

# Contenido

Prefacio .....	5
<b>Capítulo 1. Muestreo de atributos .....</b>	<b>17</b>
1.1. Introducción, 17	
1.2. Objetivo del presente capítulo, 18	
1.3. Problemas gemelos de muestreo, 19	
1.4. Una muestra de hechos del campo. Estimaciones de punto de intervalo, 19	
1.5. Muestreo aleatorio, 26	
1.6. Tablas de cifras aleatorias, 28	
1.7. Intervalo de confianza: verificación de teoría, 30	
1.8. La población muestreada, 32	
1.9. Distribución de frecuencia y su representación gráfica, 33	
1.10. Hipótesis acerca de la población, 38	
1.11. J <sub>i</sub> cuadrada, un índice de dispersión, 38	
1.12. Fórmula de j <sub>i</sub> cuadrada, 39	
1.13. Un experimento de muestreo de x cuadrada; distribución de muestreo, 41	
1.14. Comparación con la distribución teórica, 44	
1.15. Prueba de hipótesis nula, o prueba de significación, 46	
1.16. Pruebas de significación en la práctica, 48	
1.17. Resumen de términos técnicos, 49	
<b>Capítulo 2. Muestreo de una población distribuida normalmente .....</b>	<b>53</b>
2.1. Población distribuida normalmente, 53	
2.2. Razones para usar la distribución normal, 56	
2.3. Tablas de la distribución normal, 57	
2.4. Estimatríces de $\mu$ y $\sigma$ , 61	
2.5. La formación y su representación gráfica, 63	
2.6. Notación algebraica, 64	
2.7. Desviaciones de la muestra media, 65	
2.8. Otra estimatríz de $\sigma$ ; la desviación estándar de la muestra, 67	
2.9. Comparación de dos estimatríces de $\sigma$ , 69	
2.10. Sugerencias para calcular $s$ , 71	
2.11. Desviación estándar de medias de muestra, 73	
2.12. Distribución de frecuencia de medias de muestra, 75	
2.13. Intervalos de confianza para $\mu$ cuando se conoce $\sigma$ , 81	
2.14. Tamaño de muestra, 83	
2.15. Distribución t de "Student", 86	
2.16. Límites de confianza para $\mu$ , basados en la distribución t, 87	
2.17. Variación relativa. Coeficiente de variación, 89	

<b>Capítulo 3. Muestreo experimental de una población normal .....</b>	<b>93</b>
3.1. Introducción, 93	
3.2. Una población finita que simula la normal, 94	
3.3. Muestras aleatorias de una distribución normal, 96	
3.4. Distribución de medias de muestras, 97	
3.5. Distribución de muestreo de $s^2$ y $s$ , 100	
3.6. Estimadas de intervalo de $\sigma^2$ , 103	
3.7. Prueba de un valor de hipótesis nula de $\sigma^2$ , 104	
3.8. Distribución de $t$ , 106	
3.9. La estimada de intervalo de $\mu$ ; el intervalo de confianza, 108	
3.10. Uso de distribuciones de frecuencia para calcular, $\bar{X}$ y $s$ , 109	
3.11. Cálculo de $\bar{X}$ y $s$ en muestras grandes: ejemplo, 111	
3.12. Pruebas de normalidad, 114	
3.13. Prueba de sesgado, 116	
3.14. Pruebas de kurtosis, 117	
3.15. Efectos de sesgamiento y de kurtosis, 119	
<b>Capítulo 4. Comparación de dos muestras .....</b>	<b>123</b>
4.1. Estimadas y pruebas para diferencias, 123	
4.2. Un experimento de pares simulados, 124	
4.3. Ejemplo de un experimento de pares, 127	
4.4. Condiciones para el apareamiento, 130	
4.5. Pruebas para otras hipótesis nulas acerca de $\mu$ , 131	
4.6. Comparación de las medias de dos muestras independientes, 134	
4.7. Varianza de una diferencia, 134	
4.8. Estimada mancomunada de varianza, 136	
4.9. Un experimento que compara dos grupos de igual tamaño, 136	
4.10. Grupos de tamaño desigual, 138	
4.11. Grupos pareados versus grupos independientes, 141	
4.12. Precauciones a tomar contra un muestreo aleatorio que adolece de prejuicio, 145	
4.13. Tamaño de muestra en experimentos comparativos, 147	
4.14. Análisis de muestras independientes, cuando $\sigma_1 \neq \sigma_2$ , 151	
4.15. Prueba de igualdad de dos varianzas, 154	
<b>Capítulo 5. Métodos cortos y no paramétricos .....</b>	<b>157</b>
5.1. Introducción, 157	
5.2. La prueba $t$ basada en amplitud, 157	
5.3. Mediana, porcentiles y otras estadísticas, 160	
5.4. La prueba de signo, 163	
5.5. Métodos no paramétricos; ordenamiento de diferencias en mediciones, 167	
5.6. Métodos no paramétricos: categorías para mediciones no pareadas, 169	
5.7. Comparación de pruebas de categoría y normal, 171	
5.8. Escalas de valores limitados, 172	
<b>Capítulo 6. Regresión .....</b>	<b>175</b>
6.1. Introducción, 175	
6.2. Regresión de presión sanguínea en la edad, 176	
6.3. Métodos cortos de cálculos en regresión, 180	
6.4. El modelo matemático en la regresión lineal, 182	
6.5. $\hat{Y}$ como estimatriz de $\mu = a + bx$ , 185	
6.6. La estimatriz de $\sigma_{y-x}^2$ , 187	
6.7. Método de cuadrados mínimos, 188	
6.8. Valor de $b$ en algunos casos sencillos, 189	
6.9. Lo que pasa si $X$ varía de muestra a muestra, 191	
6.10. Estimadas de intervalo de $\beta$ y pruebas de hipótesis nula, 195	
6.11. Predicción de la línea de regresión de población, 196	

