

# ANÁLISIS DE UN DBCA CON ARREGLO TRIFACTORIAL

Evaluación de 3 Niveles de N, 2 de P, en dos épocas de aplicación en el cultivo de la piña (*Ananas comosus*, Merr.) y sus efectos en el rendimiento, bajo condiciones de Mazatenango, Suchitepequez.

Ruiz, E. (1982), realizó su trabajo de tesis en la finca San Rafael, ubicada en el municipio de Mazatenango, Suchitepequez, instalando un experimento sobre fertilización en piña (*Ananas comosus* Merr). Fue utilizado un arreglo factorial combinatorio 3x2x2 y un DBCA con 3 repeticiones. Los factores y niveles evaluados fueron los siguientes:

- A. Nitrógeno: 70, 100 y 130 *kg/ha*
- B. Fósforo: 5, 25 *kg/ha*
- C. Número de aplicaciones: 1, 2 (50% cada una con intervalo de 70 días).

La variable respuesta medida fue el rendimiento de frutos (*tm./ha.*) obtenido en cada unidad experimental.

Table 1: Factores, Niveles Y Claves

FACTOR	NIVEL	CLAVE
Nitrógeno <i>kg/Ha</i> (A)	70 <i>kg/Ha</i>	$A_1$
	100 <i>kg/Ha</i>	$A_2$
	130 <i>kg/Ha</i>	$A_3$
Fósforo <i>kg/Ha</i> (B)	5 <i>kg/Ha</i>	$B_1$
	25 <i>kg/Ha</i>	$B_2$
Aplicaciones (Intervalo de 70 días) (C)	1	$C_1$
	2	$C_2$

Table 2: Combinaciones o Tratamientos

TRATAMIENTO	CLAVE
70 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_1B_1C_1$
70 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_1B_1C_2$
70 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_1B_2C_1$
70 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_1B_2C_2$
100 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_2B_1C_1$
100 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_2B_1C_2$
100 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_2B_2C_1$
100 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_2B_2C_2$
130 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_3B_1C_1$
130 <i>kg/Ha</i> x 5 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_3B_1C_2$
130 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 1	$A_3B_2C_1$
130 <i>kg/Ha</i> x 25 <i>kg/Ha</i> x 2	$A_3B_2C_2$

Table 3: Rendimiento en  $Tm./Ha.$  de piña

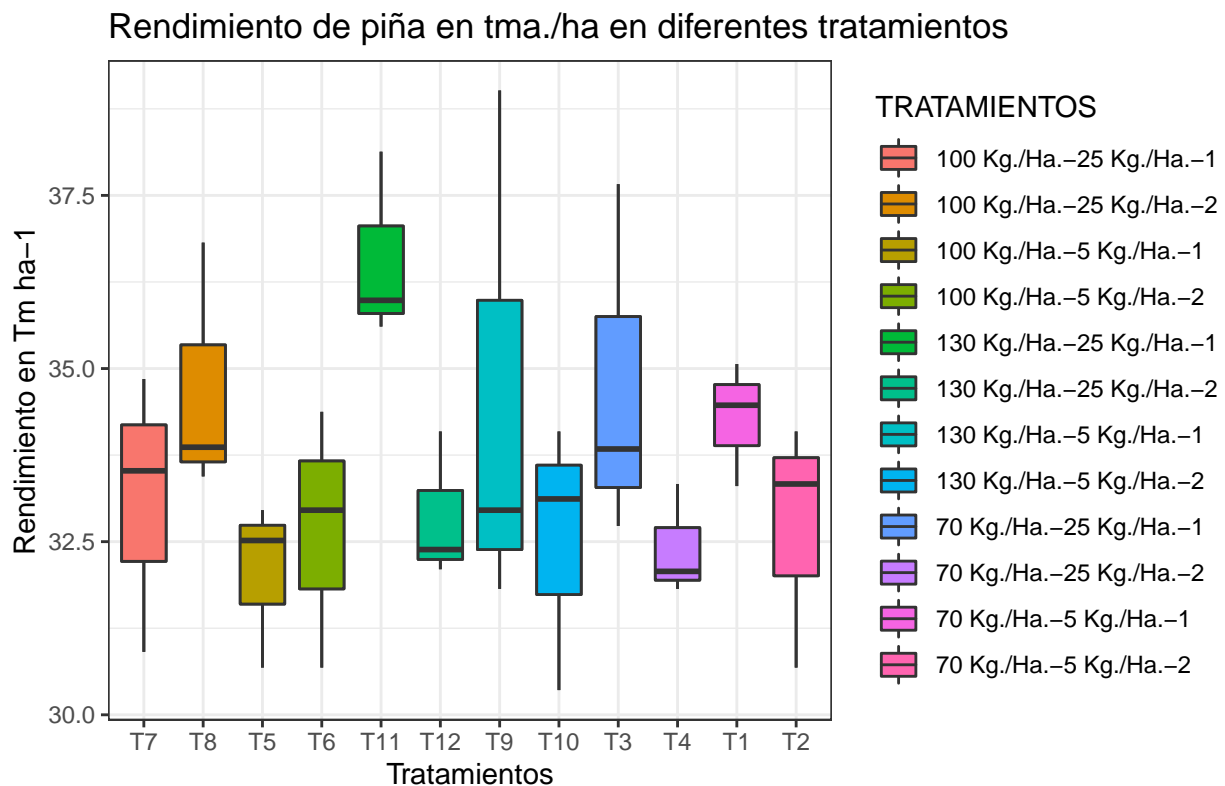
	$A_1$				$A_2$				$A_3$				$\Sigma$
	$C_1$	$B_1$ $C_2$	$C_1$	$B_2$ $C_2$	$C_1$	$B_1$ $C_2$	$C_1$	$B_2$ $C_2$	$C_1$	$B_1$ $C_2$	$C_1$	$B_2$ $C_2$	
I	33.303	30.682	32.727	31.818	30.682	32.955	33.523	33.442	31.818	34.091	35.985	32.102	
II	34.470	33.333	33.838	32.071	32.955	34.375	34.848	33.864	39.015	33.117	35.606	32.386	
III	35.065	34.091	37.662	33.333	32.517	30.682	30.909	36.818	32.955	30.357	38.131	34.091	
$X_{ijk.}(ABC)$	102.838	98.106	104.227	97.222	96.154	98.012	99.28	104.124	103.788	97.565	109.722	98.579	
$X_{i..}(A)$		402.393				397.57				409.654			
$X_{.j.}(B)$			596.463						613.154				
$X_{ij.}(AB)$	200.944		201.449		194.166		203.404		201.353		208.301		
$X_{..k.}(C)$			616.009							593.608			
$X_{i.k.}(AC)$	207.065			195.328	195.434			202.136	213.51			196.144	
$X_{.jk.}(BC)$	302.78				293.683			313.229				299.925	

# VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

## I. Supuesto de Normalidad - Test de Shapiro Wilk

- $H_0$  : La distribución de los datos no difiere de la normal
- $H_1$  : La distribución de los datos difiere de la normal

##	Test	Variable	Statistic	p value	Normality
## 1	Shapiro-Wilk	70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1	0.9661	0.6461	YES
## 2	Shapiro-Wilk	70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2	0.9068	0.4075	YES
## 3	Shapiro-Wilk	70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1	0.9085	0.4130	YES
## 4	Shapiro-Wilk	70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2	0.8712	0.2989	YES
## 5	Shapiro-Wilk	100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1	0.8882	0.3488	YES
## 6	Shapiro-Wilk	100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2	0.9825	0.7468	YES
## 7	Shapiro-Wilk	100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1	0.9655	0.6434	YES
## 8	Shapiro-Wilk	100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2	0.8421	0.2196	YES
## 9	Shapiro-Wilk	130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1	0.8651	0.2817	YES
## 10	Shapiro-Wilk	130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2	0.9291	0.4854	YES
## 11	Shapiro-Wilk	130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1	0.8597	0.2667	YES
## 12	Shapiro-Wilk	130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2	0.8546	0.2528	YES



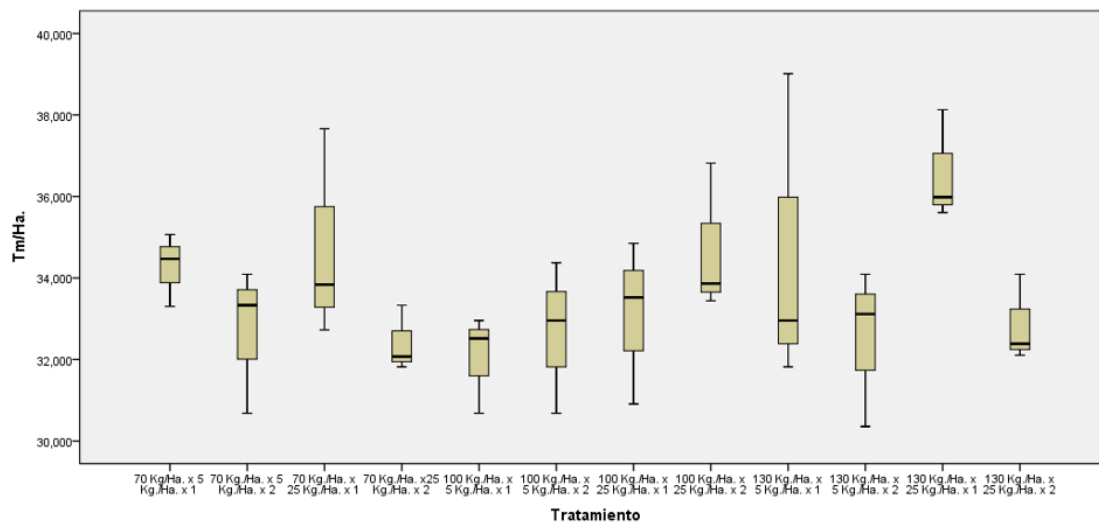


Figure 1: Rendimiento de piña ( $Tm./Ha.$ ) en los 12 tratamientos

Pruebas de normalidad		
	Tratamiento	Shapiro-Wilk
		Sig.
Rendimiento $Tm./Ha.$	70 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 1	,646
	70 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 2	,407
	70 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 1	,413
	70 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 2	,299
	100 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 1	,349
	100 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 2	,747
	100 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 1	,643
	100 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 2	,220
	130 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 1	,282
	130 Kg./Ha. x 5 Kg./Ha. x 2	,485
	130 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 1	,267
	130 Kg./Ha. x 25 Kg./Ha. x 2	,253

Figure 2: Test Shapiro Wilk para el Rendimiento ( $Tm./Ha.$ ) en los 12 tratamientos - SPSS

Según el test de normalidad Shapiro Wilk, los valores de rendimiento de piña en  $tm./ha.$  para todos los tratamientos se distribuyen normalmente

