

- 13.5**  $f = 8.38$ ; las actividades específicas promedio difieren de manera significativa.
- 13.7**  $f = 2.25$ ; no hay evidencia suficiente para apoyar la hipótesis de que las diferentes concentraciones de  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  influyen significativamente en la altura que alcanzan los crisantemos.
- 13.9**  $b = 0.79 > b_4(0.01, 4, 4, 4, 9) = 0.4939$ . No rechace  $H_0$ . No hay suficiente evidencia para afirmar que las varianzas son diferentes.
- 13.11**  $b = 0.7822 < b_4(0.05, 9, 8, 15) = 0.8055$ . Las varianzas son significativamente diferentes.
- 13.13** a) Valor  $P < 0.0001$ , significativa,  
b) para el contraste 1 contra 2, valor  $P < 0.0001Z$ , significativamente diferentes; para el contraste 3 contra 4, valor  $P = 0.0648$ , no es significativamente diferente.
- 13.15** A continuación se presentan los resultados para la prueba de Tukey
- |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $\bar{y}_4$ | $\bar{y}_3$ | $\bar{y}_1$ | $\bar{y}_5$ | $\bar{y}_2$ |
| 2.98        | 4.30        | 5.44        | 6.96        | 7.90        |
- 13.17** a) valor  $P = 0.0121$ ; sí, hay una diferencia significativa;
- |             |            |                          |        |         |
|-------------|------------|--------------------------|--------|---------|
|             | De Hess    | Remoción<br>del sustrato |        |         |
| Disminución | modificado | de Kicknet               | Surber | Kicknet |
- 13.19**  $f = 70.27$  con valor  $P < 0.0001$ ; rechace  $H_0$ .
- |             |                |                 |                |                |
|-------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| $\bar{x}_0$ | $\bar{x}_{25}$ | $\bar{x}_{100}$ | $\bar{x}_{75}$ | $\bar{x}_{50}$ |
| 55.167      | 60.167         | 64.167          | 70.500         | 72.833         |
- La temperatura es importante; tanto  $75^\circ$  como  $50^\circ(\text{C})$  producen baterías con vida activa significativamente más larga.
- 13.21** La absorción media para el agregado 4 es significativamente menor que para el otro agregado.
- 13.23** Al comparar el control con 1 y 2, significativo; al comparar el control con 3 y 4: insignificante
- 13.25**  $f(\text{fertilizante}) = 6.11$ ; existe una diferencia significativa entre los fertilizantes
- 13.27**  $f = 5.99$ ; el porcentaje de aditivos extranjeros no es el mismo para las tres marcas de mermelada; marca A.
- 13.29** Valor  $P < 0.0001$ ; significativo

- 13.31** Valor  $P = 0.0023$ ; significativo
- 13.33** Valor  $P = 0.1250$ ; no significativo
- 13.35** Valor  $P < 0.0001$ ;  
 $f = 122.37$ ; la cantidad de tinta sí influye en el color de la tela.
- 13.37** a)  $y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$ ,  $A_i \sim n(x; 0, \sigma_\alpha)$ ,  
 $\epsilon_{ij} \sim n(x; 0, \sigma)$ ;  
b)  $\hat{\sigma}_\alpha^2 = 0$  (el componente de la varianza estimada es  $-0.00027$ ;  $\hat{\sigma}^2 = 0.0206$ ).
- 13.39** a)  $f = 14.9$ ; los operadores difieren significativamente;  
b)  $\hat{\sigma}_\alpha^2 = 28.91$ ;  $s^2 = 8.32$ .
- 13.41** a)  $y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$ ,  $A_i \sim n(x; 0, \sigma_\alpha)$ ;  
b) sí,  $f = 5.63$  con un valor  $P = 0.0121$ ;  
c) hay un componente significativo de varianza del telar.

## Capítulo 14

- 14.1** a)  $f = 8.13$ ; significativo;  
b)  $f = 5.18$ ; significativo;  
c)  $f = 1.63$ ; no significativo
- 14.3** a)  $f = 14.81$ ; significativo;  
b)  $f = 9.04$ ; significativo;  
c)  $f = 0.61$ ; no significativo;
- 14.5** a)  $f = 34.40$ ; significativo;  
b)  $f = 26.95$ ; significativo;  
c)  $f = 20.30$ ; significativo;
- 14.7** Prueba del efecto de la temperatura:  $f_1 = 10.85$  con valor  $P = 0.0002$ ;  
Prueba del efecto de la cantidad de catalizador:  $f_2 = 46.63$  con valor  $P < 0.0001$ ;  
Prueba del efecto de interacción:  $f = 2.06$  con valor  $P = 0.074$ .
- 14.9** a)
- | Fuente de variación         | gl | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | $f$   | $P$        |
|-----------------------------|----|-------------------|------------------|-------|------------|
| Velocidad de corte          | 1  | 12.000            | 12.000           | 1.32  | 0.2836     |
| Geometría de la herramienta | 1  | 675.000           | 675.000          | 74.31 | $< 0.0001$ |
| Interacción                 | 1  | 192.000           | 192.000          | 21.14 | 0.0018     |
| Error                       | 8  | 72.667            | 9.083            |       |            |
| Total                       | 11 | 951.667           |                  |       |            |
- b) El efecto de la interacción oculta el efecto de la velocidad de corte;
- c)  $f_{\text{geometría de la herramienta}=1} = 16.51$  y valor  $P = 0.0036$ ;
- d)  $f_{\text{geometría de la herramienta}=2} = 5.94$  y valor  $P = 0.0407$ .