6.12. Predicción de una Y individual, 198	
6.13. Prueba de una desviación que aparece sospechosamente grande, 201	
6.14. Pronóstico de X, partiendo de Y. Calibración lineal, 202	
6.15. La partición de la suma de cuadrados de la variante dependiente, 204	
6.16. Uso del término "regresión" según Galton, 208	
6.17. Regresión cuando X está sujeta a error, 209	
6.18. Ajuste de una recta por el origen, 211	
6.19. Estimación de razones, 215	
6.20. Resumen, 216	
<b>Capítulo 7. Correlación .....</b>	<b>219</b>
7.1. Introducción, 219	
7.2. Coeficiente de correlación muestral $r$ , 220	
7.3. Relación entre los coeficientes muestrales de correlación y de regresión, 223	
7.4. Distribución normal bivariante, 225	
7.5. Variación por muestreo del coeficiente de correlación. Elementos comunes, 229	
7.6. Prueba de la hipótesis nula $\rho = 0$ , 232	
7.7. Límites de confianza y pruebas de hipótesis acerca de $\rho$ , 234	
7.8. Utilidad práctica de la correlación y regresión, 238	
7.9. Varianza de sumas y diferencias de variables correlacionadas, 239	
7.10. Cálculo de $r$ en una muestra numerosa, 241	
7.11. Métodos no paramétricos. Correlación de jerarquía, 244	
7.12. Comparación de dos varianzas correlacionadas, 246	
<b>Capítulo 8. El muestreo de una distribución binomial .....</b>	<b>251</b>
8.1. Introducción, 251	
8.2. Algunas reglas sencillas de probabilidades, 251	
8.3. Distribución binomia, 256	
8.4. Muestreo de la distribución binomia, 258	
8.5. Desviación estándar y media de la distribución binomia, 260	
8.6. Aproximación y corrección normales para continuidad, 263	
8.7. Límites de confianza para una proporción, 265	
8.8. Prueba de significación de una proporción binomia, 266	
8.9. Comparación de proporciones en muestras pareadas, 268	
8.10. Comparación de proporciones en dos muestras independientes: la tabla de $2 \times 2$ , 270	
8.11. Prueba de independencia de dos atributos, 275	
8.12. Una prueba por medio de desviante normal z, 276	
8.13. Tamaño de muestra para comparar dos proporciones, 278	
8.14. La distribución de Poisson, 280	
<b>Capítulo 9. Datos de atributos con más de un grado de libertad .....</b>	<b>285</b>
9.1. Introducción, 285	
9.2. Clasificaciones únicas con más de dos clases, 285	
9.3. Clasificaciones únicas con iguales expectativas, 289	
9.4. Pruebas adicionales, 292	
9.5. Prueba de $\chi^2$ cuando las expectativas son bajas, 293	
9.6. Clasificaciones únicas con expectativas estimadas, 295	
9.7. Clasificaciones de dos vías. Tabla de contingencia de $2 \times C$ , 297	
9.8. Prueba de varianza para homogeneidad de la distribución binomia, 299	
9.9. Examen más minucioso de datos, 302	
9.10. Clasificaciones ordenadas, 304	
9.11. Prueba para tendencia lineal en proporciones, 307	
9.12. $\chi^2$ de heterogeneidad en la prueba de razones mendelianas, 309	
9.13. La tabla $R \times C$ , 311	
9.14. Conjuntos de tablas de $2 \times 2$ , 315	

