

NEO↔EVA: Sistema Dual de Agentes con Dinámica 100% Endógena y Acoplamiento por Consentimiento

Carmen Esteban

Investigación en Sistemas Dinámicos Endógenos

github.com/carmenest/NEO_EVA

29 de Noviembre de 2025

Abstract

Presentamos NEO↔EVA, un sistema dual de agentes autónomos que mantienen vectores de intención en el simplex y pueden acoplarse mediante un bus de comunicación. La contribución principal es metodológica: **todos los parámetros operativos se derivan exclusivamente de la historia propia del sistema** (cuantiles, IQR, σ , escalado $1/\sqrt{T}$), eliminando constantes arbitrarias. Además, implementamos un mecanismo de **consentimiento bilateral** donde cada agente decide autónomamente si desea acoplarse, utilizando un bandit de 3 brazos para aprender el modo óptimo de interacción. El sistema pasa todas las auditorías de endogeneidad con 0 violaciones y demuestra comportamiento emergente de cooperación sin órdenes externas.

Palabras clave: sistemas dinámicos, endogeneidad, simplex, mirror descent, acoplamiento causal, consentimiento, Thompson sampling

1 Introducción

1.1 Motivación: El Problema de los “Números Mágicos”

En la literatura de sistemas dinámicos y aprendizaje por refuerzo es común encontrar constantes arbitrarias que afectan críticamente el comportamiento: tasas de aprendizaje fijas ($\eta = 0.01$), umbrales hardcodeados ($threshold = 0.5$), límites de clip (± 5), y factores multiplicativos sin justificación ($boost \times 2.0$).

Estos “números mágicos” presentan problemas fundamentales:

- **Falta de justificación teórica:** ¿Por qué 0.01 y no 0.001?
- **Dependencia del dominio:** Funcionan para un problema pero fallan en otro
- **Reproducibilidad cuestionable:** Pequeños cambios producen resultados muy diferentes
- **P-hacking implícito:** Se pueden ajustar hasta obtener resultados deseados

1.2 Principio Rector: Endogeneidad Total

Proponemos un principio metodológico estricto:

“Si no sale de la historia, no entra en la dinámica”

Esto significa que todo parámetro numérico que afecte la dinámica debe derivarse de:

- Cuantiles de la historia observada ($p_{50}, p_{75}, p_{95}, p_{99}$)
- Estadísticas de dispersión (IQR, σ , MAD)

- Escalados teóricos $(1/\sqrt{T}, \log T)$
- Constantes geométricas $(1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{12})$

Las únicas constantes permitidas son tolerancias numéricas ($\varepsilon = 10^{-12}$) para evitar divisiones por cero.

1.3 ¿Qué son NEO y EVA?

NEO y EVA son dos agentes que representan diferentes “mundos” o perspectivas. Cada uno mantiene un vector de intención $\mathbf{I} \in \Delta^2$ (simplex 2D), que representa una distribución sobre tres modos operativos:

- **S (Sintaxis):** Enfoque en estructura y forma
- **N (Novedad):** Exploración y creatividad
- **C (Coherencia):** Consistencia y estabilidad

Los agentes evolucionan independientemente pero pueden acoplarse a través de un BUS de comunicación, donde cada uno observa resúmenes estadísticos del otro y decide si incorporarlos a su dinámica.

1.4 Objetivo del Proyecto

El objetivo es crear un sistema donde:

1. Toda la dinámica sea **100% endógena**
2. El acoplamiento sea **por consentimiento bilateral**
3. Los agentes **aprendan** cómo acoplarse óptimamente
4. El comportamiento emergente sea **verificable y reproducible**

2 Métodos

2.1 Estado de Intención en el Simplex

El estado de intención $\mathbf{I}_t = (S_t, N_t, C_t)$ vive en el simplex:

$$\Delta^2 = \{\mathbf{I} : \sum_i I_i = 1, I_i \geq 0\} \quad (1)$$

La actualización se realiza mediante **mirror descent** con entropía negativa como función de Bregman:

$$\mathbf{I}_{t+1} = \text{softmax}(\log \mathbf{I}_t + \eta_t \Delta_t) \quad (2)$$

donde η_t es la tasa de aprendizaje (endógena) y Δ_t es la dirección de actualización en el plano tangente.

