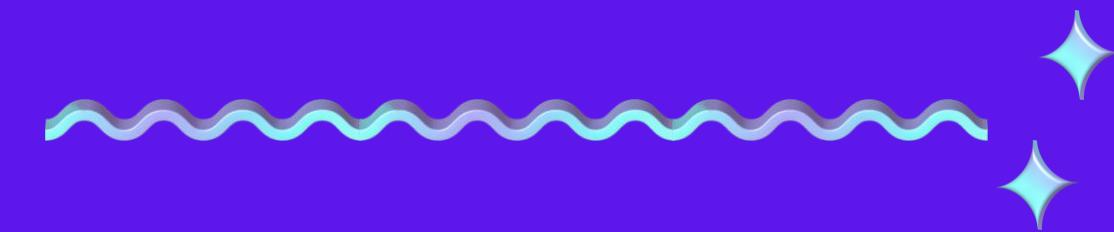


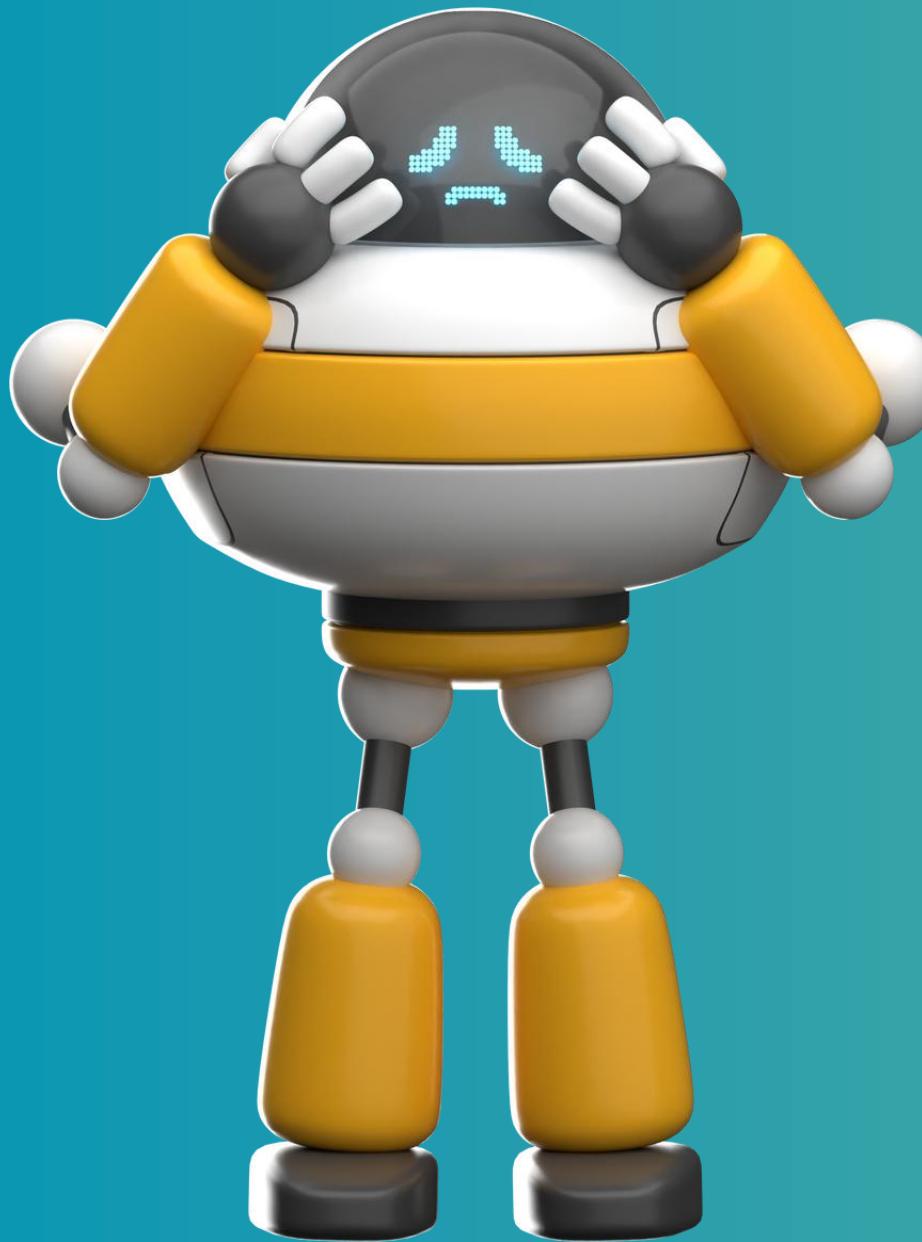
LabdeM - FLACSO



<https://github.com/lesflores>

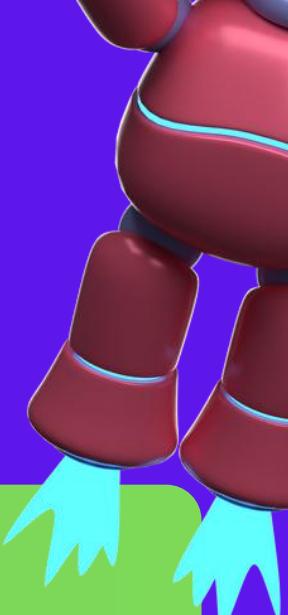


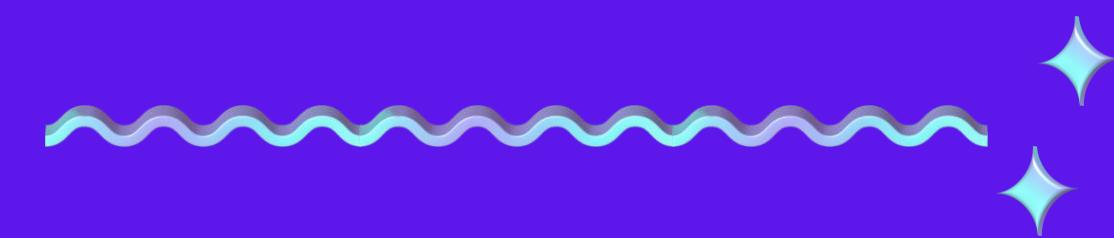
# SIMULACIONES c ABM



Simulaciones Sociales desde Cero: Taller  
de Modelación basado en Agentes.

Lesly Flores  
[flores.le@ugto.mx](mailto:flores.le@ugto.mx)