**14.11 a)**

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$f$	$P$
Método	1	0.000104	0.000104	6.57	0.0226
Laboratorio	6	0.008058	0.001343	84.70	< 0.0001
Interacción	6	0.000198	0.000033	2.08	0.1215
Error	14	0.000222	0.000016		
Total	27	0.008582			

- b) La interacción no es significativa;  
 c) Ambos efectos principales son significativos;  
 e)  $f_{\text{laboratorio}=1} = 0.01576$  y valor  $P = 0.9019$ ; no hay diferencia significativa entre los métodos en el laboratorio 1;  
 $f_{\text{geometría de la herramienta}=2} = 9.081$  y valor  $P = 0.0093$ .

**14.13 b)**

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$f$	$P$
Tiempo	1	0.060208	0.060208	157.07	< 0.0001
Tratamiento	1	0.060208	0.060208	157.07	< 0.0001
Interacción	1	0.000008	0.000008	.02	0.8864
Error	8	0.003067	0.000383		
Total	11	0.123492			

- c) Tanto el tiempo como el tratamiento influyen significativamente en la absorción del magnesio, aunque no existe interacción significativa entre ambos.  
 d)  $Y = \mu + \beta_T \text{Tiempo} + \beta_Z Z + \beta_{TZ} \text{Tiempo } Z + \epsilon$ , donde  $Z = 1$  cuando el tratamiento = 1 y  $Z = 0$  cuando el tratamiento = 2;  
 e)  $f = 0.02$  con valor  $P = 0.8864$ ; la interacción en el modelo no es significativa.

**14.15 a)** La interacción es significativa al nivel de 0.05, con un valor  $P$  de 0.0166.

b) Ambos efectos principales son significativos.

**14.17 a)**  $AB: f = 3.83$ ; significativo;

$AC: f = 3.79$ ; significativo;

$BC: f = 1.31$ ; no es significativo;

$ABC: f = 1.63$ ; no es significativo;

b)  $A: f = 0.54$ ; no es significativo;

$B: f = 6.85$ ; significativo;

$C: f = 2.15$ ; no es significativo;

c) La presencia de la interacción  $AC$  enmascara el efecto principal  $C$ .

**14.19 a)** Esfuerzo cortante:  $f = 45.96$  con valor  $P < 0.0001$ ;

Recubrimiento:  $f = 0.05$  con valor  $P = 0.8299$ ;

Humedad:  $f = 2.13$  con valor  $P = 0.1257$ ;

recubrimiento  $\times$  humedad:  $f = 3.41$  con valor  $P = 0.0385$ ;

recubrimiento  $\times$  esfuerzo cortante:  $f = 0.08$  con valor  $P = 0.9277$ ;

humedad  $\times$  esfuerzo cortante:  $f = 3.15$  con valor  $P = 0.0192$ ;

recubrimiento  $\times$  humedad  $\times$  esfuerzo cortante:  $f = 1.93$  con valor  $P = 0.1138$ .

b) La mejor combinación parece ser sin recubrimiento, humedad media y nivel de esfuerzo cortante de 20.

**14.21**

Efecto	$f$	$P$
Temperatura	14.22	< 0.0001
Superficie	6.70	0.0020
HRC	1.67	0.1954
T $\times$ S	5.50	0.0006
T $\times$ HRC	2.69	0.0369
S $\times$ HRC	5.41	0.0007
T $\times$ S $\times$ HRC	3.02	0.0051

**14.23 a)** Sí; marca  $\times$  tipo; marca  $\times$  temperatura;

b) sí;

c) marca Y, detergente en polvo, alta temperatura.

**14.25 a)**

Efecto	$f$	$P$
Tiempo	543.53	< 0.0001
Temperatura	209.79	< 0.0001
Solvente	4.97	0.0457
Tiempo $\times$ temperatura	2.66	0.1103
Tiempo $\times$ solvente	2.04	0.1723
Temperatura $\times$ solvente	0.03	0.8558
Tiempo $\times$ temperatura $\times$ solvente	6.22	0.0140

Aunque las tres interacciones bilaterales son insignificantes podrían estar enmascaradas por la interacción trilateral significativa.

**14.27 a)**  $f = 1.49$ ; no hay interacción significativa;

b)  $f(\text{operadores}) = 12.45$ ; significativo;

$f(\text{filtros}) = 8.39$ ; significativo;

c)  $\hat{\sigma}_\alpha^2 = 0.1777$  (filtros);

$\hat{\sigma}_\beta^2 = 0.3516$  (operadores);

$s^2 = 0.185$

**14.29 a)**  $\hat{\sigma}_\beta^2, \hat{\sigma}_\gamma^2, \hat{\sigma}_{\alpha\gamma}^2$  son significativos;

b)  $\hat{\sigma}_\gamma^2$  y  $\hat{\sigma}_{\alpha\gamma}^2$  son significativos

**14.31 a)** Modelo combinado;

- b) Material:  $f = 47.42$  con valor  $P < 0.0001$ ;  
 marca:  $f = 1.73$  con valor  $P = 0.2875$ ;  
 material  $\times$  marca:  $f = 16.06$  con valor  $P = 0.0004$ ;  
 c) no

## Capítulo 15

15.1  $B$  y  $C$  son significativos al nivel 0.05

15.3 Los factores  $A$ ,  $B$  y  $C$  tienen efectos negativos sobre el compuesto de fósforo y el factor  $D$  tiene un efecto positivo. Sin embargo, la interpretación del efecto de los factores individuales debería implicar el uso de las gráficas de interacción.

