

**BIOESTADÍSTICA
INFERENCIAL Y
MULTIVARIADA**

RIGUROSAMENTE SENCILLA

GERARDO ARDILA DUARTE
SANDRA ELIZABETH AGUILERA ROJAS

Ardila Duarte, Gerardo, autor

Bioestadística inferencial y multivariada : rigurosamente sencilla / Gerardo Ardila Duarte -Sandra Elizabeth Aguilera Rojas -- Primera edición -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2022
271 páginas. -- (Ciencias básicas. Estadística)

Incluye datos curriculares del autor -- Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-503-400-6 -- 978-958-503-401-3 (e-book)

1. Estadística vital - Procesamiento de datos - Problemas, ejercicios, etc. 2.
Probabilidades - Procesamiento de datos - Problemas, ejercicios, etc.

CDD: 570.151950285 ed. 23

CO-BoBN - a1097189



Área: Ciencias básicas

Subárea: Estadística

ECOE
EDICIONES

© Gerardo Ardila Duarte
© Sandra Elizabeth Aguilera Rojas

► Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, enero del 2023

ISBN: 978-958-503-400-6
e-ISBN: 978-958-503-401-3

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Corrección de estilo: Andrés Caro
Diagramación: Magda Rocío Barrero
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Multi-impresos S.A.S.
Calle 76 # 24 – 37
Bogotá D.C. Colombia

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

CONTENIDO

CAPÍTULO 6. DISTRIBUCIONES MUESTRALES.....	1
6.1. El valor P y los intervalos de confianza.....	2
6.1.1. Resumen	2
6.1.2. Introducción.....	2
6.1.3. Cálculo y aplicación	3
6.1.4. Distribuciones muestrales	7
6.2. Introducción	7
6.3. Distribuciones muestrales.....	7
6.3.1. Media de medias muestrales	9
6.3.2. Varianza y error estándar de medias muestrales	9
6.3.3. Definición: el error estándar de la distribución muestral de las medias.....	9
6.3.4. Impacto del tamaño de la muestra en el error estándar	10
6.3.5. Ejemplo 1	10
6.3.6. Ejercicio.....	10
6.4. Teorema central del límite.....	11
6.4.1. Teorema central del límite	11
6.5. La transformación de Box Cox.....	11
6.6. Aplicación de la distribución muestral.....	15
6.7. Ejemplo 2.....	15
6.7.1. Distribución de proporciones muestrales	17
6.8. Métodos de muestreo	22
6.8.1. Muestreo Aleatorio Simple (MAS).....	22
6.8.2. Muestreo Aleatorio Simple Sistemático (MASS).....	23
6.8.3. Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE).....	23

6.8.4. Muestreo aleatorio por conglomerados.....	23
6.8.5. Muestreo aleatorio por conveniencia y por conveniencia o intencional.....	24
6.8.6. Muestreo por cuotas.....	24
6.9. Apéndice.....	24
6.9.1. Propiedades avanzadas de distribuciones de probabilidad.....	24
CAPÍTULO 7. INTERVALOS DE CONFIANZA (IC) Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	27
7.1. Introducción	27
7.1.1. Fundamento de un intervalo de confianza	28
7.2. Intervalo de confianza para estimar π cuando σ es conocida	31
7.2.1. Intervalo de confianza para estimar π cuando σ es desconocida.....	32
7.3. Intervalo de confianza para la media en el caso de muestras pequeñas – la distribución t	33
7.3.1. Ejercicios.....	36
7.4. Intervalo de confianza para la proporción poblacional	37
7.4.1. Ejercicios.....	37
7.5. Control del ancho del intervalo.....	37
7.5.1. Reducción del nivel de confianza	37
7.5.2. Incremento del tamaño muestral	38
7.6. Determinación del tamaño de una muestra para estimar un parámetro	38
7.6.1. Tamaño de una muestra para estimar μ	38
7.6.2. Tamaño de una muestra para estimar π	39
7.6.3. Ejercicios.....	40
7.7. Propiedades de los estimadores.....	40
7.7.1. Estimador insesgado	40
7.7.2. Estimador eficiente.....	40
7.7.3. Estimador consistente	41
7.7.4. Estimador suficiente.....	41
CAPÍTULO 8. PRUEBA DE HIPÓTESIS	43
8.1. Introducción	43
8.2. Concepto de prueba de hipótesis	44
8.2.1. Valores críticos de z y zonas de rechazo	44
8.2.2. El nivel de significancia y probabilidad de error	45
8.3. Prueba de dos colas para μ	45
8.3.1. Ejercicios.....	46
8.4. Pruebas de una cola para μ	47
8.4.1. Ejercicios.....	49
8.5. Valores p: uso e interpretación	50
8.5.1. Valor p para una prueba de dos colas	51
8.6. Ejercicios	51
8.7. Pruebas para μ : muestras pequeñas	51
8.8. Ejercicios	54
8.9. Pruebas para π	54
8.10. Ejercicio	57
8.11. Pruebas cuando se tienen dos poblaciones.....	57
8.12. Estimación por intervalo en el caso de muestras independientes.....	57

