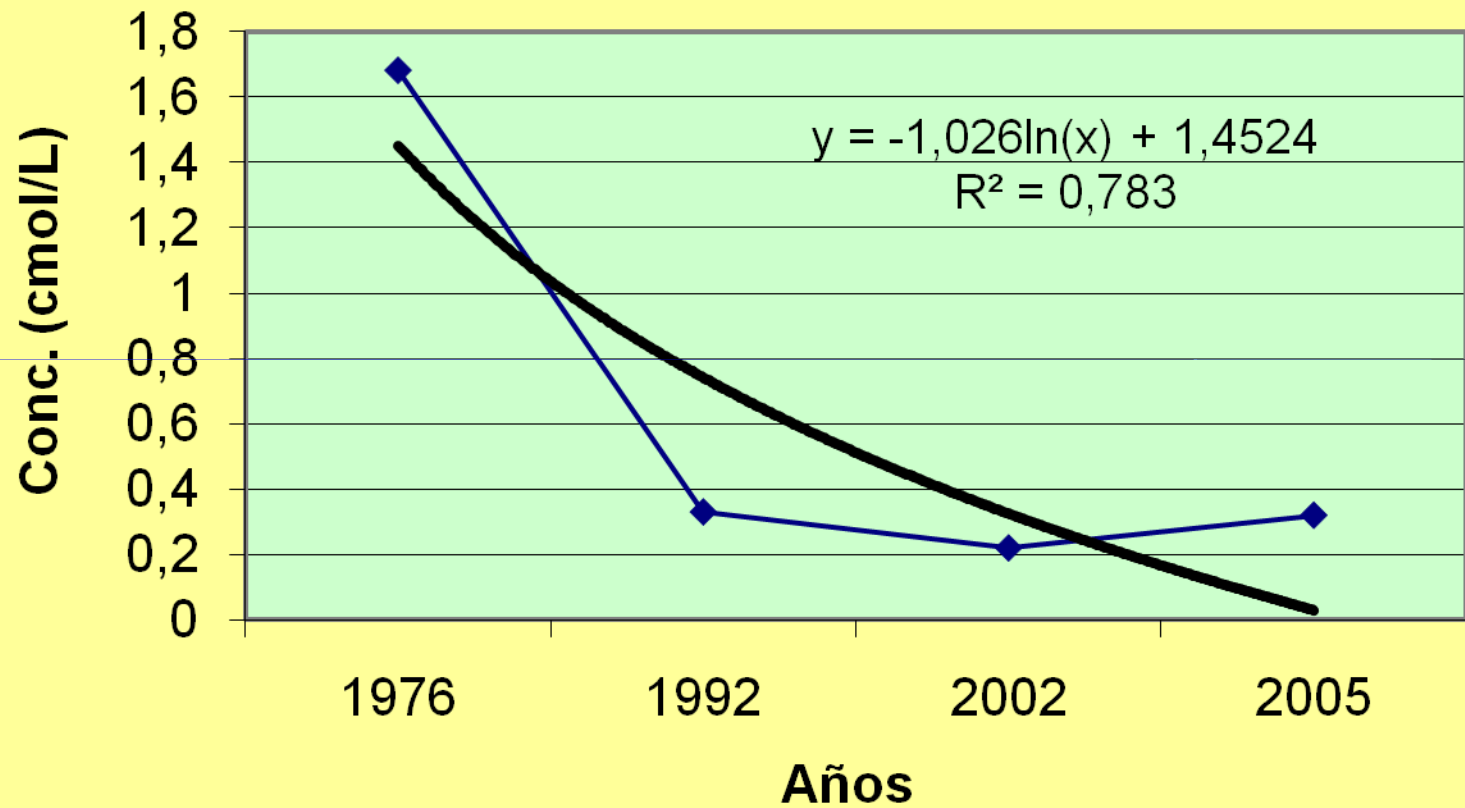
Curva de retención de humedad suelo Vertisol



# ANALISIS QUIMICO SUELO

IDENTIFICACION														COND
	pH	cmol(+)/L					mg/L							ELECT.
	H <sub>2</sub> O	Ca	Mg	K	ACIDEZ	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S	mS/cm
Vertisol	6,03	29,20	10,70	0,22	0,23	40,55	5,8	13,5	23	16,5	2,4	0,15	18,40	0,16
Inceptisol	6,26	19,50	7,79	0,20	0,24	47,74	14,3	14,7	22	7,5	1,0	1,02	18,30	0,12
Mollisol	6,28	24,50	10,35	0,42	0,21	53,03	21,7	16,7	22	14,9	2,1	0,93	27,00	0,42

## Cambios de K en el Suelo. VERTISOL



## Bases Cambiable y sus Relaciones

Orden de Suelo	cmol(+)/L			K (Ca + Mg) <sup>-0,5</sup>
	Ca	Mg	K	
Vertisol + Vinaza	26,01	18,75	2,88	0,4305
Vertisol	28,12	19,85	0,57	0,0823
Mollisol	15,47	5,14	0,24	0,0529
Mollisol	24,40	10,66	0,42	0,0709
Inceptisol	17,97	8,54	0,43	0,0835
Inceptisol	23,09	10,42	0,13	0,0224

Bajo (< 0,2547)

Medio (0,2547 - 0,3349)

Alto (> 0,3349)

Tomado de: Reis Junior, 2001, Brasil

# SUELO VERTISOL

## FIJACIÓN DE FÓSFORO

Aplicado	Extraído	% Fijación
-----	----kg/ha---	-----
70	0,62	99,1
140	3,16	97,7
280	16,12	94,2
560	51,04	90,8
	X	95,28
	X Finca	65-95%

# SUELO VERTISOL

## FIJACIÓN DE POTASIO

Aplicado	Extraído	% Fijación
85	39	54,4
170	62	63,6
350	94	73,3
700	186	73,4
1400	335	76,1
	X	68,2
	X Finca	45-75%

# SUELO INCEPTISOL

## FIJACIÓN DE AZUFRE

Aplicado	Extraído	% Fijación
20	4,3	78,5
40	10,8	73,1
100	38,7	61,3
200	57,5	71,2
400	127,4	68,2
	X	70,4
	X Finca	70-80%



