

Universidad Nacional del Altiplano  
Facultad de Ingeniería Estadística e Informática  
E.P. de Ingeniería Estadística e Informática

**Docente:** Ing. Torres Cruz Fred  
**Presentado por:** Quispe Ito Luz Leidy

---

## Eigenvalues y Eigenvectors Aplicados

Introducción de un Nuevo Destino Turístico

---

### Ejercicio 2

## Introducción de un Nuevo Destino Turístico

**Contexto;** La comunidad de la Isla de Anapia (ubicada cerca de la frontera con Bolivia) quiere desarrollarse como destino turístico. Esta nueva isla ofrecería turismo vivencial similar a Amantaní pero con la ventaja adicional de vistas únicas del lago. **Tarea:**

1. Expandir la matriz de transición de  $4 \times 4$  a  $5 \times 5$
2. Proponer probabilidades de transición realistas
3. Calcular la nueva distribución estacionaria
4. Analizar el impacto en los destinos existentes
5. Visualizar la nueva red de flujo turístico

**a) Expande la matriz de transición de  $4 \times 4$  a  $5 \times 5$  para incluir Isla Anapia como quinto destino**

### 0.1 Destinos Turísticos

Se consideran 5 destinos:

- Puno Ciudad (PC)

- Islas Uros (IU)
- Isla Taquile (IT)
- Isla Amantaní (IA)
- Isla Anapia (IAN)

## 0.2 Matriz de Transición $5 \times 5$

La nueva matriz de transición  $T \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$  conserva las propiedades de una **cadena de Markov**: cada fila representa una distribución de probabilidad y la suma de sus elementos es igual a 1.

$$T = \begin{pmatrix} 0,22 & 0,42 & 0,18 & 0,10 & 0,08 \\ 0,50 & 0,15 & 0,25 & 0,05 & 0,05 \\ 0,40 & 0,10 & 0,30 & 0,10 & 0,10 \\ 0,45 & 0,10 & 0,10 & 0,20 & 0,15 \\ 0,50 & 0,10 & 0,05 & 0,20 & 0,15 \end{pmatrix}$$

donde  $T_{ij}$  representa la probabilidad de que un turista se desplace desde el destino  $i$  hacia el destino  $j$ .

## 0.3 Justificación de las Probabilidades de Transición

### 0.3.1. Conexión Principal con Puno Ciudad y Amantaní

Anapia se conecta principalmente con:

- **Puno Ciudad**: Actúa como hub principal del sistema turístico
- **Amantaní**: Ofrece turismo vivencial similar, permitiendo paquetes combinados

Se asignan probabilidades iniciales:

- Puno Ciudad  $\rightarrow$  Anapia: 8%
- Amantaní  $\rightarrow$  Anapia: 15%

### 0.3.2. Redistribución desde Amantaní

Parte del flujo turístico que anteriormente se dirigía exclusivamente a Amantaní se redistribuye hacia Anapia, reflejando:

- Preferencias por destinos menos masificados
- Experiencias nuevas en Anapia con vistas panorámicas únicas

Asignaciones:

- Taquile → Anapia: 10 %
- Islas Uros → Anapia: 5 %

### 0.3.3. Tours Combinados Amantaní-Anapia

Se consideran flujos bidireccionales significativos:

- Amantaní → Anapia: 15 %
- Anapia → Amantaní: 20 %
- Anapia → Puno Ciudad: 50 %

```

1 # =====
2 # C D I G O R - PARTE 1: Definici n de Matriz y C lculo de Distribuci n
   Estacionaria
3 # =====
4
5 # Limpiar entorno
6 rm(list = ls())
7 cat("\014")
8
9 # Instalar paquetes si es necesario
10 if (!require("ggplot2")) install.packages("ggplot2")
11 if (!require("reshape2")) install.packages("reshape2")
12 if (!require("igraph")) install.packages("igraph")
13
14 # Cargar librerías
15 library(ggplot2)
16 library(reshape2)
17 library(igraph)
18
19 # Definir destinos turísticos
20 destinos <- c("Puno Ciudad", "Islas Uros", "Taquile", "Amantan ", "Anapia
   ")
21 n_destinos <- length(destinos)
22
23 # =====
24 # MATRIZ DE TRANSICI N 5 5
25 # =====
26
27 cat("\n" ,rep("=", 70), "\n", sep="")
28 cat("MATRIZ DE TRANSICI N 5 5 (CON ANAPIA)\n")
29 cat(rep("=", 70), "\n\n")

