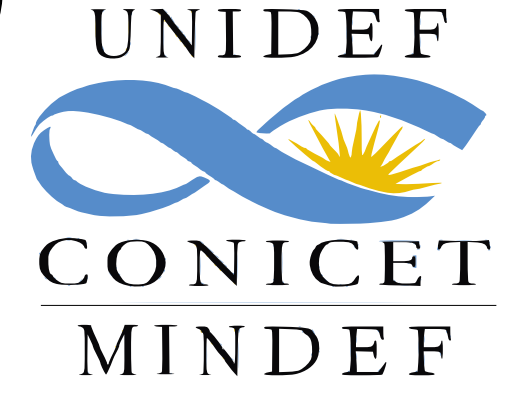




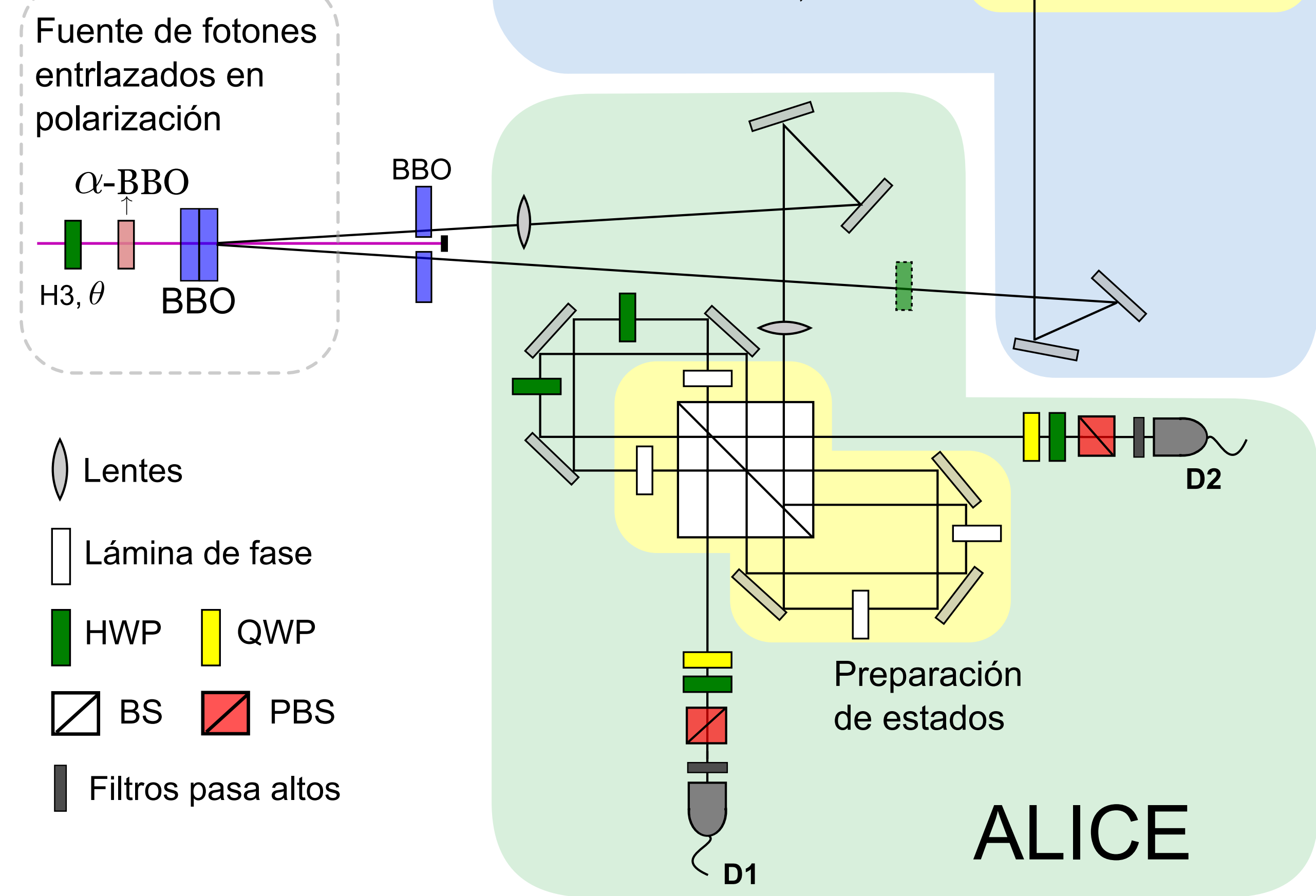
Teleportación Ruidosa: un estudio experimental de la influencia de entornos ruidosos (75)

