



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón, híbrido Etereí con fertilizantes  
complejos y convencionales**

Damián Yuquilema, Mishell Alexandra

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

26 de enero del 2023

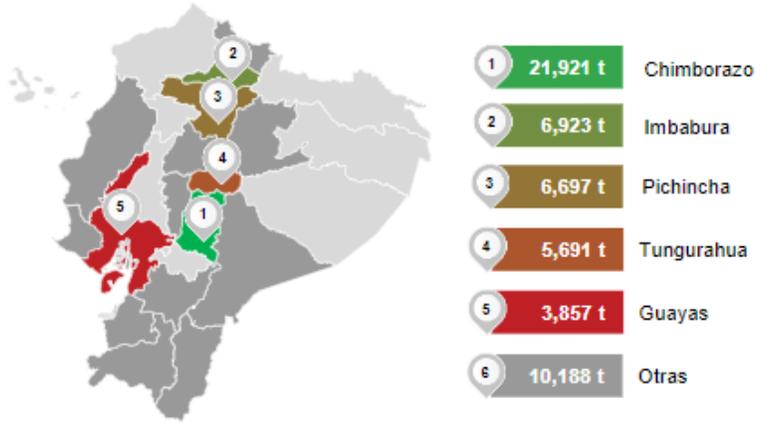


# INTRODUCCIÓN



Fuente: (Cherlinka, 2020)

# JUSTIFICACIÓN



## Limitante



## Alternativa



# OBJETIVOS

## GENERAL

- Generar las curvas de extracción nutrimental del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) híbrido Etereí.

## ESPECÍFICOS

- Determinar los niveles de N, P, K y Ca en raíz, tallos, hojas, flores, frutos durante el desarrollo fenológico del tomate híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQUIMICA EQ) y convencionales.
- Establecer la relación entre el crecimiento y absorción de N, P, K y Ca mediante curvas, para determinar el momento más adecuado de aplicación del fertilizante.
- Determinar el tratamiento más económico para el desarrollo del cultivo.

# METODOLOGÍA



**Coordenadas referenciales:** Latitud: 0°22 '10,03",  
longitud: 78°33' 19,90"

Centro Internacional de la Papa (CIP) ubicado en la  
Estación Experimental Santa Catalina

**Provincia:** Pichincha

**Cantón:** Mejía

**Parroquia:** Cutuglagua



**Altitud:** 3058 m.s.n.m.

**Temperatura mínima:** 2,2°

**Temperatura máxima:** 35,9°

**Humedad relativa:** 59%

**Precipitación media anual:** 1404,7 mm

# METODOLOGÍA

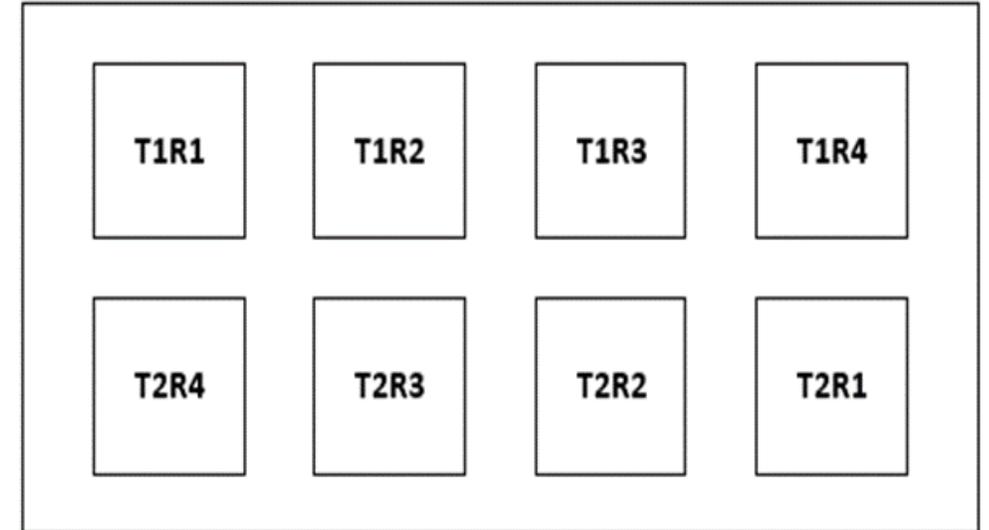
## Conformación de los tratamientos



T1: Fertilizante Compleja

T2: Fertilización convencional

## Croquis del experimento



*Nota.* (T1= Fertilización compleja, T2= Fertilización Convencional)

## Instalación del Sistema de Evaluación



Trabajo previo del terreno



Muestreo de suelo



Tanque



Bomba



Instalación del sistema de riego



Desinfección



Trasplante

## Muestreo



Recolección de  
muestras 30, 60, 90, 120  
y 150 DDT



Pesaje de muestras



Secado de muestras



Molido de muestras



Peso del fruto



Grados brix

# Medición de N por Kjeldahl



1.5gr de muestra



¼ Tableta + 15ml de Ac. Sulfúrico



Digestor

150°C  
420°C



30ml de Ac. Bórico  
3 Gotas de Solución indicadora



Unidad de destilación



HCl (0,1N)

Medición de nutrientes por absorción atómica

3gr de la muestra molida

1ml Agua desionizada

10ml de HCl



Filtrado y Aforo a 100ml

Fósforo (P)



-Molibdato de amonio

-Vanadato de amonio

-Ácido Nítrico

Potasio (K), Calcio (Ca)

-Nitrato de lantano



T2R2	T1R3	T
T2R1	T2R2	T

**Diseño Experimental**

- Se realizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con dos tratamientos y cuatro repeticiones.

**Análisis estadístico**

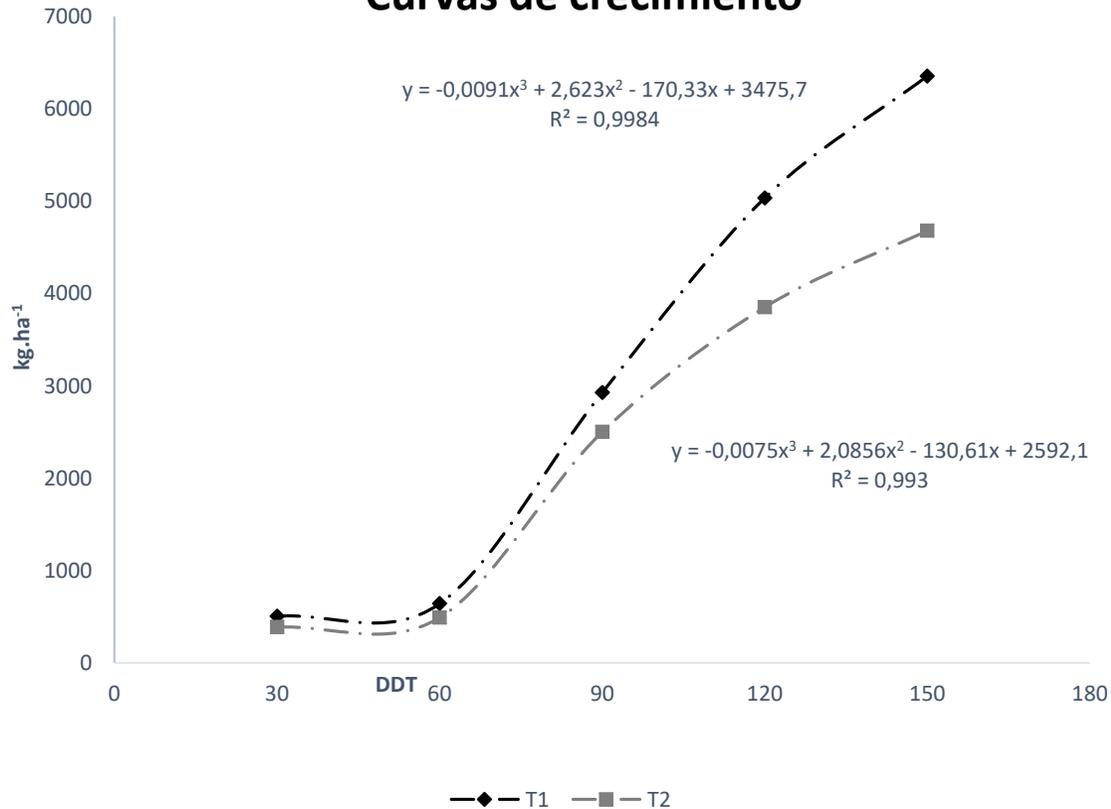
- Se realizó un análisis de varianza (ANAVA).
- Prueba Duncan con nivel de significancia de  $p \leq 0,05$