## II. Supuesto de Homocedasticidad - Test de Levene

- $H_0 : \hat{\sigma}_{T1}^2 = \hat{\sigma}_{T2}^2 = \dots = \hat{\sigma}_{T12}^2$
- $H_1 : \hat{\sigma}_{T1}^2 \neq \hat{\sigma}_{T2}^2 \neq \dots \neq \hat{\sigma}_{T12}^2$

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
##      Df F value Pr(>F)
## group 11  2.1073 0.06151 .
##      24
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Rendimiento Tm/Ha.			
Estadístico de			
Levene	df1	df2	Sig.
2,107	11	24	,062

Figure 3: Test de Levene - SPSS

De acuerdo al test de Levene las varianzas del rendimiento de piña en Tm./Ha. en los 12 tratamientos son estadísticamente iguales

# ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE PIÑA EN $Tm./Ha.$

## Modelo Lineal Aditivo

$$x_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \gamma_l + \xi_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, 3 \quad (a = 3)$$

$$j = 1, 2 \quad (b = 2)$$

$$k = 1, 2 \quad (c = 2)$$

$$l = 1, 2, 3 \quad (r = 3)$$

## Suma de Cuadrados

- $TC = \frac{x_{...}^2}{abcr} = \frac{1209.62^2}{35} = 4.0643702 \times 10^4$
- $SCT = \sum x_{ijkl}^2 - TC = 151.718097$
- $SC_A = \sum \frac{x_{i...}^2}{bcr} - TC = 6.1668474$
- $SC_B = \sum \frac{x_{.j..}^2}{acr} - TC = 7.7385967$
- $SC_C = \sum \frac{x_{..k.}^2}{abr} - TC = 13.9390223$
- $SC_{AB} = (\sum \frac{x_{ij..}^2}{cr} - TC) - SC_A - SC_B = 3.4172677$
- $SC_{AC} = (\sum \frac{x_{i.k.}^2}{br} - TC) - SC_A - SC_C = 26.4153052$
- $SC_{BC} = (\sum \frac{x_{.jk.}^2}{ar} - TC) - SC_B - SC_C = 0.4916347$
- $SC_{ABC} = (\sum \frac{x_{ijk.}^2}{l} - TC) - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} + SC_{AC} + SC_{BC} = 2.6991257$
- $SC_{Bloq.} = \sum \frac{x_{...l}^2}{abc} - TC = 13.1396411$

## Hipótesis Estadísticas

### Factor A : Nitrógeno

1.  $H_0 : \alpha_i = 0$   
 $H_1 : \alpha_i \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%; 5\%$
3.  $F_0 = 0.8729$
4.  $F_{5\%}(2, 22) = 3.4433568$   
 $F_{1\%}(2, 22) = 5.7190219$
5.  $F_0 < F_{1\%}(2, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(2, 22)$  se acepta la  $H_0$ , por lo tanto no existe diferencia significativa ( $p > 5\%$ ) entre el rendimiento promedio ( $Tm./Ha.$ ) de las 3 dosis de nitrógeno.

**Factor B : Fósforo**

1.  $H_0 : \beta_j = 0$   
 $H_1 : \beta_j \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%; 5\%$
3.  $F_0 = 2.191$
4.  $F_{5\%}(1, 22) = 4.3009495$   
 $F_{1\%}(1, 22) = 7.9453857$
5.  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$  se acepta la  $H_0$ , por lo tanto no existe diferencia significativa ( $p > 5\%$ ) entre el rendimiento promedio(*Tm./Ha.*) de las 3 dosis de fósforo.

**Factor C : Aplicaciones**

1.  $H_0 : \delta_k = 0$   
 $H_1 : \delta_k \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%; 5\%$
3.  $F_0 = 3.946$
4.  $F_{5\%}(1, 22) = 4.3009495$   
 $F_{1\%}(1, 22) = 7.9453857$
5.  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$  se acepta la  $H_0$ , por lo tanto no existe diferencia significativa ( $p > 5\%$ ) entre el rendimiento promedio(*Tm./Ha.*) con respecto al momento de aplicación.

**Interacción AxB : Nitrógeno x Fósforo**

1.  $H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$   
 $H_1 : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%; 5\%$
3.  $F_0 = 0.484$
4.  $F_{5\%}(2, 22) = 3.4433568$   
 $F_{1\%}(2, 22) = 5.7190219$
5.  $F_0 < F_{5\%}(2, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(2, 22)$  se acepta a la  $H_0$ , por lo tanto no existe interacción ( $p > 5\%$ ) y los factores son independientes.

**Interacción AxC : Nitrógeno x Aplicaciones**

1.  $H_0 : (\alpha\delta)_{ik} = 0$   
 $H_1 : (\alpha\delta)_{ik} \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%; 5\%$
3.  $F_0 = 3.739$
4.  $F_{5\%}(2, 22) = 3.4433568$   
 $F_{1\%}(2, 22) = 5.7190219$
5.  $F_0 > F_{5\%}(2, 22)$
6. Dado que  $F_0 > F_{5\%}(2, 22)$  se rechaza a la  $H_0$ , por lo tanto existe interacción ( $p > 5\%$ ) y los factores no son independientes.

### Interacción BxC : Fósforo x Aplicaciones

1.  $H_0 : (\beta\delta)_{jk} = 0$   
 $H_1 : (\beta\delta)_{jk} \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%$ ;  $5\%$
3.  $F_0 = 0.139$
4.  $F_{5\%}(1, 22) = 4.3009495$   
 $F_{1\%}(1, 22) = 7.9453857$
5.  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(1, 22)$  se acepta a la  $H_0$ , por lo tanto no existe interacción ( $p > 5\%$ ) y los factores son independientes.

### Interacción AxBxC : Nitrógeno x Fósforo x Aplicaciones

1.  $H_0 : (\alpha\beta\delta)_{ijk} = 0$   
 $H_1 : (\alpha\beta\delta)_{ijk} \neq 0$
2. Nivel de confianza  $\alpha = 1\%$ ;  $5\%$
3.  $F_0 = 0.382$
4.  $F_{5\%}(2, 22) = 3.4433568$   
 $F_{1\%}(2, 22) = 5.7190219$
5.  $F_0 < F_{5\%}(2, 22)$
6. Dado que  $F_0 < F_{5\%}(2, 22)$  se acepta a la  $H_0$ , por lo tanto no existe interacción ( $p > 5\%$ ) y los factores son independientes.