Laura Knoll^{1,2}, Christian Schmiegelow², Miguel Larotonda^{1,2} (40)



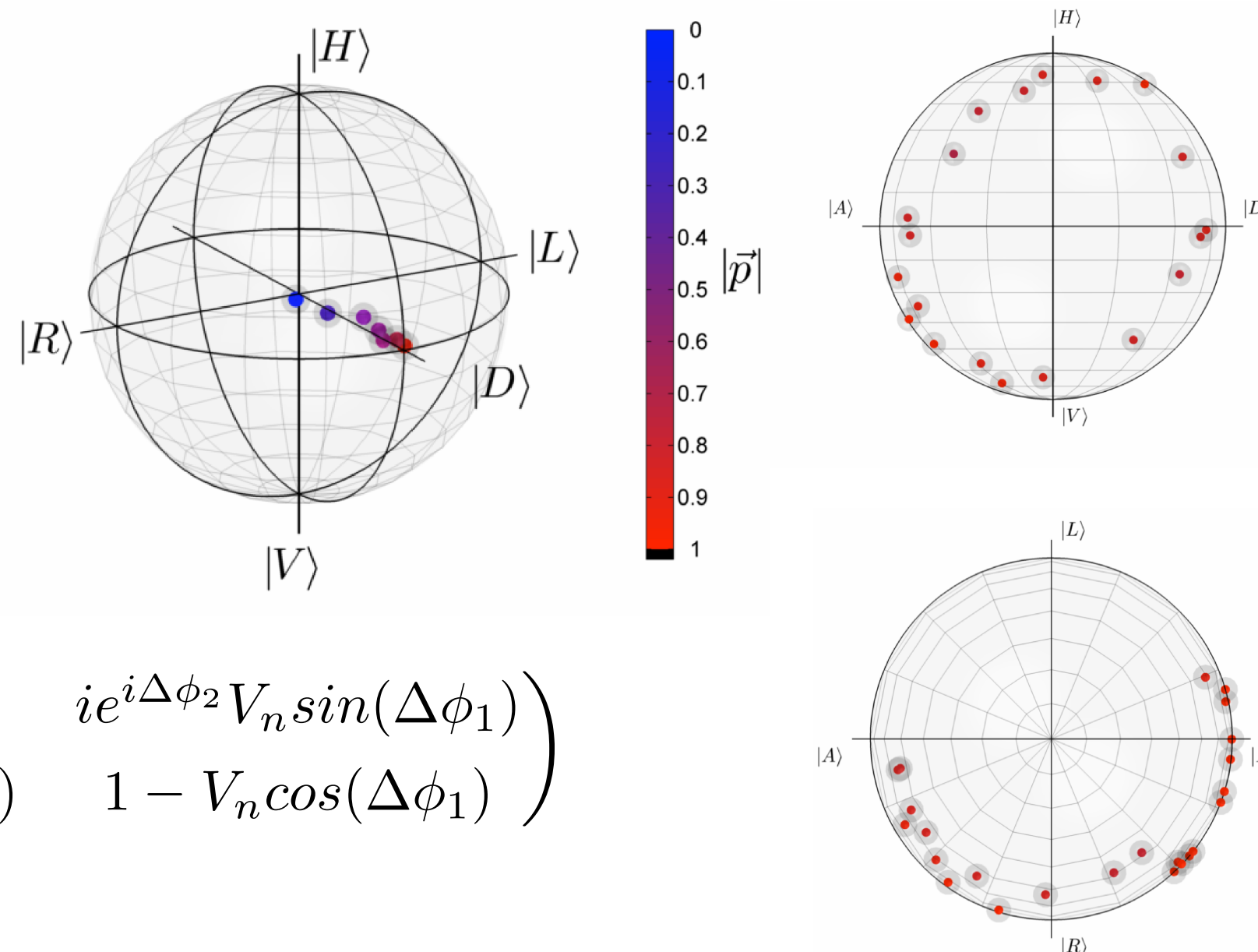
1. Departamento de Física J.J. Giambiagi, FCEyN, UBA
 2. Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (DEILAP)
 Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)
 UNIDEF (MINDEF - CONICET) (30)

Esquema experimental (50-55)