**VARIABLES A MEDIR**

- Análisis de Macronutrientes
- Grados Brix del fruto
- Rendimiento
- Análisis económico beneficio/costo

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Curvas de crecimiento



$(t_{3,71} = 5.00: p = 0.0023)$

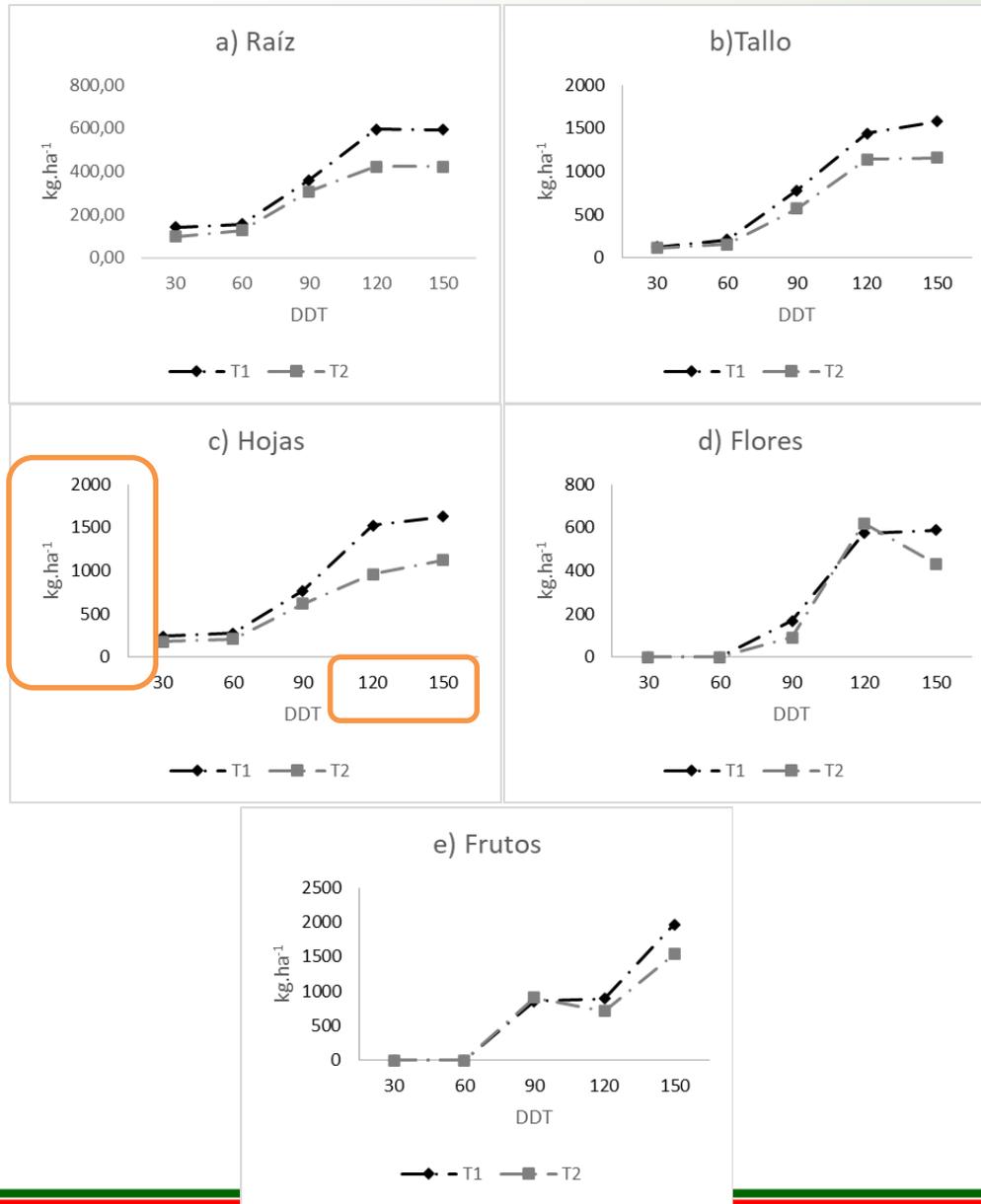


**>Acumulación de Materia seca >  
Absorción de elementos (Putti, *et al.*  
2022).**

Al principio del desarrollo del cultivo gran parte de la materia seca acumulada se destino al crecimiento de la parte vegetativa.

(T1: 2928 kg.ha<sup>-1</sup> ; T2: 2501 kg.ha<sup>-1</sup>) → (90 DDT)  
(T1: 5036 kg.ha<sup>-1</sup> ; T2: 3851 kg.ha<sup>-1</sup>) →(120 DDT)  
(T1: 6356 kg.ha<sup>-1</sup> ; T2: 4681 kg.ha<sup>-1</sup>) →(150 DDT)

Curvas de crecimiento



La hoja es el órgano que ayuda en la transpiración y fotosíntesis (T1: 1625,44 kg.ha<sup>-1</sup> ; T2: 1123,88 kg.ha<sup>-1</sup>)



El segundo órgano con mayor acumulación de materia seca es el fruto tiene un importante papel en la reproducción de la planta