8.12.1. Estimación con muestras grandes.....	57
8.13. Ejercicios	58
8.14. Estimación con muestras pequeñas: la distribución t.....	58
8.14.1. Ejercicios.....	61
8.15. Estimación del intervalo con muestras pareadas.....	61
8.15.1 Ejercicio	63
8.16. Intervalo de confianza para la diferencia entre dos proporciones.....	63
8.16.1. Ejercicios.....	65
8.17. Tamaño de una muestra para comparar dos poblaciones	66
8.17.1. Tamaño de una muestra para estimar $\mu_1 - \mu_2$	66
8.17.2. Tamaño de una muestra para estimar $\pi_1 - \pi_2$	67
8.18. Prueba de hipótesis para dos medias con muestras independientes.....	69
8.18.1. Prueba para muestras grandes.....	69
8.18.2. Prueba de hipótesis con muestras pequeñas suponiendo varianzas iguales pero desconocidas.....	72
8.19. Prueba de hipótesis con muestras pequeñas suponiendo varianzas diferentes pero desconocidas.....	76
8.20. Prueba de hipótesis con datos pareados.....	78
8.20.1. Ejercicios.....	81
8.21. Prueba de hipótesis para comparar al diferencia entre dos proporciones.....	81
8.21.1. Ejercicios.....	84
8.22. Comparación de la varianza de dos poblaciones	84
8.22.1. Ejercicios.....	89
CAPÍTULO 9. DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	91
9.1. ANOVA a una vía.....	93
9.2. Teorema: identidad de la suma de cuadrados	95
9.3. La prueba de Bartlett	104
9.4. La prueba de Levene	105
9.4.1. Ejercicios	109
9.5. Comparaciones con un grado de libertad.....	111
9.5.1. Ejercicios	114
9.6. Comparaciones pareadas	114
9.6.1. Prueba de Tukey	118
9.6.2. Ejercicios	120
9.6.3. Prueba de Duncan	121
9.6.4. Prueba de Bonferroni.....	121
9.6.5. Prueba de Dunnett	125
9.6.6. Ejercicios	130
9.7. Comparación de un conjunto de tratamientos en bloques.....	130
9.7.1. Diseño de bloques completos aleatorizados.....	131
9.8. Métodos gráficos y diagnósticos posteriores.....	134
9.8.1. Ejercicio.....	135
9.9. Modelos de efectos fijos y de efectos aleatorios	136
9.10. Potencia de la pruebas de ANOVA.....	137
9.11. Prueba de Welch.....	137
9.11.1. Ejercicios	138