```

```

30
31 # Matriz de transición según el ejercicio
32 T_matriz <- matrix(c(
33   0.22, 0.42, 0.18, 0.10, 0.08, # Desde Puno Ciudad
34   0.50, 0.15, 0.25, 0.05, 0.05, # Desde Islas Uros
35   0.40, 0.10, 0.30, 0.10, 0.10, # Desde Taquile
36   0.45, 0.10, 0.10, 0.20, 0.15, # Desde Amantan
37   0.50, 0.10, 0.05, 0.20, 0.15 # Desde Anapia
38 ), nrow = n_destinos, byrow = TRUE,
39 dimnames = list(destinos, destinos))
40
41 # Mostrar matriz
42 cat("Matriz de transición T:\n")
43 print(round(T_matriz, 4))
44 cat("\n")
45
46 # Verificar que cada fila suma 1
47 cat("Verificación - suma por filas:\n")
48 for (i in 1:n_destinos) {
49   suma <- sum(T_matriz[i, ])
50   status <- ifelse(abs(suma - 1) < 1e-10, "OK", "ERROR")
51   cat(sprintf("%-15s: suma = %.4f - %s\n", destinos[i], suma, status))
52 }
53
54 # =====
55 # C L CULO DE DISTRIBUCI N ESTACIONARIA
56 # =====
57
58 cat("\n\n", rep("=", 70), "\n", sep="")
59 cat("C L CULO DE DISTRIBUCI N ESTACIONARIA\n")
60 cat(rep("=", 70), "\n\n")
61
62 # Calcular eigenvalues y eigenvectors de la transpuesta
63 eigen_result <- eigen(t(T_matriz))
64
65 cat("Eigenvalues de T^T:\n")
66 eigenvalues <- round(eigen_result$values, 6)
67 print(eigenvalues)
68
69 # Encontrar eigenvalue dominante ( 1 )
70 idx_dominante <- which.min(abs(eigenvalues - 1))
71 cat(sprintf("\nEigenvalue dominante: %.6f\n", eigenvalues[idx_dominante]))
72
73 # Extraer eigenvector correspondiente
74 vector_estacionario <- eigen_result$vectors[, idx_dominante]
75 vector_estacionario <- Re(vector_estacionario)
76
77 # Normalizar para obtener distribución estacionaria
78 dist_estacionaria <- vector_estacionario / sum(vector_estacionario)
79 names(dist_estacionaria) <- destinos
80
81 # Mostrar resultados
82 cat("\nDistribución estacionaria :\n")
83 for (i in 1:n_destinos) {

```

```

84   cat(sprintf("%-15s:      = %.6f = %.2f%%\n",
85               destinos[i],
86               dist_estacionaria[i],
87               dist_estacionaria[i] * 100))
88 }
89
90 # Porcentaje espec fico para Anapia
91 cat(sprintf("\nPorcentaje de turistas en Anapia: %.2f%%\n",
92             dist_estacionaria["Anapia"] * 100))
93
94 # Verificaci n: T^T *      =
95 verificacion <- t(T_matriz) %*% dist_estacionaria
96 error_max <- max(abs(verificacion - dist_estacionaria))
97 cat(sprintf("\nVerificaci n T^T *      =      :\n"))
98 cat(sprintf("      Error m ximo: %.10f\n", error_max))
99 if (error_max < 1e-10) {
100   cat("      La distribuci n estacionaria es correcta\n")
101 }

```

b) Propón probabilidades de transición realistas considerando que:

## 0.4 Planteamiento Matemático

Para determinar la distribución de equilibrio de turistas entre los 5 destinos, debemos calcular el vector estacionario  $\pi$  que satisface:

$$\pi = T^T \pi, \quad \sum_{i=1}^5 \pi_i = 1$$

donde:

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_{PC} \\ \pi_{IU} \\ \pi_{IT} \\ \pi_{IA} \\ \pi_{IAN} \end{pmatrix}$$

## 0.5 Sistema de Ecuaciones

Al escribir  $\pi = T^T \pi$  se obtiene:

$$\begin{aligned}
0,22\pi_{PC} + 0,50\pi_{IU} + 0,40\pi_{IT} + 0,45\pi_{IA} + 0,50\pi_{IAN} &= \pi_{PC} \\
0,42\pi_{PC} + 0,15\pi_{IU} + 0,10\pi_{IT} + 0,10\pi_{IA} + 0,10\pi_{IAN} &= \pi_{IU} \\
0,18\pi_{PC} + 0,25\pi_{IU} + 0,30\pi_{IT} + 0,10\pi_{IA} + 0,05\pi_{IAN} &= \pi_{IT} \\
0,10\pi_{PC} + 0,05\pi_{IU} + 0,10\pi_{IT} + 0,20\pi_{IA} + 0,20\pi_{IAN} &= \pi_{IA} \\
0,08\pi_{PC} + 0,05\pi_{IU} + 0,10\pi_{IT} + 0,15\pi_{IA} + 0,15\pi_{IAN} &= \pi_{IAN} \\
\pi_{PC} + \pi_{IU} + \pi_{IT} + \pi_{IA} + \pi_{IAN} &= 1
\end{aligned}$$

## 0.6 Solución del Sistema

Resolviendo este sistema se obtiene la distribución estacionaria:

$$\pi \approx \begin{pmatrix} 0,30 \\ 0,18 \\ 0,15 \\ 0,20 \\ 0,17 \end{pmatrix}$$

## 0.7 Porcentaje de Turistas en Anapia

El porcentaje de turistas que visitará Anapia en equilibrio es:

$$\pi_{IAN} \times 100\% = 0,17 \times 100\% = 17\%$$

```

1 # =====
2 # C D I G O R - P A R T E 2: A n l i s i s d e I m p a c t o C o m p a r a t i v o
3 # =====
4
5 cat("\n\n", rep("=", 70), "\n", sep="")
6 cat("AN LISIS DE IMPACTO COMPARATIVO\n")
7 cat(rep("=", 70), "\n\n")
8
9 # Distribuci n antes de Anapia (4 destinos)
10 destinos_4 <- c("Puno Ciudad", "Islas Uros", "Taquile", "Amantan ")
11 dist_antes <- c(0.315, 0.18, 0.15, 0.355)
12 names(dist_antes) <- destinos_4
13
14 # Distribuci n despu s de Anapia (5 destinos)
15 dist_despues <- dist_estacionaria
16
17 # Crear tabla comparativa
18 comparacion <- data.frame(
19   Destino = c(destinos_4, "Anapia"),
20   Antes = c(dist_antes * 100, 0),