15.5 Efectos significativos:

$A: f = 9.98$ ;  $BC: f = 19.03$ .

Efectos insignificantes:

$B: f = 0.20$ ;  $C: f = 6.54$ ;  $D: f = 0.02$ ;  $AB: f = 1.83$ ;

$AC: f = 0.20$ ;  $AD: f = 0.57$ ;  $BD: f = 1.83$ ;

$CD: f = 0.02$ . Como la interacción  $BC$  es significativa, se investigaría más sobre  $B$  y sobre  $C$ .

15.9 a)  $b_A = 5.5$ ,  $b_B = -3.25$  y  $b_{AB} = 2.5$ ;

b) Los valores de los coeficientes son de la mitad de los efectos;

c)  $t_A = 5.99$  con valor  $P = 0.0039$ ;

$t_B = -3.54$  con valor  $P = 0.0241$ ;

$t_{AB} = 2.72$  con valor  $P = 0.0529$ ;

$t_2 = F$ .

15.11 a)  $A = -0.8750$ ,  $B = 5.8750$ ,  $C = 9.6250$ ,  
 $AB = -3.3750$ ,  $AC = -9.6250$ ,  $BC = 0.1250$   
 y  $ABC = -1.1250$ ;

$B$ ,  $C$ ,  $AB$  y  $AC$  parecen importantes con base en sus magnitudes.

b) Efectos	Valor $P$
$A$	0.7528
$B$	0.0600
$C$	0.0071
$AB$	0.2440
$AC$	0.0071
$BC$	0.9640
$ABC$	0.6861

c) Sí;

d) A un nivel alto de  $A$ ,  $C$  esencialmente no tiene efecto. A un nivel bajo de  $A$ ,  $C$  tiene un efecto positivo.

15.13 a)

Máquina			
1	2	3	4
(1)	$c$	$a$	$ac$
$ab$	$d$	$b$	$ad$
$cd$	$e$	$acd$	$ae$
$ce$	$abc$	$ace$	$bc$
$de$	$abd$	$ade$	$bd$
$abcd$	$abe$	$bcd$	$be$
$abce$	$cde$	$bce$	$acde$
$abde$	$abcde$	$bde$	$bcde$

b)  $ABD$ ,  $CDE$ ,  $ABCDE$  (un posible diseño)

15.15 a)  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_1x_2$  y  $x_1x_3$ ;

b) Curvatura: valor  $P = 0.0038$ ;

c) Un punto de diseño adicional diferente de los originales.

15.17  $(0, -1)$ ,  $(0, 1)$ ,  $(-1, 0)$ ,  $(1, 0)$  podría utilizarse.

15.19 a) Con  $BCD$  como el contraste de definición, el bloque principal contiene  $(1)$ ,  $a$ ,  $bc$ ,  $abc$ ,  $bd$ ,  $abd$ ,  $cd$ ,  $acd$ ;

b) Bloque 1 Bloque 2

(1)	$a$
$bc$	$abc$
$abd$	$bd$
$acd$	$cd$

confundido por  $ABC$ ;

c) El contraste de definición  $BCD$  produce los siguientes alias:  $A \equiv ABCD$ ,  $B \equiv CD$ ,  $C \equiv BD$ ,  $D \equiv BC$ ,  $AB \equiv ACD$ ,  $AC \equiv ABD$  y  $AD \equiv ABC$ . Puesto que  $AD$  y  $ABC$  están confundidos con los bloques sólo hay dos grados de libertad para el error en las interacciones no confundidas.

Fuente de variación	Grado de libertad
$A$	1
$B$	1
$C$	1
$D$	1
Bloques	1
Error	2
Total	7

15.21 a) Con el contraste de definición  $ABCE$  y  $ABDF$  el bloque principal contiene  $(1)$ ,  $ab$ ,  $acd$ ,  $bcd$ ,  $ce$ ,  $abce$ ,  $ade$ ,  $bde$ ,  $acf$ ,  $bcf$ ,  $df$ ,  $abdf$ ,  $aef$ ,  $bef$ ,  $cdef$ ,  $abcdef$ ;