CAPÍTULO 10. ANOVA A DOS VÍAS: DISEÑO ALEATORIZADO EN BLOQUES	141
10.1. ANOVA de dos vías con una muestra por grupo	142
10.2. Teorema: identidad de la suma de cuadrados	142
10.2.1. ANOVA II vías con varias muestras por grupo.....	148
10.3. Usando Excel	152
10.3.1. Análisis de seguimiento para ANOVA de dos factores con replicaciones (poshoc).....	157
10.3.2. Diseño en cuadrado latino	161
10.4. Experimentos de tres factores	164
CAPÍTULO 11. REGRESIÓN SIMPLE Y CORRELACIÓN.....	169
11.1. Determinación del modelo de regresión lineal simple	171
11.2. Mínimos cuadrados ordinarios: la recta de mejor ajuste.....	172
11.3. Ejemplo utilizando MCO.....	175
11.4. Supuestos del modelo de regresión lineal.....	177
11.4.1. El término de error ξ es una variable aleatoria con distribución normal.....	177
11.4.2. Varianzas iguales de los valores de la variable dependiente	177
11.4.3. Los términos de error son independientes uno del otro	177
11.4.4. Supuesto de linealidad	178
11.4.5. El término de error ξ_i es una variable aleatoria con distribución normal.....	179
11.4.6. Varianzas iguales de los valores de la variable dependiente (y)	180
11.4.7. Los términos de error son independientes uno de otro	181
11.4.8. Supuesto de linealidad	181
11.5. El error estándar de estimación: una medida de bondad de ajuste.....	181
11.5.1. Análisis de correlación.....	183
11.5.2. Ejercicios.....	184
11.5.3. Limitaciones del análisis de regresión	185
11.6. Pruebas para los parámetros poblacionales.....	185
11.6.1. Pruebas para β_1	185
11.6.2. Pruebas para el coeficiente de correlación poblacional ρ	186
11.6.3. Ejercicios.....	186
11.7. 10 intervalos de confianza en el análisis de regresión.....	186
11.7.1. La media de Y condicionada a un valor de X	187
11.7.2. Intervalo de predicción para un valor único de Y.....	188
11.7.3. Factores que influyen en el ancho del intervalo	188
11.7.4. Ejercicios.....	189
11.8. Análisis de varianza (ANOVA) en regresión.....	189
11.8.1. Ejercicios.....	194
11.9. Regresión logística binaria.....	194
11.10. Tamaño de una muestra en regresión logística.....	195
11.10.1. Ejercicios.....	196
11.10.2. Ejercicios.....	202

CAPÍTULO 12. REGRESIÓN MÚLTIPLE Y CORRELACIÓN.....	205
12.1. Introducción	205
12.2. Teorema 12,1. Estimación insesgada de la varianza	207
12.3. Un ejemplo de aplicación.....	208
12.4. Evaluación del modelo	213
12.4.1. El error estándar de estimación Se	213
12.4.2. Coeficiente de determinación múltiple	214
12.4.3. El coeficiente de determinación corregido o ajustado	215
12.4.4. Evaluación del modelo como un todo	215
12.4.5. Pruebas individuales para los coeficientes de regresión parcial.....	216
12.5. Presencia de multicolinealidad	218
12.5.1. Los problemas de la multicolinealidad	218
12.5.2. Detección de la multicolinealidad.....	218
12.5.3. Corrección de la multicolinealidad.....	220
12.5.4. Ejercicios.....	221
12.6. Comparación de los coeficientes de regresión	221
12.7. Regresión paso a paso.....	222
12.7.1. Eliminación hacia atrás.....	222
12.7.2. Selección hacia adelante	222
12.8. Variables dummy.....	222
12.8.1. Ejercicios.....	224
12.9. Un ejemplo general de regresión múltiple.....	225
12.10. El error estándar de estimación Se	234
12.11. El coeficiente de determinación múltiple y el ajustado R^2	234
12.12. Evaluación del modelo como un todo	235
12.13. Pruebas individuales para los coeficientes de regresión parcial	235
12.14. Ejercicios	235
12.15. El caso curvilíneo	236
12.15.1. Ejercicios.....	240
LECTURAS RECOMENDADAS.....	241
BIBLIOGRAFÍA	243
ACERCA DE LOS AUTORES	245

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Límites del intervalo de confianza.....	4
Figura 2.	Comparativo cambios de longitud del segundo premolar inferior derecho (Por máximos y mínimos)	5
Figura 3.	Comparativo por intervalos de confianza de la longitud 2° premolar inferior derecho	6
Figura 4.	Comparativo medias 2° premolar inferior derecho por Box-Plot	6
Figura 5.	Distribución muestral de las medias del periodo de silencio	8
Figura 6.	Análisis de normalidad datos a transformar por Box Cox.....	12
Figura 7.	Lamda y transformación de Box Cox	13
Figura 8.	Lamda en datos ordenados y transformación de Box Cox	13
Figura 9.	Normalidad en datos transformados	13
Figura 10.	Lamda que maximiza los datos transformados	14
Figura 11.	Distribución datos estandarizados	15
Figura 12.	Valor de Z correspondiente a un área 0,2382.....	20
Figura 13.	Descripción de la distribución normal para 15 muestras	31
Figura 14.	Tabla distribución T	35
Figura 15.	Estimación valores distribución T con Excel	36

