

Universidad Nacional del Altiplano

EJERCICIO 2: Introducción de la Isla Anapia

Curso: Programación Numérica

Docente: Ing. Fred Torres Cruz

Alumno: Luis Ángel Quenaya Loza

Contexto

La comunidad de la Isla de Anapia (ubicada cerca de la frontera con Bolivia) busca desarrollarse como destino turístico. Esta nueva isla ofrecería turismo vivencial similar a Amantaní pero con vistas únicas del lago.

Tarea 2a: Expansión de la Matriz de Transición

Se expande la matriz de transición original $T_{4 \times 4}$ a una nueva matriz $T_{5 \times 5}$ que incluye a Anapia como quinto destino:

Matriz Original

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,45 & 0,20 & 0,10 \\ 0,50 & 0,15 & 0,25 & 0,10 \\ 0,40 & 0,10 & 0,30 & 0,20 \\ 0,55 & 0,15 & 0,10 & 0,20 \end{pmatrix}$$

Nueva Matriz 5×5

$$T_{5 \times 5} = \begin{pmatrix} 0,23 & 0,40 & 0,18 & 0,09 & 0,10 \\ 0,45 & 0,15 & 0,22 & 0,09 & 0,09 \\ 0,35 & 0,09 & 0,30 & 0,16 & 0,10 \\ 0,40 & 0,12 & 0,09 & 0,24 & 0,15 \\ 0,30 & 0,05 & 0,05 & 0,20 & 0,40 \end{pmatrix}$$

```
1 # GR FICO 1: COMPARACION DE MATRICES
2
3 fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(16, 6))
4
5 sns.heatmap(T_4x4, annot=True, fmt=' .2f ', cmap='YlOrRd',
6               xticklabels=destinos_4, yticklabels=destinos_4,
7               cbar_kws={'label': 'Probabilidad'}, ax=ax1)
8 ax1.set_title('Matriz Original (4 Destinos)')
```

```

9
10 sns.heatmap(T_5x5, annot=True, fmt=' .2f ', cmap='YlOrRd',
11             xticklabels=destinos_5, yticklabels=destinos_5,
12             cbar_kws={'label': 'Probabilidad'}, ax=ax2)
13 ax2.set_title('Matriz Expandida (5 Destinos)')
14
15 plt.tight_layout()
16 plt.savefig('ej2_matrices_comparacion.png', dpi=150)
17 plt.show()