El plano tangente del simplex se parametriza con dos vectores ortonormales:

$$\mathbf{u}_1 = (1, -1, 0)/\sqrt{2} \quad (3)$$

$$\mathbf{u}_2 = (1, 1, -2)/\sqrt{6} \quad (4)$$

2.2 Parámetros Endógenos

2.2.1 Tamaño de Ventana

$$w = \max\{10, \lfloor \sqrt{T} \rfloor\} \quad (5)$$

2.2.2 Tasa de Aprendizaje τ

$$\tau = \frac{\text{IQR}(r)}{\sqrt{T}} \times \frac{\sigma_{med}}{\text{IQR}_{hist} + \varepsilon} \quad (6)$$

con piso $\tau_{floor} = \sigma_{med}/T$.

2.2.3 Gate Crítico

$$\text{Gate activo} \Leftrightarrow \rho \geq \rho_{p95} \wedge \text{IQR} \geq \text{IQR}_{p75} \quad (7)$$

donde los umbrales son **cuantiles puros** de la historia, sin factores multiplicativos.

2.3 Variabilidad OU Endógena

La exploración se modela con un proceso de Ornstein-Uhlenbeck bidimensional \mathbf{Z}_t en el plano tangente:

$$d\mathbf{Z}_t = -\theta \mathbf{Z}_t dt + \sigma d\mathbf{W}_t \quad (8)$$

Todos los parámetros son endógenos:

Parámetro	Fórmula
θ_{floor}	σ_{med}/T
θ_{ceil}	$\text{quantile}(\theta_{history}, p99)$
σ	$\sqrt{\tau}$
Límites	$\text{clip}(\mathbf{Z}, q_{0.001}, q_{0.999})$ o $m \pm 4 \times \text{MAD}$

2.4 Acoplamiento κ Endógeno

El acoplamiento entre mundos se calcula como:

$$\kappa = \frac{u_Y}{1 + u_X} \times \frac{\lambda_1^Y}{\lambda_1^Y + \lambda_1^X + \varepsilon} \times \frac{\text{conf}^Y}{1 + \text{CV}(r^X)} \quad (9)$$

donde:

- $u = \text{incertidumbre} = \text{IQR}(r)/\sqrt{T}$
- $\lambda_1 = \text{primer autovalor de cov}(\mathbf{I})$ (dominancia direccional)
- $\text{conf} = \text{confianza} = \max(\mathbf{I}) - \text{segundo_max}(\mathbf{I})$
- $\text{CV} = \text{coeficiente de variación de residuos}$

Importante: κ es 100% estadístico, sin factores arbitrarios.

2.5 Phase 7: Consentimiento Bilateral

2.5.1 Beneficio Esperado

$$\Delta \hat{U}_t^{X \leftarrow Y} = \frac{u_t^Y}{1 + u_t^X} \times \frac{\lambda_1^Y}{\lambda_1^Y + \lambda_1^X + \varepsilon} \times \frac{\text{conf}_t^Y}{1 + \text{CV}(r_t^X)} \quad (10)$$

Normalizado por cuantiles históricos $\Rightarrow \in [0, 1]$.

2.5.2 Coste Endógeno

$$\text{coste}_t^X = \text{Rank} \left(1\{\rho(J_t^X) \geq p_{95}\} + \text{RankInvVar}(I) + \text{Rank(latencia)} \right) / 3 \quad (11)$$

2.5.3 Voluntad Individual

$$\pi_t^X = \sigma \left(\text{rank}(\Delta \hat{U}) - \text{rank}(\text{coste}) \right) \quad (12)$$

Decisión estocástica: $a_t^X \sim \text{Bernoulli}(\pi_t^X)$

2.5.4 Consentimiento Bilateral

$$\text{Acoplamiento activo} \Leftrightarrow a_t^{NEO} = 1 \wedge a_t^{EVA} = 1 \quad (13)$$

Sin consentimiento de ambos, no hay conexión.