Table 4: ANOVA manualmente

<i>F.V</i>	<i>G.L</i>	<i>SC.</i>	<i>CM.</i>	<i>F<sub>0</sub></i>	<i>Sig.</i>
Bloque	2	13.1396411	6.5698205	1.8599258	
A	2	6.1668474	3.0834237	0.8729217	No
B	1	7.7385967	7.7385967	2.190808	No
C	1	13.9390223	13.9390223	3.9461575	No
<i>A * B</i>	2	3.4172677	1.7086339	0.4837167	No
<i>A * C</i>	2	26.4153052	13.2076526	3.7391057	*
<i>B * C</i>	1	0.4916347	0.4916347	0.1391825	No
<i>A * B * C</i>	2	2.6991257	1.3495629	0.3820632	No
Error	22	77.7106563	3.5323026		
Total	35	151.718097			

```
## [1] "Anova en R-Studio"
```

```
##                               Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## BLOQUE                       2   13.14    6.570    1.860 0.1793
## NITRÓGENO                     2    6.17    3.083    0.873 0.4317
## FÓSFORO                       1    7.74    7.739    2.191 0.1530
## APLICACIONES                  1   13.94   13.939    3.946 0.0596 .
## NITRÓGENO:FÓSFORO             2    3.42    1.709    0.484 0.6229
## NITRÓGENO:APLICACIONES        2   26.42   13.208    3.739 0.0400 *
## FÓSFORO:APLICACIONES          1    0.49    0.492    0.139 0.7127
## NITRÓGENO:FÓSFORO:APLICACIONES 2    2.70    1.350    0.382 0.6869
## Residuals                    22   77.71    3.532
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



Variable dependiente: Rendimiento en Tm/Ha.

F.V	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	Sig.	Sig.
Bloque	13,140	2	6,570	,179	N.S.
A	6,167	2	3,083	,432	N.S.
B	7,739	1	7,739	,153	N.S.
C	13,939	1	13,939	,060	N.S.
A * B	3,417	2	1,709	,623	N.S.
A * C	26,415	2	13,208	,040	*
B * C	,492	1	,492	,713	N.S.
A * B * C	2,699	2	1,350	,687	N.S.
Error	77,711	22	3,532		
Total	151,718	35			

Figure 4: ANOVA - SPSS

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	74.01	13	5.69	1.61	0.1566
BLOQUE	13.14	2	6.57	1.86	0.1793
NITRÓGENO	6.17	2	3.08	0.87	0.4317
FÓSFORO	7.74	1	7.74	2.19	0.1530
APLICACIONES	13.94	1	13.94	3.95	0.0596
NITRÓGENO*FÓSFORO	3.42	2	1.71	0.48	0.6229
NITRÓGENO*APLICACIONES	26.42	2	13.21	3.74	0.0400
FÓSFORO*APLICACIONES	0.49	1	0.49	0.14	0.7127
NITRÓGENO*FÓSFORO*APLICACI..	2.70	2	1.35	0.38	0.6869
Error	77.71	22	3.53		
Total	151.72	35			

Figure 5: ANOVA - InfoStat

# COMPARACIONES MULTIPLES A PRIORI

## PARA FACTOR A : NITRÓGENO

$$Totales = \begin{cases} SC_c = \frac{Q^2}{rbc \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{i...} \end{cases}$$

A :	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
	$\mu_{1...}$	$\mu_{2...}$	$\mu_{3...}$

$$C_1 = \mu_{3...} \text{ vs. } (\mu_{1...} ; \mu_{2...}) \Rightarrow C_1 = 2\mu_{3..} - \mu_{1...} - \mu_{2...}$$

$$C_2 = \mu_{2...} \text{ vs. } \mu_{1...} \Rightarrow C_2 = \mu_{2...} - \mu_{1...}$$

### I. HIPÓTESIS

$$H_0 : c = 0$$

$$H_1 : c \neq 0$$

### II. NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha = 0.01$$

### III. VERIFICACIÓN DE ORTOGONALIDAD

	$\mu_{1..}$	$\mu_{2..}$	$\mu_{3..}$
$C_1$	-1	-1	2
$C_2$	-1	1	0
$k_i l_i$	1	-1	0

$$\sum \frac{k_i l_i}{n} = 0$$

$x_{i...}$	402.393	397.57	409.654	$\sum C_i^2$	$\sum c_i x_{i...}$	$SC_c$	$F_0$	Sig.
$C_1$	-1	-1	2	6	19.345	1.4028125	0.3971383	No
$C_2$	-1	1	0	2	-4.823	3.3376042	0.9448806	No

$$SC_{C_1} = \frac{Q^2}{rbc \sum c_i^2} = \frac{(19.345)^2}{3(2)2(6)} = 5.1976253$$

$$SC_{C_2} = \frac{Q^2}{rbc \sum c_i^2} = \frac{(-4.823)^2}{3(2)2(2)} = 0.969222$$

#### IV. ESTADÍSTICO DE PRUEBA

$$F_{C_1} = \frac{CM_{C_1}}{CM_E} = \frac{5.1976253}{3.5323026} = 1.4714553$$

$$F_{C_2} = \frac{CM_{C_2}}{CM_E} = \frac{0.969222}{3.5323026} = 0.2743882$$

Se comprueba que  $SC_A = SC_{C_1} + SC_{C_2}$

- $SC_A = 6.1668474$
- $SC_{C_1} + SC_{C_2} = 5.1976253 + 0.969222 = 6.1668474$

#### V. PUNTO CRÍTICO

- $F_t = 4.3009$  al 5%
- $F_t = 7.9454$  al 1%

#### VI. VALOR EXPERIMENTAL

- $F_{C_1} = 1.4714553$
- $F_{C_2} = 0.2743882$

Contrastes								
NITRÓGENO	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Contraste1	1.61	1.33	5.20	1	5.20	1.47	0.2380	
Contraste2	-0.40	0.77	0.97	1	0.97	0.27	0.6056	
Total			6.17	2	3.08	0.87	0.4317	

Coeficientes de los contrastes		
NITRÓGENO	Ct.1	Ct.2
100 Kg./Ha.	-1.00	1.00
130 Kg./Ha.	2.00	0.00
70 Kg./Ha.	-1.00	-1.00

Figure 6: Contraste a Priori para Factor Nitrógeno

#### VII. DECISIÓN

- Para el  $C_1$  se acepta la  $H_0$  con un 95% de confianza. Por lo tanto no existe diferencia significativa en el rendimiento de pña ( $Tm./Ha.$ ) con dosis de nitrógeno de 70,100 y 130  $kg./ha.$
- Pe acepta la  $H_0$  con un 95% de confianza. Por lo tanto no existe diferencia significativa en el rendimiento de pña ( $Tm./Ha.$ ) con dosis de nitrógeno de 70 y 100  $kg./ha.$

## PARA FACTOR B : FÓSFORO

$$Totales = \begin{cases} SC_c = \frac{Q^2}{rac \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{.j..} \end{cases}$$

B :	$B_1$	$B_2$
	$\mu_{.1..}$	$\mu_{.2..}$

$$C_1 = \mu_{.2..} \text{ vs. } \mu_{.1..} \Rightarrow C_1 = \mu_{.2..} - \mu_{.1..}$$

### I. HIPÓTESIS

$$H_0 : c = 0$$

$$H_1 : c \neq 0$$

### II. NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha = 0.01$$

### III. VERIFICACIÓN DE ORTOGONALIDAD

	$\mu_{.1..}$	$\mu_{.2..}$
$C_1$	-1	1
$k_i l_i$	-1	1

$$\sum \frac{k_i l_i}{n} = 0$$

$x_{.j..}$	596.463	613.154	$\sum C_i^2$	$\sum c_i x_{.j..}$	$SC_c$	$F_0$	Sig.
$C_1$	-1	1	2	16.691	7.7385967	2.190808	No

$$SC_{C_1} = \frac{Q^2}{rac \sum c_i^2} = \frac{(16.691)^2}{3(3)2(2)} = 7.7385967$$

#### IV. ESTADÍSTICO DE PRUEBA

$$F_{C_1} = \frac{CM_{C_1}}{CM_E} = \frac{7.7385967}{3.5323026} = 2.190808$$

Se comprueba que  $SC_B = SC_{C_1}$

- $SC_B = 7.7385967$
- $SC_{C_1} = 7.7385967$

#### V. PUNTO CRÍTICO

- $F_t = 4.3009$  al 5%
- $F_t = 7.9454$  al 1%

#### VI. VALOR EXPERIMENTAL

- $F_{C_1} = 2.190808$

Contrastes							
FÓSFORO	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contrastel	0.93	0.63	7.74	1	7.74	2.19	0.1530
Total			7.74	1	7.74	2.19	0.1530

Coeficientes de los contrastes	
FÓSFORO	Ct.1
25 Kg./Ha.	1.00
5 Kg./Ha.	-1.00

Figure 7: Contraste a Priori para Factor Fósforo

#### VII. DECISIÓN

- Para el  $C_1$  se acepta la  $H_0$  con un 95% de confianza. Por lo tanto no existe diferencia significativa en el rendimiento de piña ( $Tm./Ha.$ ) con dosis de fósforo de 25 y 5  $kg./ha.$

## PARA FACTOR C : APLICACIONES

$$Totales = \begin{cases} SC_c = \frac{Q^2}{rab \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{..k}. \end{cases}$$

C :	$C_1$	$C_2$
	$\mu_{..1}.$	$\mu_{..2}.$

$$C_1 = \mu_{..2}. \text{ vs. } \mu_{..1}. \Rightarrow C_1 = \mu_{..2}. - \mu_{..1}.$$

### I. HIPÓTESIS

$$H_0 : c = 0$$

$$H_1 : c \neq 0$$

### II. NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha = 0.01$$

### III. VERIFICACIÓN DE ORTOGONALIDAD

	$\mu_{..1}.$	$\mu_{..2}.$
$C_1$	-1	1
$k_i l_i$	-1	1

$$\sum \frac{k_i l_i}{n} = 0$$

$x_{..k}.$	616.009	593.608	$\sum C_i^2$	$\sum c_i x_{..k}.$	$SC_c$	$F_0$	Sig.
$C_1$	-1	1	2	-22.401	13.9390223	3.9461575	No

$$SC_{C_1} = \frac{Q^2}{rab \sum c_i^2} = \frac{(-22.401)^2}{3(3)2(2)} = 13.9390223$$

#### IV. ESTADÍSTICO DE PRUEBA

$$F_{C_1} = \frac{CM_{C_1}}{CM_E} = \frac{13.9390223}{3.5323026} = 3.9461575$$

Se comprueba que  $SC_C = SC_{C_1}$

- $SC_C = 13.9390223$
- $SC_{C_1} = 13.9390223$

#### V. PUNTO CRÍTICO

- $F_t = 4.3009$  al 5%
- $F_t = 7.9454$  al 1%

#### VI. VALOR EXPERIMENTAL

- $F_{C_1} = 3.9461575$

Contrastes							
APLICACIONES	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-1.24	0.63	13.94	1	13.94	3.95	0.0596
Total			13.94	1	13.94	3.95	0.0596

Coeficientes de los contrastes	
APLICACIONES	Ct.1
1	-1.00
2	1.00

Figure 8: Contraste a Priori para el Factor Aplicaciones

#### VII. DECISIÓN

- Para el  $C_1$  se acepta la  $H_0$  con un 95% de confianza. Por lo tanto no existe diferencia significativa en el rendimiento de piña ( $Tm./Ha.$ ) con las diferentes aplicaciones.

# COMPARACIONES MULTIPLES A POSTERIORI

## PARA FACTOR A : NITRÓGENO

### 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$I. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{bcr}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{2(2)3}} = 0.5425482$$

$$II. AES : \text{De la tabla Duncan} \Rightarrow (\alpha = 5\%, a = 3, GL_E = 22)$$

	2	3
AES	2.935	3.085
ALS	1.592379	1.6737612

$$III. \bar{x}_{i...} = \frac{x_{i...}}{bcr}$$

$$\bar{x}_{1...} = \frac{x_{1...}}{bcr} = \frac{402.393}{2(2)(3)} = 33.5328$$

$$\bar{x}_{2...} = \frac{x_{2...}}{bcr} = \frac{397.57}{2(2)(3)} = 33.1308$$

$$\bar{x}_{3...} = \frac{x_{3...}}{bcr} = \frac{409.654}{2(2)(3)} = 34.1378$$

IV. Número de comparaciones

$$\frac{a(a-1)}{2} = \frac{3(3-1)}{2} = 3$$

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{2...}$	$\bar{x}_{1...}$	$\bar{x}_{3...}$
33.5328	33.1308	34.1378

## MÉTODO I

$\bar{x}_{2...}$	$\bar{x}_{1...}$	$\bar{x}_{3...}$
33.5328	33.1308	34.1378

	2	3
AES	2.935	3.085
ALS	1.592379	1.6737612

Comparaciones	Dif.	ALS	Dif > ALS	Sig.
$\bar{x}_{130} \text{ Kg./Ha.} - \bar{x}_{100} \text{ kg./Ha.}$	1.007	1.6737612	No	No
$\bar{x}_{130} \text{ kg./Ha.} - \bar{x}_{70} \text{ kg./Ha.}$	0.605	1.592379	No	No
$\bar{x}_{70} \text{ kg./Ha.} - \bar{x}_{100} \text{ kg./Ha.}$	0.402	1.592379	No	No



## MÉTODO II : TRIANGULAR

	33.13	33.53	34.14	
33.13	0	0.40 <	1.01 <	ALS
33.53		0	0.61 <	1.67
34.14			0	1.59

## MÉTODO III

$\bar{X}_{2...}$	$\bar{X}_{1...}$	$\bar{X}_{3...}$
33.13	33.53	34.14
a		

	2	3
AES	2.94	3.09
ALS	1.59	1.67

$$1.- 34.14 - 1.67 = 32.47$$

## DUNCAN EN R-STUDIO