PLANTA

22 4 2003

## ANÁLISIS FOLIAR 2010

246 MUESTRAS

### NITRÓGENO

ÁMBITO	VALORES	PROMEDIO	%
Apropiado	2,03 - 2,59	2,22	15,9
Medio	1,80 - 1,99	1,88	20,3
Bajo	1,22 - 1,79	1,58	63,8

### FÓSFORO

Apropiado	0,20 - 0,36	0,24	88,2
Bajo	0,15 - 0,19	0,18	11,8

### POTASIO

Alto	1,90 - 2,74	1,90	47,2
Apropiado	1,00 - 1,59	1,35	47,6
Bajo	0,64 - 0,99	0,84	5,2

## ANÁLISIS FOLIAR 2010

246 MUESTRAS

### AZUFRE

ÁMBITO	VALORES	PROMEDIO	%
Apropiado	0,15 - 0,36	0,22	100

### ZINC

Apropiado	13 - 51	24	100
-----------	---------	----	-----

### BORO

Apropiado	4 - 27	11	100
-----------	--------	----	-----

## Evaluación de nutrición mineral. Población alta > 11.5 t az/ha

	<b>Pob. baja</b>	<b>Pob. media</b>	<b>Apropiado</b>
	<b>T az/ha: 7-9</b>	<b>T az/ha: 9-10</b>	
<b>N</b>	1.14-1.22%	1.29-1.61%	1.60-2.50%
<b>P</b>	0.29-0.31%	0.25-0.33%	0.20-0.35%
<b>Ca</b>	0.33%	0.29-0.52%	0.40-0.70%
<b>Mg</b>	0.13-0.17%	0.16-0.21%	0.15-0.30%
<b>K</b>	1.29-2.00%	1.25-1.79%	0.60-1.50%
<b>S</b>	0.09-0.19%	0.11-0.18%	0.15-0.30%
<b>Zn</b>	26-28mg/kg	19-40mg/kg	15-30mg/kg
<b>B</b>	3-4mg/kg	1-5mg/kg	6-30mg/kg

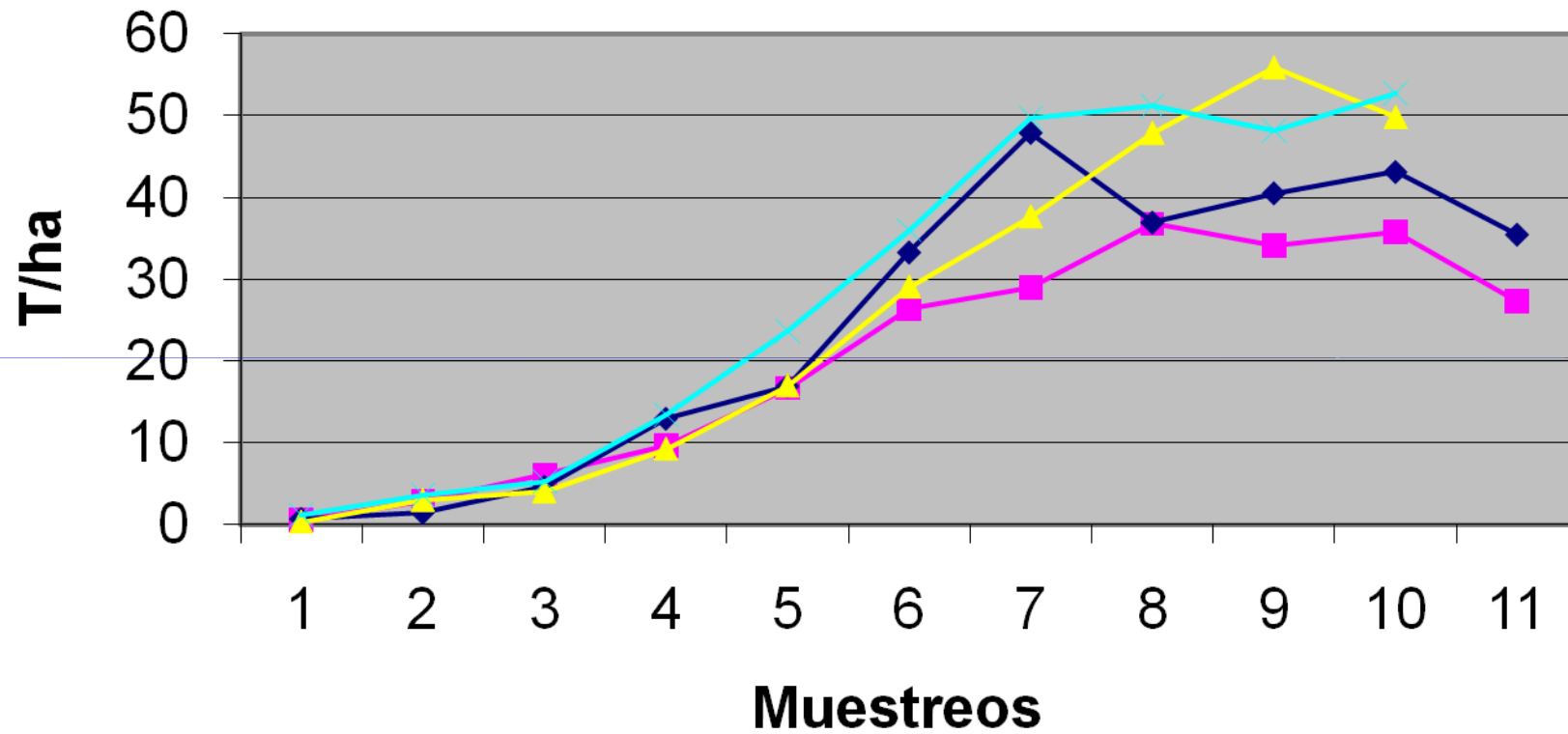
### Indices DRIS

<b>Población</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
<b>Baja</b>	14.65	25.80	6.55	-19.58	-29.40	1.98
<b>Media</b>	91.23	35.38	7.98	8.61	-148.18	4.98

# CURVAS DE ABSORCIÓN

- CUANDO Y CUANTO ABSORBE LA PLANTA.
- ABSORCIÓN DIFERENCIAL POR VARIEDADES.