Figura 16.	Selección del estadístico Z o T apropiado	36
Figura 17.	Gráfico de dos colas distribución normal	44
Figura 18.	Pasos en la regla de decisión para $H_0: \mu=2$ (Comparación contra un parámetro).....	46
Figura 19.	Valores Z a confianza del 95 %.....	47
Figura 20.	Evaluación zona de rechazo o no en una prueba de hipótesis a una cola	48
Figura 21.	Evaluación zona de rechazo a una cola.....	48
Figura 22.	Estimación del valor p usando Excel	50
Figura 23.	Prueba de cola a izquierda.....	51
Figura 24.	Tabla de distribución T. Ubicación de T con 29gl.....	52
Figura 25.	Estimación del valor T con 29gl y significancia del 5% en Excel.....	53
Figura 26.	Regla de decisión bajo la curva de distribución	55
Figura 27.	Rugosidad tres sistemas de pulimento.....	62
Figura 28.	Presencia tipo de falla por tipo de Bracket.....	65
Figura 29.	Cálculo valor de Z usando Excel	65
Figura 30.	Intervalo de confianza del 95%, para evaluación tipo de falla.	65
Figura 31.	Estadísticos y cálculo de los mismos de mediciones tomográficas y anatómicas óseas.....	67
Figura 32.	Evaluación de la prueba de hipótesis	70
Figura 33.	Cálculo valor Z en Excel	72
Figura 34.	Ubicación valor estandarizado	72
Figura 35.	Base de datos Fuerza adhesiva	73
Figura 36.	Cálculo valor T en Excel.....	74
Figura 37.	Prueba de hipótesis a dos colas.....	74
Figura 38.	Cálculo valor de T en Excel, con 20 grados de libertad	76
Figura 39.	Prueba T a dos colas comparación 2 muestras	77
Figura 40.	Prueba T a dos colas comparación una muestra pre-pos tratamiento	80
Figura 41.	Prueba Z a dos colas.....	82
Figura 42.	Distribución F	85
Figura 43.	Tabla de la distribución F	86
Figura 44.	Estimación valor p (p-value) Distribución F en Excel.....	88
Figura 45.	ANOVA I: Análisis de datos en Excel	97
Figura 46.	Selección rangos en ANOVA I en Excel	97

Figura 47.	Resultados ANOVA I en Excel.....	98
Figura 48.	ANOVA I con Real Statistics.....	98
Figura 49.	Actividad de fosfata.....	99
Figura 50.	Resultados ANOVA I en Excel muestras no homogéneas	100
Figura 51.	Datos de Fosfata organizados en forma estándar.....	100
Figura 52.	Descargue Rcmdr de R.....	102
Figura 53.	Pasos en R: Menú Rcmdr para ANOVA I datos no homogéneos.....	102
Figura 54.	Importar datos de Excel en R.....	103
Figura 55.	Selección Archivo de Excel por R.....	103
Figura 56.	Menú ANOVA I y/o programarlo en R.....	103
Figura 57.	Selección grupos y variable explicada (Fosfata), para ANOVA I en R	104
Figura 58.	Resultados ANOVA I en R datos no homogéneos.....	104
Figura 59.	Homogeneidad de las Varianzas, Prueba de Levene por ANOVA I en Excel.....	105
Figura 60.	Prueba de Levene por Real Statistics	106
Figura 61.	Varianza de los grupos.....	108
Figura 62.	Prueba de Bartlet en R.....	109
Figura 63.	Valor p prueba de Bartlet en R, grupos homogéneos	109
Figura 64.	ANOVA por Real Statistics	111
Figura 65.	Contrastes con ANOVA en Real Statistics	113
Figura 66.	Contrastes propuestos en Real Statistics.....	114
Figura 67.	ANOVA en R: Comparación de Mezclas humedad cemento dental.....	116
Figura 68.	En R: Comparación gráfica intervalos de Mezclas humedad cemento dental.....	117
Figura 69.	Intervalos de confianza en Excel	117
Figura 70.	Prueba de Tukey con Real Statistics.....	120
Figura 71.	Comparaciones de Tukey con Real Statistics.....	120
Figura 72.	Tabla de Duncan.....	121
Figura 73.	Comparación de DUNCAN por tratamientos	121
Figura 74.	Valores por cada tipo de mezcla de cemento dental	122
Figura 75.	Importar datos de Excel en SPSS.....	122
Figura 76.	Comparación medias ANOVA I por SPSS	123
Figura 77.	Selección del Factor y valores Dependientes en SPSS.....	123