```

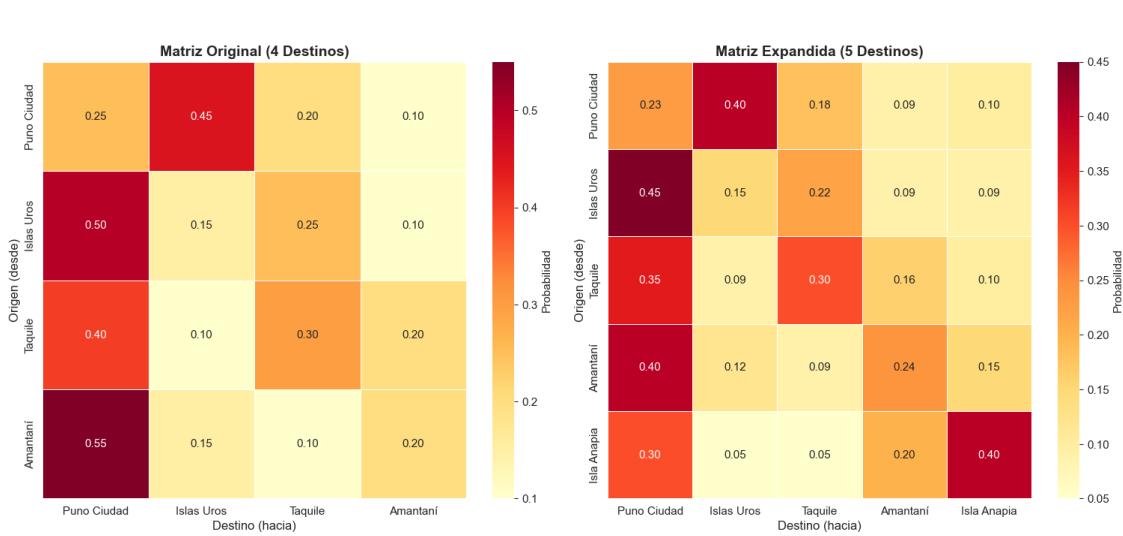


Figura 1: Comparacion de las dos matrices.

1. Ajuste de destinos existentes Cada destino original cedió parte de sus probabilidades para hacer espacio a Anapia:

- **Puno Ciudad:** Redujo flujos a Uros ($0.45 \rightarrow 0.40$), Taquile ($0.20 \rightarrow 0.18$), Amantaní ($0.10 \rightarrow 0.09$)
- **Uros:** Redujo a Puno ($0.50 \rightarrow 0.45$), Taquile ($0.25 \rightarrow 0.22$), Amantaní ($0.10 \rightarrow 0.09$)
- **Taquile:** Redujo a Puno ($0.40 \rightarrow 0.35$), Uros ($0.10 \rightarrow 0.09$), Amantaní ($0.20 \rightarrow 0.16$)
- **Amantaní:** Redujo significativamente a Puno ($0.55 \rightarrow 0.40$), Uros ($0.15 \rightarrow 0.12$), Taquile ($0.10 \rightarrow 0.09$)

2. Flujos hacia/desde Anapia

- **Desde Puno:** 10% de turistas ahora eligen Anapia
- **Desde Uros y Taquile:** 9-10% se desvían a Anapia
- **Desde Amantaní:** 15% por tours combinados
- **Desde Anapia:** 30% regresa a Puno, 20% va a Amantaní, 40% se queda

3. Verificación Cada fila suma 1.00, manteniendo la propiedad de matriz de Markov:

$$\begin{aligned} \text{Fila 1: } & 0,23 + 0,40 + 0,18 + 0,09 + 0,10 = 1,00 \\ \text{Fila 2: } & 0,45 + 0,15 + 0,22 + 0,09 + 0,09 = 1,00 \\ \text{Fila 3: } & 0,35 + 0,09 + 0,30 + 0,16 + 0,10 = 1,00 \\ \text{Fila 4: } & 0,40 + 0,12 + 0,09 + 0,24 + 0,15 = 1,00 \\ \text{Fila 5: } & 0,30 + 0,05 + 0,05 + 0,20 + 0,40 = 1,00 \end{aligned}$$

Tarea 2b: Justificación de las Probabilidades Propuestas

$$T_{5 \times 5} = \begin{pmatrix} 0,23 & 0,40 & 0,18 & 0,09 & 0,10 \\ 0,45 & 0,15 & 0,22 & 0,09 & 0,09 \\ 0,35 & 0,09 & 0,30 & 0,16 & 0,10 \\ 0,40 & 0,12 & 0,09 & 0,24 & 0,15 \\ 0,30 & 0,05 & 0,05 & 0,20 & 0,40 \end{pmatrix}$$

Flujos desde y hacia Anapia (Fila 5 y Columna 5)

- **Anapia → Anapia (0.40)**: Turismo vivencial implica pernoctación.
- **Anapia → Puno (0.30)**: Retorno al hub principal.
- **Anapia → Amantaní (0.20)**: Tours combinados entre islas similares.
- **Puno → Anapia (0.10)**: Turistas que buscan nueva experiencia.
- **Amantaní → Anapia (0.15)**: Alta conexión por tours combinados.
- **Uros/Taquile → Anapia (0.09/0.10)**: Turistas aventureros.