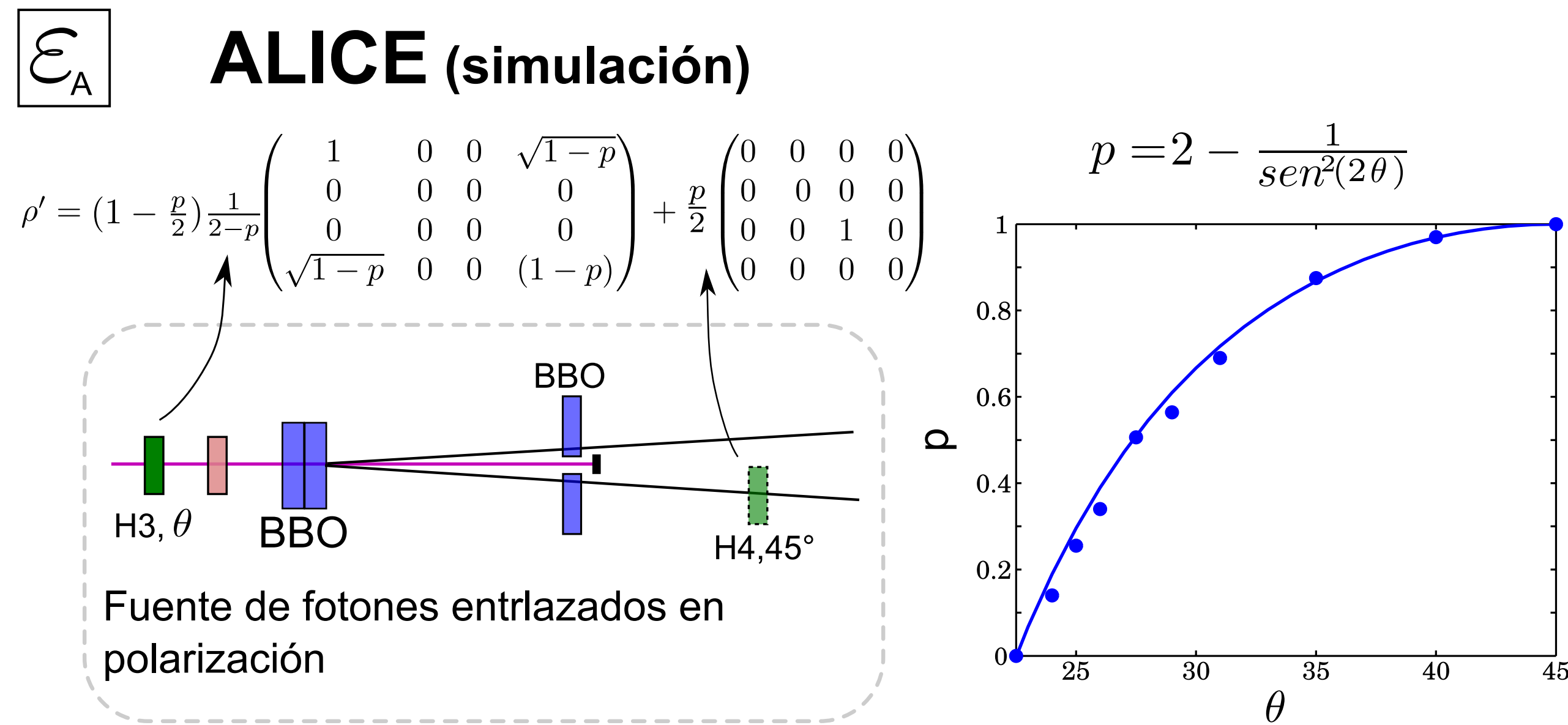
Preparación y teleportación de estados

Se utilizó un interferómetro con una diferencia de fase relativa entre los dos caminos del interior del interferómetro, y una diferencia de fase relativa adicional a la salida.