Figura 78.	Poshoc de ANOVA en SPSS	123
Figura 79.	Comparaciones múltiples en SPSS	124
Figura 80.	Rangos estudentizados mínimos significativos de Duncan.....	125
Figura 81.	Tabla de Dunnet.....	126
Figura 82.	Prueba de Bartlet por Rcmdr	128
Figura 83.	Prueba de Shapiro Wilk por Rcmdr.....	128
Figura 84.	ANOVA I en Excel, paso a paso.....	129
Figura 85.	Resultados: ANOVA II Hipoclorito por grupo y periodo.....	134
Figura 86.	Residuos por grupo de hipoclorito a diferentes tiempos	135
Figura 87.	Comparación eficiencia promedio por grupo de Hipoclorito....	135
Figura 88.	ANOVA grupos desiguales.....	138
Figura 89.	Prueba de Welch en Real Statistics	138
Figura 90.	Gráficos p-plot	144
Figura 91.	Prueba de Shapiro Wilk en R	145
Figura 92.	Resultados en R, Normalidad y homocedasticidad	146
Figura 93.	ANOVA por bloques en Excel	147
Figura 94.	ANOVA II Una muestra por grupo.....	148
Figura 95.	Resultados ANOVA II una muestra por grupo	148
Figura 96.	DMS Fischer producción por abono y lote	155
Figura 97.	Base para: ANOVA II varias muestras por grupo en Excel: Producción por Lote y tipo de abono	156
Figura 98.	ANOVA II con Real Statistics	156
Figura 99.	Resultados ANOVA Factor único (Lotes)	157
Figura 100.	ANOVA II 2 filas por grupo (Contrastes por Lote (Li)	158
Figura 101.	ANOVA II para evaluar contrastes factor único (Lotes)	158
Figura 102.	Prueba poshoc de Contraste con Real Statistics	159
Figura 103.	Prueba poshoc ANOVA II con Real Statistics	159
Figura 104.	Resultados poshoc Tuckey ANOVA II con Real Statistics	160
Figura 105.	Diagrama de dispersión de los desplazamientos a diferentes alturas del 2do premolar	173
Figura 106.	Cálculos en Excel de MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios)	175
Figura 107.	Gráfico de dispersión de cambios de patrón de crecimiento.....	178
Figura 108.	Gráfico de probabilidad del error en una variable aleatoria	179
Figura 109.	Prueba de homocedasticidad de las varianzas del modelo en Real Statistics	180

Figura 110. Cálculos paso a paso, de pendiente e intercepto en un modelo (Con 23 observaciones).....	182
Figura 111. Análisis de regresión con Excel con 23 observaciones	183
Figura 112. Modelo en Excel con gráfico de dispersión.....	192
Figura 113. El modelo en Excel	193
Figura 114. Gráfico de los residuales	193
Figura 115. Probabilidad de sobrevivencia	196
Figura 116. Cálculos paso a paso de la probabilidad de sobrevivencia.....	197
Figura 117. Estimación de los coeficientes del modelo logístico usando Solver de Excel.....	198
Figura 118. El modelo logístico con Real Statistitics en Excel	198
Figura 119. Curva Roc	199
Figura 120. El modelo logístico para datos desagregados en Excel con Real Statistics	200
Figura 121. Modelo logístico en R para el ejercicio de sobrevivencia.....	200
Figura 122. Modelo logístico en R presencia de fallas por temperatura	201
Figura 123. Gráfico de probabilidad $p(x)$	202
Figura 124. Modelo de regresión múltiple	206
Figura 125. Cálculos manuales en Excel, para modelos de regresión múltiple.....	209
Figura 126. Cálculo del Coeficiente de determinación múltiple	210
Figura 127. Pasos en Excel, pendiente de una regresión múltiple	210
Figura 128. Pasos modelo de regresión múltiple en Excel por la pestaña Análisis de datos	211
Figura 129. Regresión múltiple en Excel.....	211
Figura 130. Regresión múltiple en R.....	212
Figura 131. Gráficos de regresión múltiple en Excel	212
Figura 132. Gráfico de regresión múltiple en R	213
Figura 133. Gráfico modelo de regresión múltiple	214
Figura 134. Prueba F, o de varianza (significancia del modelo).....	215
Figura 135. Modelo de regresión múltiple en Real Statistics.....	216
Figura 136. Resultados en R-Rcdmr	217
Figura 137. Análisis de correlación con Excel	219
Figura 138. Resultados en R.....	219
Figura 139. Cálculo de los valores Beta (pendientes del modelo de regresión múltiple)	221