- b)  $A \equiv BCE \equiv BDF \equiv ACDEF$ ,  
 $AD \equiv BCDE \equiv BF \equiv ACEF$ ,  
 $B \equiv ACE \equiv ADF \equiv BCDEF$ ,  
 $AE \equiv BC \equiv BDEF \equiv ACDF$ ,  
 $C \equiv ABE \equiv ABCDF \equiv DEF$ ,  
 $AF \equiv BCEF \equiv BD \equiv ACDE$ ,  
 $D \equiv ABCDE \equiv ABF \equiv CEF$ ,  
 $CE \equiv AB \equiv ABCDEF \equiv DF$ ,  
 $E \equiv ABC \equiv ABDEF \equiv CDF$ ,  
 $DE \equiv ABCD \equiv ABEF \equiv CF$ ,  
 $F \equiv ABCEF \equiv ABD \equiv CDE$ ,  
 $BCD \equiv ADE \equiv ACF \equiv BEF$ ,  
 $AB \equiv CE \equiv DF \equiv ABCDEF$ ,  
 $BCF \equiv AEF \equiv ACD \equiv BDE$ ,  
 $AC \equiv BE \equiv BCDF \equiv ADEF$ ;

Fuente de variación	Grados de libertad
A	1
B	1
C	1
D	1
E	1
F	1
AB	1
AC	1
AD	1
BC	1
BD	1
CD	1
CF	1
Error	2
Total	15

15.23 Fuente	gl	SC	CM	f	P
A	1	6.1250	6.1250	5.81	0.0949
B	1	0.6050	0.6050	0.57	0.5036
C	1	4.8050	4.8050	4.56	0.1223
D	1	0.2450	0.2450	0.23	0.6626
Error	3	3.1600	1.0533		
Total	7	14.9400			

15.25 Fuente	gl	SC	CM	f	P
A	1	388,129.00	388,129.00	3585.49	0.0001
B	1	277,202.25	277,202.25	2560.76	0.0001
C	1	4692.25	4692.25	43.35	0.0006
D	1	9702.25	9702.25	89.63	0.0001
E	1	1806.25	1806.25	16.69	0.0065
AD	1	1406.25	1406.25	12.99	0.0113
AE	1	462.25	462.25	4.27	0.0843
BD	1	1156.00	1156.00	10.68	0.0171
BE	1	961.00	961.00	8.88	0.0247
Error	6	649.50	108.25		
Total	15	686,167.00			

Todos los efectos principales son significativos al nivel 0.05;  $AD$ ,  $BD$  y  $BE$  son también significativos al nivel 0.05.

- 15.27 El bloque principal contiene  $af$ ,  $be$ ,  $cd$ ,  $abd$ ,  $ace$ ,  $bcd$ ,  $def$ ,  $abcdef$ .

- 15.29  $A \equiv BD \equiv CE \equiv CDF \equiv BEF \equiv ABCF \equiv ADEF \equiv ABCDE$ ;  
 $B \equiv AD \equiv CF \equiv CDE \equiv AEF \equiv ABCE \equiv BDEF \equiv ABCDF$ ;  
 $C \equiv AE \equiv BF \equiv BDE \equiv ADF \equiv CDEF \equiv ABCD \equiv ABCEF$ ;  
 $D \equiv AB \equiv EF \equiv BCE \equiv ACF \equiv BCDF \equiv ACDE \equiv ABDEF$ ;  
 $E \equiv AC \equiv DF \equiv ABF \equiv BCD \equiv ABDE \equiv BCEF \equiv ACDEF$ ;  
 $F \equiv BC \equiv DE \equiv ACD \equiv ABE \equiv ACEF \equiv ABDF \equiv BCDEF$ .

- 15.31  $x_1 = 1$  y  $x_2 = 1$

- 15.33 a) Sí;  
 b) i)  $E(\hat{y}) = 79.00 + 5.281A$ ;  
 ii)  $\text{Var}(\hat{y}) = 6.22^2 \sigma_z^2 + 5.70^2 A^2 \sigma_z^2 + 2(6.22)(5.70)A \sigma_z^2$ ;  
 c) velocidad a bajo nivel;  
 d) velocidad a bajo nivel;  
 e) sí

- 15.35  $\hat{y} = 12.7519 + 4.7194x_1 + 0.8656x_2 - 1.4156x_3$ ;  
 las unidades están centradas y a escala; prueba de falta de ajuste,  $F = 81.58$ , con valor  $P < 0.0001$ .

- 15.37  $AFG$ ,  $BEG$ ,  $CDG$ ,  $DEF$ ,  $CEFG$ ,  $BDFG$ ,  $BCDE$ ,  $ADEG$ ,  $ACDF$ ,  $ABEF$  y  $ABCDEFGF$ .

## Capítulo 16

- 16.1  $x = 7$  con valor  $P = 0.1719$ ; no rechace  $H_0$ .

- 16.3  $x = 3$  con valor  $P = 0.0244$ ; rechace  $H_0$ .

- 16.5  $x = 4$  con valor  $P = 0.3770$ ; no rechace  $H_0$ .

- 16.7  $x = 4$  con valor  $P = 0.1335$ ; no rechace  $H_0$ .

- 16.9  $w = 43$ ; no rechace  $H_0$ .

- 16.11  $w_+ = 17.5$ ; no rechace  $H_0$ .

- 16.13  $w_+ = 15$  con  $n = 13$ ; rechace  $H_0$  a favor de  $\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2 < 8$ .