## Produccion de Materia Seca por Variedad



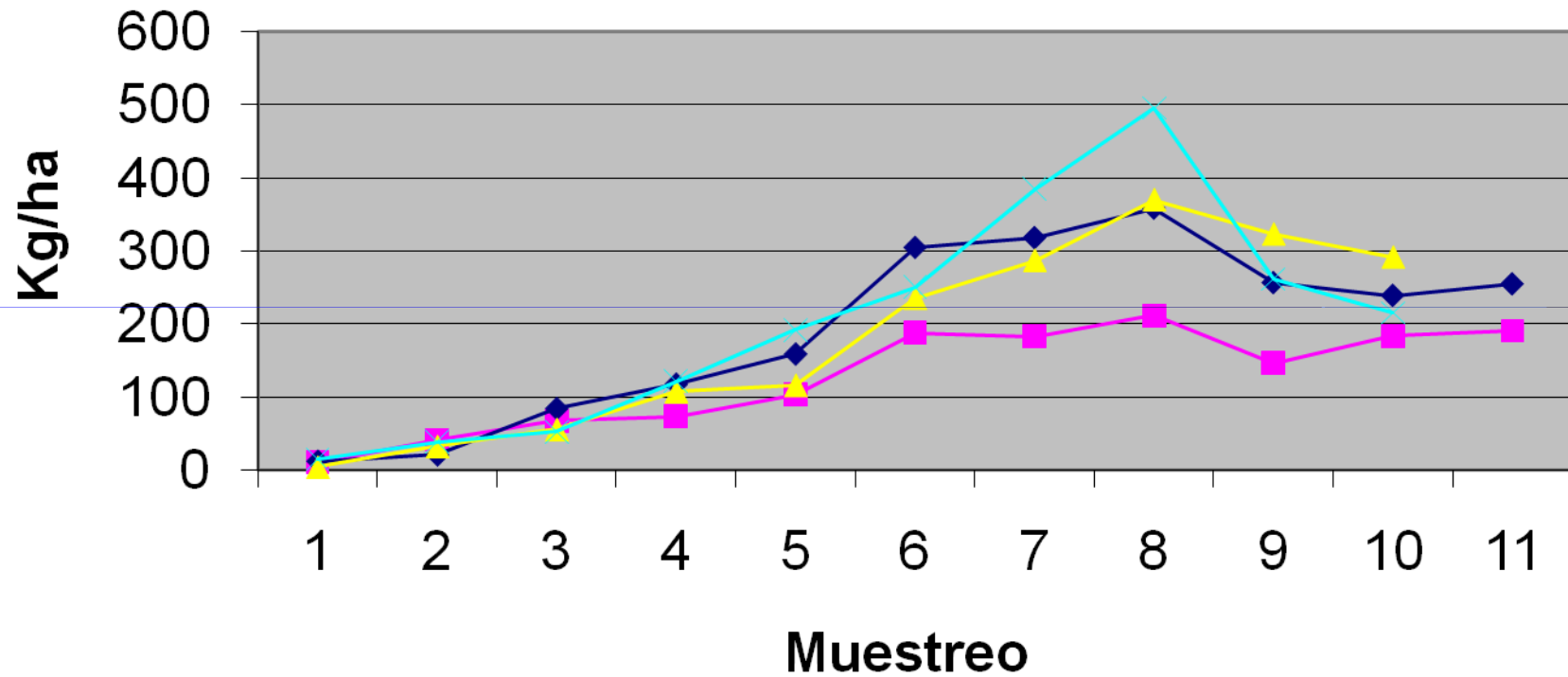
■ NA 5642

◆ SP79-2233

▲ B-80689

✕ CP72-2086

# Nitrógeno Absorbido por Variedades



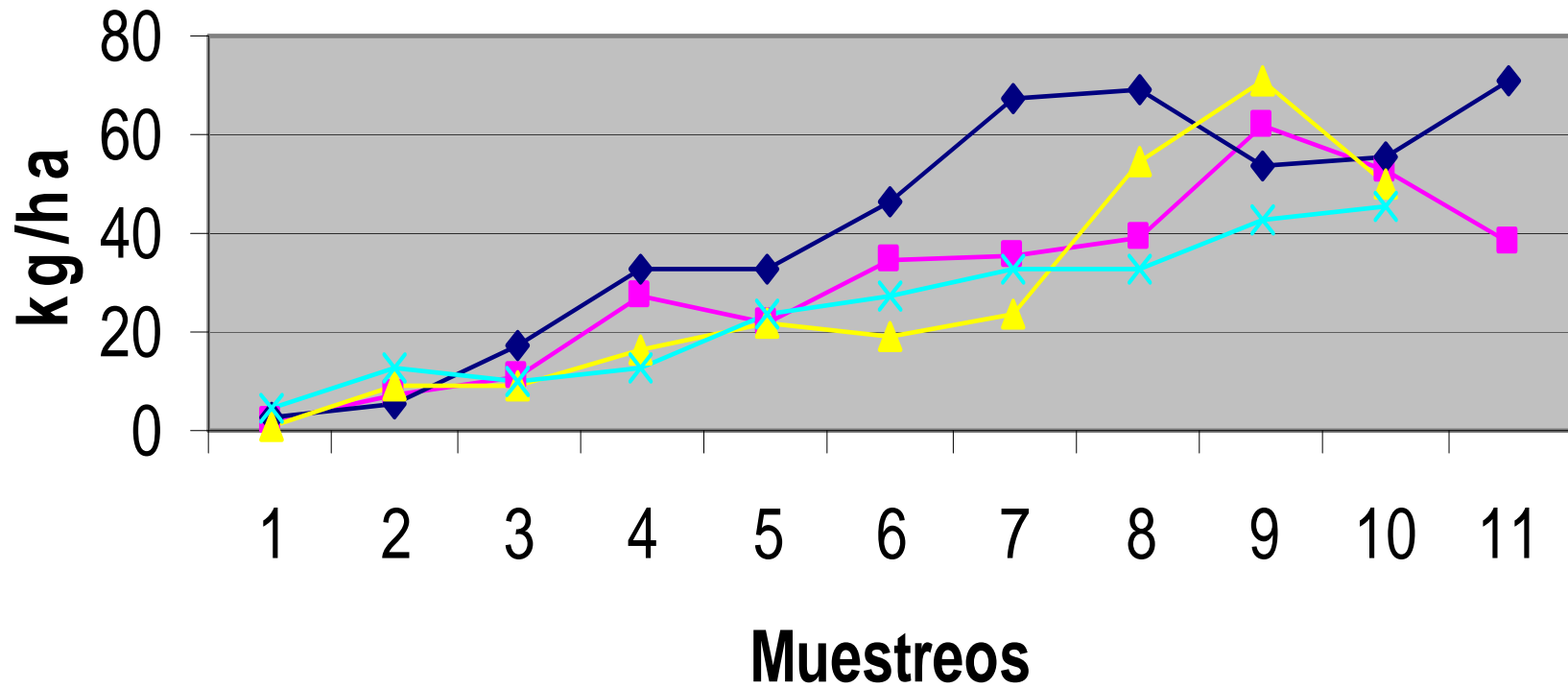