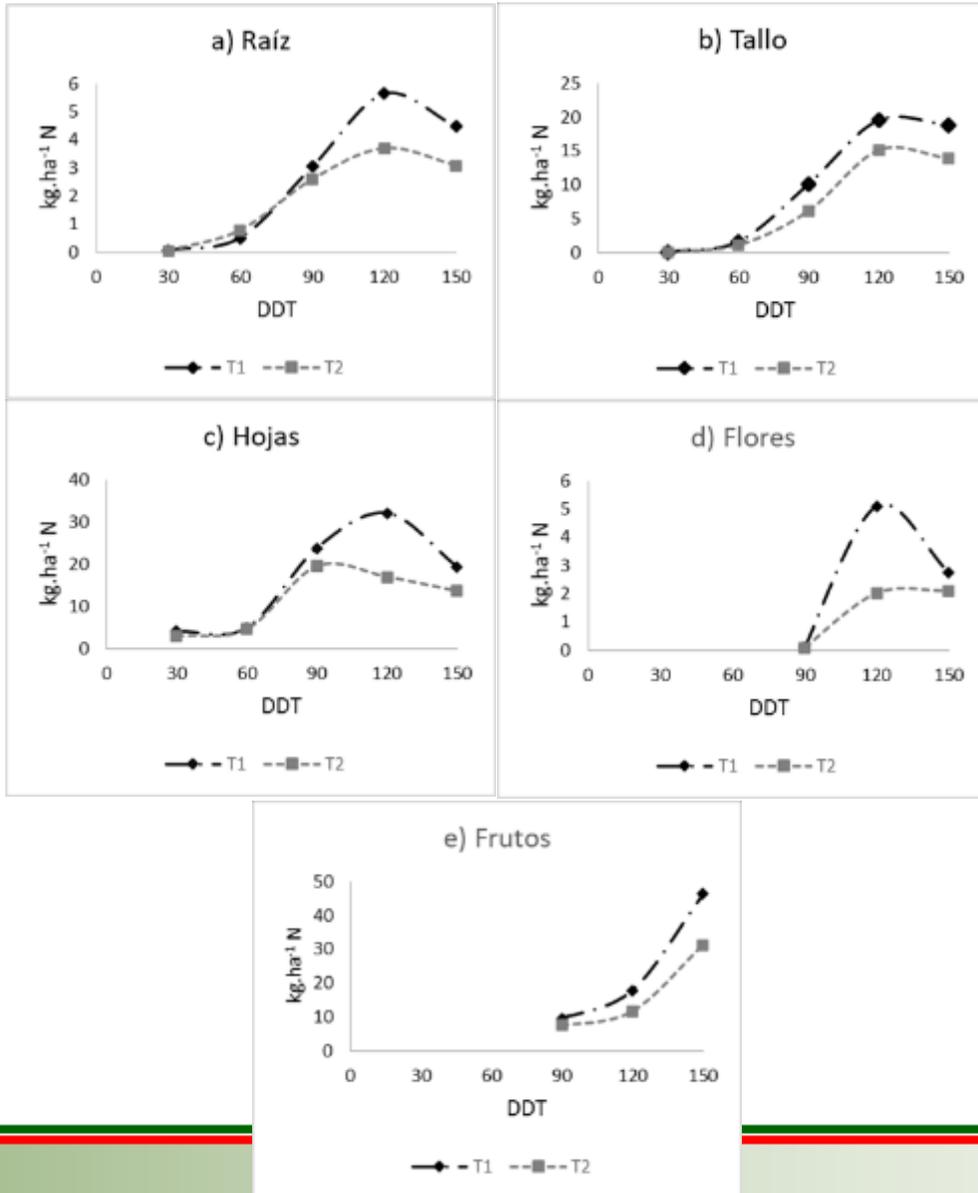


El tallo es un órgano secundario de reserva, sostén, permite el transporte de nutrientes y agua.

Acumulación de biomasa: **Hoja > Fruto > Tallo > Raíz > Flores**  
(Betancourt & Pierre, 2013).

Orden de extracción de nutrientes: **K > N > Ca > P**  
(Bertsch, 2003).

## Nitrógeno

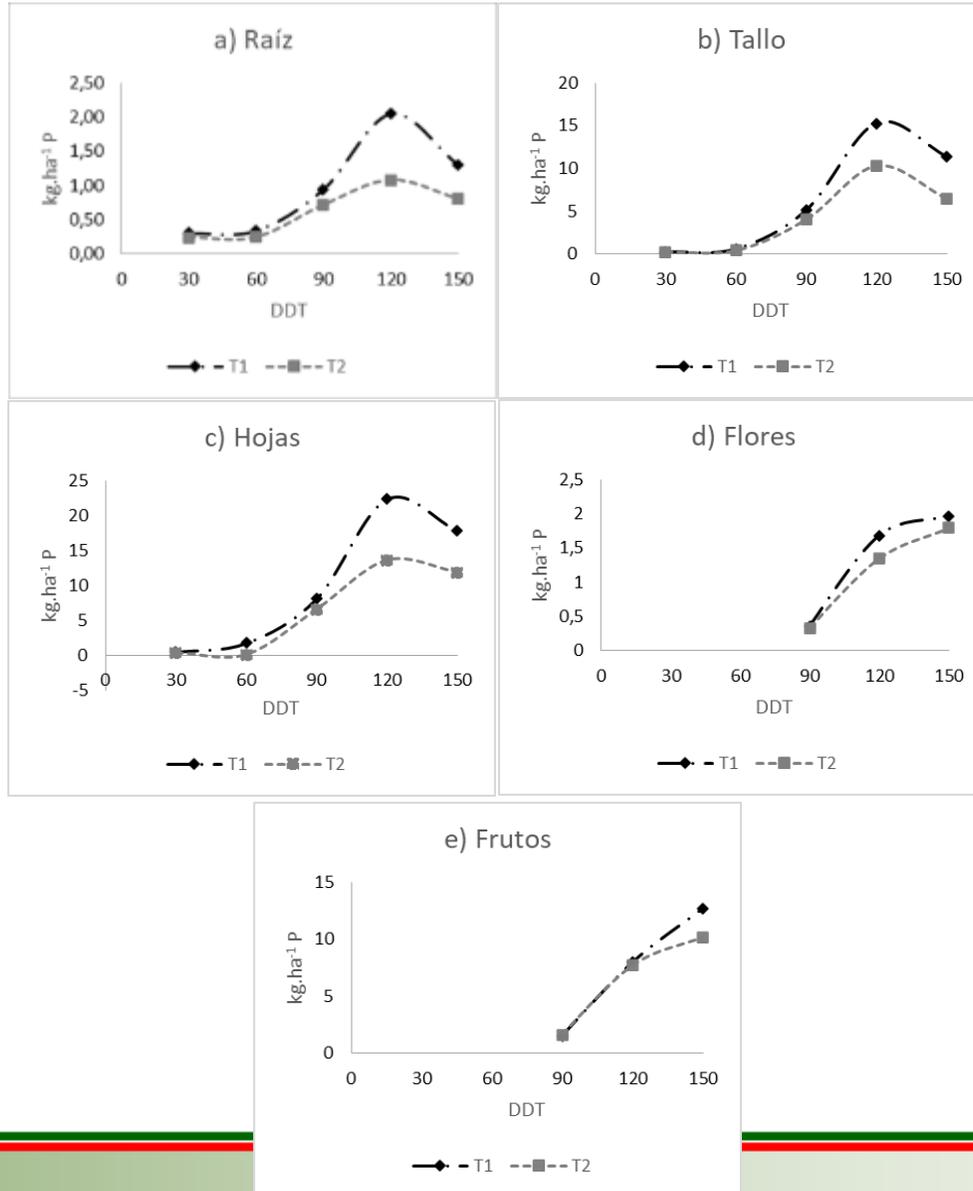


		Nitrógeno				
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,07±0,01 a	0,07±0,01 a	4,13±0,02 a	-	-
	T2 (CONV)	0,05±0,01 a	0,05±0,01 a	2,89±0,08 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,51±0,18 a	1,57±0,11 a	4,97±1,00 a	-	-
	T2 (CONV)	0,78±0,40 a	1,06±0,12 b	4,58±0,26 a	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	3,05±0,40 a	10,12±0,77 a	23,81±1,96 a	0,12±0,01 a	9,55±0,02 a
	T2 (CONV)	2,60±0,51 a	6,15±0,67 b	19,50±2,59 b	0,09±0,02 b	7,65±0,04 b
120	T1 (NUTRIQ)	5,66±0,89 a	19,58±1,63 a	31,99±1,83 a	5,10±0,01 a	17,78±3,21 a
	T2 (CONV)	3,71±0,93 b	15,15±2,39 b	16,95±5,56 b	2,02±0,19 b	11,77±1,45 b
150	T1 (NUTRIQ)	4,48±0,51 a	18,84±1,46 a	19,31±2,59 a	2,74±0,01 a	46,27±4,71 a
	T2 (CONV)	3,09±0,34 b	13,92±1,91 b	13,59±2,26 b	2,09±0,01 b	31,17±10,17 b

**N** → formación de estructuras foliares, clorofila, responsable del desarrollo de raíces, tallos y hojas, promueve el crecimiento de la altura de la planta (Bodale *et al.*, 2021).