- 16.15**  $u_1 = 4$ ; la afirmación no es válida
- 16.17**  $u_2 = 5$ ; A opera durante más tiempo.
- 16.19**  $u = 15$ ; no rechace  $H_0$ .
- 16.21**  $h = 10.58$ ; los tiempos de operación son diferentes.
- 16.23**  $v = 7$  con valor  $P = 0.910$ ; muestra aleatoria.
- 16.25**  $v = 6$  con valor  $P = 0.044$ ; no rechace  $H_0$ .
- 16.27**  $v = 4$ ; muestra aleatoria.
- 16.29** 0.70
- 16.31** 0.995
- 16.33** a)  $r_s = 0.39$ ; b) no rechace  $H_0$ .
- 16.35** a)  $r_s = 0.72$ ; b) rechace  $H_0$ , de manera que  $\rho > 0$ .

- 16.37** a)  $r_s = 0.71$ ; b) rechace  $H_0$ , de manera que  $\rho > 0$ .

## Capítulo 18

- 18.1**  $p^* = 0.173$
- 18.3** a)  $\pi(p|x = 1) = 40p(1 - p)^3/0.2844$ ;  $0.05 < p < 0.15$ ;  
b)  $p^* = 0.106$
- 18.5** a)  $\text{beta}(95, 45)$ ; b) 1
- 18.7**  $8.077 < \mu < 8.692$
- 18.9** a) 0.2509; b)  $68.71 < \mu < 71.69$ ; c) 0.0174
- 18.13**  $p^* = \frac{6}{x+2}$
- 18.15** 2.21



# Índice analítico

## A

- Análisis de varianza (ANOVA), 254, 507
  - de dos factores, 565
  - de tres factores, 579
  - de un factor, 509
    - comparación de, 520
    - contraste de, 520
    - de un solo grado de libertad, 520
    - efecto del tratamiento, 510
    - media grande, 510
    - suma de cuadrados de los contrastes, 521
    - tratamiento, 509
  - tabla de, 415
- Aplicaciones bayesianas, 710
- Aproximación
  - de binomial a hipergeométrica, 155
  - de grados de libertad de Satterthwaite, 289
  - de normal a binomial, 187, 188
  - de Poisson a binomial, 163

## B

- Bernoulli
  - ensayo de, 144
  - proceso de, 144
  - variable aleatoria, 83
- Bloques, 509

## C

- Cadena Markov de Monte Carlo, 710
- Coeficiente
  - de confianza, 269
  - de correlación, 125, 431
    - de la población, 432
    - de rangos, 675
    - muestral, 432
  - producto-momento de Pearson, 432

- de determinación, 407, 433, 462
  - ajustado, 464
  - de variación, 471

Combinación, 50

Complemento de un evento, 39

Confianza

- coeficiente de, 269
- grado de, 269
- límites, 269, 271

Contrastes ortogonales, 522

Control de calidad, 681

- dentro de control, 682
- fuera de control, 682
- gráfica, 681, 682
- límites del, 683

Corrección de continuidad, 190

Covarianza, 119, 123

Cuadrado(s)

- medio(s), 415
- del error, 284
- esperados, 548

Cuantiles, 255

Curva característica de operación, 335

## D

Datos históricos, 30

Desviación, 120

- estándar, 120, 122, 135
- muestral, 15, 16

Diagrama(s)

- de árbol, 36
- de dispersión, 3
- de Venn, 40

Diseño

- central compuesto, 640
- completamente aleatorizado, 8, 509
- de bloques completos aleatorizado, 533

- de experimento
  - central compuesto, 640
  - completamente aleatorizado, 532
  - contraste en el, 599
  - de bloques, 532
  - de bloques aleatorizados, 533
  - factor de ruido, 644
  - factores de control, 644
  - factorial fraccionario, 598, 612, 626, 627
  - ortogonal, 617
  - relación de definición, 627
  - resolución, 637
- Distribución, 23
  - beta, 201
  - binomial, 104, 143-145, 153, 155, 175, 188
    - negativa, 143, 158-60
    - media de la, 147
    - varianza de la, 147
  - chi cuadrada, 200
  - condicional, 99
    - conjunta, 103
  - continua
    - beta, 201
    - chi cuadrada, 200
    - de Weibull, 203, 204
    - exponencial, 195
    - gamma, 195
    - logarítmica normal, 201
    - normal, 172
    - uniforme, 171
  - de Erlang, 206-207
  - de muestreo, 232
    - de la media, 233
  - de Poisson, 143, 161, 162
    - media de la, 162
    - varianza de la, 162
  - de probabilidad, 84
    - condicional, 99
    - conjunta, 94, 95, 102
    - continua, 87
    - discreta, 84
    - marginal, 97
    - media de la, 111
    - varianza de la, 119
  - de razón de varianza, 253
  - de Weibull, 203
  - función de distribución acumulativa
    - para, 204
    - media de la, 203
    - tasa de fallas de, 204, 205
    - varianza de la, 203
  - discreta
    - binomial, 143, 144, 158, 159
    - de Poisson, 161, 162
    - geométrica, 158, 160
    - hipergeométrica, 152, 153
    - multinomial, 143, 149
  - empírica, 254
  - exponencial, 104, 194, 195
    - media de la, 196
    - negativa, 196
    - propiedad de falta de memoria de, 197
    - relación con el proceso de Poisson, 196
    - varianza de la, 196
  - $F$ , 251-254
  - gamma, 194-195
    - media de la, 196
    - relación con el proceso de Poisson, 196
    - varianza de la, 196
  - gaussiana, 19, 172
  - geométrica, 143, 158, 160
    - media de la, 160
    - varianza de la, 160
  - hipergeométrica, 152-154, 175
    - media de la, 154
    - multivariada, 156
    - varianza de la, 154
  - hipergeométrica multivariada, 156
  - logarítmica normal, 201
    - media de la, 202
    - varianza de la, 202
  - marginal, 97, 101, 102
    - conjunta, 103
  - multinomial, 143, 149
  - normal, 19, 172, 173, 188
    - bivariada, 431
    - curva normal, 172-175
    - desviación estándar de la, 175
    - estándar, 177
    - media de la, 175
    - varianza de la, 175
  - posterior, 711
  - previa, 710