```
##
## Study: modelo ~ "NITRÓGENO"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## NITRÓGENO, means
##
##          RENDIMIENTO      std r      Min      Max
## 100 Kg./Ha.    33.13083 1.815306 12 30.682 36.818
## 130 Kg./Ha.    34.13783 2.604805 12 30.357 39.015
## 70 Kg./Ha.     33.53275 1.775270 12 30.682 37.662
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##          2          3
## 1.591239 1.670827
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          RENDIMIENTO groups
## 130 Kg./Ha.    34.13783      a
## 70 Kg./Ha.     33.53275      a
## 100 Kg./Ha.    33.13083      a
```

Test:Duncan Alfa=0.05  
Error: 3.5323 gl: 22

NITRÓGENO	Medias	n	E.E.	
130 Kg./Ha.	34.14	12	0.54	A
70 Kg./Ha.	33.53	12	0.54	A
100 Kg./Ha.	33.13	12	0.54	A

Figure 9: Fuente: InfoStat

Table 19: Duncan al 5% del rendimiento de piña en  $Tm./Ha.$

Dosis de Nitrógeno	$\bar{X}_{i...}(\text{rendimiento})$	Sig.
130 Kg./Ha.	34.14	a
70 Kg./Ha.	33.53	a
100 Kg./Ha.	33.13	a

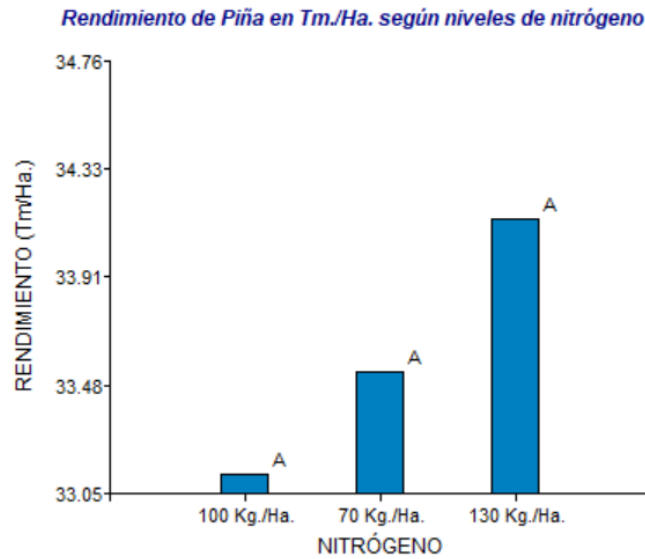


Figure 10: Fuente: InfoStat

## PARA FACTOR B : FÓSFORO

### 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$\text{I. } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{acr}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{3(2)3}} = 0.4429887$$

$$\text{II. } AES : \text{ De la tabla Duncan } \Rightarrow ( \alpha = 5\% , b = 2, GL_E = 22 )$$

	2
AES	2.935
ALS	1.300172

$$\text{III. } \bar{x}_{.j.} = \frac{x_{.j.}}{acr}$$

$$\bar{x}_{.1..} = \frac{x_{.1..}}{acr} = \frac{596.463}{3(2)3} = 33.1368$$

$$\bar{x}_{.2..} = \frac{x_{.2..}}{acr} = \frac{613.154}{3(2)3} = 34.0641$$

IV. Número de comparaciones

$$\frac{b(b-1)}{2} = \frac{2(2-1)}{2} = 1$$

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{.1..}$	$\bar{x}_{.2..}$
33.1368	34.0641

### MÉTODO I

$\bar{x}_{.1..}$	$\bar{x}_{.2..}$
33.1368	34.0641

	2
AES	2.935
ALS	1.300172

Comparaciones	Dif.	ALS	Dif > ALS	Sig.
$\bar{x}_{25 \text{ Kg./Ha.}} - \bar{x}_{5 \text{ kg./Ha.}}$	0.9273	1.300172	No	No

## MÉTODO II : TRIANGULAR

	33.1368	34.0641	
33.1368	0	1	<
34.0641		0	→
			ALS
			1.3

## MÉTODO III

$\bar{x}_{1..}$	$\bar{x}_{2..}$
33.1368	34.0641
a	

	2
AES	2.94
ALS	1.30242

$$1.- 34.0641 - 1.3024 = 32.76168$$

## DUNCAN EN R-STUDIO

```
##
## Study: modelo ~ "FÓSFORO"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## FÓSFORO, means
##
##      RENDIMIENTO      std r      Min      Max
## 25 Kg./Ha.      34.06411 2.064864 18 30.909 38.131
## 5 Kg./Ha.      33.13683 2.050785 18 30.357 39.015
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##      2
## 1.299241
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##      RENDIMIENTO groups
## 25 Kg./Ha.      34.06411      a
## 5 Kg./Ha.      33.13683      a
```

```
Test:Duncan Alfa=0.05
Error: 3.5323 gl: 22
FÓSFORO Medias n E.E.
25 Kg./Ha. 34.06 18 0.44 A
5 Kg./Ha. 33.14 18 0.44 A
```

Figure 11: Fuente: InfoStat

Table 25: Duncan al 5% del rendimiento de piña en  $Tm./Ha.$

Dosis de Fósforo	$\bar{X}_{.j.}(\text{rendimiento})$	Sig.
25 $Kg./Ha.$	34.0641	a
5 $Kg./Ha.$	33.1368	a

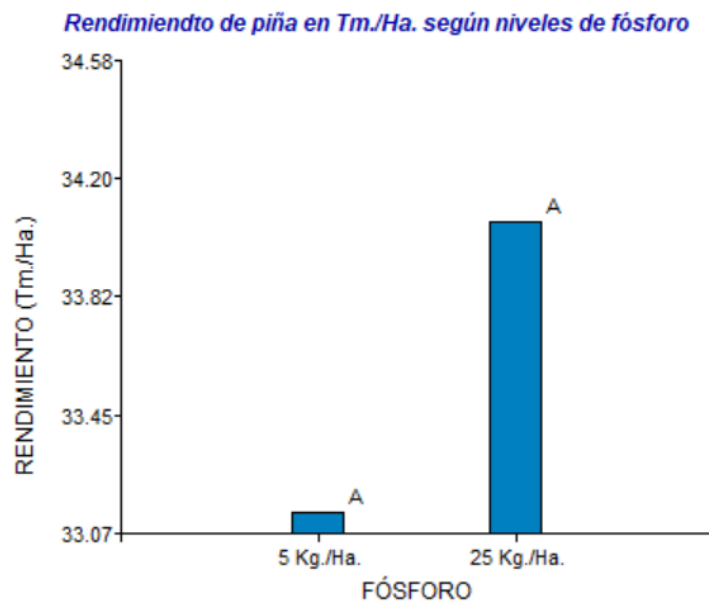


Figure 12: Fuente: InfoStat

## PARA FACTOR C : APLICACIONES

### 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$\text{I. } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{abr}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{3(2)3}} = 0.4429887$$

$$\text{II. } AES : \text{ De la tabla Duncan } \Rightarrow ( \alpha = 5\% , c = 2, GL_E = 22 )$$

	2
AES	2.935
ALS	1.300172

$$\text{III. } \bar{x}_{.j.} = \frac{x_{.j.}}{abr}$$

$$\bar{x}_{..1.} = \frac{x_{..1.}}{abr} = \frac{616.009}{3(2)3} = 34.2227$$

$$\bar{x}_{..2.} = \frac{x_{..2.}}{abr} = \frac{593.608}{3(2)3} = 32.9782$$

IV. Número de comparaciones

$$\frac{c(c-1)}{2} = \frac{2(2-1)}{2} = 1$$

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{..2.}$	$\bar{x}_{..1.}$
32.9782	34.2227

### MÉTODO I

$\bar{x}_{..2.}$	$\bar{x}_{..1.}$
32.9782	34.2227

	2
AES	2.935
ALS	1.300172

Comparaciones	Dif.	ALS	Dif > ALS	Sig.
$\bar{x}_{25 \text{ Kg./Ha.}} - \bar{x}_{5 \text{ kg./Ha.}}$	6.6405	1.300172	No	No

## MÉTODO II : TRIANGULAR

	32.9782	34.2227	
32.9782	0	1.2	ALS
34.2227		0	1.3

## MÉTODO III :

$\bar{x}_{2..}$	$\bar{x}_{1..}$
32.9782	34.2227
a	

	2
AES	2.935
ALS	1.300205

$$1.- 34.0641 - 1.3024 = 32.922495$$

## DUNCAN EN R-STUDIO

```
##
## Study: modelo ~ "APLICACIONES"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## APLICACIONES, means
##
##   RENDIMIENTO      std  r   Min   Max
## 1    34.22272 2.368847 18 30.682 39.015
## 2    32.97822 1.578992 18 30.357 36.818
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##      2
## 1.299241
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##   RENDIMIENTO groups
## 1    34.22272      a
## 2    32.97822      a
```

```
Test:Duncan Alfa=0.05
Error: 3.5323 gl: 22
APLICACIONES Medias n  E.E.
1          34.22 18 0.44 A
2          32.98 18 0.44 A
```

Figure 13: Fuente: InfoStat

Table 31: Duncan al 5% del rendimiento de piña en  $Tm./Ha.$

APLICACIONES	$\bar{X}_{..k.}(\text{rendimiento})$	Sig.
1	34.2227	a
2	32.9782	a

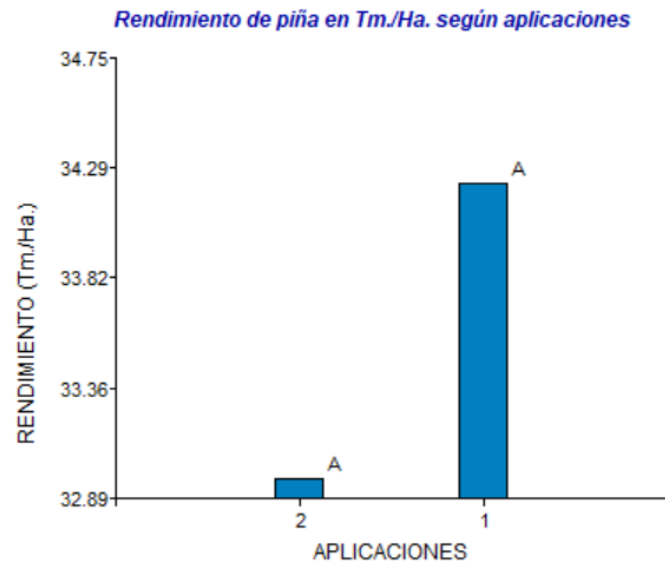


Figure 14: Fuente: InfoStat



# INTERACCIÓN AxB : NITRÓGENOxFÓSFORO

## 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$I. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{cr}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{2(3)}} = 0.767279$$

II. AES : De la tabla Duncan  $\Rightarrow (\alpha = 5\%, ab = 6, GL_E = 22)$

	2	3	4	5	6
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29
ALS	2.2519639	2.3670558	2.4361109	2.4898204	2.524348

$$III. \bar{x}_{ij..} = \frac{x_{ij..}}{cr}$$

$$\bar{x}_{11..} = \frac{x_{11..}}{cr} = \frac{200.944}{2(3)} = 33.49$$

$$\bar{x}_{12..} = \frac{x_{12..}}{cr} = \frac{201.449}{2(3)} = 33.57$$

$$\bar{x}_{21..} = \frac{x_{21..}}{cr} = \frac{194.166}{2(3)} = 32.36$$

$$\bar{x}_{22..} = \frac{x_{22..}}{cr} = \frac{203.404}{2(3)} = 33.9$$

$$\bar{x}_{31..} = \frac{x_{31..}}{cr} = \frac{201.353}{2(3)} = 33.56$$

$$\bar{x}_{32..} = \frac{x_{32..}}{cr} = \frac{208.301}{2(3)} = 34.72$$

IV. Número de comparaciones

$$\frac{ab(ab-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} = 15$$

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{21..}$	$\bar{x}_{11..}$	$\bar{x}_{31..}$	$\bar{x}_{12..}$	$\bar{x}_{22..}$	$\bar{x}_{32..}$
32.36	33.49	33.56	33.57	33.90	34.72

## MÉTODO III

$\bar{x}_{21..}$	$\bar{x}_{11..}$	$\bar{x}_{31..}$	$\bar{x}_{12..}$	$\bar{x}_{22..}$	$\bar{x}_{32..}$
32.361	33.4907	33.5588	33.5748	33.9007	34.7168

a

	2	3	4	5	6
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29
ALS	2.25	2.37	2.44	2.49	2.52

$$1.- 34.7168 - 2.52 = 32.1968$$