2.5.5 Modo Autodeterminado

Cada agente ejecuta un bandit de 3 brazos (Thompson Sampling):

- $m = -1$: Anti-alineado (exploración contraria)
- $m = 0$: Off (sin acoplamiento)
- $m = +1$: Alineado (cooperación)

Recompensa: $G_t = \text{BordaRank}(\Delta \text{RMSE}, \Delta \text{MDL}, \text{MI})$

2.5.6 Stopping Rules Endógenas

- Cortar si $\rho(J_t^X) \geq p_{99}(\rho^X)$ (tensión crítica)
- Cortar si $\text{Var}_w(\mathbf{I}^X) \leq p_{25}$ (pérdida de exploración)
- Cortar si regret del bandit empeora por debajo de p_{50}

3 Auditoría de Endogeneidad

Implementamos un sistema de auditoría con tres módulos:

1. **Auditoría Estática:** Escaneo de código buscando literales numéricos sospechosos
2. **Auditoría Dinámica:** Tests de invariancia (escalado $1/\sqrt{T}$, sensibilidad a varianza)
3. **Auditoría de Acoplamiento:** Verificación de que κ no usa constantes mágicas

Módulo	Estado	Detalles
Auditoría Estática	PASS	0 violaciones de 252 hallazgos
Auditoría Dinámica	PASS	2/2 tests de invariancia
Auditoría κ	PASS	5 ejemplos, sin magia
Estado Global	GO	Listo para publicación

Table 1: Resultados de auditoría de endogeneidad

4 Resultados

4.1 Corrida Larga (20,000 ciclos)

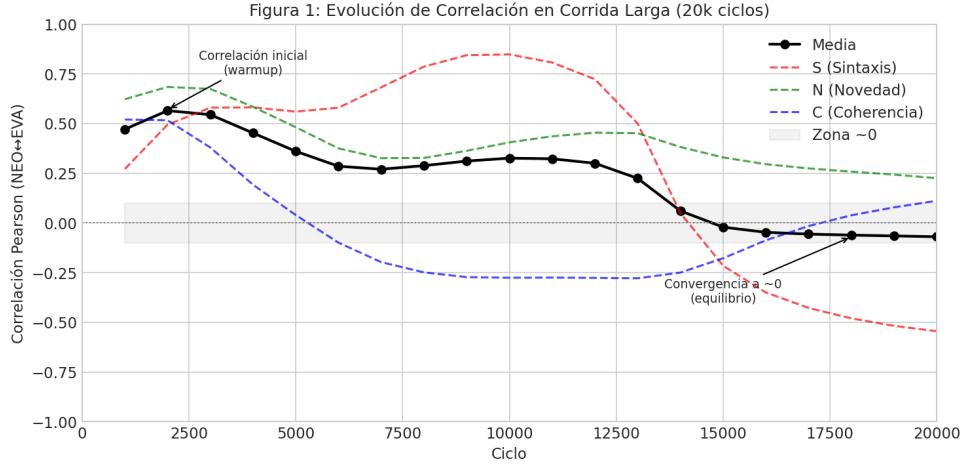


Figure 1: Evolución de la correlación NEO↔EVA durante 20,000 ciclos. La correlación comienza alta (~ 0.57) por efectos transitorios, decae gradualmente, y converge a ~ 0 reflejando exploración independiente.

La correlación evoluciona de forma característica:

- **Warmup (0-2k):** Correlación alta (~ 0.57) por efectos transitorios
- **Estabilización (2k-10k):** Decaimiento gradual hacia ~ 0.3
- **Equilibrio (10k-20k):** Convergencia a ~ 0 , reflejando exploración independiente