- rectangular, 171
- sesgada, 23
- simétrica, 23
- $t$ , 246-250
- uniforme, 171
  - continua, 171

## E

Ecuaciones normales para la regresión lineal, 444

Efecto de enmascaramiento, 563

Eliminación hacia atrás, 479

Error(es)

- en la estimación de la media, 272
- estándar de la media, 277
- experimental, 509
- suma de cuadrados del, 402
- tipo I, 322
- tipo II, 323

Espacio muestral, 35

- continuo, 83
- discreto, 83
- partición del, 57

Esperanza matemática, 111, 112, 115

Estadística

- descriptiva, 3, 9
- inferencial, 1

Estadístico, 228

- $C_p$ , 491
- de prueba, 322

Estimación, 12, 142, 266

- de dos proporciones, 300
- de la diferencia de dos medias muestrales, 285
- de la probabilidad máxima, 307, 308, 312
- de la proporción de varianzas, 305
- de observaciones en pares, 291
- de proporciones, 296
- de una sola varianza, 303

Estimación de máxima verosimilitud, 307, 308, 710

- residual, 550
- restringida, 550

Estimado(s), 12

- agrupado de la varianza, 287
- bayesianos, 717
  - bajo la pérdida de error absoluto, 718

- bajo la pérdida del cuadrado del error, 717

- de una sola media, 269

- del intervalo, 268

- bayesiano, 715

- puntual, 266, 268

- error estándar, 276

Estimador, 266

- de probabilidad máxima, 308-310

- eficiente, 267

- insesgado, 266, 267

- método de momentos, 314, 315

- puntual, 266, 268

Estudio

- observacional, 3, 29

- retrospectivo, 30

Evento(s), 38

- mutuamente excluyentes, 40

Experimento

- binomial negativo, 158

- de efectos aleatorios

- componentes de la varianza, 549

- de efectos fijos, 547

- de Poisson, 161

- factorial, 561

- ANOVA de los factores, 565

- ANOVA de tres factores, 579

- cuadrados medios agrupados, 583

- efectos aleatorios, 589

- efectos de enmascaramiento, 563

- efectos principales, 562

- en bloques, 583

- factor, 507

- interacción, 562

- modelo mixto, 591

- nivel, 507

- tratamiento, 507

- factorial  $2^k$ , 597

- ajuste de regresión, 612

- alias, 628

- corridas centrales, 620

- diseño ortogonal, 617

- diseños de Plackett-Burman, 638

- factorial fraccionario, 626

- filtrado de factores, 598

- generación del diseño, 627

- gráficas de diagnóstico, 604

relación definitoria, 627  
 resolución, 637

## F

Factor, 28, 507  
 Factorial, 47  
 Falta de ajuste, 418  
 Frecuencia relativa, 22, 31, 111  
 Función(es)  
   de densidad de probabilidad, 88, 89  
     conjunta, 96  
   de distribución acumulativa, 85, 90  
   de masa de probabilidad, 84  
     conjunta, 95  
   de pérdida  
     del cuadrado del error, 717  
     del error absoluto, 718  
   de probabilidad, 84, 308  
   gamma, 194  
     incompleta, 199  
   generadoras de momentos, 218

## G

Grados de libertad, 15, 16, 200, 244, 246  
   aproximación de Satterthwaite de, 289  
 Gráfica(s)  
   de caja, 3, 24, 25  
   de control  
     de atributos, 697  
     de variables, 684  
     gráfica cusum, 705  
     *p*, 697  
     *R*, 688  
     *S*, 695  
     *U*, 704  
      $\bar{X}$ , 686  
   de cuantiles, 254, 255  
     cuantiles normales, 256, 257  
   de probabilidad, 254  
     normal, 254  
   de puntos, 3, 8, 32  
   de tallo y hojas, 3, 21, 22, 31  
   *p*, 697  
   *R*, 688  
   *S*, 695  
   *U*, 704

$\bar{X}$ , 686  
   función característica de operación, 691

## H

Hipótesis, 320  
   alternativa, 320  
   estadística, 319  
   nula, 320  
   prueba de, 320, 321  
 Histograma(s), 22  
   de probabilidad, 86