```

## [1] "Duncan al 5% del Rendimiento en Tm./Ha."
##
## Study: modeloGeneral ~ "AB"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## AB, means
##
##          RENDIMIENTO      std r      Min      Max
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.  33.90067 1.934564 6 30.909 36.818
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.   32.36100 1.443903 6 30.682 34.375
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.  34.71683 2.311588 6 32.102 38.131
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.   33.55883 2.962939 6 30.357 39.015
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.   33.57483 2.140069 6 31.818 37.662
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.    33.49067 1.532756 6 30.682 35.065
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##          2          3          4          5          6
## 2.250352 2.362906 2.434842 2.485398 2.522931
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          RENDIMIENTO groups
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.  34.71683      a
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.  33.90067      a
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.   33.57483      a
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.   33.55883      a
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.    33.49067      a
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.   32.36100      a

```

```

Test:Duncan Alfa=0.05
Error: 3.5323 gl: 22

```

NITRÓGENO	FÓSFORO	Medias	n	E.E.
130 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	34.72	6	0.77 A
100 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	33.90	6	0.77 A
70 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	33.57	6	0.77 A
130 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	33.56	6	0.77 A
70 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	33.49	6	0.77 A
100 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	32.36	6	0.77 A

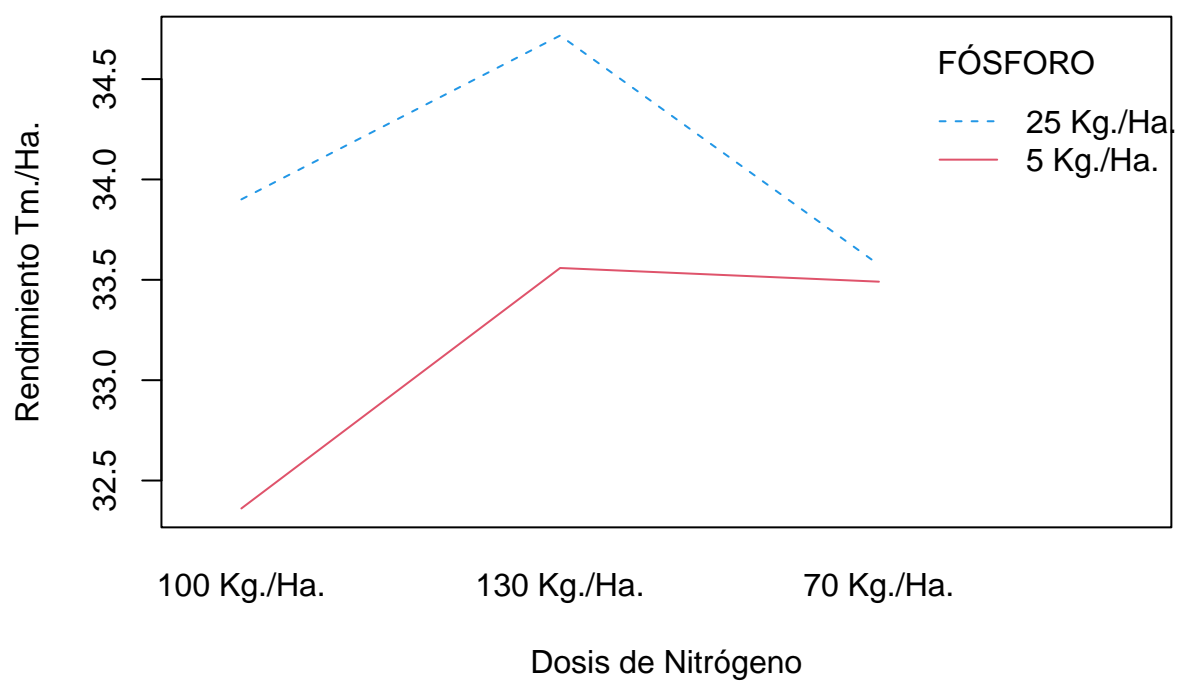
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Figure 15: Fuente: InfoStat

Table 34: Duncan al 5% para el rendimiento de piña en  $Tm./Ha.$

Nitrógeno x Fósforo	$\bar{X}_{ij..}(\text{rendimiento})$	Sig.
130 $Kg./Ha.$ – 25 $Kg./Ha.$	34.72	a
100 $Kg./Ha.$ – 25 $Kg./Ha.$	33.90	a
70 $Kg./Ha.$ – 25 $Kg./Ha.$	33.57	a
130 $Kg./Ha.$ – 5 $Kg./Ha.$	33.56	a
70 $Kg./Ha.$ – 5 $Kg./Ha.$	33.49	a
100 $Kg./Ha.$ – 5 $Kg./Ha.$	32.36	a

### Interacción Nitrógeno–Fósforo



# INTERACCIÓN AxC : NITRÓGENOxAPLICACIONES

## 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$I. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{br}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{2(3)}} = 0.767279$$

II.  $AES$  : De la tabla Duncan  $\Rightarrow (\alpha = 5\%, ac = 6, GL_E = 22)$

	2	3	4	5	6
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29
ALS	2.25	2.37	2.44	2.49	2.52

$$III. \bar{x}_{i.k.} = \frac{x_{i.k.}}{br}$$

$$\bar{x}_{1.1.} = \frac{x_{1.1.}}{br} = \frac{207.065}{2(3)} = 34.51$$

$$\bar{x}_{1.2.} = \frac{x_{1.2.}}{br} = \frac{195.328}{2(3)} = 32.55$$

$$\bar{x}_{2.1.} = \frac{x_{2.1.}}{br} = \frac{195.434}{2(3)} = 32.57$$

$$\bar{x}_{2.2.} = \frac{x_{2.2.}}{br} = \frac{202.136}{2(3)} = 33.69$$

$$\bar{x}_{3.1.} = \frac{x_{3.1.}}{br} = \frac{213.51}{2(3)} = 35.58$$

$$\bar{x}_{3.2.} = \frac{x_{3.2.}}{cr} = \frac{196.144}{2(3)} = 32.69$$

IV. Número de comparaciones

$$\frac{ac(ac-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} = 15$$

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{1.2.}$	$\bar{x}_{2.1.}$	$\bar{x}_{3.2.}$	$\bar{x}_{2.2.}$	$\bar{x}_{1.1.}$	$\bar{x}_{3.1.}$
32.55	32.57	32.69	33.69	34.51	35.58

## MÉTODO III

$\bar{x}_{1.2..}$	$\bar{x}_{2.1..}$	$\bar{x}_{3.2..}$	$\bar{x}_{2.2..}$	$\bar{x}_{1.1..}$	$\bar{x}_{3.1..}$
32.55	32.57	32.69	33.69	34.51	35.58
b			a		

	2	3	4	5	6
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29
ALS	2.25	2.37	2.44	2.49	2.52

$$1.- 35.58 - 2.52 = 33.06$$

$$2.- 34.51 - 2.49 = 32.04$$

```
## [1] "Duncan al 5% del Rendimiento en Tm./Ha."
##
## Study: modeloGeneral ~ "AC"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## AC, means
##
##          RENDIMIENTO      std r    Min    Max
## 100 Kg./Ha.-1    32.57233 1.585683 6 30.682 34.848
## 100 Kg./Ha.-2    33.68933 1.996681 6 30.682 36.818
## 130 Kg./Ha.-1    35.58500 2.811215 6 31.818 39.015
## 130 Kg./Ha.-2    32.69067 1.413434 6 30.357 34.091
## 70 Kg./Ha.-1     34.51083 1.751128 6 32.727 37.662
## 70 Kg./Ha.-2     32.55467 1.253429 6 30.682 34.091
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##      2      3      4      5      6
## 2.250352 2.362906 2.434842 2.485398 2.522931
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          RENDIMIENTO groups
## 130 Kg./Ha.-1    35.58500      a
## 70 Kg./Ha.-1     34.51083     ab
## 100 Kg./Ha.-2    33.68933     ab
## 130 Kg./Ha.-2    32.69067      b
## 100 Kg./Ha.-1    32.57233      b
## 70 Kg./Ha.-2     32.55467      b
```

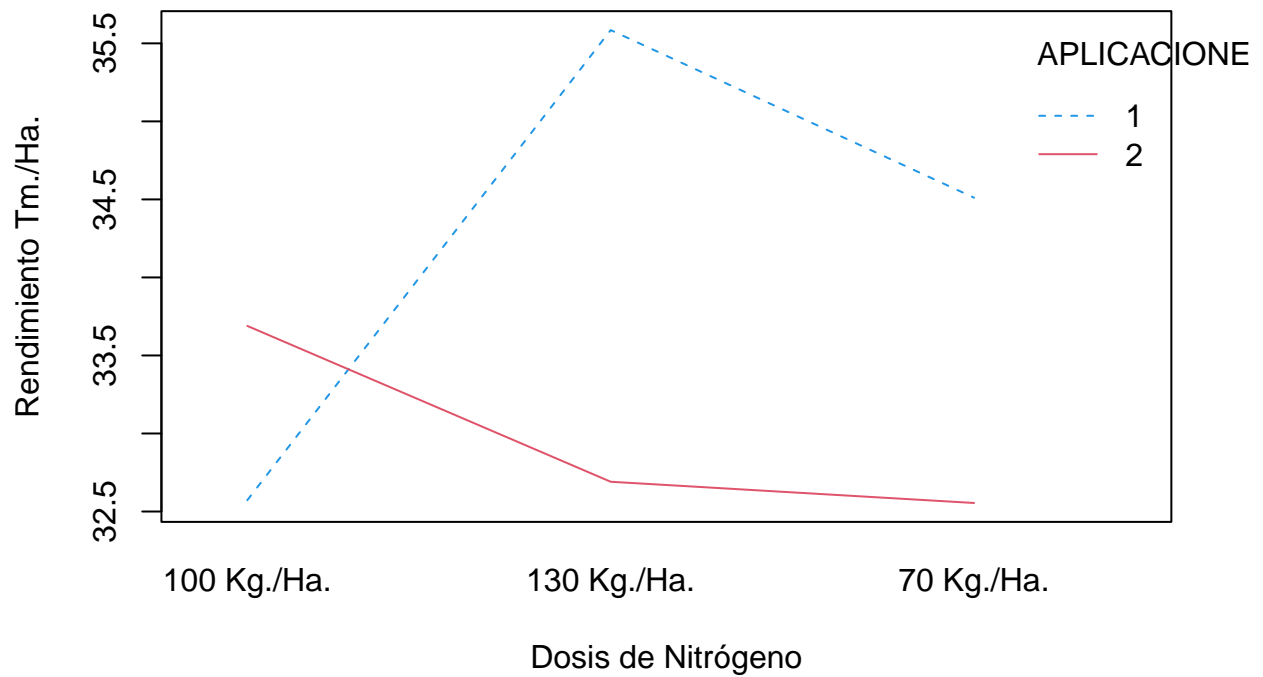
```
Test:Duncan Alfa=0.05
Error: 3.5323 gl: 22
  NITRÓGENO  APLICACIONES Medias n  E.E.
-----
130 Kg./Ha. 1          35.59 6 0.77 A
70 Kg./Ha. 1          34.51 6 0.77 A B
100 Kg./Ha. 2          33.69 6 0.77 A B
130 Kg./Ha. 2          32.69 6 0.77 B
100 Kg./Ha. 1          32.57 6 0.77 B
70 Kg./Ha. 2          32.55 6 0.77 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figure 16: Fuente: InfoStat