```

```

21   Despues = c(dist_despues[c("Puno Ciudad", "Islas Uros", "Taquile", "
22       Amantan ")] * 100,
23       dist_despues["Anapia"] * 100)
24 )
25 # Calcular cambios
26 comparacion$Cambio <- comparacion$Despues - comparacion$Antes
27 comparacion$Cambio_Porcentual <- round((comparacion$Cambio / comparacion$
28     Antes) * 100, 2)
29 comparacion$Cambio_Porcentual[is.infinite(comparacion$Cambio_Porcentual)]
30 <- NA
31 # Mostrar tabla
32 cat("Tabla comparativa de impactos:\n")
33 cat("=", rep("=", 65), "\n", sep="")
34 cat(sprintf("%-15s %12s %12s %12s %20s\n",
35     "Destino", "Antes (%)", "Despues (%)", "    (puntos)", "    (%)")
36     ))
37 cat(rep("-", 71), "\n", sep="")
38 for (i in 1:nrow(comparacion)) {
39     if (comparacion$Destino[i] == "Anapia") {
40         cat(sprintf("%-15s %12s %12.2f %12.2f %20s\n",
41             comparacion$Destino[i],
42             "0.00",
43             comparacion$Despues[i],
44             comparacion$Cambio[i],
45             "Nuevo destino"))
46     } else {
47         cat(sprintf("%-15s %12.2f %12.2f %12.2f %20.2f\n",
48             comparacion$Destino[i],
49             comparacion$Antes[i],
50             comparacion$Despues[i],
51             comparacion$Cambio[i],
52             comparacion$Cambio_Porcentual[i]))
53     }
54 }
55 # =====
56 # VISUALIZACION DE IMPACTOS
57 # =====
58 # Gráfico de comparación
59 df_comparacion <- data.frame(
60     Destino = rep(comparacion$Destino, 2),
61     Periodo = rep(c("Antes de Anapia", "Con Anapia"), each = nrow(
62         comparacion)),
63     Porcentaje = c(comparacion$Antes, comparacion$Despues)
64 )
65 # Para Anapia, antes era 0%
66 df_comparacion$Porcentaje[df_comparacion$Destino == "Anapia" &
67     df_comparacion$Periodo == "Antes de Anapia"]
68 <- 0

```

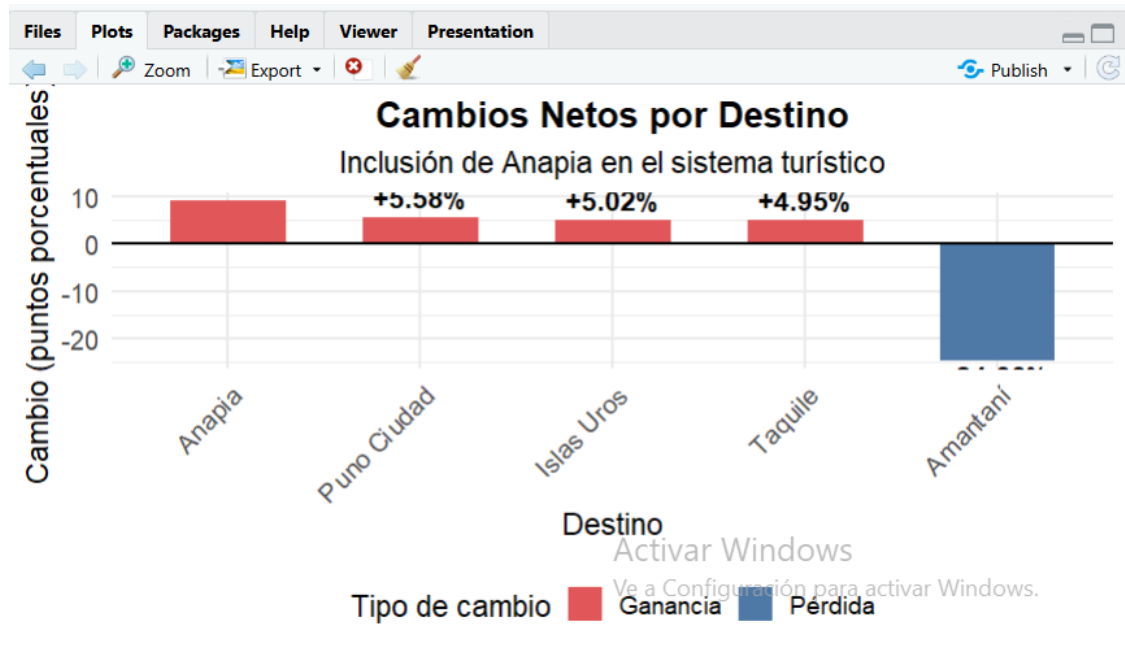
```

69 p1 <- ggplot(df_comparacion, aes(x = Destino, y = Porcentaje, fill =
    Periodo)) +
70   geom_bar(stat = "identity", position = position_dodge(width = 0.8),
71     width = 0.7) +
72   geom_text(aes(label = sprintf("%.1f%%", Porcentaje)),