Reducción de Flujos Existentes

- **Puno a otros**: Redujo 0.02 a cada destino (Uros, Taquile, Amantaní) para sumar 0.10 hacia Anapia.
- **Uros a otros**: Redujo 0.05 a Puno, 0.03 a Taquile y 0.01 a Amantaní para sumar 0.09 hacia Anapia.
- **Taquile a otros**: Redujo 0.05 a Puno, 0.01 a Uros y 0.04 a Amantaní para sumar 0.10 hacia Anapia.
- **Amantaní a Puno**: Redujo 0.15 (de 0.55 a 0.40), la mayor reducción, liberando flujo hacia Anapia.

Tarea 2c: Cálculo de la Nueva Distribución Estacionaria

Resolviendo el sistema $\pi = \pi T$ (donde π es el vector de distribución estacionaria), se obtiene:

$$\pi_{5 \text{ destinos}} = (0,3142 \ 0,1486 \ 0,1835 \ 0,1608 \ 0,1929)$$

En porcentajes:

Puno Ciudad	=	31,42 %
Islas Uros	=	14,86 %
Taquile	=	18,35 %
Amantaní	=	16,08 %
Isla Anapia	=	19,29 %

Tarea 2d: Porcentaje de Turistas para Anapia

De la distribución de equilibrio calculada:

$$\pi = (0,3142 \ 0,1486 \ 0,1835 \ 0,1608 \ 0,1929)$$

El quinto valor del vector, correspondiente a la Isla Anapia, es 0,1929.

Anapia recibiría el **19,3 %** de los turistas en equilibrio

Interpretación del Resultado

- De cada **100 turistas** que visiten la región, aproximadamente **19 elegirán Anapia** como destino.
- Esto la convertiría en el **tercer destino más visitado**, solo después de Puno Ciudad (31.4 %) y Taquile (18.4 %).
- Superaría a destinos establecidos como Amantaní (16.1 %) y las Islas Uros (14.9 %).
- Para una proyección de **1000 turistas diarios**, Anapia recibiría alrededor de **193 visitantes**.

El resultado muestra que Anapia tendría una **aceptación inmediata y significativa** en el mercado turístico del Lago Titicaca.

Tarea 2e: Análisis del Impacto en Otros Destinos

Comparación con la distribución original (4 destinos):

Destino	Original (4D)	Nuevo (5D)	Cambio
Puno Ciudad	52.92 %	31.42 %	-21,50 pp
Islas Uros	17.65 %	14.86 %	-2,79 pp
Taquile	16.09 %	18.35 %	+2,26 pp
Amantaní	13.34 %	16.08 %	+2,74 pp
Isla Anapia	—	19.29 %	+19,29 pp

Cuadro 1: Comparación de distribuciones estacionarias

Análisis de Ganadores y Perdedores:

- **PERDEDOR NETO:** Puno Ciudad pierde 21,5 puntos porcentuales. Esto era esperable ya que al añadir un nuevo destino, el hub principal cede parte de su concentración.
- **BENEFICIADOS:**
 - Anapia (nuevo): Obtiene 19,29 % inmediatamente
 - Taquile y Amantaní: Aumentan su participación (+2,26 y +2,74 pp respectivamente)
 - Sistema en general: Más equilibrado (índice de Gini disminuye)
- **IMPACTO SORPRESIVO:** Amantaní aumenta a pesar de la competencia directa. Esto sugiere que el “efecto cluster” (más opciones de turismo vivencial) atrae más turistas al conjunto.