Table 37: Duncan al 5% para el rendimiento de piña en *Tm.Ha*

Nitrógeno x Aplicaciones	$\bar{X}_{i.k.}(\text{rendimiento})$	Sig.
130 Kg./Ha. – 1	35.59	a
70 Kg./Ha. – 1	34.51	a b
100 Kg./Ha. – 2	33.69	a b
130 Kg./Ha. – 2	32.69	b
100 Kg./Ha. – 1	32.57	b
70 Kg./Ha. – 1	32.55	b

### Interacción Nitrógeno–Aplicaciones



INTERACCIÓN BxC : FÓSFOROxAPLICACIONES

1. PRUEBA DUNCAN

ALS = AES × S<sub>̄x</sub>

I. S<sub>̄x</sub> = √(CM<sub>E</sub> / ar) = √(3.5323026 / 3(3)) = 0.6264807

II. AES : De la tabla Duncan ⇒ ( α = 5% ,bc = 4, GL<sub>E</sub> = 22 )

	2	3	4
AES	2.935	3.085	3.175
ALS	1.84	1.93	1.99

III. ̄x<sub>.jk.</sub> = x<sub>.jk.</sub> / ar

̄x<sub>.11.</sub> = x<sub>.11.</sub> / ar = 302.78 / 3(3) = 33.64

̄x<sub>.12.</sub> = x<sub>.12.</sub> / ar = 293.683 / 3(3) = 32.63

̄x<sub>.21.</sub> = x<sub>.21.</sub> / ar = 313.229 / 3(3) = 34.8

̄x<sub>.22.</sub> = x<sub>.22.</sub> / ar = 299.925 / 3(3) = 33.33

IV. Número de comparaciones

bc(bc-1) / 2 = 4(4-1) / 2 = 6

V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

̄x <sub>.12.</sub>	̄x <sub>.22.</sub>	̄x <sub>.11.</sub>	̄x <sub>.21.</sub>
32.63	33.33	33.64	34.8

MÉTODO III

̄x <sub>.12.</sub>	̄x <sub>.22.</sub>	̄x <sub>.11.</sub>	̄x <sub>.21.</sub>
32.63	33.33	33.64	34.8
a			
b			

	2	3	4
AES	2.935	3.085	3.175
ALS	1.84	1.93	1.99

- 1.- 34.8 - 1.99 = 32.81
- 2.- 33.64 - 1.93 = 31.71

```

##
## Study: modeloGeneral ~ "BC"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## BC, means
##
##          RENDIMIENTO      std r      Min      Max
## 25 Kg./Ha.-1    34.80322 2.327447 9 30.909 38.131
## 25 Kg./Ha.-2    33.32500 1.553749 9 31.818 36.818
## 5 Kg./Ha.-1     33.64222 2.397726 9 30.682 39.015
## 5 Kg./Ha.-2     32.63144 1.616593 9 30.357 34.375
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##          2          3          4
## 1.837405 1.929305 1.988040
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          RENDIMIENTO groups
## 25 Kg./Ha.-1    34.80322      a
## 5 Kg./Ha.-1     33.64222     ab
## 25 Kg./Ha.-2    33.32500     ab
## 5 Kg./Ha.-2     32.63144      b

```

FÓSFORO	APLICACIONES	Medias	n	E.E.
25 Kg./Ha.	1	34.80	9	0.63 A
5 Kg./Ha.	1	33.64	9	0.63 A B
25 Kg./Ha.	2	33.33	9	0.63 A B
5 Kg./Ha.	2	32.63	9	0.63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

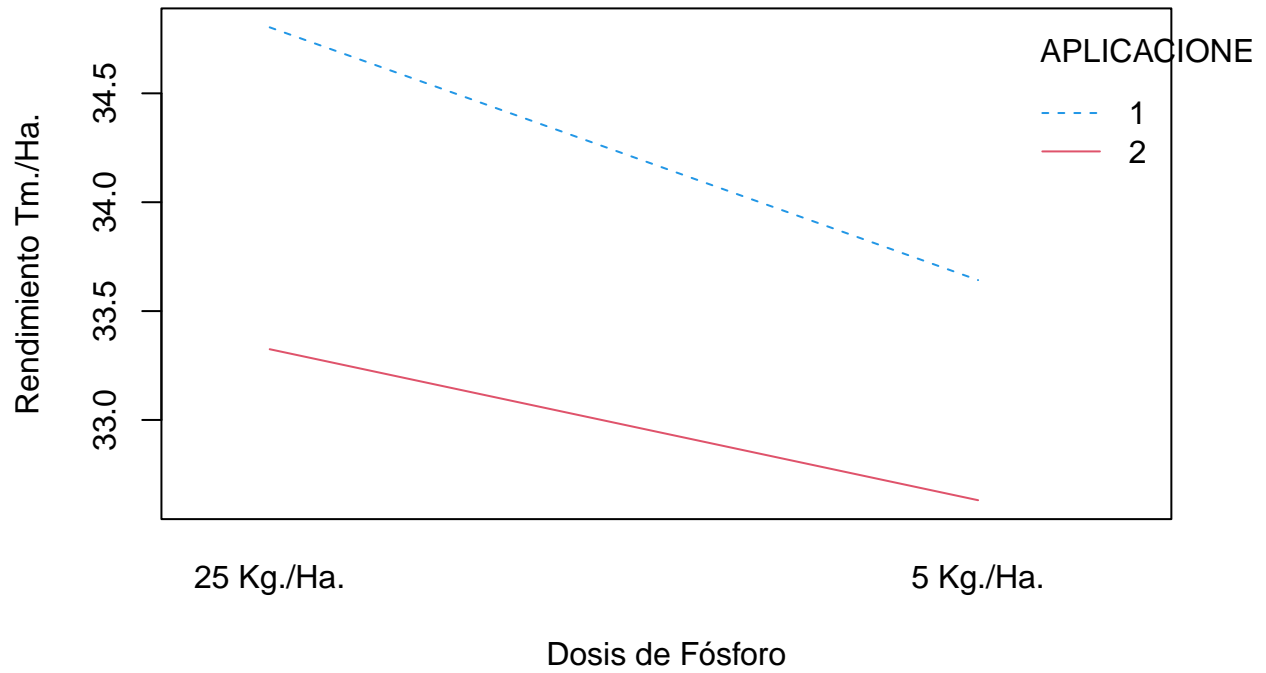
Figure 17: Fuente: InfoStat



Table 40: Duncan al 5% para el rendimiento de piña en *Tm.Ha*

Fósforo x Aplicaciones	$\bar{X}_{i.k.}(\text{rendimiento})$	Sig.
25 Kg./Ha. – 1	34.8	a
5 Kg./Ha. – 1	33.64	a b
25 Kg./Ha. – 2	33.33	a b
25 Kg./Ha. – 2	32.63	b

### Interacción Fósforo–Aplicaciones



# INTERACCIÓN AxBxC : NITRÓGENOxFÓSFOROxAPLICACIONES

## 1. PRUEBA DUNCAN

$$ALS = AES \times S_{\bar{x}}$$

$$I. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM_E}{r}} = \sqrt{\frac{3.5323026}{3}} = 1.0850964$$

$$II. AES : \text{De la tabla Duncan} \Rightarrow (\alpha = 5\%, abc = 12, GL_E = 22)$$

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29	3.33	3.36	3.38	3.40	3.415	3.43
ALS	3.18	3.35	3.45	3.52	3.57	3.61	3.65	3.67	3.69	3.71	3.72

$$III. \bar{x}_{ijk.} = \frac{x_{ijk.}}{r}$$

$$\bar{x}_{111.} = \frac{x_{111.}}{r} = \frac{102.838}{3} = 34.28$$

$$\bar{x}_{112.} = \frac{x_{112.}}{r} = \frac{98.106}{3} = 32.7$$

$$\bar{x}_{121.} = \frac{x_{121.}}{r} = \frac{104.227}{3} = 34.74$$

$$\bar{x}_{122.} = \frac{x_{122.}}{r} = \frac{97.222}{3} = 32.41$$

$$\bar{x}_{211.} = \frac{x_{211.}}{r} = \frac{96.154}{3} = 32.05$$

$$\bar{x}_{212.} = \frac{x_{212.}}{r} = \frac{98.012}{3} = 32.67$$

$$\bar{x}_{221.} = \frac{x_{221.}}{r} = \frac{99.28}{3} = 33.09$$

$$\bar{x}_{222.} = \frac{x_{222.}}{r} = \frac{104.124}{3} = 34.71$$

$$\bar{x}_{311.} = \frac{x_{311.}}{r} = \frac{103.788}{3} = 34.6$$

$$\bar{x}_{312.} = \frac{x_{312.}}{r} = \frac{97.565}{3} = 32.52$$

$$\bar{x}_{321.} = \frac{x_{321.}}{r} = \frac{109.722}{3} = 36.57$$

$$\bar{x}_{322.} = \frac{x_{322.}}{r} = \frac{98.579}{3} = 32.86$$

## IV. Número de comparaciones

$$\frac{abc(abc-1)}{2} = \frac{12(12-1)}{2} = 66$$

## V. Ordenamos los promedios de forma ascendente

$\bar{x}_{211.}$	$\bar{x}_{122.}$	$\bar{x}_{312.}$	$\bar{x}_{212.}$	$\bar{x}_{112.}$	$\bar{x}_{322.}$	$\bar{x}_{221.}$	$\bar{x}_{111.}$	$\bar{x}_{311.}$	$\bar{x}_{222.}$	$\bar{x}_{121.}$	$\bar{x}_{321.}$
32.05	32.41	32.52	32.67	32.70	32.86	33.09	34.28	34.60	34.71	34.74	36.57