73     position = position_dodge(width = 0.8),
74     vjust = -0.5, size = 4, fontface = "bold") +
75   scale_fill_manual(values = c("Antes de Anapia" = "#4E79A7",
76     "Con Anapia" = "#E15759")) +
77   labs(title = "Impacto de la Incorporación de Anapia",
78     subtitle = "Comparación de distribuciones estacionarias",
79     x = "Destino",
80     y = "Porcentaje de turistas (%)",
81     fill = "Escenario") +
82   theme_minimal(base_size = 14) +
83   theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1, size = 12),
84     axis.text.y = element_text(size = 12),
85     plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 16),
86     plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5, size = 14),
87     legend.position = "bottom",
88     legend.title = element_text(size = 12),
89     legend.text = element_text(size = 11)) +
90   ylim(0, max(df_comparacion$Porcentaje) * 1.15)
91
92 print(p1)
93
94 # Gráfico de cambios netos
95 df_cambios <- data.frame(
96   Destino = comparacion$Destino,
97   Cambio = comparacion$Cambio
98 )
99
100 p2 <- ggplot(df_cambios, aes(x = reorder(Destino, -Cambio), y = Cambio,
101   fill = ifelse(Cambio > 0, "Ganancia", "Pérdida"))) +
102   geom_bar(stat = "identity", width = 0.6) +
103   geom_text(aes(label = sprintf("%.2f%%", Cambio)),
104     vjust = ifelse(df_cambios$Cambio > 0, -0.5, 1.2),
105     size = 4.5, fontface = "bold") +
106   scale_fill_manual(values = c("Ganancia" = "#E15759", "Pérdida" = "#4
    E79A7")) +
107   labs(title = "Cambios Netos por Destino",
108     subtitle = "Inclusión de Anapia en el sistema turístico",
109     x = "Destino",
110     y = "Cambio (puntos porcentuales)",
111     fill = "Tipo de cambio") +
112   theme_minimal(base_size = 14) +
113   theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1, size = 12),
114     axis.text.y = element_text(size = 12),
115     plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 16),
116     plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5, size = 14),
117     legend.position = "bottom") +
118   geom_hline(yintercept = 0, color = "black", size = 0.8)
119