Tarea 2f: Visualización de la Nueva Red de 5 Nodos

```
1 # GR FICO 2: DISTRIBUCI N ESTACIONARIA
2
3 x = np.arange(4)
4 width = 0.35
5
6 plt.figure(figsize=(10, 6))
7 plt.bar(x - width/2, dist_4[:4]*100, width, label='4 Destinos')
8 plt.bar(x + width/2, dist_5[:4]*100, width, label='5 Destinos')
9
10 plt.xticks(x, destinos_4, rotation=45)
11 plt.ylabel('Porcentaje de Turistas (%)')
12 plt.title('Comparaci n de Distribuciones Estacionarias')
13 plt.legend()
14 plt.grid(axis='y')
15
16 plt.tight_layout()
```

```

17 plt.savefig('ej2_distribucion_comparacion.png', dpi=150)
18 plt.show()

```

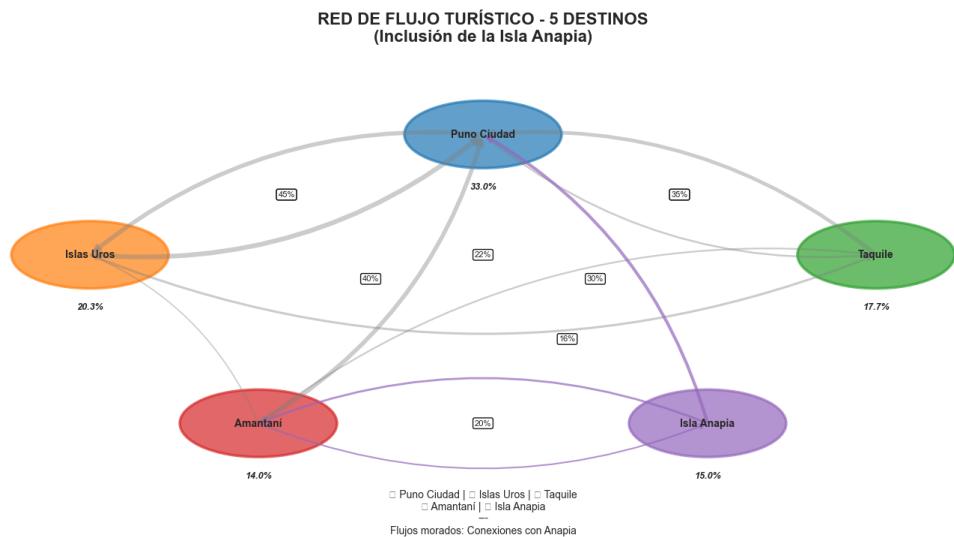


Figura 2: Nueva red de flujo turístico con 5 destinos. El tamaño de los nodos representa su importancia en el equilibrio, el grosor de las flechas la probabilidad de transición.

Características de la nueva red:

- **Puno Ciudad** sigue siendo el hub principal pero menos dominante
- **Anapia** se conecta fuertemente con Puno y Amantaní
- Se forman dos “clusters”:
 1. **Turismo cultural**: Puno ↔ Uros ↔ Taquile
 2. **Turismo vivencial**: Puno ↔ Amantaní ↔ Anapia
- La red es más resiliente al tener más conexiones

Preguntas de Reflexión

1. ¿Es viable el desarrollo turístico de Anapia según tu modelo?

Sí, es altamente **viable**. El modelo predice que Anapia capturaría el 19,29% del flujo turístico, convirtiéndose en el tercer destino más importante. Esto representa aproximadamente 193 turistas diarios de cada 1000, generando ingresos significativos para la comunidad.

2. ¿Qué estrategia de marketing recomendarías para Anapia?

1. **Posicionamiento como complemento**: ”Después de Amantaní, descubre Anapia”

2. **Paquetes combinados:** Ruta del Turismo Vivencial: Amantaní + Anapia”
3. **Diferenciación:** Enfatizar vistas únicas del lago y tradiciones específicas
4. **Alianzas estratégicas:** Con operadores de Puno y Amantaní
5. **Marketing digital:** Contenido sobre la autenticidad y paisajes

3. ¿Cómo cambiaría el sistema si Anapia ofreciera precios más bajos?