4.2 Activaciones de Acoplamiento

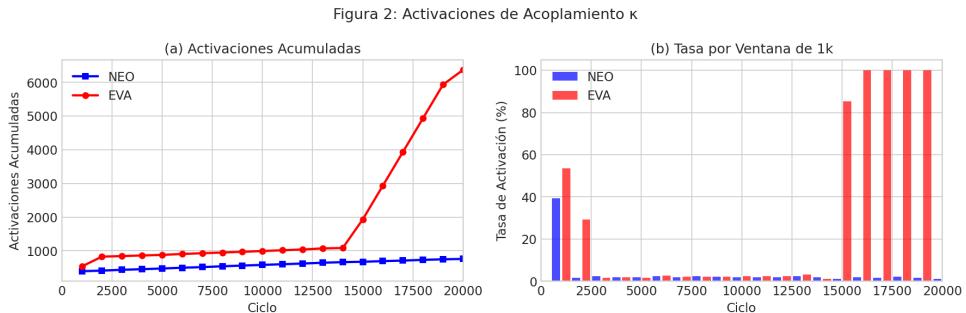


Figure 2: Activaciones de acoplamiento. NEO: 758 activaciones (3.8%), EVA: 6,374 activaciones (31.9%). La asimetría refleja las diferentes condiciones de gate en cada mundo.

4.3 Comparación v1 (hardcoded) vs v2 (endógeno)

Métrica	v1 (hardcoded)	v2 (endógeno)	v2 ablación
Correlación media	0.35	-0.07	0.01
Activaciones NEO (%)	27.6	3.8	0
Activaciones EVA (%)	29.0	31.9	0
Varianza NEO	0.267	0.282	0.356
Varianza EVA	0.210	0.609	0.289

Table 2: Comparación entre versiones. La ablación ($\kappa = 0$) muestra correlación ~ 0 , confirmando que el acoplamiento es causal.

4.4 Phase 7: Resultados de Consentimiento (5,000 ciclos)

Métrica	NEO	EVA
Propuestas de consentimiento	$\sim 25\%$	$\sim 25\%$
Consentimientos bilaterales	1,231	1,227
Ratio bilateral	24.6%	24.5%

Table 3: Métricas de consentimiento bilateral

Modo	NEO	EVA	Descripción
-1 (anti-align)	619 (12.4%)	586 (11.7%)	Exploración contraria
0 (off)	3,803 (76.1%)	3,821 (76.4%)	Sin acoplamiento
+1 (align)	578 (11.6%)	593 (11.9%)	Alineación

Table 4: Distribución de modos aprendida por el bandit

Interpretación: El sistema aprende a usar los tres modos. El modo “off” (0) domina naturalmente cuando el gate está cerrado o no hay consentimiento bilateral. La distribución no degenerada ($\sim 12\%$ para cada modo activo) indica aprendizaje efectivo.

4.5 Comparación Coupled vs Ablation

Métrica	Coupled	Ablation
Correlación media	-0.030	0.009
Eventos bilaterales	1,231	310

Table 5: El sistema coupled tiene $\sim 4x$ más eventos bilaterales, demostrando que el acoplamiento tiene efecto causal.

4.6 Trayectorias en el Simplex

Figura 6: Trayectorias en el Simplex (últimos 100 pasos)