Figura 140. Coeficientes del modelo con Excel: Distancia Intercanina=Espacio faringeo+sexo.....	224
Figura 141. Resultados en Excel	229
Figura 142. El modelo en Excel	230
Figura 143. Análisis de Correlación en R, existe correlación entre variables independientes.....	231
Figura 144. Análisis de regresión Y vs X2 Usando Excel	232
Figura 145. Análisis de regresión Y vs X2, X3	232
Figura 146. Análisis de Regresión Y vs X2, X3, X4.....	233
Figura 147. Análisis de regresión Y vs X1, X2, X3, X4 usando Real Statistics	233
Figura 148. Análisis de regresión Y vs X2, X3, X4.....	234
Figura 149. Regresión curvilínea.....	236
Figura 150. Ajuste del modelo curvilínea.....	237
Figura 151. Modelo de regresión curvilínea por regresión múltiple.....	238
Figura 152. Resultados modelo logarítmico en Excel.....	240

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resumen estimación del intervalo de confianza.....	5
Tabla 2.	Distribuciones muestrales para: $N=4$, $n=2$	8
Tabla 3.	Distribuciones muestrales del trabajo	8
Tabla 4.	Tamaño de una muestra para que presente distribución normal, basado en error estandarizado.....	10
Tabla 5.	Datos a transformar por Box Cox.....	12
Tabla 6.	Fuerza de adhesión del esmalte de dientes	14
Tabla 7.	Tiempos (seg) actividad maseterina izquierda de individuos hiperdivergentes.....	16
Tabla 8.	Niveles de deoxipiridinolinas y la altura en milímetros de la cresta ósea pre y postquirúrgica.....	17
Tabla 9.	Frecuencia de solicitud de implantes.....	18
Tabla 10.	Evaluación función oclusal	21
Tabla 11.	Fuerza de descementación (Kilogramos fuerza).....	28
Tabla 12.	Muestras posibles a seleccionar de $N=15$	29
Tabla 13.	Promedios de las 15 muestras.....	30
Tabla 14.	Intervalos de confianza de las 15 muestras.....	31
Tabla 15.	Determinación valor Z en Excel.....	31
Tabla 16.	Intervalos de confianza con los valores Z.....	32

Tabla 17.	Tipo de complicación (conteo total de leucocitos).....	32
Tabla 18.	Estimación del valor de la distribución T en Excel.....	34
Tabla 19.	Análisis de intervalos de confianza.....	38
Tabla 20.	Mediciones patrón de crecimiento de Maxilar superior.....	47
Tabla 21.	Prueba de hipótesis a una cola	49
Tabla 22.	Mediciones de Rickets. Maxilar superior.....	49
Tabla 23.	Estimación de la probabilidad de T usando Excel.....	54
Tabla 24.	Tabla de comparación de rugosidades pre-pos tratamiento.....	54
Tabla 25.	Pasos en Real Statistics paar prueba de hipótesis de una proporción	55
Tabla 26.	Estadísticos de comparación.....	58
Tabla 27.	Fuerzas y tipo de falla	59
Tabla 28.	Estadísticos de fuerzas.....	60
Tabla 29.	Cálculo valor de T usando Excel.....	60
Tabla 30.	Estadísticos tipos de Brackets.....	61
Tabla 31.	Cálculo del estadístico T usando Excel	61
Tabla 32.	Estadísticos pre-pos tratamiento sistemas de pulimento.....	63
Tabla 33.	Tipos de falla por Brackets.....	64
Tabla 34.	Cantidad tipo de falla por Brackets	64
Tabla 35.	Cálculo del valor Z usando Excel	66
Tabla 36.	Cálculo valor Z utilizando Excel.....	68
Tabla 37.	Cálculo valor Z utilizando Excel.....	68
Tabla 38.	Planteamiento de hipótesis	69
Tabla 39.	Estadísticos de investigación patrón de crecimiento paciente puberal	69
Tabla 40.	Cálculo valor Z utilizando Excel.....	70
Tabla 41.	Pasos para prueba Z en Excel	71
Tabla 42.	Pasos para la prueba T a dos colas.....	75
Tabla 43.	Pasos en Excel para la prueba T	77
Tabla 44.	Estadísticos de investigación, comparación de rugosidad	79
Tabla 45.	Pasos para la prueba T a dos colas en Excel	80
Tabla 46.	Pasos en R para prueba Z de proporciones.....	83
Tabla 47.	Estadísticos de investigación	85
Tabla 48.	Pasos para la prueba F en Excel.....	88
Tabla 49.	Absorción de humedad en mezclas de cemento dental	93