**Frutos > Hojas > Tallo > Raíz > Flores** (Quesada & Bertsch, 2013).

## Fósforo

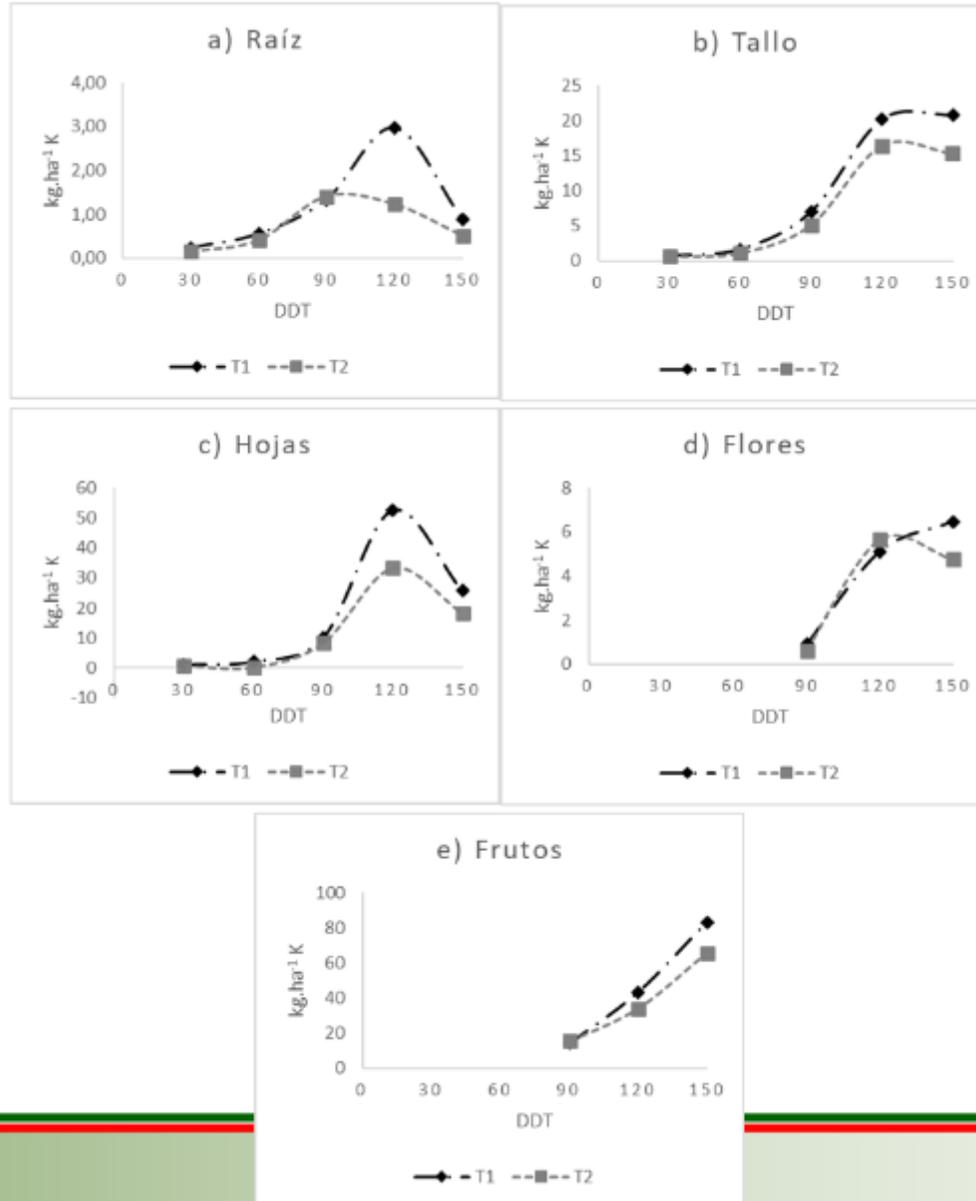


		Fósforo				
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,31±0,3 a	0,24±0,04 a	0,52±0,01 a	-	-
	T2 (CONV)	0,24±0,2 b	0,26±0,02 a	0,39±0,04 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,34±0,03 a	0,59±0,67 a	1,81±0,7 a	-	-
	T2 (CONV)	0,25±0,02 b	0,40±0,14 b	0,14±0,1 b	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	0,95±0,04 a	5,12±0,29 a	8,15±0,25 a	0,36 ±0,01 a	1,51±0,02 a
	T2 (CONV)	0,72±0,10 b	4,04±0,21 b	6,60±0,27 b	0,33±0,01 a	1,62±0,01 b
120	T1 (NUTRIQ)	2,05±0,28 a	15,28±1,05 a	22,39±1,28 a	1,68±0,01 a	7,98±2,25 a
	T2 (CONV)	1,08±0,60 b	10,35±0,77 b	13,59±0,42 b	1,35±0,01 b	7,71±0,08 a
150	T1 (NUTRIQ)	1,30±0,17 a	11,32±3,20 a	17,85±1,14 a	1,97±0,01 a	12,72 ±1,08 a
	T2 (CONV)	0,81±0,17 b	6,45±0,18 b	11,88±0,35 b	1,79±0,01 a	10,19±0,37 b

**P** → estimula la floración, crecimiento y desarrollo de la planta (Bodale *et al.*, 2021).

**Hojas > Frutos > Tallo > Raíz > Flores** para el T1  
**Hojas > Tallo > Frutos > Flores > Raíz** para T2  
 (Fayad *et al.*, 2002).