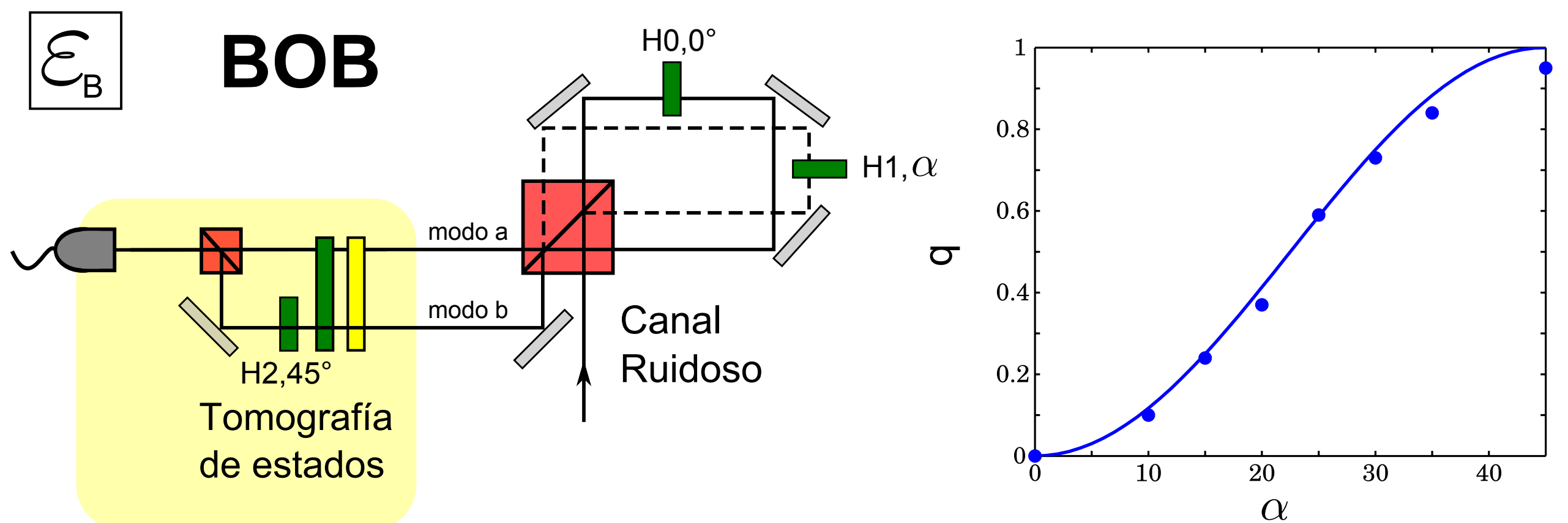


$$\rho = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + V_n \cos(\Delta\phi_1) & ie^{i\Delta\phi_2} V_n \sin(\Delta\phi_1) \\ -ie^{-i\Delta\phi_2} V_n \sin(\Delta\phi_1) & 1 - V_n \cos(\Delta\phi_1) \end{pmatrix}$$

Implementación experimental de los canales ruidosos



Cambiando el ángulo de H3 (θ), la polarización del estado entrelazado se transforma como:
 $\cos(2\theta)|VV\rangle + \sin(2\theta)|HH\rangle$



Cambiando el ángulo de H1 se puede rotar la polarización vertical de la siguiente manera:
 $|V\rangle \rightarrow \cos(2\alpha)|V\rangle + \sin(2\alpha)|H\rangle$

$$\Rightarrow \text{Identificando } q = \sin^2(2\alpha) \quad \text{ADC} \begin{cases} |H\rangle|a\rangle \rightarrow |H\rangle|a\rangle \\ |V\rangle|a\rangle \rightarrow \sqrt{1-q}|V\rangle|a\rangle + \sqrt{q}|H\rangle|b\rangle \end{cases}$$

$$\text{Retirando la lámina H2: PDC} \begin{cases} |H\rangle|a\rangle \rightarrow |H\rangle|a\rangle \\ |V\rangle|a\rangle \rightarrow \sqrt{1-q}|V\rangle|a\rangle + \sqrt{q}|V\rangle|b\rangle \end{cases}$$

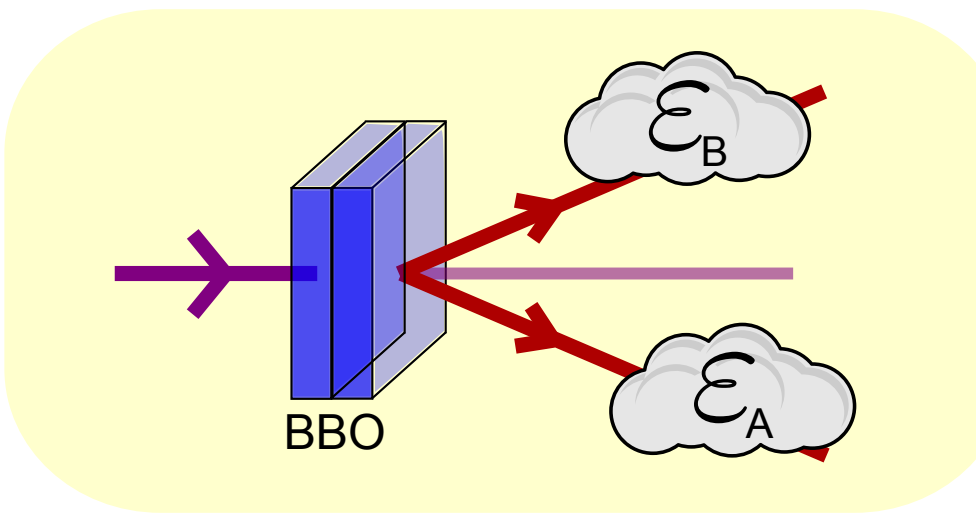
Se presentan resultados experimentales de la influencia de ruido cuántico sobre una implementación del algoritmo de teleportación cuántica. El protocolo de teleportación utiliza un par de fotones entrelazados en polarización como recurso cuántico y codifica el estado a teleportar en el camino de uno de los fotones. Este arreglo permite preparar y teleportar cualquier estado sobre la esfera de Bloch con una resolución del grado de mezcla dada por la longitud de coherencia de los pares de fotones y con una fidelidad promedio superior a 90%. Se estudia la interacción del sistema con entornos ruidosos agregando una etapa de ruido tipo *Amplitude Damping* y *Phase Damping*, para observar la influencia de ruido y decoherencia en el algoritmo de teleportación. En particular, se estudia la fidelidad de teleportación de un qubit frente a ruido generado por estos entornos controlados. (28)