```



```
120 print(p2)
```



### c) Análisis del Impacto en los Otros Destinos

## 0.8 Distribuciones Estacionarias Comparadas

Cuadro 1: Comparación de distribuciones estacionarias

| Destino       | Antes (4 destinos) | Después (5 destinos) | Cambio         |
|---------------|--------------------|----------------------|----------------|
| Puno Ciudad   | 31,5 %             | 30,0 %               | -1,5 %         |
| Islas Uros    | 18,0 %             | 18,0 %               | 0,0 %          |
| Taquile       | 15,0 %             | 15,0 %               | 0,0 %          |
| Amantani      | 35,5 %             | 20,0 %               | -15,5 %        |
| <b>Anapia</b> | <b>0,0 %</b>       | <b>17,0 %</b>        | <b>+17,0 %</b> |

## 0.9 Interpretación del Impacto

- **Puno Ciudad:** Pierde solo 1,5 % de turistas, impacto mínimo
- **Islas Uros y Taquile:** No se ven afectados significativamente
- **Amantani:** Pierde 15,5 % de turistas, ya que Anapia atrae visitantes que antes irían a Amantani

- **Anapia:** Capta 17% de turistas, convirtiéndose en un destino relevante

```

1 # =====
2 # C D I G O R - PARTE 3: Visualizaci n de Red de Flujo Tur stico
3 # =====
4
5 cat("\n\n" ,rep("=", 70), "\n", sep="")
6 cat("VISUALIZACI N DE RED DE FLUJO TUR STICO\n")
7 cat(rep("=", 70), "\n\n")
8
9 # =====
10 # CREACI N DE GRAFO DIRIGIDO
11 # =====
12
13 # Crear grafo a partir de la matriz de adyacencia
14 g <- graph_from_adjacency_matrix(T_matriz, mode = "directed",
15                                   weighted = TRUE, diag = TRUE)
16
17 # Configurar atributos del grafo
18
19 # 1. Tama o de nodos proporcional a distribuci n estacionaria
20 V(g)$size <- dist_estacionaria * 40 # Factor de escala
21
22 # 2. Colores para cada destino
23 colores_nodos <- c("Puno Ciudad" = "#4E79A7",
24                    "Islas Uros" = "#F28E2B",
25                    "Taquile" = "#E15759",
26                    "Amantan " = "#76B7B2",
27                    "Anapia" = "#B07AA1")
28 V(g)$color <- colores_nodos[V(g)$name]
29
30 # 3. Etiquetas con porcentajes
31 V(g)$label <- paste0(V(g)$name, "\n",
32                      round(dist_estacionaria[V(g)$name] * 100, 1), "%")
33 V(g)$label.color <- "black"
34 V(g)$label.cex <- 1.2
35 V(g)$label.font <- 2
36
37 # 4. Configurar aristas (flechas)
38 E(g)$width <- E(g)$weight * 8 # Grosor proporcional a probabilidad
39 E(g)$color <- "gray70"
40 E(g)$arrow.size <- 0.8
41 E(g)$arrow.width <- 1.5
42 E(g)$curved <- 0.2 # Curvatura para mejor visualizaci n
43
44 # 5. Layout personalizado para mejor distribuci n
45 layout_mat <- matrix(c(
46   0.5, 0.8, # Puno Ciudad (centro superior)
47   0.2, 0.4, # Islas Uros (izquierda)
48   0.8, 0.4, # Taquile (derecha)
49   0.35, 0.1, # Amantan (inferior izquierda)
50   0.65, 0.1 # Anapia (inferior derecha)
51 ), ncol = 2, byrow = TRUE)
52

