

1. Estudie el ejemplo 2 y luego realice los ejercicios 3-7a, 8a, 9a, 11a, 12 y 13 a correspondientes a la **Sección 1. Estimación puntual y verosimilitud** del folleto de ejercicios.

Ejemplo 2 La variable aleatoria X tiene densidad de probabilidad dada por

$$f(x) = \frac{x}{a^2 e^{x/a}}, \text{ para } x \geq 0$$

Tres observaciones de X son $x_1 = 12$; $x_2 = 16$ y $x_3 = 15$. Encuentre la estimación de máxima verosimilitud del parámetro a .

$$L(a|x) = \frac{12}{a^2 e^{12/a}} \cdot \frac{16}{a^2 e^{16/a}} \cdot \frac{15}{a^2 e^{15/a}}$$

$$L(a|x) = \frac{2880}{a^6 e^{43/a}}$$

$$\ln(L(a|x)) = \ln(2880) - 6\ln(a) - \frac{43}{a}$$

$$\frac{L'(a|x)}{L(a|x)} = 0 - \frac{6}{a} + \frac{43}{a^2}$$

$$= -\frac{6}{a} \cdot \frac{a}{a} + \frac{43}{a^2} = 0$$

$$-\frac{6a + 43}{a^2} = 0$$

$$-6a + 43 = 0$$

$a = \frac{43}{6}$

3. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad $f(x) = \frac{\lambda^2(x-5)}{e^{\lambda(x-5)}}$ para $x \geq 5$, con λ un parámetro. Dadas las observaciones $x_1 = 6, x_2 = 8$ y $x_3 = 11$, encuentre las estimaciones de máxima verosimilitud de λ .
R/ $\frac{3}{5}$

$$L(\lambda|x) = \frac{\lambda^2(6-5)}{e^{\lambda(6-5)}} \cdot \frac{\lambda^2(8-5)}{e^{\lambda(8-5)}} \cdot \frac{\lambda^2(11-5)}{e^{\lambda(11-5)}}$$

$$= \frac{\lambda^2}{e^\lambda} \cdot \frac{3\lambda^2}{e^{3\lambda}} \cdot \frac{6\lambda^2}{e^{6\lambda}}$$

$$L(\lambda|x) = \frac{18\lambda^6}{e^{10\lambda}}$$

$$\ln(L(\lambda|x)) = \ln(18) + 6\ln(\lambda) - 10\lambda$$

$$\frac{L'(\lambda|x)}{L(\lambda|x)} = \frac{6}{\lambda} - 10 = 0$$

$$\frac{6}{\lambda} = 10 \rightarrow \lambda = \frac{6}{10} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

4. Una variable aleatoria X tiene una distribución geométrica de parámetro p (la densidad es $f(x) = p(1-p)^x$ para $x = 0, 1, 2, \dots$). Dadas las observaciones $x_1 = 6, x_2 = 8, x_3 = 8$ y $x_4 = 9$, encuentre las estimaciones de máxima verosimilitud de p . R/ $\frac{4}{35}$

$$L(p|x) =$$

$$[(1-p)^6 \cdot p][(1-p)^8 \cdot p][(1-p)^8 \cdot p][(1-p)^9 \cdot p]$$

$$L(p|x) = (1-p)^{32} \cdot p^4$$

$$\ln(L(p|x)) = 32 \ln(1-p) + 4 \ln(p)$$

$$\frac{L'(p|x)}{L(p|x)} = \frac{32}{1-p} - 1 + \frac{4}{p}$$

$$= \frac{-32}{1-p} + \frac{4}{p} = 0$$

$$\frac{-32p + 4 - 4p}{1-p} = 0$$

$$-35p + 4 = 0$$

$$p = \frac{4}{35}$$

5. El tiempo que un estudiante tarda en cierto examen es una variable aleatoria T con función de densidad $f(t) = (\theta + 1)t^\theta$ para $0 \leq t \leq 1$ con $\theta > -1$. Cuatro estudiantes seleccionados al azar tardan $t_1 = 0.79$, $t_2 = 0.65$, $t_3 = 0.47$ y $t_4 = 0.97$. Encuentre la estimación de máxima verosimilitud de θ .