Fully entangled fraction

$$f(\rho) = \max_{|\psi_{Bell}\rangle} \langle \psi_{Bell} | \rho | \psi_{Bell} \rangle \rightarrow F = \frac{2f+1}{3} \quad f > \frac{1}{2} \Rightarrow F > \frac{2}{3}$$

Influencia del ruido en la fidelidad de teleportación

Canal cuántico: Amplitude Damping Channel (ADC)



$$\rho' = \varepsilon(\rho) \quad \varepsilon \begin{cases} |0\rangle_S|0\rangle_E \rightarrow |0\rangle_S|0\rangle_E \\ |1\rangle_S|0\rangle_E \rightarrow \sqrt{1-p}|1\rangle_S|0\rangle_E + \sqrt{p}|0\rangle_S|1\rangle_E \end{cases}$$

Estado entrelazado (ideal) en polarización, antes de pasar por los canales ruidosos:
 $|\psi\rangle = \frac{|HH\rangle + |VV\rangle}{\sqrt{2}}$

$$\rho \Rightarrow \text{ADC sobre el qubit de Alice} \Rightarrow \rho'(p) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \sqrt{1-p} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & 0 \\ \sqrt{1-p} & 0 & 0 & (1-p) \end{pmatrix}$$

$$f_A(\rho') = \frac{1}{4}(1 + \sqrt{1-p})^2 \rightarrow f_A(\rho') > 1/2 \quad \forall p < 2\sqrt{2} - 2$$

$$\rho'(p) \Rightarrow \text{ADC sobre el qubit de Bob} \Rightarrow \rho''(p, q)$$