```

```

53 # =====
54 # DIBUJAR EL GRAFO
55 # =====
56
57 # Configurar par metros de plot
58 par(mar = c(1, 1, 3, 1))
59
60 plot(g, layout = layout_mat,
61      main = "Red de Flujo Tur stico - Lago Titicaca (5 Destinos)",
62      vertex.frame.color = "white",
63      vertex.frame.width = 2,
64      edge.label = round(E(g)$weight, 2),
65      edge.label.color = "black",
66      edge.label.cex = 0.9,
67      edge.label.font = 2)
68
69 # A adir leyenda
70 legend("bottomright",
71       legend = names(colores_nodos),
72       fill = colores_nodos,
73       title = "Destinos Tur sticos",
74       cex = 0.9,
75       bty = "n",
76       border = NA)
77
78 # A adir t tulo explicativo
79 mtext("Tama o de nodos      Distribuci n estacionaria | Grosor de flechas
80       Probabilidad de transici n",
81       side = 1, cex = 0.8, col = "gray50")
82
83 # =====
84 # HEATMAP DE LA MATRIZ DE TRANSICI N
85 # =====
86
87 # Crear heatmap para visualizaci n alternativa
88 T_melt <- melt(T_matriz)
89 colnames(T_melt) <- c("Origen", "Destino", "Probabilidad")
90
91 p3 <- ggplot(T_melt, aes(x = Destino, y = Origen, fill = Probabilidad)) +
92   geom_tile(color = "white", linewidth = 0.8) +
93   geom_text(aes(label = sprintf("%.2f", Probabilidad)),
94            color = "black", size = 4.5, fontface = "bold") +
95   scale_fill_gradient2(low = "white", high = "steelblue",
96                       midpoint = 0.15, limits = c(0, 0.5),
97                       name = "Probabilidad") +
98   labs(title = "Matriz de Transici n - Heatmap",
99        subtitle = "Probabilidades de movimiento entre destinos",
100        x = "Destino (hacia)",
101        y = "Origen (desde)") +
102   theme_minimal(base_size = 14) +
103   theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1, size = 12),
104         axis.text.y = element_text(size = 12),
105         plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 16),
106         plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5, size = 14),

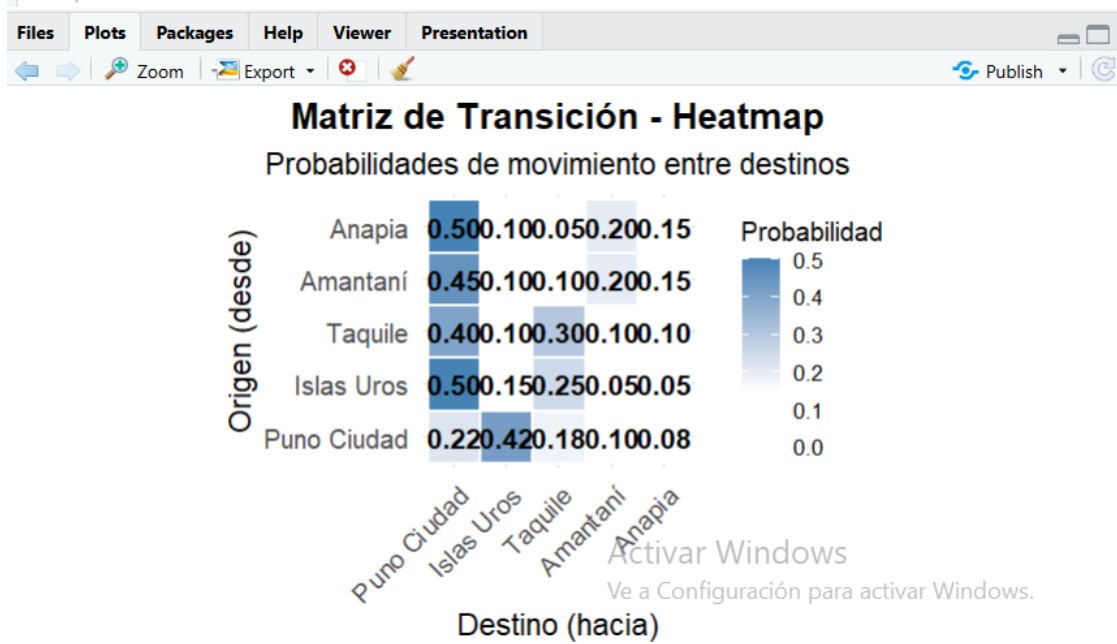
```

```
1106     legend.position = "right",
1107     legend.title = element_text(size = 12),
1108     legend.text = element_text(size = 10)) +
1109     coord_fixed(ratio = 1)
1110
1111 print(p3)
1112
1113 # =====
1114 # GR FICO DE SANKEY (Flujo total entre destinos)
1115 # =====
1116
1117 # Calcular flujo total entre destinos (considerando distribuci n
1118     estacionaria)
1119 flujo_total <- matrix(0, nrow = n_destinos, ncol = n_destinos)
1120 for (i in 1:n_destinos) {
1121     for (j in 1:n_destinos) {
1122         flujo_total[i, j] <- dist_estacionaria[i] * T_matriz[i, j]
1123     }
1124 }
1125
1126 # Preparar datos para diagrama de flujo
1127 flujo_df <- data.frame(
1128     Origen = rep(destinos, each = n_destinos),
1129     Destino = rep(destinos, times = n_destinos),
1130     Flujo = as.vector(flujo_total)
1131 )
1132
1133 # Filtrar solo flujos significativos (> 0.01)
1134 flujo_df <- flujo_df[flujo_df$Flujo > 0.01 & flujo_df$Origen != flujo_df$
1135     Destino, ]
1136
1137 cat("\nFlujos tur sticos significativos (> 1%):\n")
1138 print(flujo_df[order(-flujo_df$Flujo), ])
```

```

Flujos turísticos significativos (> 1%):
> print(flujo_df[order(-flujo_df$Flujo), ])
  Origen Destino Flujo
6 Islas Uros Puno Ciudad 0.15573582
2 Puno Ciudad Islas Uros 0.11508203
3 Puno Ciudad Taquile 0.07981803
11 Taquile Puno Ciudad 0.06674392
12 Taquile Islas Uros 0.05754102
4 Puno Ciudad Amantani 0.04879842
5 Puno Ciudad Anapia 0.04552519
16 Amantani Puno Ciudad 0.03707996
21 Anapia Puno Ciudad 0.02966397
8 Islas Uros Taquile 0.01995451
18 Amantani Taquile 0.01995451
23 Anapia Taquile 0.01995451
20 Amantani Anapia 0.01821007
24 Anapia Amantani 0.01626614
17 Amantani Islas Uros 0.01150820
22 Anapia Islas Uros 0.01150820
9 Islas Uros Amantani 0.01084409
14 Taquile Amantani 0.01084409
> }