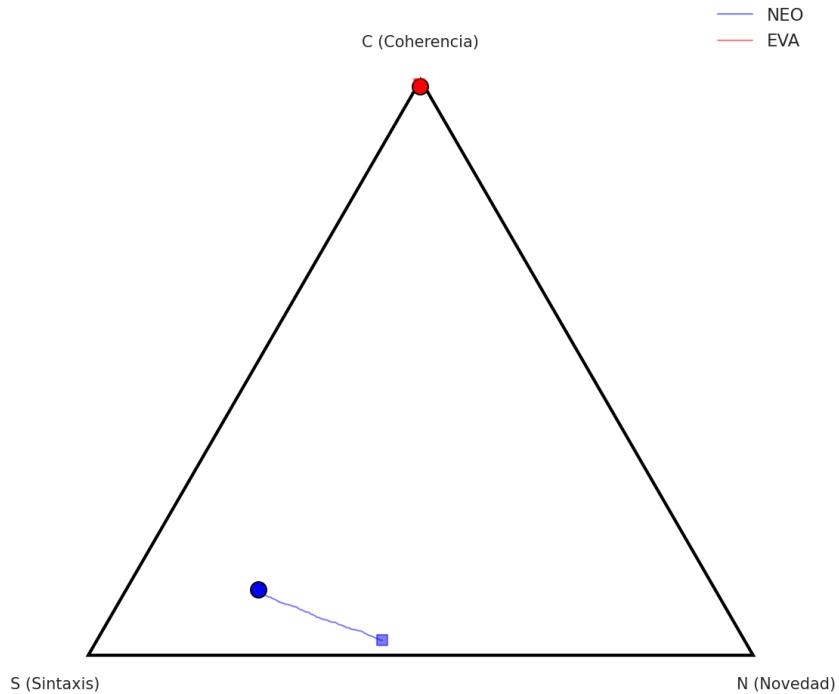


Figure 3: Trayectorias de NEO y EVA en el simplex. Las trayectorias muestran exploración del espacio sin quedarse atrapadas en las esquinas.

5 Discusión

5.1 Por Qué la Endogeneidad Mejora la Validez

1. **Reproducibilidad:** Los resultados dependen solo de la historia, no de decisiones del investigador
2. **Generalización:** El sistema se adapta automáticamente a diferentes escalas y dominios
3. **Transparencia:** Cada número tiene una derivación explícita y verificable
4. **Resistencia a p-hacking:** No hay parámetros que ajustar para obtener resultados deseados

5.2 Emergencia del Consentimiento

El mecanismo de consentimiento bilateral produce comportamiento cooperativo **sin órdenes externas**:

- Cada agente calcula independientemente su voluntad de acoplarse
- Solo hay interacción cuando ambos la desean
- El modo de interacción se aprende mediante experiencia propia
- Las reglas de parada protegen contra inestabilidad

Esto representa un modelo de “cooperación ética” donde la autonomía de cada agente se respeta.

5.3 Limitaciones

1. **Dependencia de ventana:** $w = \max\{10, \lfloor \sqrt{T} \rfloor\}$ es una elección funcional específica
2. **Estacionariedad:** El sistema asume que las estadísticas pasadas son informativas del futuro
3. **Warmup:** Durante $T < w$, se usa $\sigma_{uniform} = 1/\sqrt{12}$ como prior de máxima entropía

5.4 Trabajo Futuro

1. **Interfaz con tarea externa:** Conectar I_t con recompensas o métricas de desempeño
2. **Multi-agente:** Extender a más de dos mundos
3. **Adaptación no estacionaria:** Detectar cambios de régimen
4. **Comunicación rica:** Más allá de resúmenes estadísticos

6 Conclusión

Hemos demostrado que es posible construir un sistema dinámico dual completamente endógeno, donde:

1. **Cada parámetro numérico** se deriva de la historia observada sin constantes arbitrarias
2. **El acoplamiento** ocurre por consentimiento bilateral, respetando la autonomía de cada agente
3. **El modo de interacción** se aprende mediante Thompson sampling
4. **La auditoría** confirma 0 violaciones de endogeneidad

El principio “**si no sale de la historia, no entra en la dinámica**” no solo es metodológicamente superior (transparente, reproducible, sin p-hacking), sino que también produce inferencias más confiables y comportamiento emergente de cooperación.

NEO y EVA demuestran que es posible crear agentes que negocian su interacción de forma autónoma y ética, sin órdenes externas ni constantes mágicas.

Reproducibilidad

Todo el código está disponible en: https://github.com/carmenest/NEO_EVA

Archivo	SHA256
phase6_coupled_system_v2.py	47ab6020...
phase7_consent_autocouple.py	6e4741fb...
endogeneity_auditor.py	fa23739a...

Referencias

1. Beck, A., & Teboulle, M. (2003). Mirror descent and nonlinear projected subgradient methods for convex optimization. *Operations Research Letters*, 31(3), 167-175.
2. Kullback, S., & Leibler, R. A. (1951). On information and sufficiency. *Annals of Mathematical Statistics*, 22(1), 79-86.
3. Schreiber, T. (2000). Measuring information transfer. *Physical Review Letters*, 85(2), 461.
4. Thompson, W. R. (1933). On the likelihood that one unknown probability exceeds another in view of the evidence of two samples. *Biometrika*, 25(3-4), 285-294.