## Potasio

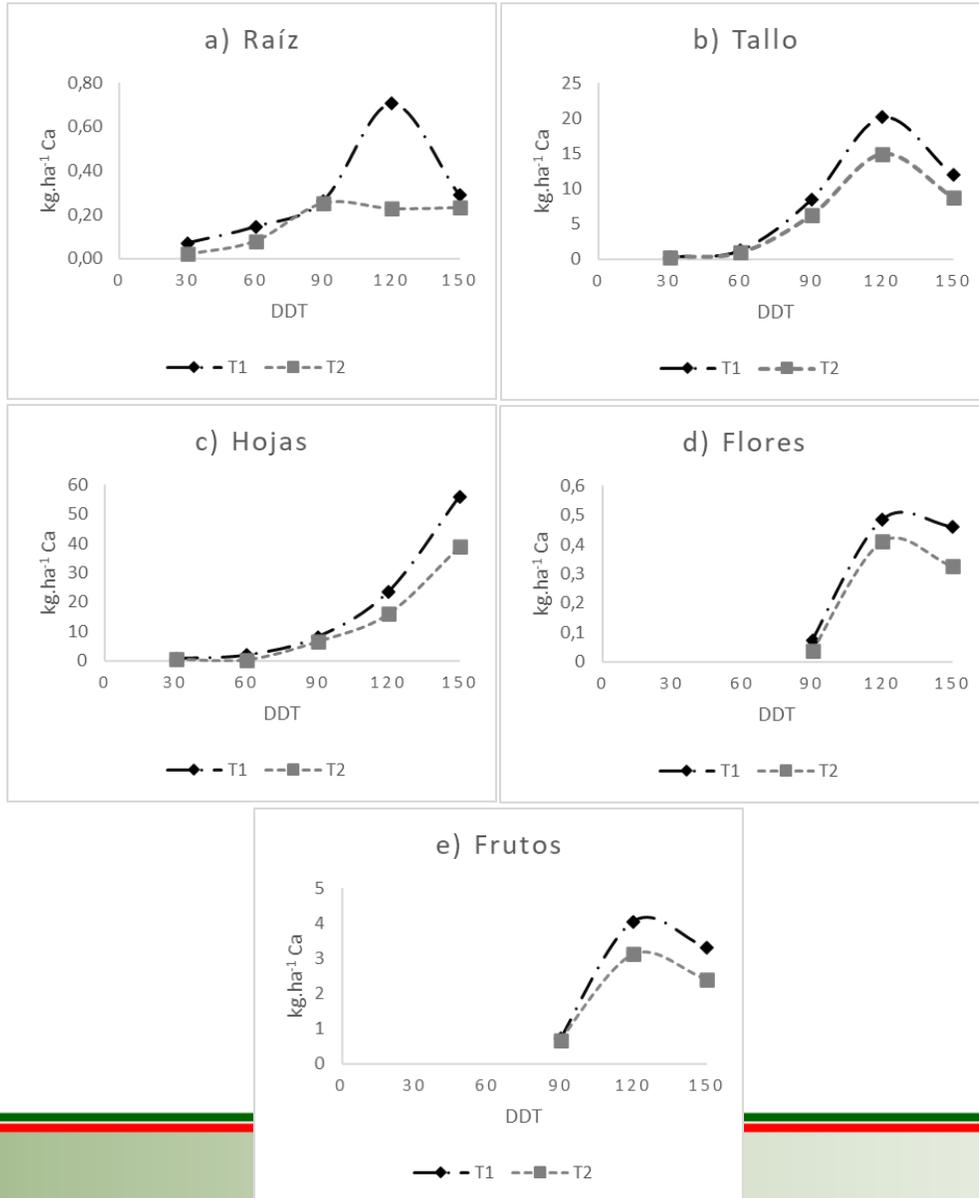


		Potasio				
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,23±0,01 a	0,68±0,01 a	1,27±0,01 a	-	-
	T2 (CONV)	0,15±0,01 b	0,61±0,01 a	0,70±0,10 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,55±0,03 a	1,62±0,09 a	2,30±0,34 a	-	-
	T2 (CONV)	0,41±0,04 b	1,11±0,06 b	0,17±0,02 b	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	1,33±0,05 a	6,97±0,15 a	10,20±0,99 a	0,90±0,01 a	14,18±0,01 a
	T2 (CONV)	1,41±0,15 a	5,14±0,04 b	8,29±0,77 b	0,59±0,01b	15,49±0,25 b
120	T1 (NUTRIQ)	2,98±0,64 a	20,16±0,71 a	52,48±0,80 a	5,10±0,02 a	43,26±0,75 a
	T2 (CONV)	1,23±0,07 b	16,44±0,36 b	33,20±0,08 b	5,65±0,01 b	34,04±0,46 b
150	T1 (NUTRIQ)	0,88±0,28 a	20,81±1,33 a	25,75±1,49 a	6,47±0,01 a	83,15±1,53 a
	T2 (CONV)	0,52±0,06 b	15,22±0,97 b	18,25±0,01 b	4,75±0,01 b	65,71±0,51 b

**K** → Es esencial para el metabolismo de las plantas, la madurez temprana de los frutos y la calidad tanto interna como externa de los mismos (Purquerio *et al.*, 2016).

**Frutos > Hojas > Tallo > Flores > Raíz** (Betancourt & Pierre, 2013).

## Calcio



		Calcio				
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,07±0,01 a	0,30±0,05 a	0,60±0,08 a	-	-
	T2 (CONV)	0,02±0,01 a	0,27±0,03 b	0,40 ± 0,04 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,14±0,07 a	1,26±0,04 a	1,85±0,02 a	-	-
	T2 (CONV)	0,08±0,01 a	0,90±0,01 b	0,15±0,02 b	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	0,26±1,34 a	8,47±0,71 a	8,02±0,08 a	0,07 ±0,01 a	0,72±0,03 a
	T2 (CONV)	0,25±0,03 a	6,27±0,09 b	6,39 ±0,18 b	0,04±0,01 b	0,68±0,02 a
120	T1 (NUTRIQ)	0,71±0,13 a	20,16±1,42 a	23,55±0,05 a	0,48 ±0,01 a	4,05±0,24 a
	T2 (CONV)	0,23±0,01 b	14,98±0,94 b	15,89±0,04 b	0,41± 0,01 b	3,12±0,07 b
150	T1 (NUTRIQ)	0,29±0,05 a	11,90±0,09 a	56,04±1,22 a	0,46 ±0,03 a	3,31±0,16 a
	T2 (CONV)	0,23±0,02 a	8,69±0,03 b	38,89±0,10 b	0,33± 0,02 b	2,41±0,07 b

**Ca** → es posible recuperar parcialmente este nutriente mediante la reincorporación de la parte aérea, baja movilidad en la planta (Quesada & Bertsch, 2013).

**Hojas > Tallo > Fruto > Flores > Raíz** (Betancourt & Pierre, 2013).

**T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ)**

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	kg. ha <sup>-1</sup>			
Raíz	13,77	4,95	5,98	1,47
Tallo	50,19	32,55	50,23	42,09
Hojas	84,21	50,72	92,00	90,06
Flores	7,96	4,01	12,47	1,02
Fruto	73,61	22,21	140,58	8,08
<b>Total</b>	<b>229,74</b>	<b>114,44</b>	<b>301,26</b>	<b>142,72</b>

**T2: Fertilización convencional (CONV)**

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	kg. ha <sup>-1</sup>			
Raíz	10,22	3,10	3,72	0,81
Tallo	36,32	21,50	38,53	31,11
Hoja	57,50	32,60	60,70	61,72
Flores	4,20	3,47	10,99	0,77
Fruto	50,59	19,52	115,23	6,21
<b>Total</b>	<b>158,83</b>	<b>80,18</b>	<b>229,17</b>	<b>100,62</b>