■ NA-5642

◆ SP79-2233

▲ B-80689

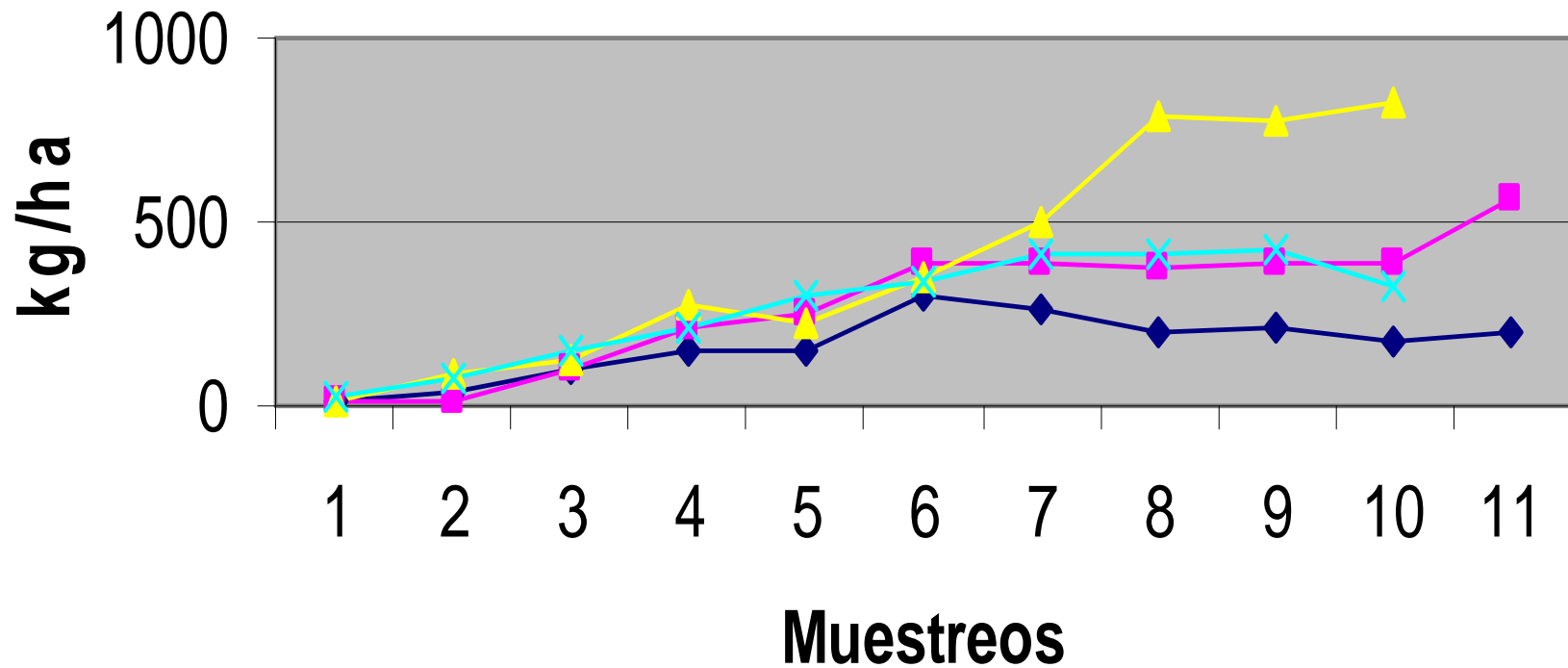
✕ CP72-2086

# Fósforo Absorbido por Variedades



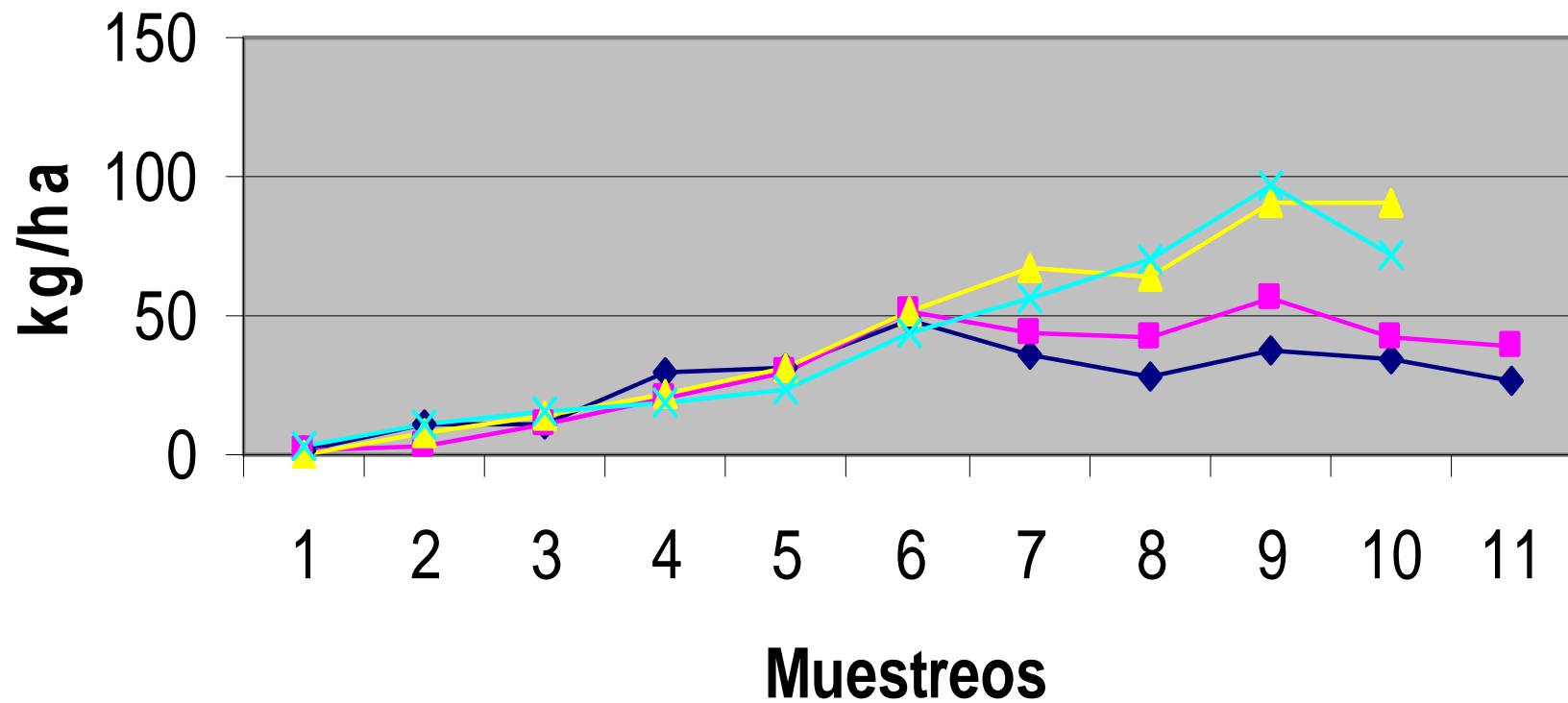
■ NA\_5642    ◆ SP79-2233    ▲ B-80689    ✕ CP72-2086