# REAPERTURA DE ESCUELAS CON ABM COVASIM

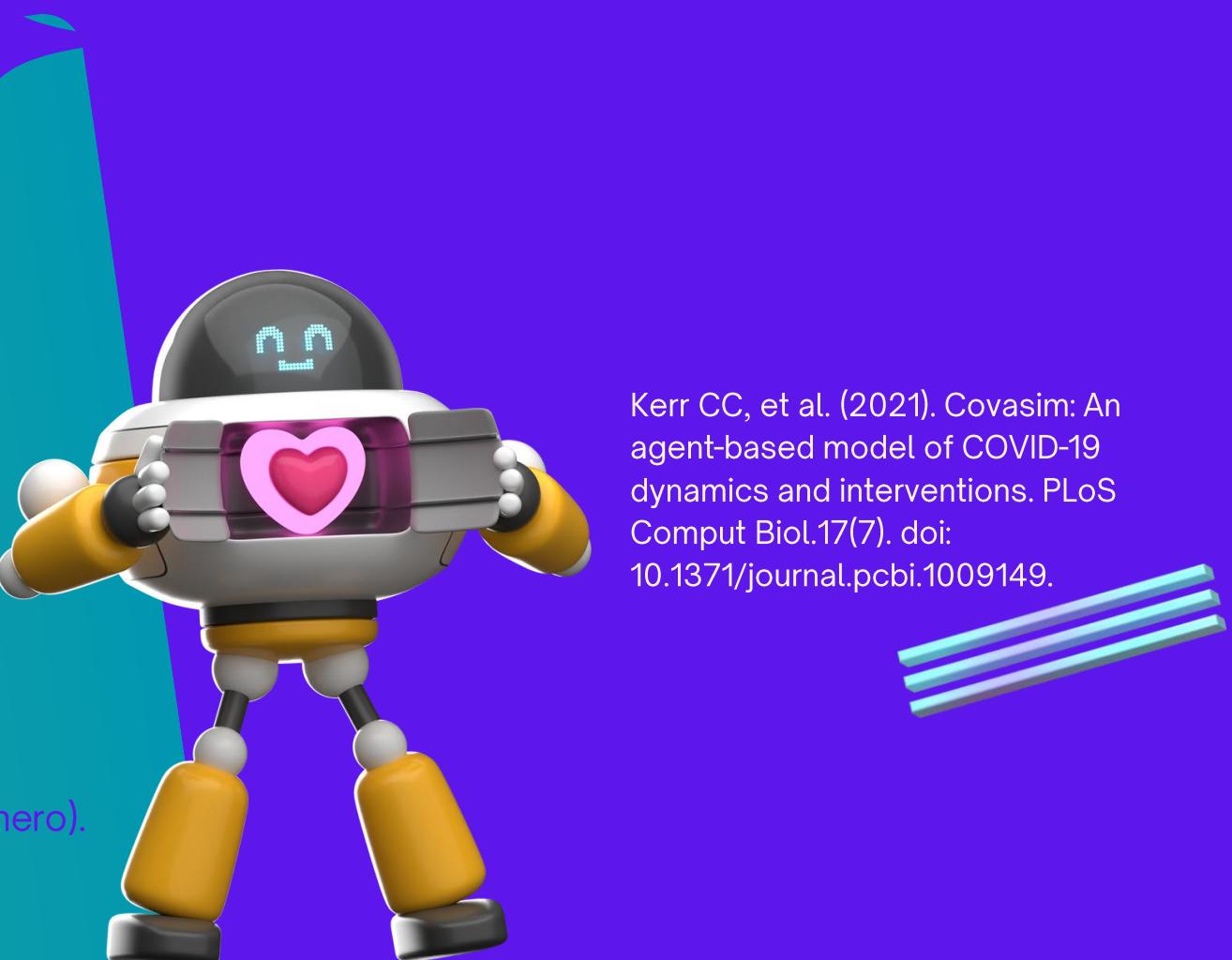
- **Dilema:** mantener clases presenciales sin disparar contagios.
- El riesgo sigue patrones (aulas/pasillos/comedores, horarios, vínculos hogar–escuela).
- ¿Qué combinación (mascarillas, ventilación, cohortes, pruebas, rastreo) funciona, dónde y cuándo?

## POR QUÉ ABM (COVASIM) Y NO SOLO SIR

- SIR da intuición global (bajar R), pero no diseña medidas por lugar/persona/tiempo.
- Covasim (ABM) modela individuos y capas: hogar, escuela (aulas/pasillos), trabajo, comunidad.
- Calibra con datos locales y prueba paquetes concretos (cohortes, pruebas 2/sem, rastreo 24 h, HEPA).

## QUÉ REVELÓ Y CÓMO DECIDE

- Cohortes -> cortan cadenas entre grupos (menos brotes grandes).
- Pruebas frecuentes -> detectas antes -> menos días contagiosos y menos cierres.
- Rastreo 24 h → reduce contagio secundario; HEPA en “espacios puente” rinde más.
- Decisión: tamaño de grupo, cadencia de testeо, velocidad mínima de rastreo y prioridad de inversión (comedores/pasillos primero).



Kerr CC, et al. (2021). Covasim: An agent-based model of COVID-19 dynamics and interventions. PLoS Comput Biol.17(7). doi: 10.1371/journal.pcbi.1009149.