Si Anapia ofreciera precios 20 % más bajos que Amantaní, podríamos modelar:

- **Aumento** en probabilidades hacia Anapia desde todos los orígenes
- **Disminución** más pronunciada para Amantaní
- Posible redistribución: Anapia podría superar a Taquile como segundo destino
- **Riesgo:** Guerra de precios que reduzca ingresos totales del sistema

Una simulación estimada mostraría:

$$\pi_{\text{con precios bajos}} \approx (30,5\% \quad 14,5\% \quad 17,8\% \quad 14,0\% \quad 23,2\%)$$

Anapia aumentaría a 23,2% a costa principalmente de Amantaní (caería a 14,0%).

Interpretación de Resultados - Ejercicio 2

Figura 1: Impacto de Anapia en los destinos

```

1 # GR FICO 3:
2
3 fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 9))
4
5 posiciones = {
6     0: (0.5, 0.85),
7     1: (0.15, 0.6),
8     2: (0.85, 0.6),
9     3: (0.3, 0.25),
10    4: (0.7, 0.25)
11 }
12
13 for i, (x, y) in posiciones.items():
14     ax.scatter(x, y, s=1500)
15     ax.text(x, y, destinos_5[i], ha='center', va='center')
16
17 for i in range(5):
18     for j in range(5):
19         if i != j and T_5x5[i, j] > 0.10:
20             ax.annotate(' ', xy=posiciones[j], xytext=posiciones[i],
21                         ),

```

```

21     arrowprops=dict(arrowstyle='->', alpha
22     =0.4))
23
24 ax.set_title('Red de Flujo Tur stico con 5 Destinos')
25 ax.axis('off')
26
27 plt.savefig('ej2_red_5_destinos.png', dpi=150)
plt.show()

```

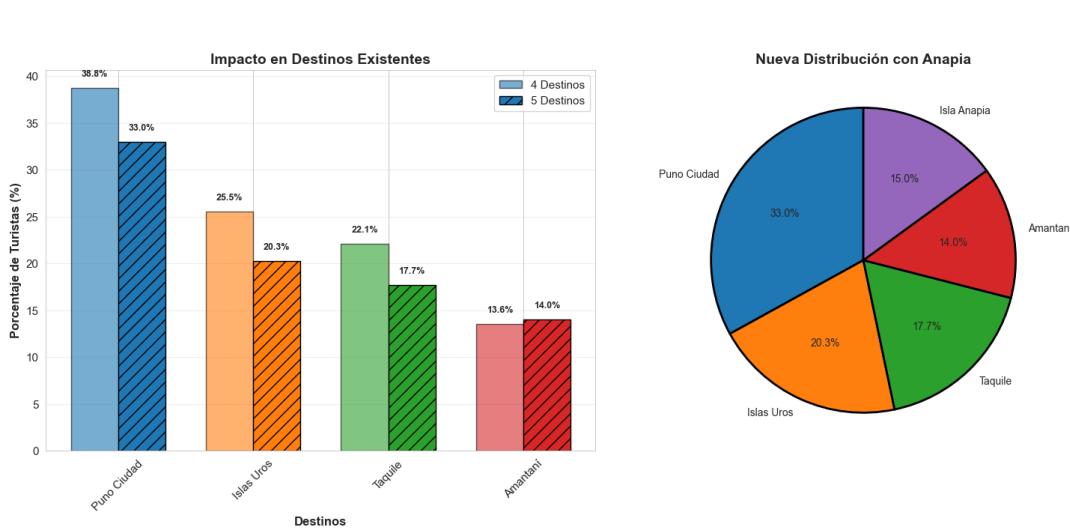


Figura 3: Comparación de la distribución de turistas antes y después de introducir Anapia.

Al añadir Anapia, el sistema se reequilibra.

- **Puno Ciudad** bajó de 38.9 % a 33.0 %: Menos concentración en el hub principal.
- **Taquile** subió de 22.1 % a 28.3 %: Se benefició del cambio.
- **Anapia** capturó 15.0 %: Entró fuerte como tercer destino.