## I

Independencia, 62, 65, 67, 68  
   estadística, 101-103  
 Inferencia  
   bayesiana, 710  
   estadística, 3, 225, 265  
 Interacción, 28, 562  
 Intersección de eventos, 39  
 Intervalo  
   bayesiano, 715  
     posterior, 317  
   de confianza, 269, 270, 281, 317  
   de una muestra grande, 276  
   interpretación de, 289  
   para el cociente de las desviaciones  
     estándar, 306  
   para el cociente de las varianzas, 306  
   para la desviación estándar, 304  
   para la diferencia de dos medias,  
     285-288, 290  
   para la diferencia de dos proporciones,  
     300, 301  
   para observaciones en pares, 293  
   para una sola media, 269-272, 275  
     unilateral, 273  
   para una sola proporción, 297  
   para una sola varianza, 304  
   de predicción, 277, 278, 281  
     para una observación futura, 278, 279  
     unilateral, 279  
   de tolerancia, 280, 281  
   posterior bayesiano, 317

**J**

Jacobiano, de la transformación, 213

**L**

Límite(s)

de confianza unilateral, 273

de tolerancia, 280

del método no paramétrico, 674

unilaterales, 281

**M**

Media, 19, 111, 112, 114, 115

muestral, 111

poblacional, 12, 16

recortada, 12

Método(s)

de distribución libre, 655

de la regla, 37

de mínimos cuadrados, 394, 396

no paramétricos, 655

límites de tolerancia, 674

prueba de Kruskal-Wallis, 668

prueba de la suma de rangos de Wilcoxon, 665

prueba de rachas, 671

prueba de rango con signo, 660

prueba del signo, 656

Metodología bayesiana, 265, 709

Metodología de respuesta superficial, 447, 639, 640

factor(es)

de control, 644

de ruido, 644

modelo de segundo orden, 640

Moda, 713

distribución normal, 174

Modelo

de efectos aleatorios, 547, 548

lineal, 133

Momentos, 218

Muestra, 1, 2, 225, 226

aleatoria, 227

simple, 7

desviación estándar de la, 3, 15, 16, 30, 31, 229, 230

media de la, 3, 11, 12, 19, 30-32, 225, 228

mediana de la, 3, 11, 12, 30, 31, 228

moda de la, 228

rango de la, 15, 30, 31, 229

sesgada, 7

tamaño de la, 7

varianza de la, 15, 16, 30, 225, 229

Muestreo

aleatorio, 225

de aceptación, 153

Multicolinealidad, 476

**N**

Nivel

de calidad aceptable, 705

de calidad rechazable, 705

de significancia, 323, 332

**O**

Observaciones en pares, 291

**P**

Parámetro(s), 12, 142

de distribución, 104

de la población, 16, 104

Permutación, 47

circular, 49

Perspectiva

bayesiana, 710

condicional, 710

Población, 2, 4, 225, 226

media de la, 226

parámetro de la, 16, 104

tamaño de la, 226

varianza de la, 226

Potencia de una prueba, 329

Predictor lineal, 498

Probabilidad, 35, 52, 53

condicional, 62-66, 68, 75, 76

de cobertura, 715

de un evento, 52

frecuencia relativa, 55, 709

función de masa, 84

indiferencia, 55, 709

método subjetivo, 709, 710

regla aditiva, 56

- subjetiva, 709, 710
  - total, 72, 73
- Proceso de Poisson, 161, 196
  - relación con la distribución gamma, 196
- Promedio, 111
- Prueba(s)
  - de Bartlett, 516
  - de bondad de ajuste, 210, 255, 317, 370, 371
  - de Cochran, 518
  - de comparación múltiple, 523
    - de Duncan, 527
    - de Dunnett, 528
    - de Tukey, 526
    - tasa de error por experimento-familia, 525
  - de Duncan de rango múltiple, 527
  - de Dunnett, 528
  - de hipótesis, 19, 266, 319
    - bondad de ajuste, 210, 255, 370, 371
    - de dos colas, 330
    - de una cola, 330
    - dos medias con varianza desconocidas pero iguales, 343
    - dos medias con varianzas desconocidas y desiguales, 345
    - dos varianzas, 366
    - estadísticos de prueba, 326
    - $F$  parcial, 466
    - observaciones en pares, 345
    - propiedades importantes, 329
    - prueba de homogeneidad, 376
    - prueba de independencia, 373
    - prueba de varias proporciones, 377
    - región crítica, 322
    - selección del tamaño de la muestra, 349, 352
    - sobre dos medias, 342
    - tamaño de prueba, 323
    - una sola muestra, 336
    - una sola muestra, varianza conocida, 336
    - una sola muestra, varianza desconocida, 340
    - una sola proporción, 360
    - una sola varianza, 366
    - valor crítico, 322
    - valor  $P$ , 331, 333
  - de Kruskal-Wallis, 668
  - de la suma de rangos de Wilcoxon, 665
  - de rachas, 671
  - de rango con signo, 660
  - de Tukey, 526
  - del signo, 656
  - $F$  parcial, 466
  - para la igualdad de varianzas, 516
    - de Bartlett, 516
    - de Cochran, 518
  - sobre una sola proporción, 360
- Puntos de inflexión, distribución normal, 174
- R**
- $R^2$ , 407, 462
  - ajustada, 464
- Rango intercuartilar, 24, 25
- Regla
  - aditiva, 56
  - de Bayes, 72, 75
  - de eliminación, 73-75
  - de la multiplicación, 44
  - del producto, 65
  - multiplicativa, 65
- Regresión, 20
- Regresión lineal
  - a través del origen, 413
  - ANOVA, 414
  - coeficiente de determinación, 407
  - coeficiente de regresión, 392
  - correlación, 430
  - cuadrados medios, 394
  - ecuación normal, 396
  - error aleatorio, 391
  - error experimental puro, 419
  - falta de ajuste de la, 418
  - intervalo de predicción, 410, 411
  - línea ajustada, 392
  - modelo
    - empírico, 391
    - estadístico, 391
  - múltiple, 390, 443
    - ANOVA, 455
    - ecuaciones normales, 444
    - inferencia, 455
    - matriz de varianza-covarianza, 453
    - matriz TESTADA, 483
    - multicolinealidad, 476