# Potasio Absorbido por Variedades



—◆— NA-5642    —■— SP79-2233    —▲— B-80689    —×— CP72-2086

# Azufre Absorbido por Variedades



◆ NA-5642    ■ SP79-2233    ▲ B-80689    ✕ CP72-2086

# EXTRACCIÓN ESTIMADA PROMEDIO DE ALGUNOS NUTRIMENTOS POR LA CAÑA DE AZÚCAR

<b>NUTRIMENTO</b>	<b>EXTRACCIÓN DEL SUELO Kg/TM</b>
<b>N</b>	<b>1.30</b>
<b>P</b>	<b>0,27</b>
<b>K</b>	<b>1,70</b>
<b>Ca</b>	<b>0,34</b>
<b>Mg</b>	<b>0,25</b>
<b>S</b>	<b>0,29</b>
<b>Si</b>	<b>0,93</b>

Tomado: Chaves, 1999

# PROBLEMAS MÁS COMUNES DE FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR EN GUANACASTE

**N    K>S>P>Zn = B**

# MANEJO: FERTILIZACIÓN



## Modelo de cálculo de dosis de fertilización

- $DF = (DEM - SUM) / EF$

# EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTE

ELEMENTO	VERTISOL	INCEPTISOL
<b>N</b>	50-60%	50-70%
<b>P</b>	45-60%	40-50%
<b>K</b>	60-65%	60-80%

# CASO DE K EN SUELO Y APOORTE DE FERTILIZANTE

**PRODUCCIÓN = 100 Tc/ha**

<b>DEMANDA</b>	<b>APOORTE DE SUELO</b>	<b>APOORTE FERTILIZANTE</b>	<b>DIFERENCIA</b>
	<b>kg/ha</b>		
	<b>0,10 cmol(+) K/L en suelo</b>		
<b>171</b>	<b>78</b>	<b>47 – 58</b>	<b>-46 – -35</b>
	<b>0,15 cmol(+) K/L en suelo</b>		
<b>171</b>	<b>117</b>	<b>47 – 58</b>	<b>-7 – +40</b>
	<b>0,20 cmol(+) K/L en suelo</b>		
<b>171</b>	<b>156</b>	<b>47 – 58</b>	<b>+32 – +43</b>

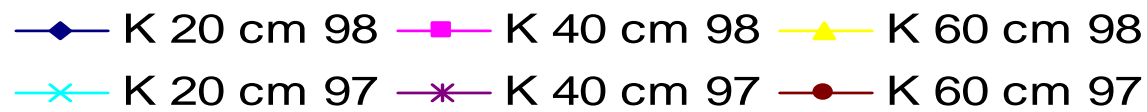
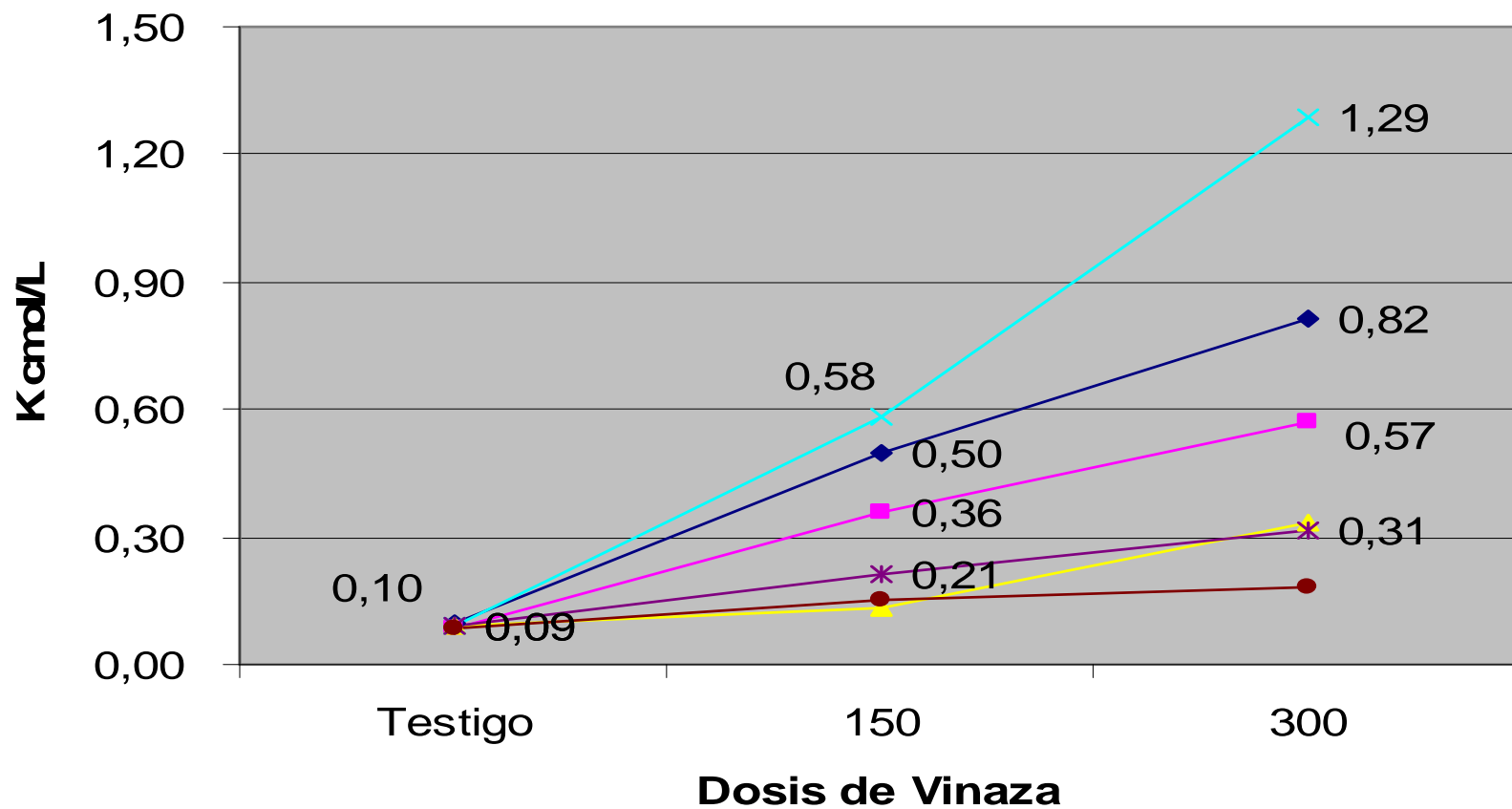
# MANEJO: SUBPRODUCTOS VINAZA