**Dinámica de extracción**

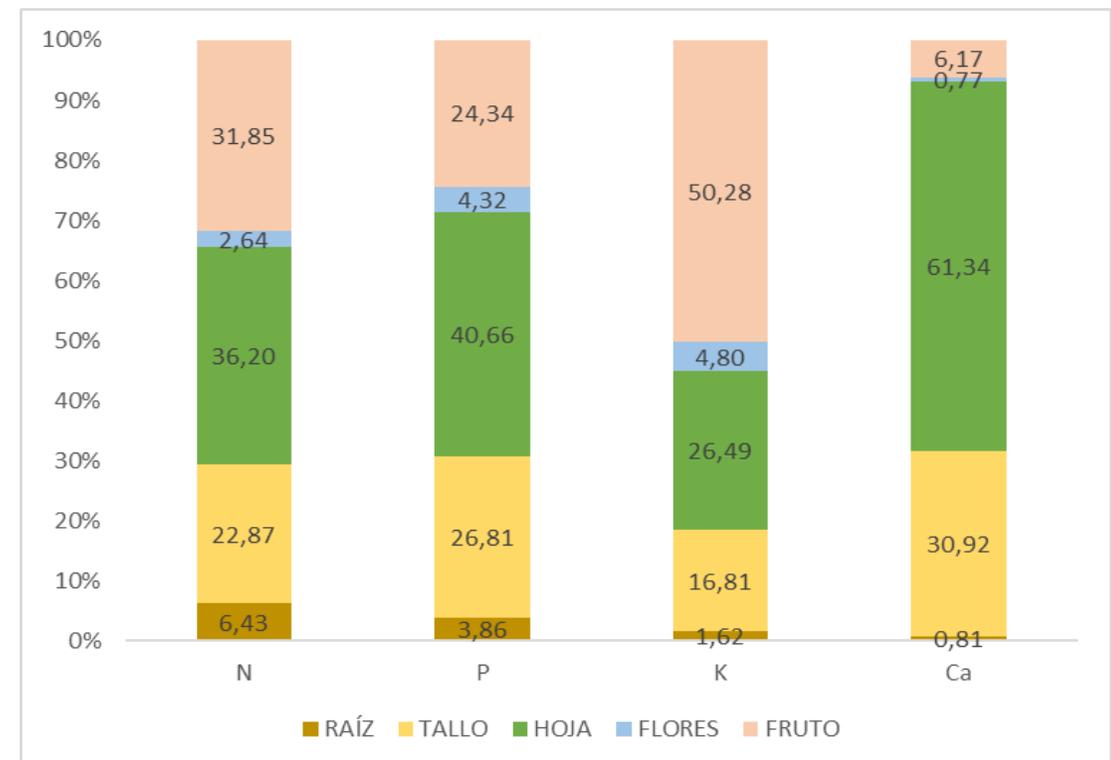
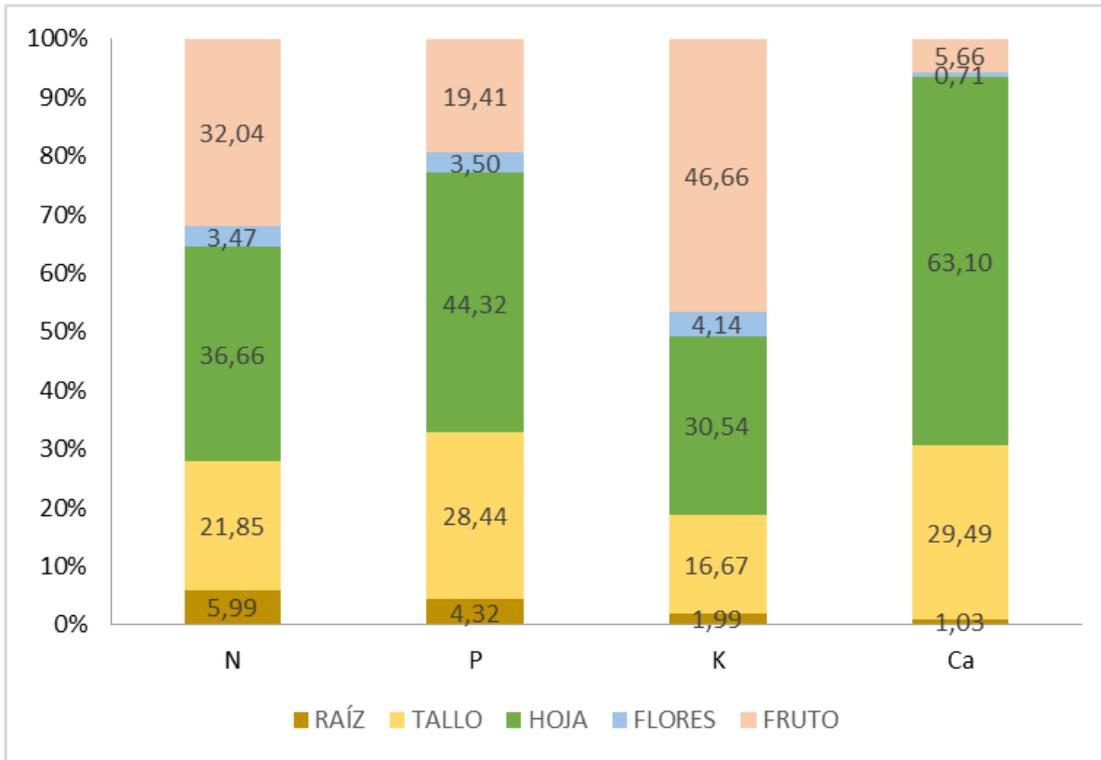
K>N > Ca> P (Tallo, hojas, flores y fruto)  
 N> K> P> Ca (Raíz)  
 (Purquerio *et al.*, 2016)

**Dinámica de extracción**

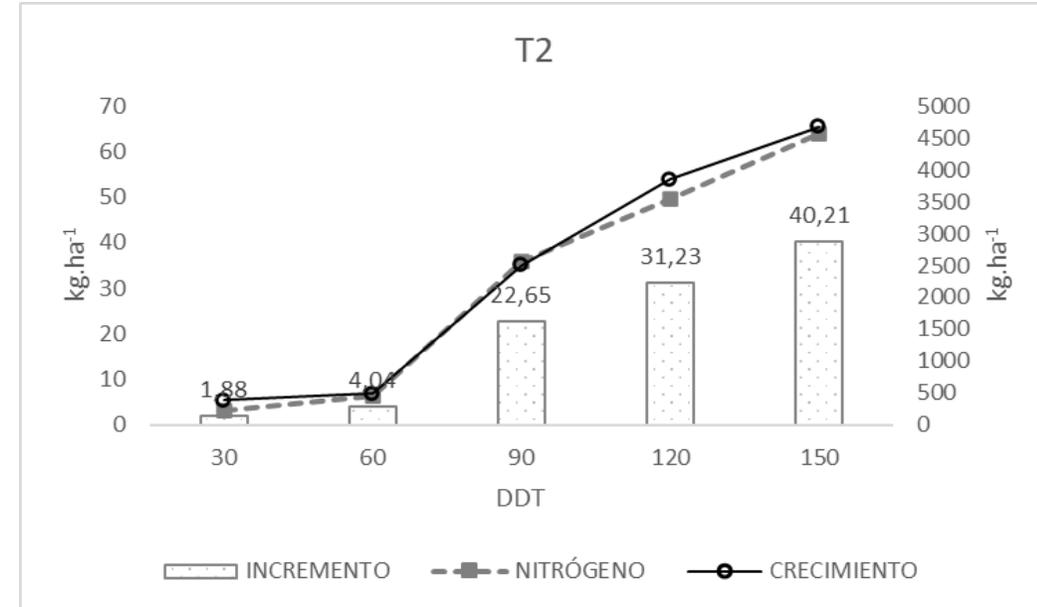
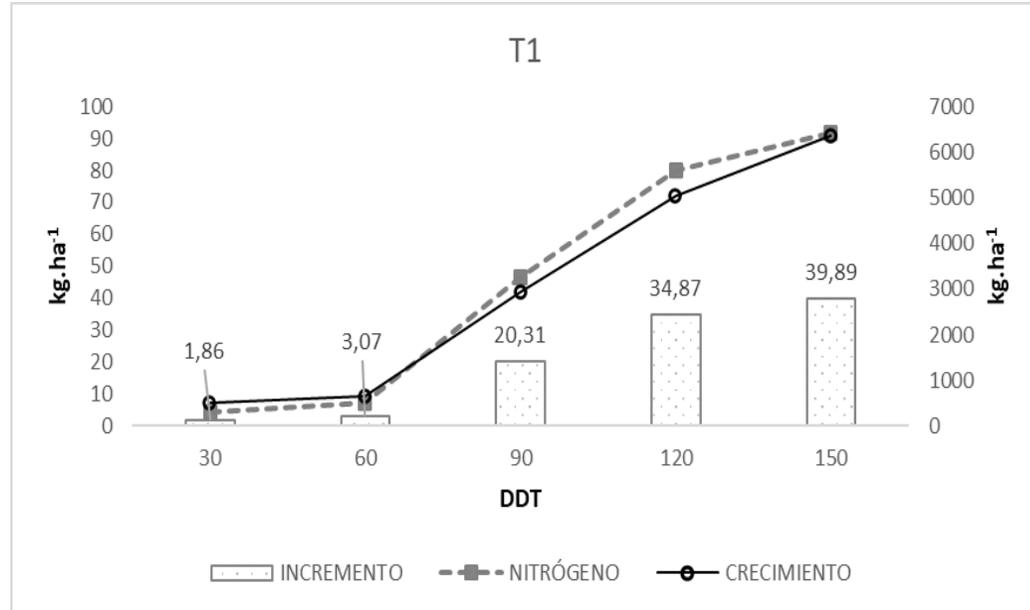
K>N > Ca> P (Tallo, flores y fruto)  
 N> K> P> Ca (Raíz)  
 N>K>P>Ca (Hojas) (Betancourt & Pierre, 2013).