R/ 1.75485

$$\text{Sea } x = \theta, y = t \quad a^x, b^x = (a, b)^x$$

$$L(y|x) =$$

$$[(x+1) \cdot 0.79^y] \cdot [(x+1) \cdot 0.65^y] \cdot [(x+1) \cdot 0.47^y] \\ \cdot [(x+1) \cdot 0.97^y]$$

$$L(y|x) = (x+1)^4 (0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)^y$$

$$\ln(L(y|x)) = 4 \ln(x+1) + y \ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)$$

$$\frac{L'(y|x)}{L(y|x)} = \frac{4}{x+1} + \ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)$$

$$= \frac{4}{x+1} + \ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97) = 0$$

$$= 4 + \ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)(x+1) = 0$$

$$= \ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)(x+1) = -4$$

$$x+1 = \frac{-4}{\ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)}$$

$$x = \frac{-4}{\ln(0.79 \cdot 0.65 \cdot 0.47 \cdot 0.97)} - 1$$

$$\boxed{\approx 1.754885}$$

6. Una variable aleatoria X tiene una distribución $\text{Gamma}(2, \beta)$ con β un parámetro (la densidad es $f(x) = \frac{xe^{-x/\beta}}{\beta^2}$ para $x > 0$). Dadas las observaciones $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, y $x_3 = 7$, encuentre la estimación de máxima verosimilitud de β .

$$R/ \quad \beta = \frac{5}{3}$$

$$L(\beta|x) = \frac{1 \cdot e^{-\frac{1}{\beta}}}{\beta^2} \cdot \frac{2 \cdot e^{-\frac{2}{\beta}}}{\beta^2} \cdot \frac{7 \cdot e^{-\frac{7}{\beta}}}{\beta^2}$$

$$L(\beta|x) = \frac{17 \cdot e^{-\frac{10}{\beta}}}{\beta^6}$$

$$\ln(L(\beta|x)) = \ln(17) - \frac{10}{\beta} - 6\ln(\beta)$$

$$\frac{L'(\beta|x)}{L(\beta|x)} = 0 + \frac{10}{\beta^2} - \frac{6}{\beta}$$

$$= 10 - 6\beta = 0$$

$$\boxed{\beta = \frac{10}{6} = \frac{5}{3}}$$

7. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad $f(x) = \frac{k}{7} \left(\frac{x}{7}\right)^{k-1}$ para $0 \leq x \leq 7$, con k constante.

- (a) Dadas las observaciones $x_1 = 2.8$, $x_2 = 3.5$ y $x_3 = 1.4$, encuentre la estimación de máxima verosimilitud de k .
R/ 0.932002

$$L(k|x) = \frac{k}{7} \cdot \left(\frac{2.8}{7}\right)^{k-1} \cdot \frac{k}{7} \cdot \left(\frac{3.5}{7}\right)^{k-1} \cdot \frac{k}{7} \cdot \left(\frac{1.4}{7}\right)^{k-1}$$

$$L(k|x) = \left(\frac{k}{7}\right)^3 \left(\frac{2.8}{7}, \frac{3.5}{7}, \frac{1.4}{7}\right)^{k-1}$$

$$L(k|x) = \left(\frac{k}{7}\right)^3 \left(\frac{1}{25}\right)^{k-1}$$

$$\ln(L(k|x)) = 3\ln(k) - \ln(3+3) + (k-1)\ln\left(\frac{1}{25}\right)$$

$$\frac{L'(k|x)}{L(k|x)} = \frac{3}{k} + \ln\left(\frac{1}{25}\right) = 0$$

$$k = -\frac{3}{\ln\left(\frac{1}{25}\right)}$$

$$k = 0.932002$$

8. Sea X una variable aleatoria tal que $X \sim Exp(\lambda)$, donde λ es un parámetro desconocido. Es decir

$$f_X(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- (a) Dada una muestra aleatoria de $X : (X_1, X_2, \dots, X_n)$, determine el estadístico $\hat{\lambda}$ que brinda el método de máxima verosimilitud para estimar λ . R/ $\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{X}}$