- polinomial, 446
- $R^2$  ajustada, 464
- residuales estudentizados, 483
- residuales  $R$  de Student, 483
- selección de variables, 456
- suma de cuadrados de regresión, 460
- suma de cuadrados del error, 460
- valor extremo, 484
- variables ortogonales, 467
- predicción, 408
- prueba de linealidad, 416
- regresor, 389
- residual, 395
- respuesta media, 394, 409
- selección del modelo, 476, 487
- simple, 389, 390
- sobreajuste, 408
- suma
  - de cuadrados de la regresión, 461
  - de cuadrados del error, 415
  - de cuadrados total, 414
- transformación de datos, 424
- valor ajustado, 416
- variable
  - categorica, 472
  - dependiente, 389
  - independiente, 389
- Regresión logística, 497
  - dosis eficaz, 500
  - razón de probabilidad, 500
- Regresión no lineal, 496
  - datos de conteo, 497
  - logística, 497
  - respuesta binaria, 497
- Regresión polinomial, 443, 446
- Regresión por etapas, 479
- Residual, 395, 427

## S

### Selección

- del modelo, 476
  - eliminación hacia atrás, 480
  - estadístico  $C_p$ , 491
  - métodos secuenciales, 476
  - PRESS, 487, 488
  - regresión por etapas, 480

- selección hacia adelante, 479
- hacia adelante, 479
- Sesgo, 227
- Suma de cuadrados
  - de predicción, 487, 488
  - del error, 402, 415
  - falta de ajuste, 419
  - identidad, 510, 536, 567
  - regresión, 415
  - total, 407
  - tratamiento, 511, 522, 536
- Superficie de respuesta, 642, 648
  - diseño de parámetro robusto, 644

## T

- Tabla de contingencia, 373
  - frecuencia marginal, 374
- Tamaño de la muestra, 7
  - en la estimación
    - de una media, 272
    - de una proporción, 298
  - en la prueba de hipótesis, 351
- Tasa
  - de error por experimento-familia, 525
  - de fallas, 204, 205
- Teorema
  - de Chebyshev, 135-137, 148, 155, 180, 186
  - del límite central, 233, 234, 238
- Transformación de variables
  - continuas, 213, 214
  - discretas, 212
- Tratamiento
  - efecto negativo del, 563
  - efecto positivo del, 563

## U

- Unidad experimental, 9, 286, 292, 562
- Unión de eventos, 40

## V

- Validación cruzada, 487
- Valor(es)
  - esperado, 112-115
  - extremo, 24, 279, 484

- $P$ , 4, 109, 331-333
- Variabilidad, 8, 9, 14-16, 119, 135, 228, 251, 253
  - entre/dentro de muestras, 253, 254
- Variable
  - aleatoria, 81
    - binomial, 144, 147, 158
    - continua, 84
    - chi cuadrada, 244
    - de Bernoulli, 83, 147
    - de Poisson, 161, 162
    - discreta, 83, 84
    - función no lineal de la, 133
    - hipergeométrica, 143, 153
    - media de la, 111, 114
    - multinomial, 149
    - normal, 173
    - transformación, 211
    - uniforme continua, 171
    - uniforme discreta, 150
    - varianza de la, 119, 122
  - categorica, 472
  - ficticia, 472
  - indicadora, 472
  - ortogonales, 467
- Varianza, 119, 120, 122
  - muestral, 16
    - agrupada, 287
  - poblacional, 16



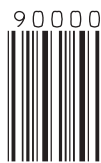
Al elaborar la novena edición de esta obra, el interés principal de los autores no fue tan sólo incluir material nuevo, sino brindar claridad y una mejor exposición, así como conservar el equilibrio entre la teoría y las aplicaciones.

Con la finalidad de motivar al estudiante, muchos ejercicios se refieren a aplicaciones científicas y de ingeniería en la vida real. En varios capítulos se agregaron proyectos para la clase y más estudios de caso, con el fin de ayudar a los usuarios a entender los métodos estadísticos que se presentan en el contexto de una situación cotidiana. Para lograr que los estudiantes adquieran experiencia en la lectura e interpretación de listas de resultados y gráficas por computadora, los estudios de caso muestran impresiones de listas de resultados por computadora y material gráfico generado con los programas SAS y MINITAB. En algunas situaciones, los ejemplos y los estudios de caso se complementan con diversos tipos de gráficas residuales, cuantilares, de probabilidad normal y de otros tipos.

Todos los conjuntos de datos asociados con los ejercicios  
están disponibles para descargar del sitio Web  
<http://www.pearsonenespañol.com/walpole>

Visítenos en:  
[www.pearsonenespañol.com](http://www.pearsonenespañol.com)

ISBN 978 607-32-1417-9



9 786073 214179