# ¿QUÉ ES UN MODELO?

**Es una representación intensional de un sistema real (Starfield et al. 1990).**

- Lo construimos para resolver problemas o responder preguntas sobre un sistema o clase de sistemas.
- En ciencia: entender, explicar patrones y predecir respuestas ante cambios.

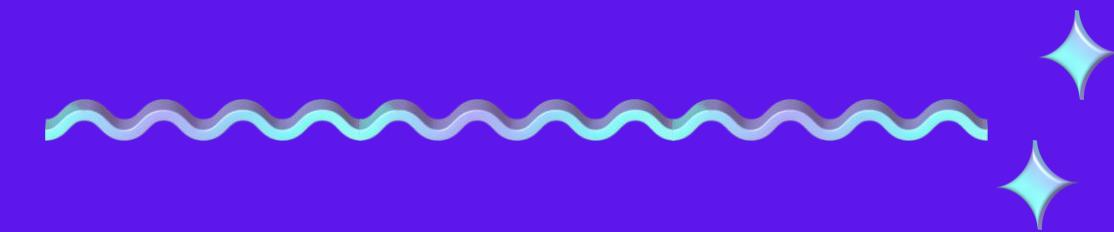
- ¿Qué incluir/ignorar? *Lo decide la pregunta: lo relevante entra; lo demás se simplifica o se omite.*
- Formular un modelo = diseñar supuestos y algoritmos alineados con el objetivo.

**¿Por qué usar modelos (computacionales)?**

- Muchos sistemas reales son demasiado complejos/lentos para experimentar directamente.
- Creamos una representación simplificada con supuestos y algoritmos manipulables.
- Así experimentamos con el modelo y observamos consecuencias.

**No existe el “modelo de todo”; existe el modelo adecuado para la pregunta.**





COMUNICAR EL  
MODELO



ANALIZAR EL  
MODELO

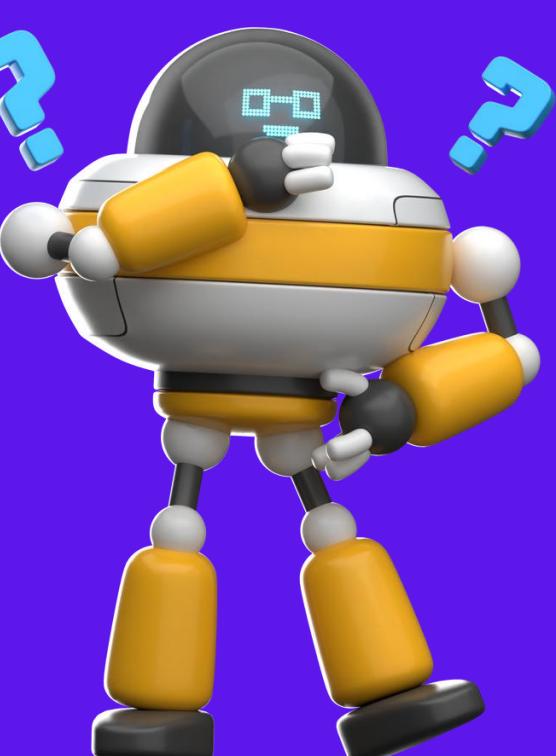
FORMULAR LA  
PREGUNTA

IMPLEMENTAR  
EL MODELO

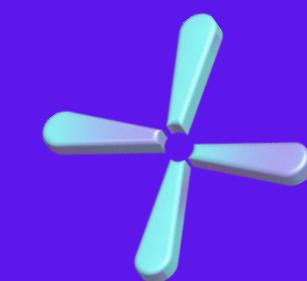
ARMAR  
HIPÓTESIS

ELEGIR  
MODELO  
ESTRUCTURA

# CICLO DEL MODELADO



Grimm and railsback (2005)





# DE LA “RESOLUBILIDAD” A LA SIMULACIÓN

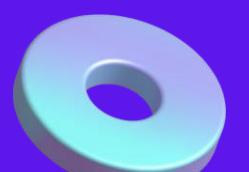
- Limitación histórica: solo modelos muy simples (por tractabilidad matemática).
- Con simulación, podemos incluir más realismo y menos simplificación.