$$L(\lambda | x_1, \dots, x_n) =$$

$$= \prod_{i=1}^n \lambda \cdot e^{-\lambda x_i} \quad \prod_{i=1}^n x_i = x^{\sum_{i=1}^n x_i}$$

$$= \lambda^n \cdot \prod_{i=1}^n e^{-\lambda x_i} \quad \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x}$$

$$\lambda^n \cdot e^{-\lambda \sum_{i=1}^n x_i}$$

$$\ln(L(\lambda | x_1, \dots, x_n)) = n \ln(\lambda) - \lambda \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\frac{L'(\lambda | x_1, \dots, x_n)}{L(\lambda | x_1, \dots, x_n)} = \frac{n}{\lambda} - \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

$$\frac{n}{\lambda} = \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{1}{\bar{x}}}$$

2. Realizar los ejercicios 2, 4-8, 10-15a, 16a, 18a y 19 de la sección II.3.3 del libro (pág. 79-83)

3.3 Ejercicios

2. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad dada por $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ para $x \geq 0$, con λ una constante positiva. Dadas las observaciones $x_1 = 3, x_2 = 2$ y x_3 , se obtuvo que la estimación de máxima verosimilitud de λ es $\frac{1}{3}$. Determine el valor de x_3 . $R/ x_3 = 4$

$$\begin{aligned} L(\lambda|x) &= \lambda^3 e^{-3\lambda} \cdot \lambda^2 e^{-2\lambda} \cdot \lambda e^{-\lambda x_3} \\ &= \lambda^5 \cdot e^{-5\lambda - \lambda x_3} \end{aligned}$$

$$\ln(L(\lambda|x)) = 3\ln(\lambda) - 5\lambda - \lambda x_3$$

$$\frac{L'(\lambda|x)}{L(\lambda|x)} = \frac{3}{\lambda} - 5 - x_3 = 0, \quad \lambda = \frac{7}{3}$$

$$\frac{3}{\frac{7}{3}} = 5 + x_3$$

$$9 = 5 + x_3$$

$$x_3 = 4$$

4. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad dada por $f(x) = \frac{k}{3} \left(\frac{x}{3}\right)^{k-1}$ para $0 \leq x \leq 3$, con k constante. Con base en las observaciones $x_1 = 0.3$, $x_2 = 0.1$ y $x_3 = 0.9$, encuentre la estimación de máxima verosimilitud de k .

$$R/ \quad k \approx 0.43429$$

$$\begin{aligned} L(k|x) &= \frac{k}{3} \left(\frac{0.3}{3}\right)^{k-1} \cdot \frac{k}{3} \left(\frac{0.1}{3}\right)^{k-1} \cdot \frac{k}{3} \left(\frac{0.9}{3}\right)^{k-1} \\ &= \frac{k^3}{27} \left(\frac{0.3 \cdot 0.1 \cdot 0.9}{3^3}\right)^{k-1} \end{aligned}$$

$$\ln(L(k|x)) = 3\ln(k) - \ln(27) + (k-1)\ln\left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$\begin{aligned} \frac{L'(k|x)}{L(k|x)} &= \frac{3}{k} - 0 + \ln\left(\frac{1}{1000}\right) \\ &= \frac{3}{k} + \ln\left(\frac{1}{1000}\right) = 0 \end{aligned}$$

$$= k = \frac{-3}{\ln\left(\frac{1}{1000}\right)}$$

$$\boxed{k \approx 0.43429}$$

5. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad dada por $f(x) = (\rho+1)x^\rho$ para $0 \leq x \leq 1$, con α constante. Con base en las observaciones $x_1 = 0.2$, $x_2 = 0.1$ y $x_3 = 0.5$, encuentre la estimación de máxima verosimilitud de ρ .