## MÉTODO III

$\bar{x}_{211.}$	$\bar{x}_{122.}$	$\bar{x}_{312.}$	$\bar{x}_{212.}$	$\bar{x}_{112.}$	$\bar{x}_{322.}$	$\bar{x}_{221.}$	$\bar{x}_{111.}$	$\bar{x}_{311.}$	$\bar{x}_{222.}$	$\bar{x}_{121.}$	$\bar{x}_{321.}$
32.05	32.41	32.52	32.67	32.7	32.86	33.09	34.28	34.6	34.71	34.74	36.57
b						a					

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AES	2.935	3.085	3.175	3.245	3.29	3.33	3.36	3.38	3.4	3.415	3.43
ALS	3.18	3.35	3.45	3.52	3.57	3.61	3.65	3.67	3.69	3.71	3.72

1.- 36.57 - 3.72 = 32.85

2.- 34.74 - 3.71 = 31.03

**Test:Duncan Alfa=0.05**

**Error: 3.5323 gl: 22**

NITRÓGENO	FÓSFORO	APLICACIONES	Medias	n	E.E.
130 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	1	36.57	3	1.09 A
70 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	1	34.74	3	1.09 A B
100 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	2	34.71	3	1.09 A B
130 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	1	34.60	3	1.09 A B
70 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	1	34.28	3	1.09 A B
100 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	1	33.09	3	1.09 A B
130 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	2	32.86	3	1.09 B
70 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	2	32.70	3	1.09 B
100 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	2	32.67	3	1.09 B
130 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	2	32.52	3	1.09 B
70 Kg./Ha.	25 Kg./Ha.	2	32.41	3	1.09 B
100 Kg./Ha.	5 Kg./Ha.	1	32.05	3	1.09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Figure 18: Fuente: InfoStat

```

##
## Study: modeloGeneral ~ "TRATAMIENTOS"
##
## Duncan's new multiple range test
## for RENDIMIENTO
##
## Mean Square Error: 3.532303
##
## TRATAMIENTOS, means
##
##
##          RENDIMIENTO      std r      Min      Max
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1  33.09333 2.0043429 3 30.909 34.848
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2  34.70800 1.8394554 3 33.442 36.818
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1   32.05133 1.2059297 3 30.682 32.955
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2   32.67067 1.8628463 3 30.682 34.375
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1  36.57400 1.3616523 3 35.606 38.131
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2  32.85967 1.0757789 3 32.102 34.091
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1   34.59600 3.8689615 3 31.818 39.015
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2   32.52167 1.9368803 3 30.357 34.091
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1   34.74233 2.5888067 3 32.727 37.662
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2   32.40733 0.8115703 3 31.818 33.333
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1    34.27933 0.8963405 3 33.303 35.065
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2    32.70200 1.7899556 3 30.682 34.091
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 22
##
## Critical Range
##      2      3      4      5      6      7      8      9
## 3.182478 3.341654 3.443386 3.514884 3.567964 3.608782 3.640929 3.666674
##      10     11     12
## 3.687532 3.704562 3.718532
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          RENDIMIENTO groups
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1  36.57400    a
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1   34.74233   ab
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2   34.70800   ab
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1    34.59600   ab
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1     34.27933   ab
## 100 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-1    33.09333   ab
## 130 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2    32.85967    b
## 70 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2     32.70200    b
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2     32.67067    b
## 130 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-2     32.52167    b
## 70 Kg./Ha.-25 Kg./Ha.-2     32.40733    b
## 100 Kg./Ha.-5 Kg./Ha.-1     32.05133    b

```

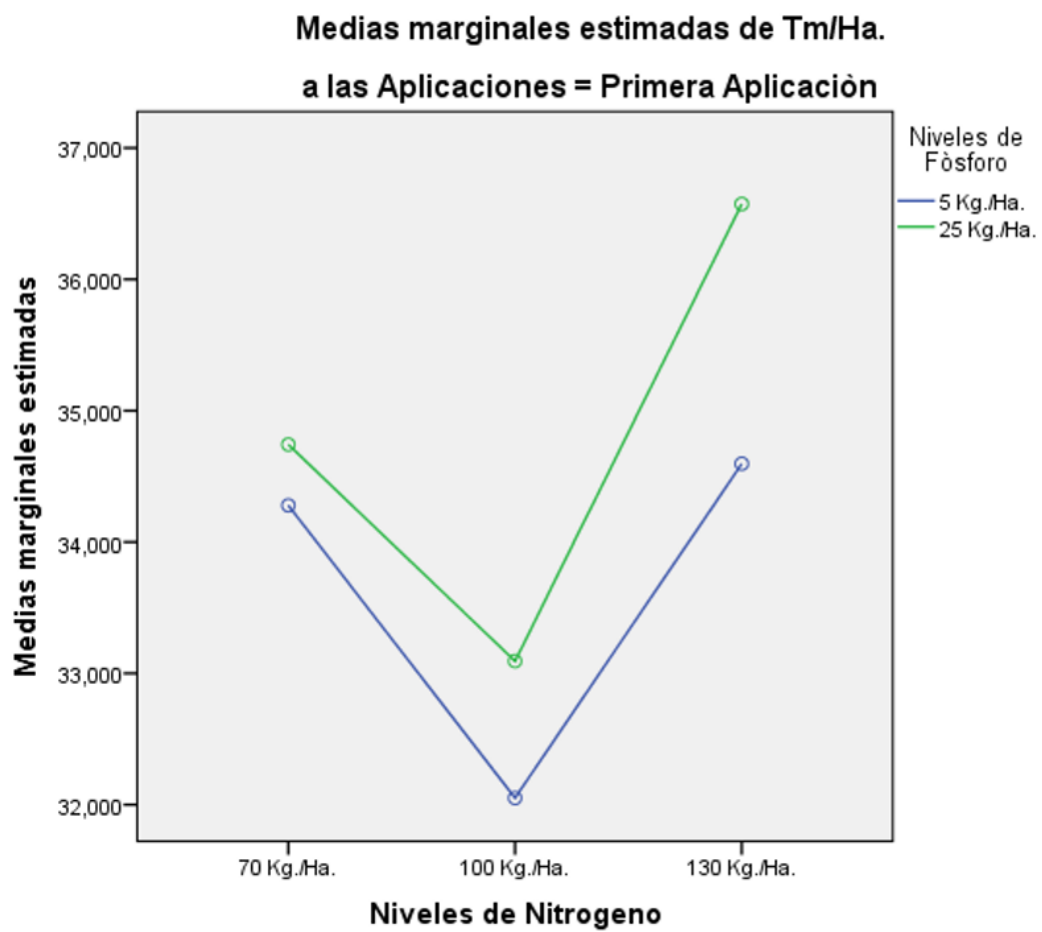


Figure 19: APLICACION 1-> NITRÓGENOxFÓSFORO

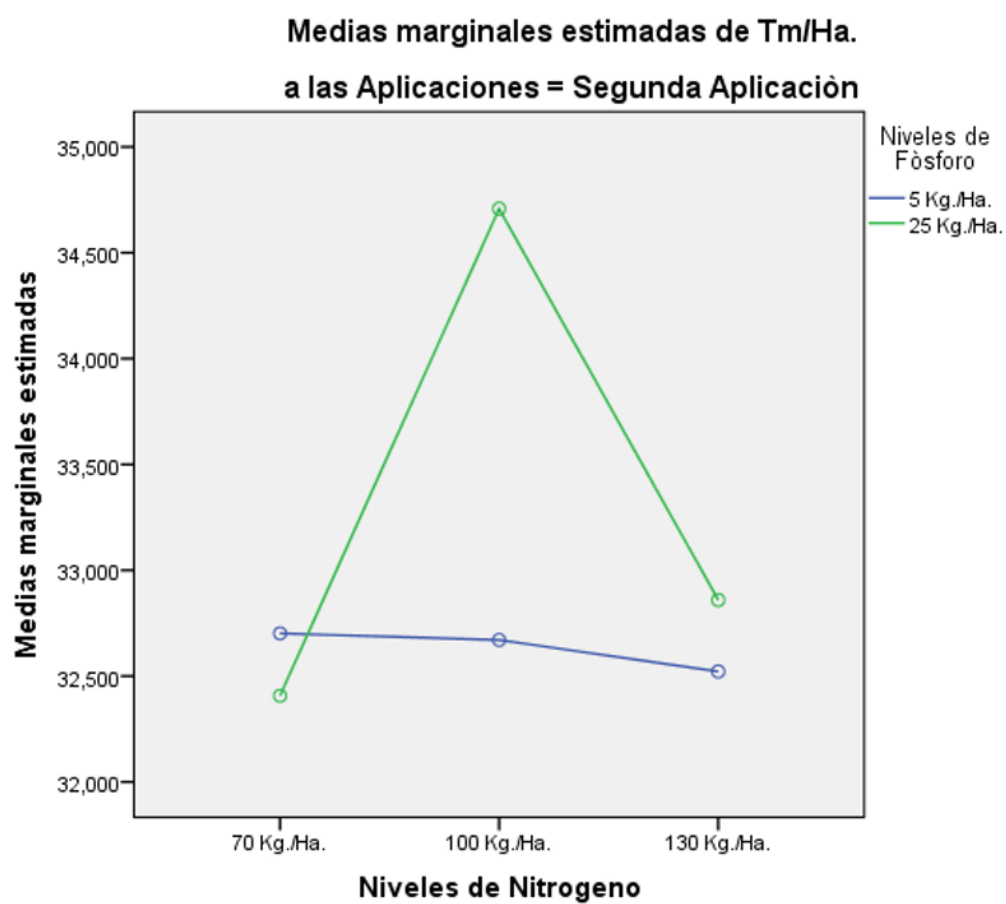


Figure 20: APLICACION2 -> NITRÓGENOxFÓSFORO

# ANÁLISIS DE TENDENCIA

## FACTOR A : DOSIS DE NITRÓGENO

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(A)} = \frac{Q^2}{bcr \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{i...} \end{cases}$$

Table 43:

$x_{i..}$	402.393	397.57	409.654	$\sum c_i^2$	$\sum c_i x_{i...}$	$SC_c$	$F_0$	$Sig.$
Lineal	-1	0	1	2	7.261	2.196755	0.62	No
Cuadrático	1	-2	1	6	16.907	3.9700923	1.12	No

$$SC_{A(Lineal)} = \frac{Q^2}{bcr \sum c_i^2} = \frac{7.261^2}{12(2)} = 2.196755 \Rightarrow F_0 = \frac{CM_{A_{Lineal}}}{CM_E} = \frac{2.196755}{3.5323026} = 0.62$$

$$SC_{A(Cuadra.)} = \frac{Q^2}{bcr \sum c_i^2} = \frac{16.907^2}{12(6)} = 3.9700923 \Rightarrow F_0 = \frac{CM_{A_{Cuadra.}}}{CM_E} = \frac{3.9700923}{3.5323026} = 1.12$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3009495$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.9453857$$

Se comprueba que  $SC_A = SC_{A_{lineal}} + SC_{A_{Cuadra.}}$

- $SC_A = 6.1668474$
- $SC_{A_{lineal}} + SC_{A_{Cuadra.}} = 2.196755 + 3.9700923 = 6.1668474$

## FACTOR B : DOSIS DE FÓSFORO

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(B)} = \frac{Q^2}{acr \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{.j..} \end{cases}$$

Table 44:

$x_{.j..}$	596.463	613.154	$\sum c_i^2$	$\sum c_i x_{.j..}$	$SC_c$	$F_0$	$Sig.$
Lineal	-1	1	2	16.691	7.7385967	2.19	No

$$SC_{B(Lineal)} = \frac{Q^2}{bcr \sum c_i^2} = \frac{16.691^2}{18(2)} = 7.7385967 \Rightarrow F_0 = \frac{CM_{BLineal}}{CM_E} = \frac{7.7385967}{3.5323026} = 2.19$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.95$$

Se comprueba que  $SC_B = SC_{Blineal}$

- $SC_B = 7.7385967$
- $SC_{Blineal} = 7.7385967$



## FACTOR C : APLICACIONES

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(C)} = \frac{Q^2}{abr \sum c_i^2} \\ Q = \sum c_i x_{..k} \end{cases}$$

Table 45:

$x_{..k}$	616.009	593.608	$\sum c_i^2$	$\sum c_i x_{..k}$	$SC_c$	$F_0$	$Sig.$
Lineal	-1	1	2	-22.401	13.9390223	3.95	No

$$SC_{C(Lineal)} = \frac{Q^2}{abr \sum c_i^2} = \frac{-22.401^2}{18(2)} = 13.9390223 \Rightarrow F_0 = \frac{CM_{C_{Lineal}}}{CM_E} = \frac{13.9390223}{3.5323026} = 3.95$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.95$$

Se comprueba que  $SC_C = SC_{C_{lineal}}$

- $SC_C = 13.9390223$
- $SC_{C_{lineal}} = 13.9390223$

# INTERACCIÓN A x B : NITRÓGENO x FÓSFORO

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(A*B)} = \frac{Q^2}{cr(\sum c_A^2)(\sum c_B^2)} \\ Q = \sum c_{i_A} c_{i_B} x_{ij..} \end{cases}$$

		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\sum c_{i_A}^2$
	Cuadrática $C_i$	1	-2	1	6
	Lineal $C_i$	-1	0	1	2
$B_1$	-1	200.94	194.17	201.35	
$B_2$	1	201.45	203.40	208.30	
$\sum c_{i_B}^2$	2				

	$A_{Lineal}$	$A_{Cuadrá.}$
$B_{Lineal}$	$A_{Lin.} B_{Lin.}$	$A_{Cuad.} B_{Lin.}$

$$SC_{A_{Lin.} * B_{Lin.}} = \frac{Q^2}{cr(\sum c_A^2)(\sum c_B^2)} = \frac{6.44^2}{(2)3(2)(2)} = 1.7280667$$

$$SC_{A_{Cuad.} B_{Lin.}} = \frac{Q^2}{cr(\sum c_A^2)(\sum c_B^2)} = \frac{-11^2}{(2)3(6)(2)} = 1.6805556$$

$$F_{A_{Lin} * B_{Lin}} = 0.4892182$$

$$F_{A_{Cuad} * B_{Lin}} = 0.4757677$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.95$$

# INTERACCIÓN A x C : NITRÓGENO x APLICACIONES

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(A*C)} = \frac{Q^2}{br(\sum c_A^2)(\sum c_C^2)} \\ Q = \sum c_{i_A} c_{i_C} x_{i.k.} \end{cases}$$

		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\sum c_{i_A}^2$
	Cuadrática $C_i$	1	-2	1	6
	Lineal $C_i$	-1	0	1	2
$C_1$	-1	207.07	195.43	213.51	
$C_2$	1	195.33	202.14	196.14	
$\sum c_{i_C}^2$	2				

	$A_{Lineal}$	$A_{Cuadrá.}$
$C_{Lineal}$	$A_{Lin.} C_{Lin.}$	$A_{Cuad.} C_{Lin.}$

$$SC_{A_{Lin.}*C_{Lin.}} = \frac{Q^2}{br(\sum c_A^2)(\sum c_C^2)} = \frac{-5.63^2}{(2)3(2)(2)} = 1.3207042$$

$$SC_{A_{Cuad.}C_{Lin.}} = \frac{Q^2}{br(\sum c_A^2)(\sum c_C^2)} = \frac{-42.53^2}{(2)3(6)(2)} = 25.1222347$$

$$F_{A_{Lin}*C_{Lin}} = 0.3738933$$

$$F_{A_{Cuad}*C_{Lin}} = 7.1121412$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.95$$

## INTERACCIÓN B x C : FÓSFORO x APLICACIONES

$$Totales = \begin{cases} SC_{R(B*C)} = \frac{Q^2}{ar(\sum c_B^2)(\sum c_C^2)} \\ Q = \sum c_{i_B} c_{i_C} x_{.jk.} \end{cases}$$

		$B_1$	$B_2$	$\sum c_{i_B}^2$
	Lineal $C_i$	-1	1	2
$C_1$	-1	302.78	313.23	
$C_2$	1	293.68	299.93	
$\sum c_{i_C}^2$	2			

	$B_{Lineal}$
$C_{Lineal}$	$B_{Lin.} C_{Lin.}$

$$SC_{B_{Lin.}*C_{Lin.}} = \frac{Q^2}{ar(\sum c_B^2)(\sum c_C^2)} = \frac{-4.2^2}{(3)3(2)(2)} = 0.49$$

$$F_{B_{Lin}*C_{Lin}} = 0.1387197$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow F_{5\%}(1, 22) = 4.3$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow F_{1\%}(1, 22) = 7.95$$

Table 52: ANOVA COMPLETO

<i>F.V</i>	<i>G.L</i>	<i>SC.</i>	<i>CM.</i>	<i>F<sub>0</sub></i>	<i>Sig.</i>
Bloque	2	13.1396	6.57	1.86	
A	2	6.1668	3.08	0.87	No
B	1	7.7386	7.74	2.19	No
C	1	13.939	13.94	3.95	No
$A * B$	2	3.4173	1.71	0.48	No
$A_{Lin.} * B_{lin.}$	1	1.7281	1.73	0.49	No
$A_{Lin.} * B_{Cuad.}$	1	1.6806	1.68	0.48	No
$A * C$	2	26.4153	13.21	3.74	*
$A_{Lin.} * C_{lin.}$	1	1.3007	1.3007	0.37	No
$A_{Cuad.} * C_{Lin.}$	1	25.1222	25.1222	7.11	*
$B * C$	1	0.4916	0.49	0.14	No
$B_{Lin.} * C_{lin.}$	1	0.49	0.49	0.14	No
$A * B * C$	2	2.6991	1.35	0.38	No
Error	22	77.7107	3.53		
Total	35	151.7181			

Dado que la Tendencia de la interacción de  $A_{Cuad.} * C_{Lin.}$ , resultó significativa; amerita estimar los parámetros de dicho modelo.

- Sea el Factor A : Dosis de Nitrógeno =  $X_1$
- Sea el Factor C : Aplicaciones =  $X_3$

$X_1$	$X_3$	$X_1^2$	$X_1X_3$	$X_1^2X_3$	Y
70	1	4900	70	4900	34.51
70	2	4900	140	9800	32.55
100	1	10000	100	10000	32.57
100	2	10000	200	20000	33.69
130	1	16900	130	16900	35.58
130	2	16900	260	33800	32.69

```
##
## Call:
## lm(formula = y ~ x1 + x3 + x1_2 + x1_2x3)
##
## Residuals:
##      1      2      3      4      5      6
## 0.6611 -0.6611 -1.1498  1.1498  0.4887 -0.4887
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 40.1029294 19.3009877   2.078   0.286
## x1          -0.1460278  0.3861389  -0.378   0.770
## x3          -0.1171381  3.8784578  -0.030   0.981
## x1_2         0.0009399  0.0019869   0.473   0.719
## x1_2x3      -0.0001062  0.0003319  -0.320   0.803
##
## Residual standard error: 1.999 on 1 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4843, Adjusted R-squared:  -1.579
## F-statistic: 0.2348 on 4 and 1 DF,  p-value: 0.892
```

## MODELO ESTIMADO

$$y = 40.1029 - 0.1460X_1 - 0.1171X_3 + 0.0009399X_1^2 - 0.0001062X_1^2X_2$$

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según el Test de Duncan al 95% de confianza , el mejor tratamiento para el rendimiento de piña en Tm./Ha. es con una dosis de Nitrógeno de 130 Kg./Ha. y una dosis de 25 kg./Ha.
- Según el Test de Duncan al 95% de confianza el factor dosis de Nitrógeno y Aplicaciones me ofrece diferencias significativas para el rendimiento de piña Tm./Ha. , siendo el mejor tratamiento el aplicado una sola vez con 130 kg/Ha. de Nitrógeno.
- Según el Test de Duncan al 95% de confianza, el factor dosis de Fósforo y Aplicaciones me ofrece diferencias significativas para el rendimiento de piña Tm./Ha. , siendo el mejor tratamiento el aplicado una sola vez con 25 kg/Ha. de Fósforo.
- Se recomienda que por temas económicos usar dosis de Nitrógeno en 70 kg/Ha , una dosis de 5 kg/Ha. de Fosforo en una sola aplicación, esto me ofrece resultados estadísticamente iguales en comparación con el mejor tratamiento según el Test de Duncan.
- Dado que al aumentar la cantidad de dosis de Nitrógeno Y fósforo , el rendimiento de piña en Tm./Ha aumenta, pueden realizarse ensayos con cantidades superiores al que se han aplicado en este trabajo.