## T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ)

## T2: Fertilización convencional (CONV)

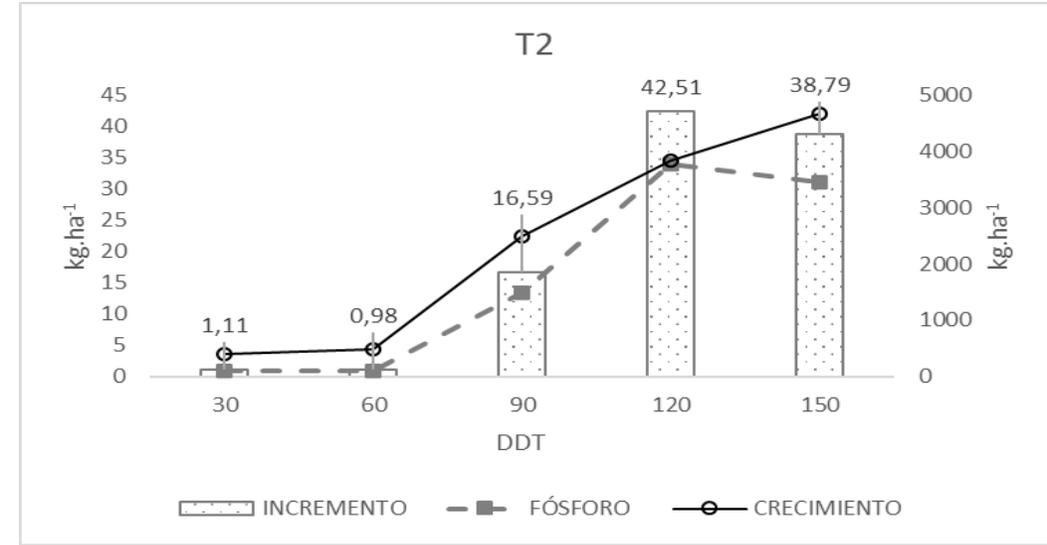
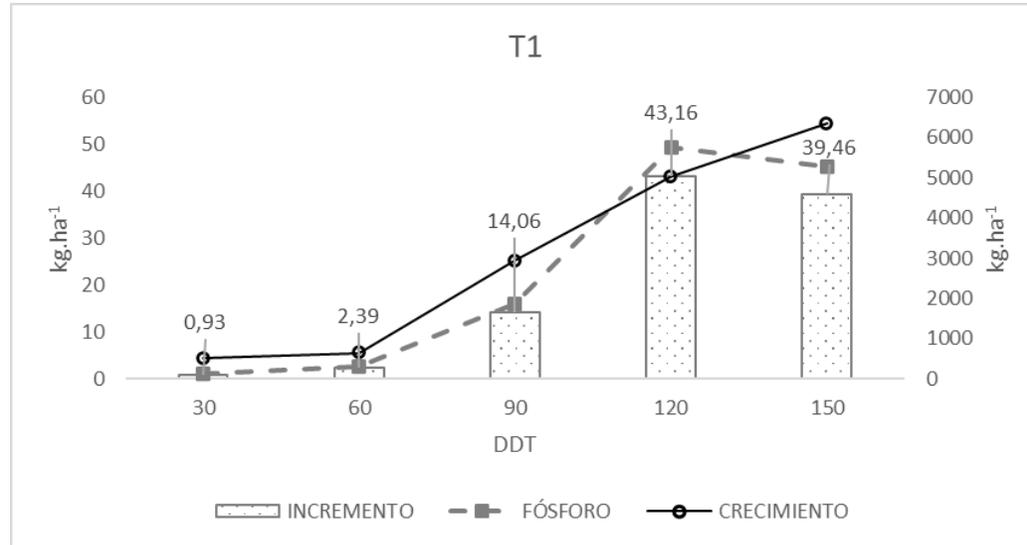


## Nitrógeno



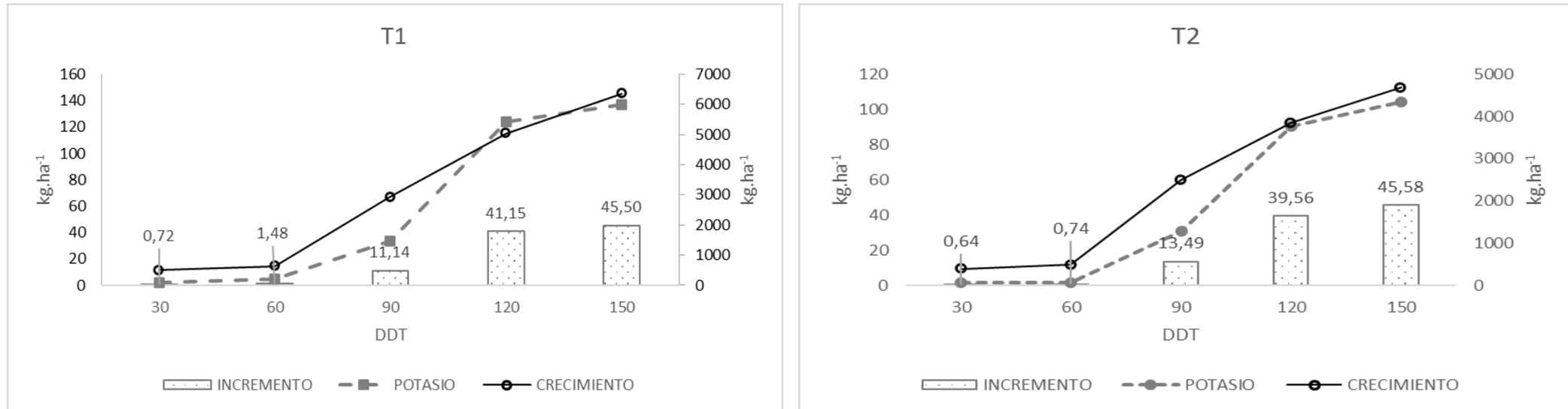
> Demanda de N se da desde los 120 hasta 150 DDT, donde es importante manejar los niveles adecuados de N ya que es un elemento dinámico en el suelo es necesario fraccionarlo para evitar pérdidas (Quesada & Bertsch, 2013).

## Fósforo



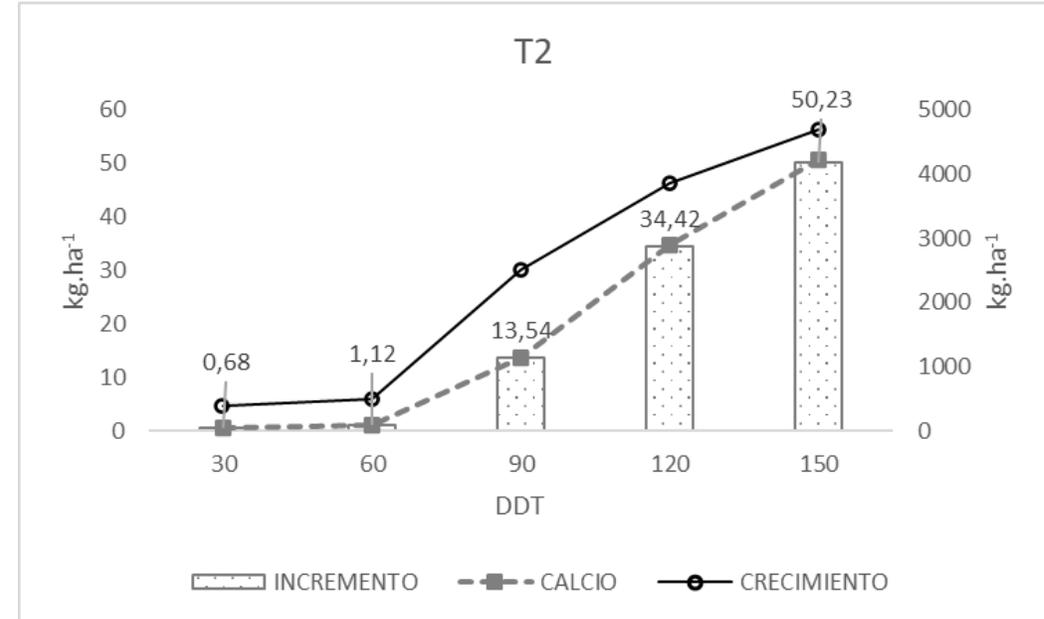
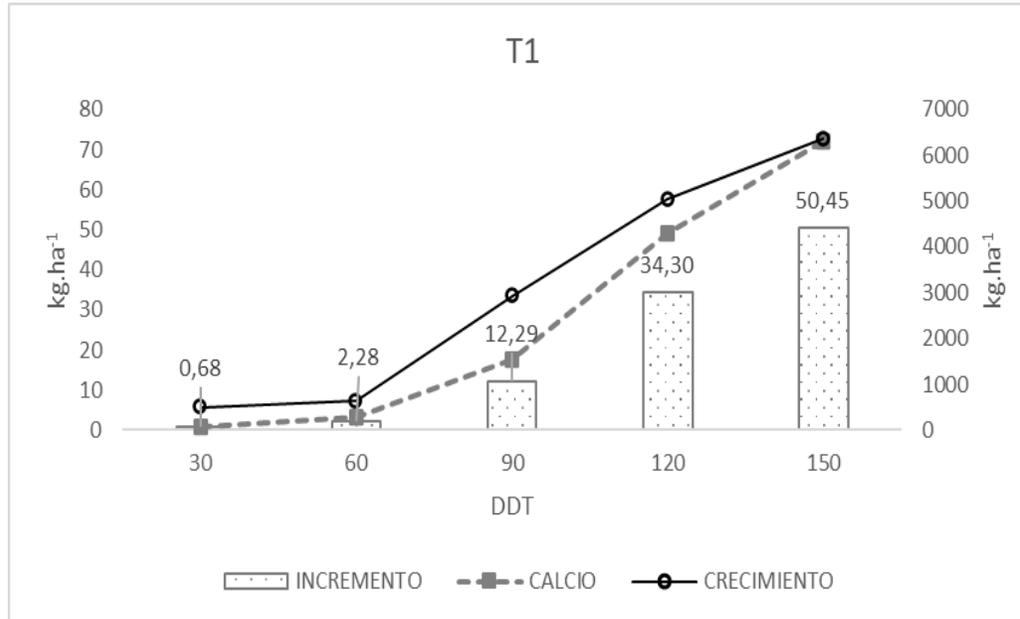
Durante los primeros 120 días, se observó la primera floración y un aumento significativo de este elemento (T1: 43,16%, T2: 42,51) (Moraes *et al.*, 2018)