R/ $\rho \approx -0.348558$

$$L(\rho|x) = (\rho+1) \cdot 0.2^\rho \cdot (\rho+1) \cdot 0.1^\rho \cdot (\rho+1) \cdot 0.5^\rho$$

$$L(\rho|x) = (\rho+1)^3 (0.2 \cdot 0.1 \cdot 0.5)^\rho$$

$$L(\rho|x) = (\rho+1)^3 \left(\frac{1}{100}\right)^\rho$$

$$\ln(L(\rho|x)) = 3 \ln(\rho+1) + \rho \ln\left(\frac{1}{100}\right)$$

$$\frac{L'(\rho|x)}{L(\rho|x)} = \frac{3}{\rho+1} + \ln\left(\frac{1}{100}\right) = 0$$

$$\rho+1 = -\frac{3}{\ln\left(\frac{1}{100}\right)}$$

$$\rho = -\frac{3}{\ln\left(\frac{1}{100}\right)} - 1$$

$$\boxed{\rho = -0.348558}$$

6. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad dada por $f(x) = \frac{k}{5} \left(\frac{x}{5}\right)^{k-1}$ para $0 \leq x \leq 5$, con k constante. Con base en las observaciones $x_1 = 2.5$, $x_2 = 0.1$ y $x_3 = 5$, encuentre la estimación de máxima verosimilitud de k .

$$R/ \quad k \approx 0.651442$$

$$L(k|x) = \frac{k^3}{5^3} \left(\frac{2.5}{5}, 0.1, 5 \right)^{k-1}$$

$$= \frac{k^3}{125} \cdot \left(\frac{1}{100} \right)^{k-1}$$

$$\ln(L(k|x)) = 3\ln(k) - \ln(125) + (k-1)\ln\left(\frac{1}{100}\right)$$

$$\begin{aligned} L'(k|x) &= \frac{3}{k} + \ln\left(\frac{1}{100}\right) = 0 \\ L'(k|x) &= \end{aligned}$$

$$k = -\frac{3}{\ln\left(\frac{1}{100}\right)}$$

$$k = 0.6517717229$$

7. Una variable aleatoria X tiene una distribución con densidad dada por $f(x) = \frac{k^2}{3} \left(\frac{x}{3}\right)^{k^2-1}$ para $0 \leq x \leq 3$, con k constante. Con base en las observaciones $x_1 = 0.3, x_2 = 0.1$ y $x_3 = 0.9$, encuentre las estimaciones de máxima verosimilitud de k .

$$R/ \quad k \approx \pm 0.65901$$

$$L(x|k) = \frac{k^6}{3^3} \left(\frac{0.3}{3}, \frac{0.1}{3}, \frac{0.9}{3} \right)^{k^2-1}$$

$$L(x|k) = \frac{k^6}{27} \left(\frac{1}{1000} \right)^{k^2-1}$$

$$\ln(L(x|k)) = 6 \ln(k) - \ln(27) + (k^2-1) \ln\left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$\frac{\partial L(x|k)}{\partial k} = \frac{6}{k} + 2k \ln\left(\frac{1}{1000}\right) = 0$$

$$\frac{6}{k} + 2k \ln\left(\frac{1}{1000}\right) = 0$$

$$\frac{6 + 2k^2 \ln\left(\frac{1}{1000}\right)}{k} = 0$$

$$6 + 2k^2 \ln\left(\frac{1}{1000}\right) = 0$$

$$2k^2 \ln\left(\frac{1}{1000}\right) = -6$$

$$k^2 = \frac{-6}{2 \ln\left(\frac{1}{1000}\right)}$$

$$k = \pm \sqrt{\frac{-6}{2 \ln\left(\frac{1}{1000}\right)}}$$

$$k = \pm 0.65901$$