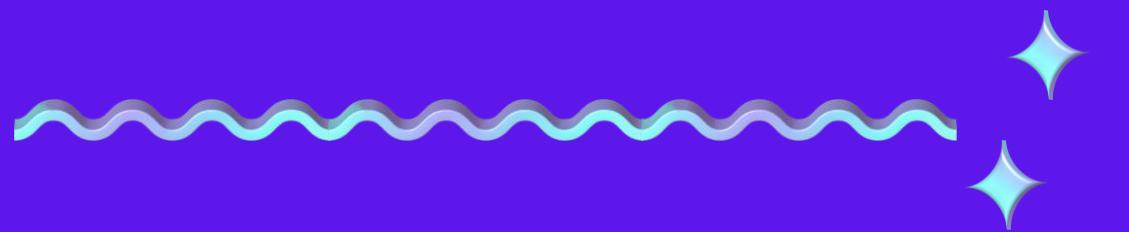
## ¿QUÉ APORТА UN ABM?

- Agentes individuales: únicos, autónomos, con objetivos.
- Interacciones locales y comportamiento adaptativo.
- Estudia emergencia: micro -> macro y macro -> micro.
- Problemas típicos (multinivel)

## ASUNCIОNES Y CICLO

- **Full ABM:** heterogeneidad, interacciones locales, dinámica temporal, ciclos de vida, decisiones adaptativas.
- No siempre necesitas todo -> hipótesis que se prueban.
- Iterar: formular -> diseñar -> implementar -> analizar -> revisar.





# POR QUÉ ODD

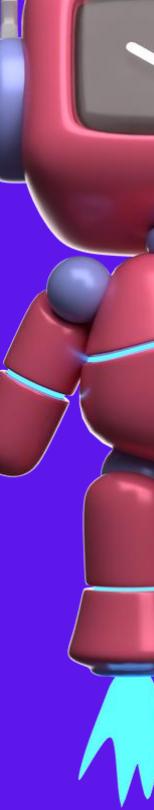
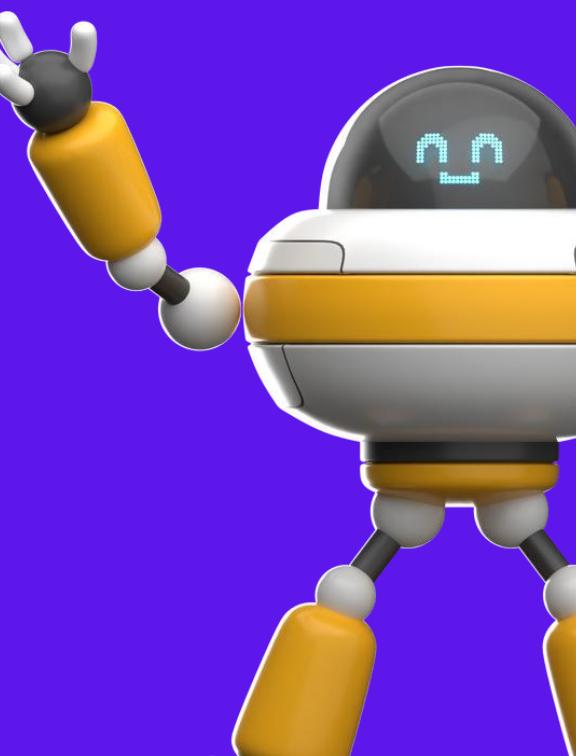
- ABM sin descripción estándar - > no replicables.
- ODD = protocolo para formulación y documentación: completo, claro y en orden.
- Sirve para pensar, comunicar, implementar y publicar.