$$f_{AA}(\rho''(p, q)) = \frac{1}{4}[pq + (1 + \sqrt{(1-p)(1-q)})^2]$$

En particular, para $p=q$ y $0 \leq p < 1$

$$f_{AA}(\rho''(p=q)) = \frac{1}{2}[1 + (1-p)^2] \Rightarrow f_{AA} > 1/2$$

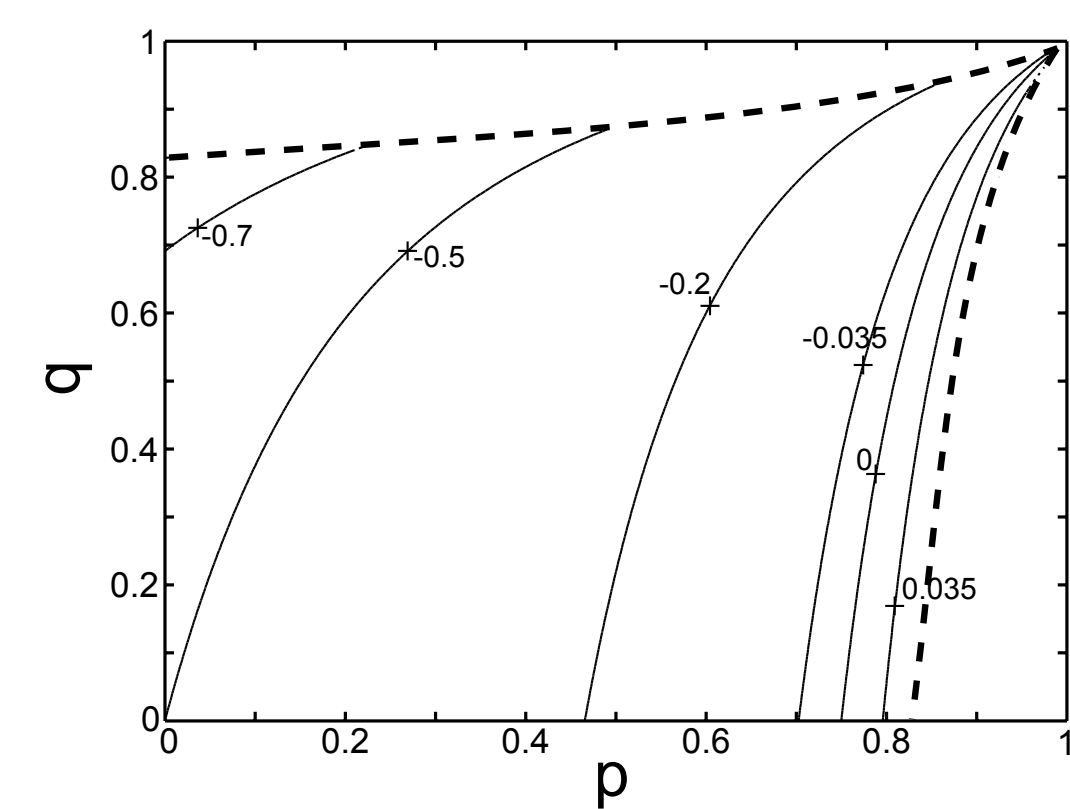
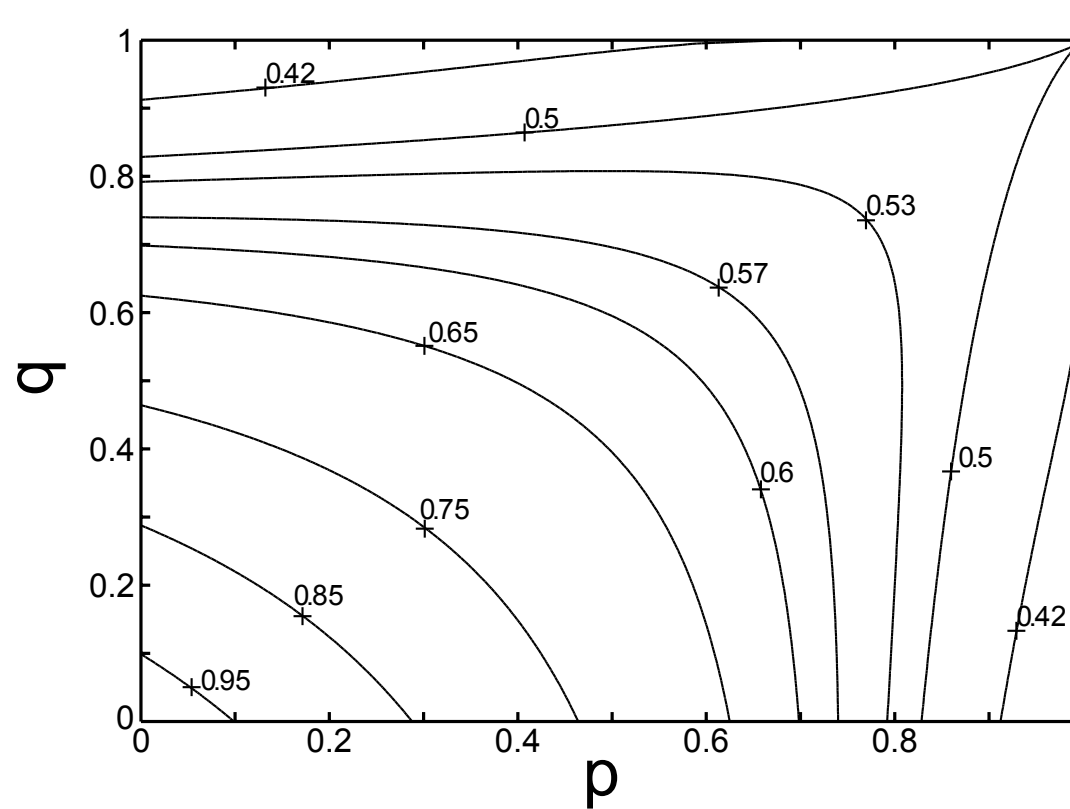


Gráfico de contorno de la *fully entangled fraction* (izq) y gráfico de valores de f en función de ambos parámetros de decoherencia p y q .