**Capítulo 10. Clasificaciones en un sentido. Análisis de varianza ..... 321**

- 10.1. Ampliación de dos muestras a muchas, 321
- 10.2. Experimento con cuatro muestras, 321
- 10.3. Análisis de varianza, 323
- 10.4. Efecto de las diferencias entre las medias de población, 328
- 10.5. La razón de varianza F, 330
- 10.6. Análisis de varianza con solamente dos clases, 332
- 10.7. Comparación entre medias de clase, 333
- 10.8. Inspección de todas las diferencias entre pares de medias, 337
- 10.9. Cálculos abreviados utilizando amplitudes, 341
- 10.10. Modelo I. Efectos de tratamientos fijos, 342
- 10.11. Efectos de errores en las suposiciones, 343
- 10.12. Muestras de tamaño desigual, 344
- 10.13. Modelo II. Efectos aleatorios, 346
- 10.14. Estructura del modelo II ejemplificado por muestreo, 350
- 10.15. Límites de confianza para  $\sigma^2$ , 353
- 10.16. Muestras dentro de muestras. Clasificaciones anidadas, 354
- 10.17. Muestras dentro de muestras. Modelo mixto, 357
- 10.18. Muestras de tamaño desigual. Efectos aleatorios, 358
- 10.19. Muestras dentro de muestras. Tamaños desiguales, 360
- 10.20. Correlación de interclases, 363
- 10.21. Pruebas de homogeneidad de varianza, 366

**Capítulo 11. Clasificaciones en dos sentidos ..... 371**

- 11.1. Introducción, 371
- 11.2. Experimento con dos criterios para clasificación, 371
- 11.3. Comparación entre medias, 374
- 11.4. Notaciones algebraicas, 375
- 11.5. Modelo matemático para la clasificación de dos vías, 376
- 11.6. Partición de la suma de cuadrados de tratamientos, 382
- 11.7. Eficacia de blocks, 385
- 11.8. Cuadros Latinos, 386
- 11.9. Datos faltantes, 392
- 11.10. Discrepancias con el modelo, 397
- 11.11. Errores crasos: rechazo de observaciones extremas, 397
- 11.12. Falta de independencia en errores, 399
- 11.13. Varianzas de error desiguales debido a tratamientos, 400
- 11.14. No normalidad. Transformaciones estabilizadoras de varianza, 401
- 11.15. Transformación de raíz cuadrada para conteo, 402
- 11.16. Transformación de seno arco para proporciones, 405
- 11.17. La transformación logarítmica, 406
- 11.18. La no aditividad, 408
- 11.19. Prueba de Tukey de aditividad, 409
- 11.20. No aditividad en el cuadro Latino, 412

**Capítulo 12. Experimentos factoriales ..... 419**

- 12.1. Introducción, 419
- 12.2. Factor sencillo versus técnica factorial, 420
- 12.3. Análisis del experimento factorial de  $2^k$ , 423
- 12.4. El factorial de  $2^k$  cuando hay interacción, 425
- 12.5. Experimento general de dos factores, 428
- 12.6. Curvas de respuesta, 441
- 12.7. Curvas de respuesta en experimentos de dos factores, 435
- 12.8. Ejemplo de superficie de respuesta, 437
- 12.9. Experimentos de tres factores: el  $2^{k-p}$ , 442
- 12.10. Experimentos de tres factores: uno de  $2 \times 3 \times 4$ , 445
- 12.11. Valores esperados de cuadrados de media, 448
- 12.12. Diseño de parcela partida o diseño anidado, 454
- 12.13. Experimentos en serie, 461
- 12.14. Experimentos con cultivos perennes, 464