# Dosis aplicadas de acuerdo a concentración de elementos en vinaza

Elemento	Conc. kg/m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup> kg/ha	300 m <sup>3</sup> kg/ha
N	0,80	120	240
P	0,18	27	54
K	8,27	1240	2480
S	1,70	255	510
Zn	0,02	3	6
B	0,003	0,5	1

## Efecto de Dosis de Vinaza en el K del Suelo a tres profundidades

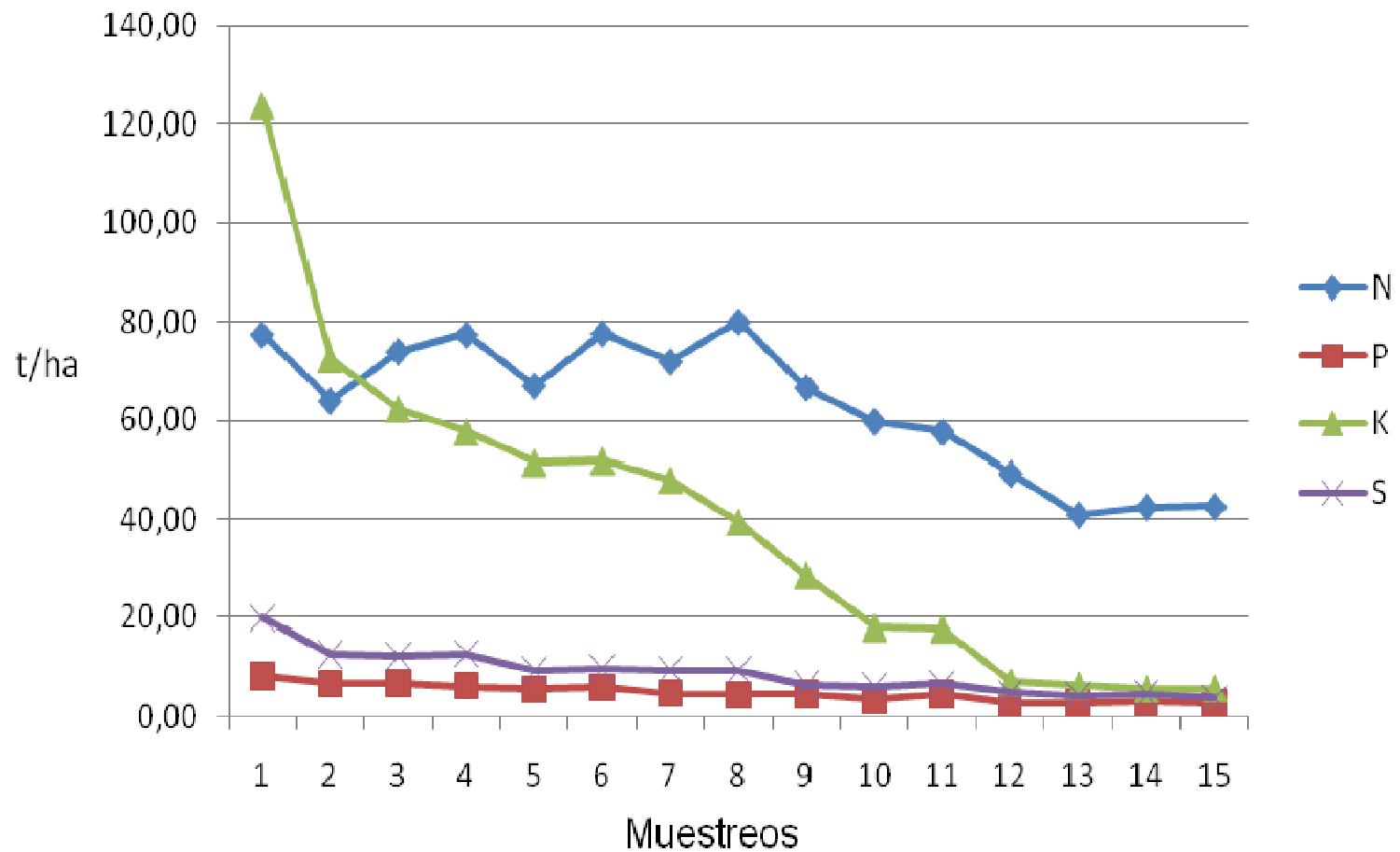




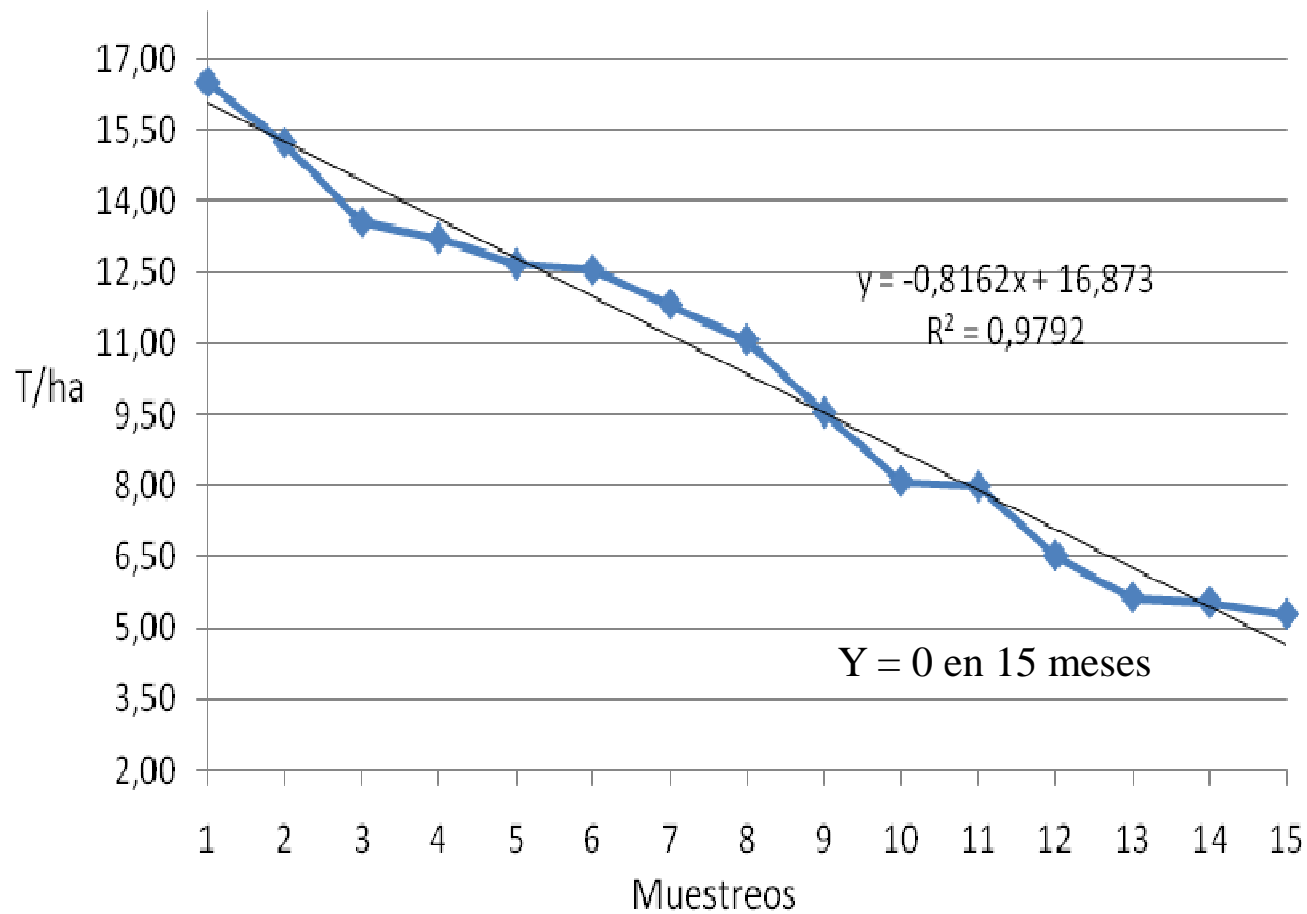
# MANEJO: RESIDUOS DE COSECHA

REC 28 2062

## Contenidos de N, P, K y S en el tiempo en residuos de cosecha



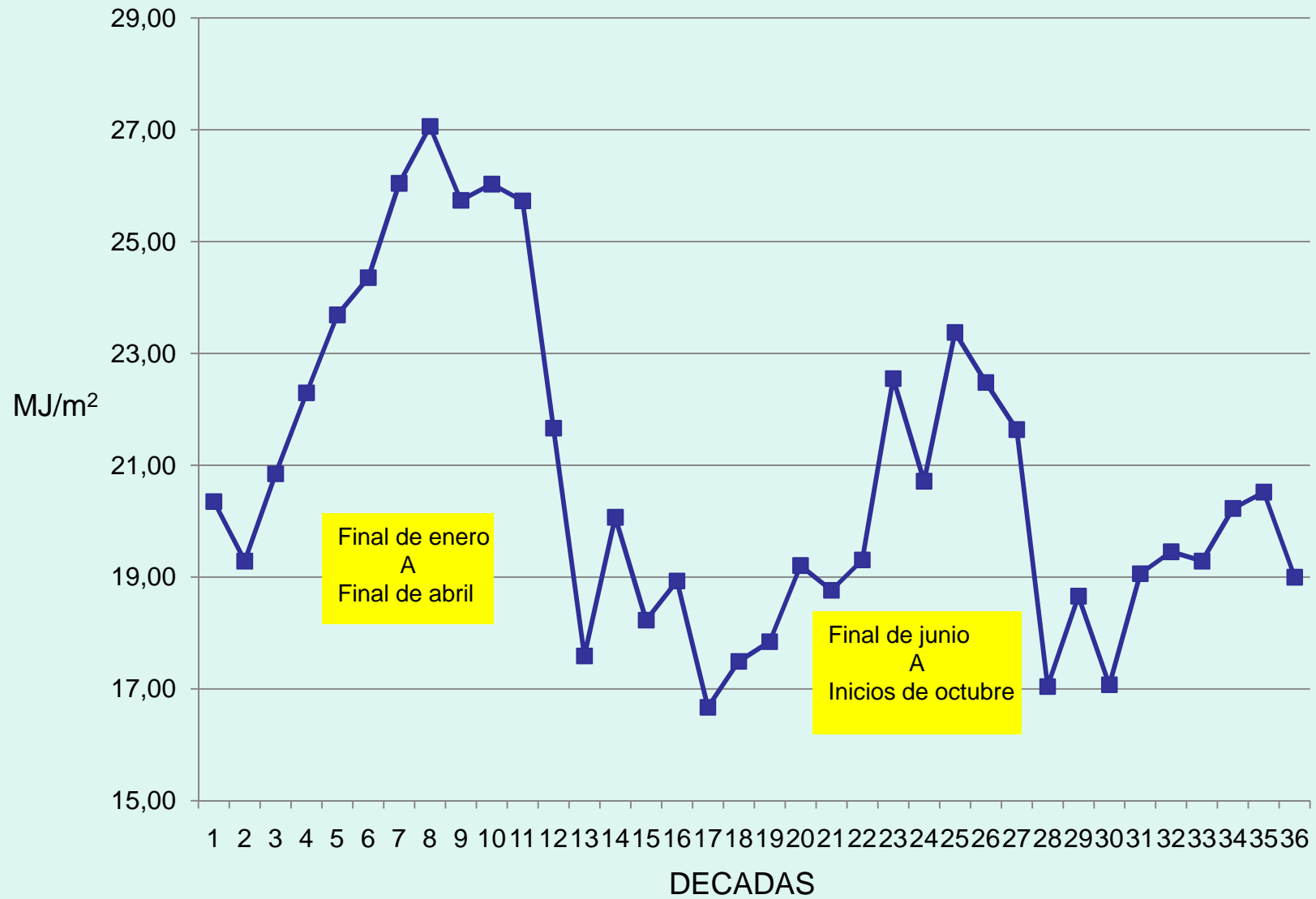
## Pérdida de peso seco en el tiempo de residuos de cosecha