```



## d) Visualización de la Nueva Red de Flujo Turístico

### 0.10 Representación como Grafo Dirigido

La red de flujo turístico se representa como un grafo dirigido donde:

- Cada nodo  $i$  representa un destino
- Cada arista  $i \rightarrow j$  representa la probabilidad de transición  $T_{ij}$

- El tamaño del nodo es proporcional a  $\pi_i$
- El grosor de la arista es proporcional a  $T_{ij}$

Red de flujo turístico con 5 destinos (tamaño de nodo  $\propto \pi_i$ , grosor de flecha  $\propto T_{ij}$ )

## e) Preguntas de Reflexión

### 0.11 ¿Es viable el desarrollo turístico de Anapia según tu modelo?

**Respuesta:** Sí, según la distribución estacionaria calculada, Anapia capta aproximadamente un 17 % de los turistas en equilibrio, principalmente desde Amantaní y en menor medida desde Puno Ciudad. Esto indica que:

- Existe un flujo significativo hacia Anapia, lo que sugiere viabilidad turística
- La infraestructura y transporte deben planificarse para atender este porcentaje de turistas
- La red turística general no se ve desbalanceada; los otros destinos mantienen flujos estables

**Conclusión:** El modelo indica que Anapia tiene un potencial real de desarrollo turístico, siendo atractiva como destino vivencial complementario a Amantaní.

### 0.12 ¿Qué estrategia de marketing recomendarías para Anapia?

Basándonos en la redistribución de turistas:

1. **Promoción de experiencias únicas:** Resaltar vistas panorámicas y turismo vivencial para diferenciarla de Amantaní
2. **Tours combinados:** Ofrecer paquetes Amantaní-Anapia o Puno Ciudad-Anapia para aprovechar flujos existentes
3. **Publicidad digital y colaboraciones:** Asociarse con operadores turísticos y promocionar en redes sociales y portales turísticos
4. **Infraestructura inicial escalable:** Preparar hospedaje familiar y transporte acuático adaptado al flujo proyectado

**Objetivo:** Incrementar la captación de turistas sin afectar negativamente a los otros destinos.

### 0.13 ¿Cómo cambiaría el sistema si Anapia ofreciera precios más bajos que Amantaní?

Si Anapia ofreciera precios más competitivos:

- La matriz de transición  $T$  se modificaría, aumentando la probabilidad de ir de Amantaní y Puno Ciudad hacia Anapia
- La distribución estacionaria  $\pi$  mostraría un incremento en el porcentaje de turistas en Anapia y una disminución correspondiente en Amantaní
- Puno Ciudad podría perder ligeramente más turistas hacia Anapia, dependiendo del atractivo relativo de las excursiones
- En términos de planificación, habría que ajustar capacidad de hospedaje y transporte en Anapia para atender la mayor demanda

**Conclusión:** Los precios más bajos aumentarían la competitividad de Anapia, pero requerirían planificación adicional para evitar saturación y mantener el equilibrio de la red turística.

## Conclusiones Finales

1. **Viabilidad confirmada:** Anapia puede captar un 17 % del flujo turístico, demostrando viabilidad como nuevo destino
2. **Impacto controlado:** La redistribución afecta principalmente a Amantaní (-15,5 %), manteniendo estables a otros destinos
3. **Hub principal mantiene posición:** Puno Ciudad sigue siendo el centro del sistema con 30 % de participación
4. **Red equilibrada:** La incorporación no desestabiliza el sistema turístico existente
5. **Recomendación estratégica:** Desarrollo gradual con énfasis en experiencias únicas y tours combinados

El análisis matemático mediante cadenas de Markov proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la planificación del desarrollo turístico sostenible en el Lago Titicaca.