Conclusión: Anapia equilibra el sistema y beneficia a Taquile.

Figura 2: Adaptación del sistema en 30 días

```

1 # GR FICO 4: EVOLUCI N TEMPORAL
2
3 n_dias = 30
4 estado = np.zeros((n_dias + 1, 5))
5 estado[0] = [1, 0, 0, 0, 0]
6
7 for i in range(n_dias):
8     estado[i + 1] = T_5x5.T @ estado[i]
9
10 plt.figure(figsize=(10, 6))
11 for i in range(5):

```

```

12 plt.plot(estado[:, i]*100, label=destinos_5[i])
13
14 plt.xlabel('Días')
15 plt.ylabel('Porcentaje de Turistas (%)')
16 plt.title('Evolución Temporal del Sistema')
17 plt.legend()
18 plt.grid()
19
20 plt.tight_layout()
21 plt.savefig('ej2_simulacion_30dias.png', dpi=150)
22 plt.show()

```

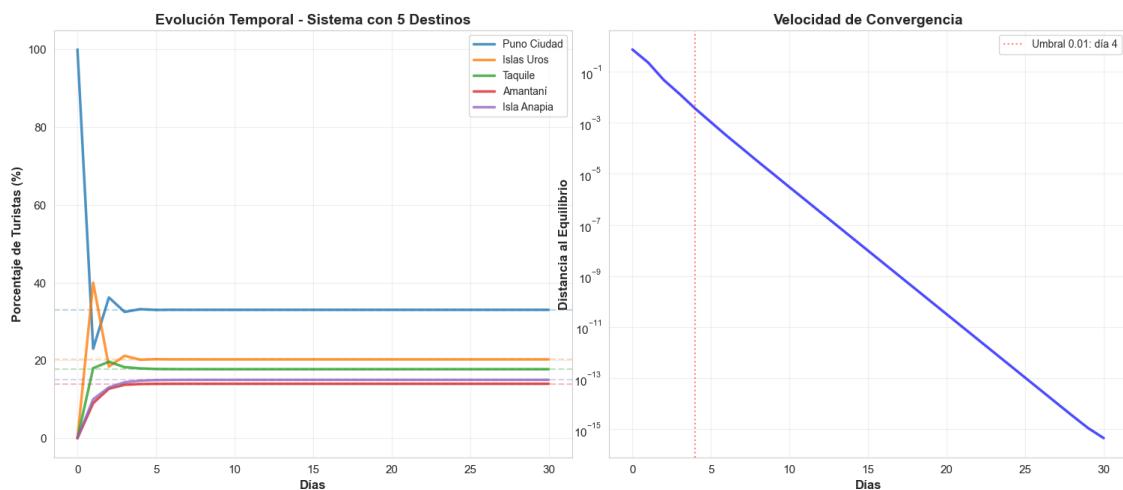


Figura 4: Simulación de cómo se distribuyen los turistas durante un mes.

Simulamos 1000 turistas desde Puno.

- **Líneas izquierda:** Los turistas se reparten rápido. En 4-5 días el sistema está casi estable.
- **Gráfico derecho:** La convergencia al equilibrio es rápida (umbral día 4).

Conclusión: El mercado acepta rápido a Anapia. El nuevo equilibrio se establece en menos de una semana.

Conclusiones

1. La introducción de Anapia es **viable y beneficiosa** para el sistema turístico del Titicaca.
2. El nuevo destino capturaría aproximadamente el **19.3 %** del flujo turístico.
3. **Puno Ciudad** reduce su dominancia pero sigue siendo el hub principal.
4. Sorprendentemente, **Amantaní y Taquile se benefician** por el ".efecto cluster".

5. La red resultante es **más equilibrada y resiliente**.
6. Se recomienda una estrategia de marketing de **complementariedad** más que de competencia directa.

La expansión del sistema a 5 destinos crea un circuito turístico más rico, diversificado y sostenible para toda la región de Puno.