# MENEJO: CLIMA



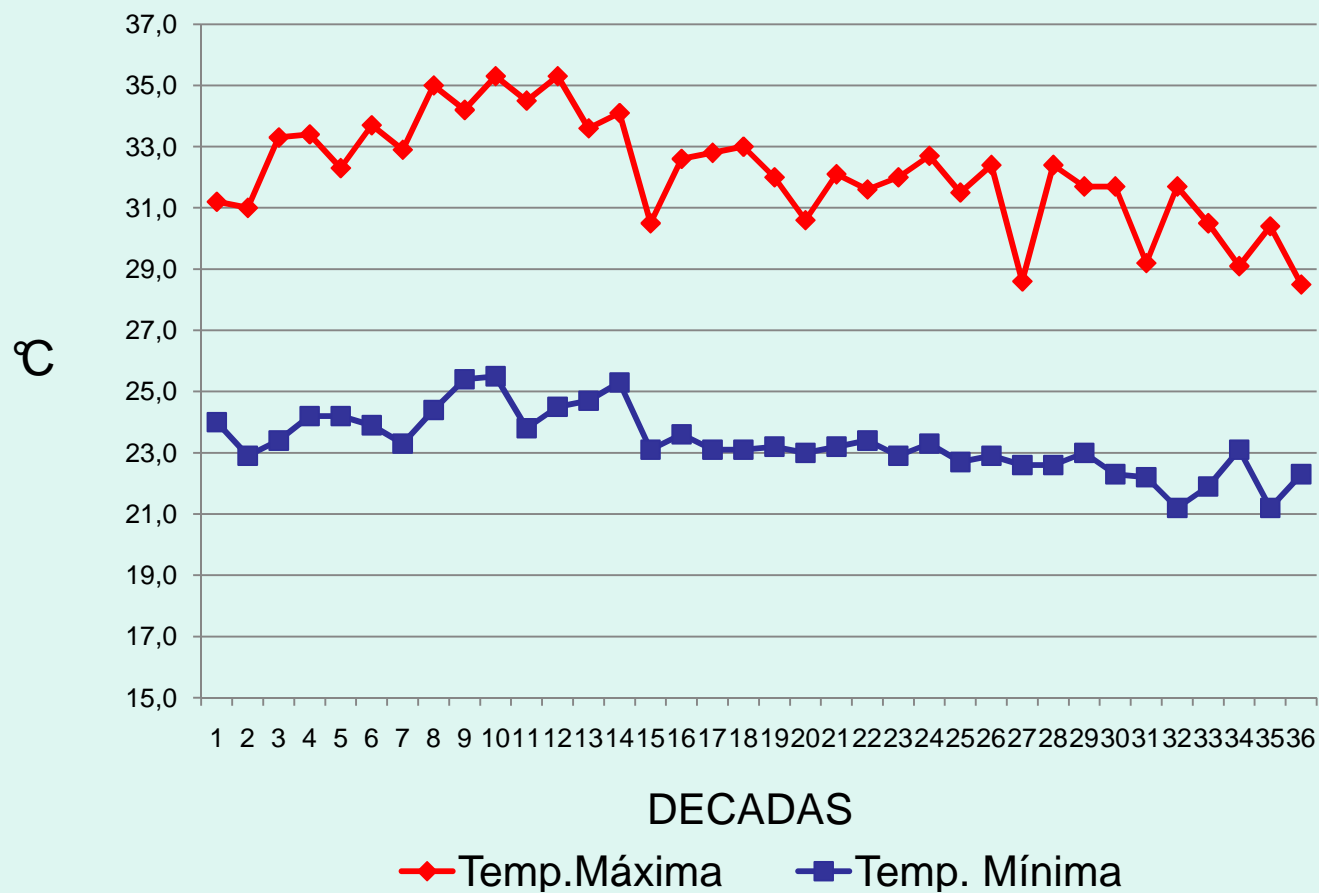
# RADIACIÓN SOLAR, GUANACASTE, AÑO 2010



# Predicción de Rendimientos Relativos

- Necesidades Hídricas: por etapa fenológica
  - Grados Día de Desarrollo.
    - $GDD = \sum \frac{(T \text{ máx.} + T \text{ mín.})}{2} - T \text{ Base}$
- T Base de la caña de azúcar 12 Celsius
- Elongación de internudo a 380 GDD Y Máxima acumulación de materia seca a 800 DDG

## Temperaturas Máximas y Mínimas en el año 2010



Fin

• Muchas Gracias

rafael.salas@ ucr.ac.cr