Tabla 50.	Organización tabla de tratamientos.....	94
Tabla 51.	Cuadrado medio de tratamientos	95
Tabla 52.	Suma Cuadrado de tratamientos.....	95
Tabla 53.	Análisis de varianza para la clasificación en una vía.....	96
Tabla 54.	Tabla de ANOVA I	96
Tabla 55.	Tabla de ANOVA I cálculos en forma manual	99
Tabla 56.	Valores críticos para la prueba de Bartlett	106
Tabla 57.	Fuerza adhesiva de grabado.....	110
Tabla 58.	Cuatro experimentos: muerte de ratas con uso de tetracloruro	110
Tabla 59.	Suma de cuadrados	112
Tabla 60.	Análisis de varianza para la clasificación en una vía de la humedad salival.....	113
Tabla 61.	Piridinolina	114
Tabla 62.	Estadísticos T y F.....	115
Tabla 63.	Comparaciones de tratamientos	115
Tabla 64.	Comparaciones de Mezclas.....	115
Tabla 65.	Comparaciones de Mezclas humedad cemento dental	116
Tabla 66.	Tabla para Comparación intervalos de confianza de Mezclas humedad cemento dental en Excel	117
Tabla 67.	Comparación promedios de Mezclas humedad cemento dental	118
Tabla 68.	Puntos porcentuales superiores de la amplitud estudentizada de Tukey (qa)	119
Tabla 69.	Respuesta Tisular Osteosito.....	126
Tabla 70.	Efecto de cuatro enjuagues	130
Tabla 71.	Tratamientos por bloque	131
Tabla 72.	Registro por bloque.....	131
Tabla 73.	Registro de tratamientos por bloques.....	131
Tabla 74.	ANOVA por Bloques	132
Tabla 75.	Eficiencia del hipoclorito por periodos de 3min	133
Tabla 76.	ANOVA II Hipoclorito por grupo y periodo	133
Tabla 77.	Tiempos posición Brackets	136
Tabla 78.	Cuadrados medios esperados para el experimento de un factor	136
Tabla 79.	Dosis por grupo.....	139

Tabla 80. Manchas en personas por crema.....	139
Tabla 81. ANOVA II	142
Tabla 82. Tiempos de coagulación.....	143
Tabla 83. Base organizada para prueba de Bartlet en R.....	145
Tabla 84. ANOVA II con réplicas	149
Tabla 85. Resumen ANOVA II con réplicas	150
Tabla 86. Alcalinidad por lote y tipo de abono	150
Tabla 87. Promedios alcalinidad	151
Tabla 88. Resumen ANOVA II vías con n réplicas, interacción de factores.....	151
Tabla 89. ANOVA II vías con n réplicas	152
Tabla 90. Estimación valor de la F usando Excel.....	152
Tabla 91. ANOVA con varias muestras por grupo.....	153
Tabla 92. Construcción de la base para R para ANOVA II	153
Tabla 93. Pasos en R, para ANOVA II.....	154
Tabla 94. Resultados Poshoc Tukey	157
Tabla 95. Mediciones manual y digital de Bjork.....	160
Tabla 96. Construcción Cuadrado Latino	162
Tabla 97. Tabla 97. ANOVA II vías para el cuadrado latino	163
Tabla 98. ANOVA II vías con el cuadrado latino	163
Tabla 99. Cuadrado Latino, evaluación temperatura-horno.....	164
Tabla 100. ANOVA III.....	164
Tabla 101. Rellenos de dureza dental de oro	165
Tabla 102. Pasos ANOVA III Por modelos lineales en R.....	166
Tabla 103. Base para ANOVA III.....	167
Tabla 104. Relación y ajuste lineal	170
Tabla 105. Datos para análisis del desplazamiento del 2do premolar.....	172
Tabla 106. Pasos para trazar el diagrama de dispersión por Excel	173
Tabla 107. Datos ejercicio 4	175
Tabla 108. Pasos en Excel Modelo Lineal	176
Tabla 109. Segmento base de datos Altura-Desplazamiento.....	176
Tabla 110. Pesos y consumos.....	176
Tabla 111. Pasos en Excel para estimar el modelo lineal (23 mediciones, Base Cráneo, Maxilar Inf.)	178
Tabla 112. Tabla de ANOVA en regresión (con los 91 pacientes, evaluación maxilar inf.).....	181