Canal cuántico: Phase Damping Channel (PDC)

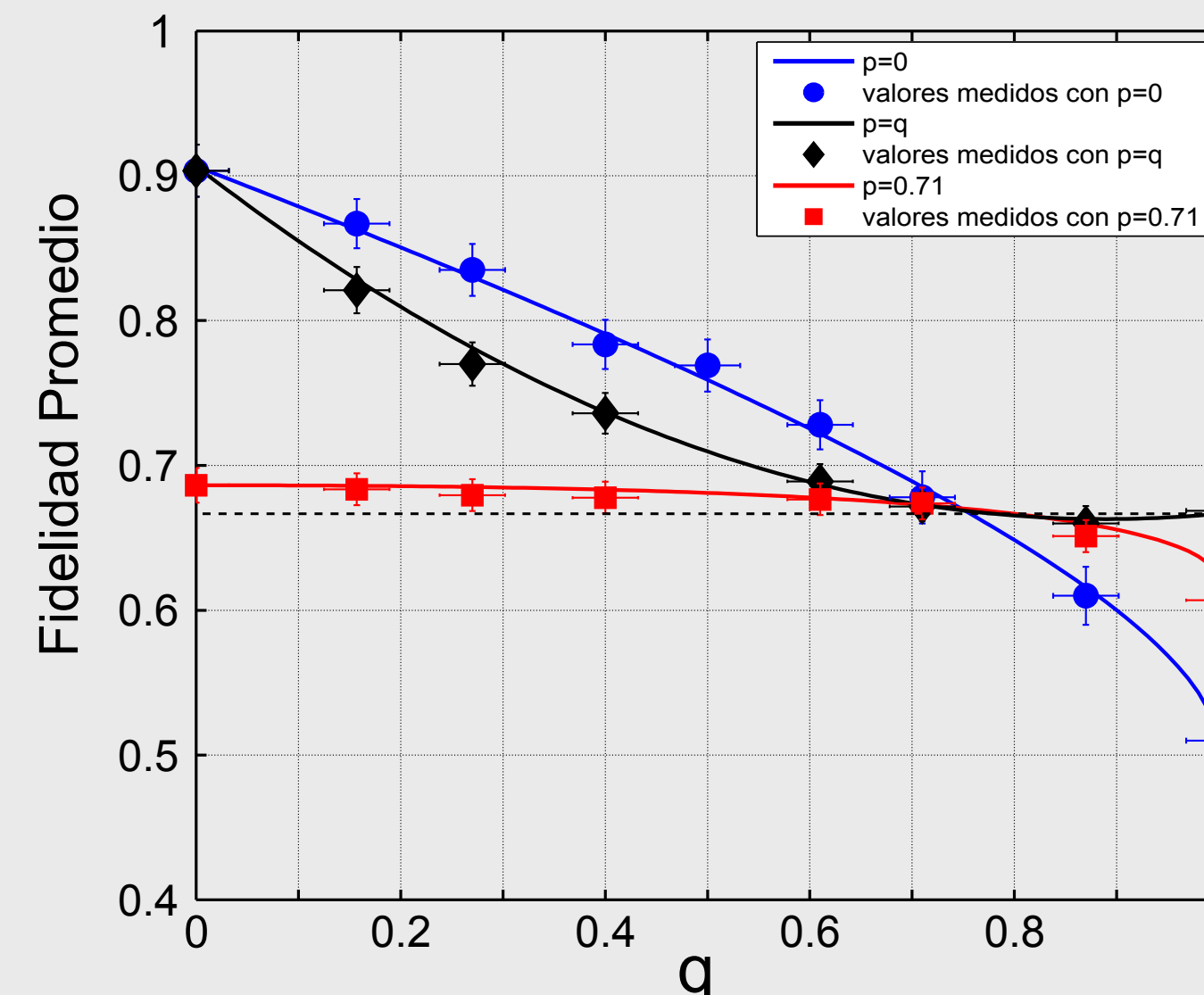
$$\varepsilon \begin{cases} |0\rangle_S|0\rangle_E \rightarrow |0\rangle_S|0\rangle_E \\ |1\rangle_S|0\rangle_E \rightarrow \sqrt{1-p}|1\rangle_S|0\rangle_E + \sqrt{p}|1\rangle_S|1\rangle_E \end{cases}$$

$$\rho \Rightarrow \text{ADC sobre el qubit de Alice} \Rightarrow \rho'(p) \Rightarrow \text{PDC sobre el qubit de Bob} \Rightarrow \rho''(p, q)$$