**Capítulo 13. Regresión múltiple ..... 469**

- 13.1. Introducción, 469
- 13.2. Dos variables independientes, 470
- 13.3. La media cuadrada de desviaciones y la prueba  $F$ , 473
- 13.4. Método alternativo para cálculos. La matriz inversa, 479
- 13.5. Error estándar de estimatrices en regresión múltiple, 480
- 13.6. Interpretación de los coeficientes de regresión, 483
- 13.7. Importancia relativa de diferentes variables  $X$ , 489
- 13.8. Correlación parcial y múltiple, 491
- 13.9. Tres o más variables independientes. Cálculos, 494
- 13.10. Ejemplo numérico. Cálculo de las  $b$ , 496
- 13.11. Ejemplo numérico. Cálculo de la matriz inversa, 501
- 13.12. Eliminación de una variable independiente, 504
- 13.13. Selección de variantes para el pronóstico, 505
- 13.14. La función discriminante, 506
- 13.15. Ejemplo numérico de la función discriminante, 509

**Capítulo 14. Análisis de covarianza ..... 513**

- 14.1. Introducción, 513
- 14.2. La covarianza en experimentos hechos totalmente aleatorios, 515
- 14.3. La prueba  $F$  de medias ajustadas, 519
- 14.4. Covarianza en clasificaciones de dos sentidos, 520
- 14.5. Interpretación de medias ajustadas en la covarianza, 525
- 14.6. Comparación de líneas de regresión, 528
- 14.7. Comparación de regresiones "Entre Clases" y "Dentro de Clases", 532
- 14.8. Covarianza múltiple, 535
- 14.9. Covarianza múltiple en tablas de dos vías, 542

**Capítulo 15. Regresión curvilinear ..... 545**

- 15.1. Introducción, 545
- 15.2. Curva de crecimiento exponencial, 547
- 15.3. Polinomio de segundo grado, 552
- 15.4. Datos que tienen varias  $Y$  para cada valor de  $X$ , 555
- 15.5. Prueba de alejamiento de la regresión lineal en el análisis de covarianza, 559
- 15.6. Polinomios ortogonales, 560
- 15.7. Método general para ajustar regresiones no lineales, 566
- 15.8. Ajuste de una regresión asintótica, 568

**Capítulo 16. Clasificación en dos sentidos con números y proporciones desiguales ..... 573**

- 16.1. Introducción, 573
- 16.2. Análisis no ponderado de medias de casilla, 576
- 16.3. Números iguales dentro de filas, 579
- 16.4. Números proporcionales de subclase, 581
- 16.5. Números desproporcionados. Tabla de  $2 \times 2$ , 585
- 16.6. Números desproporcionados. Tabla de  $H \times 2$ , 587
- 16.7. Tabla  $H \times C$ . Análisis de cuadrados mínimos, 591
- 16.8. Análisis de proporciones en tablas de 2 sentidos, 597
- 16.9. Análisis en la escala  $p$ : tabla de  $2 \times 2$ , 599
- 16.10. Análisis en la escala  $p$ : tabla de  $3 \times 2$ , 601
- 16.11. Análisis de logits en tablas de  $H \times C$ , 601
- 16.12. Ejemplo numérico, 602

**Capítulo 17. Diseño y análisis de muestreo ..... 611**

- 17.1. Poblaciones, 611
- 17.2. Ejemplos sencillos, 612

- 17.3. Muestreo de probabilidad, 616
- 17.4. Enlistamiento de la población, 617
- 17.5. Muestreo aleatorio simple, 620
- 17.6. Tamaño de la muestra, 625
- 17.7. Muestreo sistemático, 629
- 17.8. Muestreo estratificado, 630
- 17.9. Selección del tamaño de muestra en estratos individuales, 634
- 17.10. Muestreo estratificado por atributos, 637
- 17.11. Muestreo en dos etapas, 639
- 17.12. Designación de recursos en muestreo de dos etapas, 643
- 17.13. Selección con probabilidad a tamaño, 647
- 17.14. Estimadas de razón y de regresión, 649
- 17.15. Más literatura, 651

### **Apéndice**

**Lista de Notas y Tablas del Apéndice, 655**  
**Tablas del Apéndice, 657**

**Indice de Ejemplos Numéricos Analizados en el Texto, 695**

**Indice, 701**