Potasio



> Demanda de **K** se da desde los 120 hasta 150 DDT. También se observó una tendencia a la disminución de la absorción de potasio en las partes aéreas de las plantas al final del período de crecimiento, esto es similar a lo reportado por Betancourt & Pierre, (2013).

## Calcio



> Incremento de absorción de **Ca** se presenta desde los 90 días en los dos tratamientos (T1: 12, 29%; T2:13,54%) hasta llegar a los 150 días donde existe un incremento de absorción de calcio 50,45% para el T1 y 50,23%.

Tratamiento	Kg. planta <sup>-1*</sup>	Kg.m <sup>-2**</sup>	Frutos.racimo <sup>-1</sup>	Total de frutos. planta <sup>-1</sup>
T1 (NUTRIQ EQ)	4,68±1,45 a	28,67±1,02 a	4,05 ±1,13 a	33,45±2,01 a
T2 (CONV)	4,08±1,03 b	26,11±0,98 b	3,58±1,05 b	30,46±1,93 b

Clasificación del tomate de acuerdo con el diámetro ecuatorial.				
Variable	Tratamiento	I (Grande)	II (Mediano)	III (Pequeño)
		70 mm<Ø<100mm > 180 g	56mm<Ø<70mm 120-180 g	40mm<Ø<56mm < 120 g
Peso del fruto (g)	T1 (NUTRIQ EQ)	179,56±4,03 a 38,24±0,5%*	130,09±3,03 a 47,06±2,2%*	60,12±1,39 a 14,70±0,42%*
	T2 (CONV)	178,62±3,12 b 35,48±0,21%*	128,37±2,03 b 45,16±1,43%*	58,34±1,04 b 19,36±0,5%*
° Brix	T1 (NUTRIQ EQ)	5,2±1,12 a	6,9±1,40 a	5,4±1,62 a
	T2 (CONV)	5,1±1,04 a	6,4±1,30 a	5,2±1,73 a

Guanoluisa (2014), bajo un sistema hidropónico N.F.T. obtuvo un rendimiento similar, de 21,24 kg.m<sup>-2</sup> (1,63 plantas.m<sup>-2</sup>).

Alemán Pérez *et al.* (2016), 16,30 kg.m<sup>-2</sup> (3,61 plantas.m<sup>-2</sup>) bajo un sistema acolchado.

Los valores de grados brix alcanzados son similares a otros cultivares de tomate riñón, que están entre 4,2-5,7 (Fanasca *et al.*, 2007).

Descripción	T1	T2
<b>Egresos</b>		
Plántulas (\$)	16,64	16,64
Mano de obra (\$)	100	100
Sanidad vegetal (\$)	135,35	135,35
Fertilizantes (\$)	378,25	412,2
Total egresos (\$)	630,24	664,19
<b>Ingresos</b>		
Producción (Kg/40m <sup>2</sup> )	680,4	622,2
Valor (\$)	1,3	1,3
Total ingresos (\$)	884,52	808,86
<b>Relación B/C</b>	1,40	1,27

Teniendo una relación beneficio/costo de 0,40. Este valor es inferior al reportado por Sangacha, (2013) quien reporta 0,85 y Falcón, (2014) con 0,98.



# CONCLUSIONES

- La extracción nutrimental en el T1 de fertilización compleja: K>N>Ca>P con una acumulación total de 301,26 kg. ha<sup>-1</sup>, 229,74 kg. ha<sup>-1</sup>, 142,72 kg. ha<sup>-1</sup>, 114,44 kg. ha<sup>-1</sup> respectivamente; y en el T2 de fertilizantes convencionales la acumulación es: K>N>Ca>P con una acumulación de 229,17 kg. ha<sup>-1</sup>, 158,83 kg. ha<sup>-1</sup>, 100,62 kg. ha<sup>-1</sup>, 80,18 kg. ha<sup>-1</sup>.
- El órgano que presenta mayor acumulación de los nutrientes es la hoja seguido del fruto. T1 hoja (N: 37%, P:44%, K:31%, Ca:63%), T1 fruto (N:32%, P:19%, K:47%, Ca: 6%); T2 hoja (N:36%, P:41%, K:27%, Ca: 61%), T2 fruto (N: 32%, P:24%, K:50%, Ca:6,17%).
- La relación entre la curva de crecimiento y de absorción, nos indica las épocas de mejor aplicación de los fertilizantes, siendo a los 120 días en N, P, K, Ca.
- La aplicación de fertilización compleja (T1) dio como resultado una mejor acumulación de ° Brix (6,9°), peso del fruto (130,09 g), kilogramos por planta (4,68 kg. ha<sup>-1</sup>), y además se evidencia una mejor absorción del potasio en fruto (T1: 83,15 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 65,71 kg. ha<sup>-1</sup>).
- La mejor relación beneficio/costo se registró el tratamiento T1 fertilización compleja (NUTRIQ EQ) con 0,40.

# RECOMENDACIONES

- Usar el tratamiento conformado por fertilización compleja (NUTRIQ EQ) en el híbrido Etereí ya que presentó mejores características agronómicas y de absorción.
- Ajustar las soluciones nutritivas a los 90 y 120 días que son las épocas de mayor absorción de nutrientes.
- Realizar la toma de muestras de las plantas con intervalos de tiempo más cortos.
- Evaluar el efecto de un programa de fertilización basado en las curvas de absorción sobre el rendimiento del cultivo.

# AGRADECIMIENTOS



**CIP**  
CENTRO  
INTERNACIONAL  
DE LA PAPA



**CENCINAT**  
Centro de Nanociencia y Nanotecnología

**ECUAQUIMICA**  
*La mano amiga*