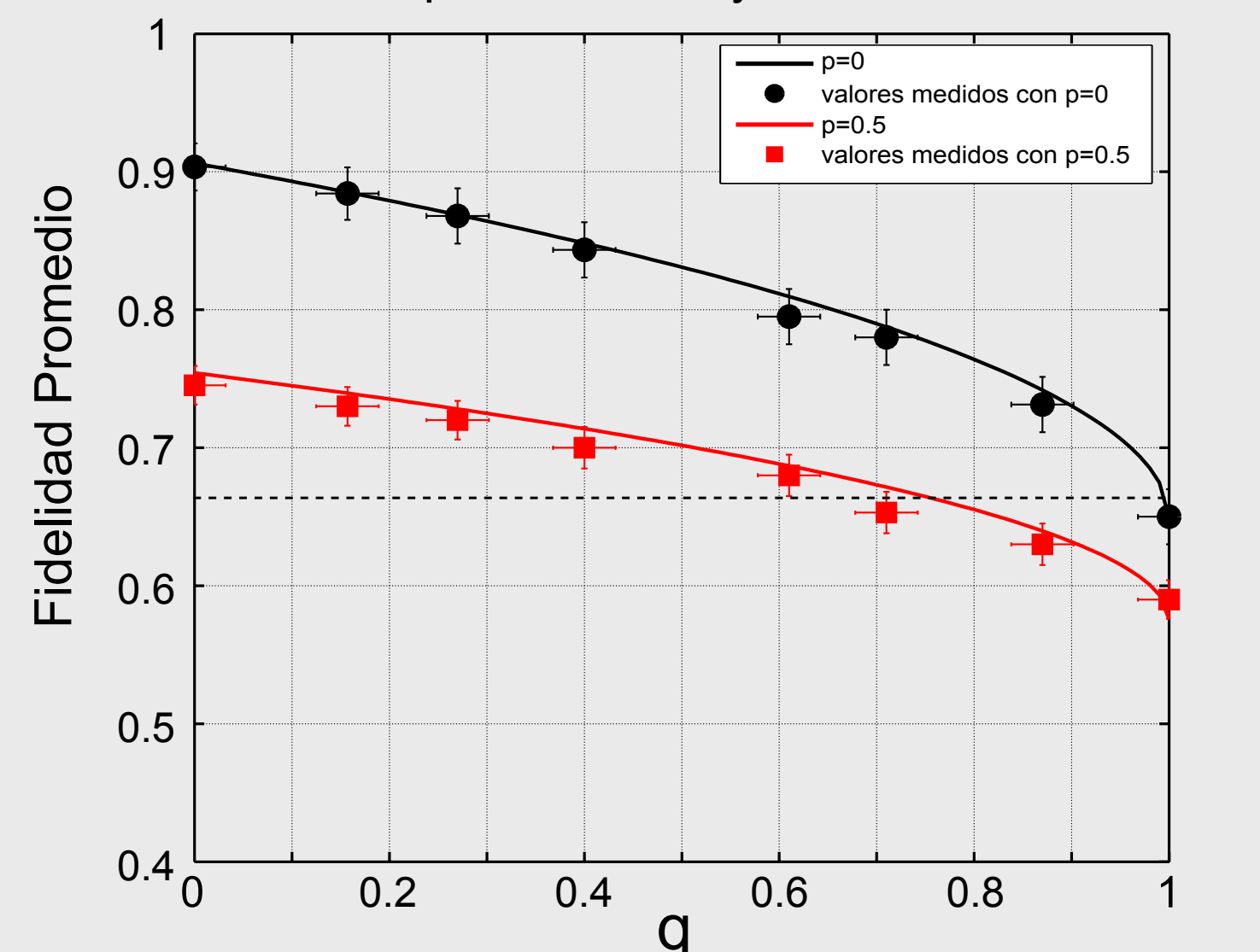
$$f_{AP}(\rho'') = \frac{1}{2}[1 + \sqrt{(1-p)(1-q)} - \frac{p}{2}]$$

En este caso no es posible obtener una mejora en la fidelidad al acoplar uno de los qubits con un entorno tipo PDC.

ADC sobre los dos qubits



ADC sobre el qubit de Alice y PDC sobre el de Bob



Se midieron curvas de fidelidad en función del parámetro de decoherencia de Bob (q) para distintos valores de ruido en Alice (p). Las curvas sólidas son las predicciones teóricas obtenidas al aplicar los canales ruidosos a ambos qubits del estado entrelazado inicial.