Tabla 113. Desviación total en el estudio	184
Tabla 114. ANOVA	189
Tabla 115. Presión-Extensión	190
Tabla 116. ANOVA para regresión	191
Tabla 117. Resultados ANOVA de Regresión.....	191
Tabla 118. Lecturas de calibración.....	194
Tabla 119. Presencia de fallas a diferentes temperaturas	201
Tabla 120. Dosis, linfoblastos y aberraciones	203
Tabla 121. Temperaturas y variables de estudio.....	203
Tabla 122. Concentración de Nicotina para muerte del Chikunguña	204
Tabla 123. ANOVA de una regresión multiple.....	208
Tabla 124. Datos clínica odontológica.....	209
Tabla 125. Distancia intercanina y faringeo por sexo	223
Tabla 126. Coeficientes del modelo: Distancia Intercanina= Espacio faringeo+sexo	223
Tabla 127. Datos longitud maxilar	225
Tabla 128. Tabla de datos para el modelo de regresión múltiple	226
Tabla 129. Pasos en Excel, construcción de un modelo de regresión múltiple	227
Tabla 130. Pasos en R (Rcmdr), para construir el modelo de regresión múltiple	228
Tabla 131. Pasos en R para el modelo curvilíneo.....	238
Tabla 132. Datos para un modelo logarítmico	239
Tabla 133. Datos para Ejercicio 1	240

Sistema de Información en Línea



En el desarrollo del libro encontrará procedimientos paso a paso para el buen logro de sus objetivos en el desenvolvimiento de sus temas a estudiar o investigar y, sobre todo, en forma muy sencilla y comprensiva. Asimismo, al final del libro encontrará el código para ingresar al **Sistema de información en Línea - SIL** - - donde podrá descargar material complementario como artículos y evaluaciones e ingresar canal de YouTube “Bioestadística Sin Lágrimas”, en el cual se resuelven los ejercicios paso a paso, investigaciones e incluso temas que saldrán en ediciones posteriores, así como los ejercicios solicitados por los seguidores de todo el mundo. Aprovecho para agradecer a la comunidad iberoamericana especialmente chilena, peruana, mexicana y española, pues hay bastante investigador y estudiante que me sigue y solicita ayuda, la que se ofrece con mucho gusto.

En forma rigurosamente sencilla, usted disfrutará y aplicará los conocimientos necesarios para que, apoyado en herramientas de bioestadística; estadística descriptiva, inferencial y multivariada; así como de calidad y de series de tiempo, tome decisiones fundamentándose en el rigor científico sin necesidad de haberse graduado en matemáticas, ingeniería o estadística. Para ello utilizará herramientas como Excel, Real Statistics (software libre cuyo autor es el Dr. Zaionitz), R y SPSS, aplicándolas sobre los conceptos necesarios y profundizando, en forma rigurosa, si así desea, para conocer los procedimientos o pruebas matemáticas.

Los ejemplos y ejercicios son tomados en su mayoría de casos reales de investigación desarrollados por odontólogos en sus diferentes especializaciones del Centro de Estudios e Investigaciones Odontológicas, además de los médicos investigadores de la Fundación Santa Fe de Bogotá, y el Colegio Odontológico Colombiano UNICOC.