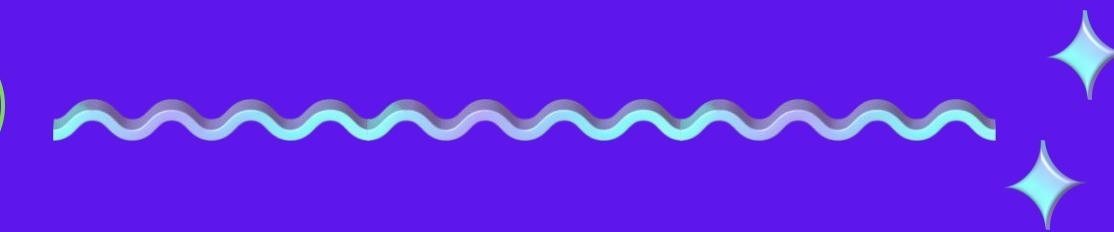
# ESTRUCTURA ODD

- Overview: propósito; entidades/variables/escalas; procesos y orden.
- Design concepts: adaptación, objetivos, aprendizaje, interacción, estocasticidad, emergencia, etc.
- Details: inicialización; datos de entrada; submodelos (reglas exactas).

# BUENAS PRÁCTICAS

- Escríbelo antes de programar (borrador) y actualízalo al iterar.
- Sé mínimo y explícito: variables definidas, unidades, calendario.
- Reproducibilidad: semillas, versiones, fuentes de datos, criterios de paro.





### ¿POR QUÉ LO HICIERON?

ODD describía ABM, pero quedaba corta para decisiones humanas: faltaban (1) detalles de cómo deciden (algoritmos, expectativas, tiempo, normas/valores), (2) el fundamento teórico/empírico del submodelo de decisión, y (3) un orden lógico para explicar decisiones.

# ODD + D

+ D: describe cómo decide cada agente, paso a paso, sin tecnicismos.

Birgit Müller, et al. (2013). Describing human decisions in agent-based models – ODD + D, an extension of the ODD protocol, Environmental Modelling & Software, 48, 37-48, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.06.003>.

### REORDENA DESIGN CONCEPTS Y AÑADE:

- **Theoretical and Empirical Background** (qué teorías/datos sustentan la decisión).
- **Individual Decision-Making** (objetivos, racionalidad, algoritmo, adaptación, normas, tiempo, espacio, incertidumbre).
- **Heterogeneity** (heterogeneidad de agentes y de reglas).
- Ajusta el orden: Sensing antes de Prediction; Emergence pasa a Observation.
- En Details añade Implementation details (incluye dónde está el código) para replicar y comparar.



# ¿QUÉ ESTAMOS SIMULANDO?

- Un programa que paga dinero a las familias si cumplen una condición (por ejemplo, llevar a los niñxs a la escuela).
- Cada mes las familias deciden

- El objetivo del programa: que lxs niñxs estudien
- Un requisito para acceder al programa o al apoyo es que vayan a la escuela.

- **transfer\_amount** = el monto del pago (p. ej. 600).

Más grande -> más ganas de cumplir.

- **delay\_prob\_base** = probabilidad de que el pago llegue tarde.

Si es 0.30, significa que 30% de las veces pagan tarde.

Cuando pagan tarde, la familia confía menos en que valga la pena ir.

- **cred** = credibilidad del pago a tiempo (entre 0 y 1).

Empieza en  $1 - \text{delay\_prob\_base}$  (si hay 30% retrasos, cred inicia = 0.70).

Cada mes, si la familia fue y pagaron a tiempo, su cred sube; si fue y pagaron tarde, su cred baja.

- **theta** = el umbral personal de cada familia (qué tan “difícil” le resulta cumplir: costos, tiempo, etc.).

Si el beneficio esperado  $\geq \text{theta}$ , va; si no, no.





# ¿CÓMO DECIDE UNA FAMILIA CADA MES?

- Calcula su beneficio esperado:

$\text{beneficio} = \text{transfer\_amount} \times \text{cred}$  (dinero que espera realmente recibir a tiempo).

- Compara:

Si  $\text{beneficio} >= \theta$  -> asiste (A); si no -> no asiste (N).

- Si asistió, “tira una moneda”: con probabilidad  $1 - \text{delay\_prob\_base}$  el pago llega a tiempo.

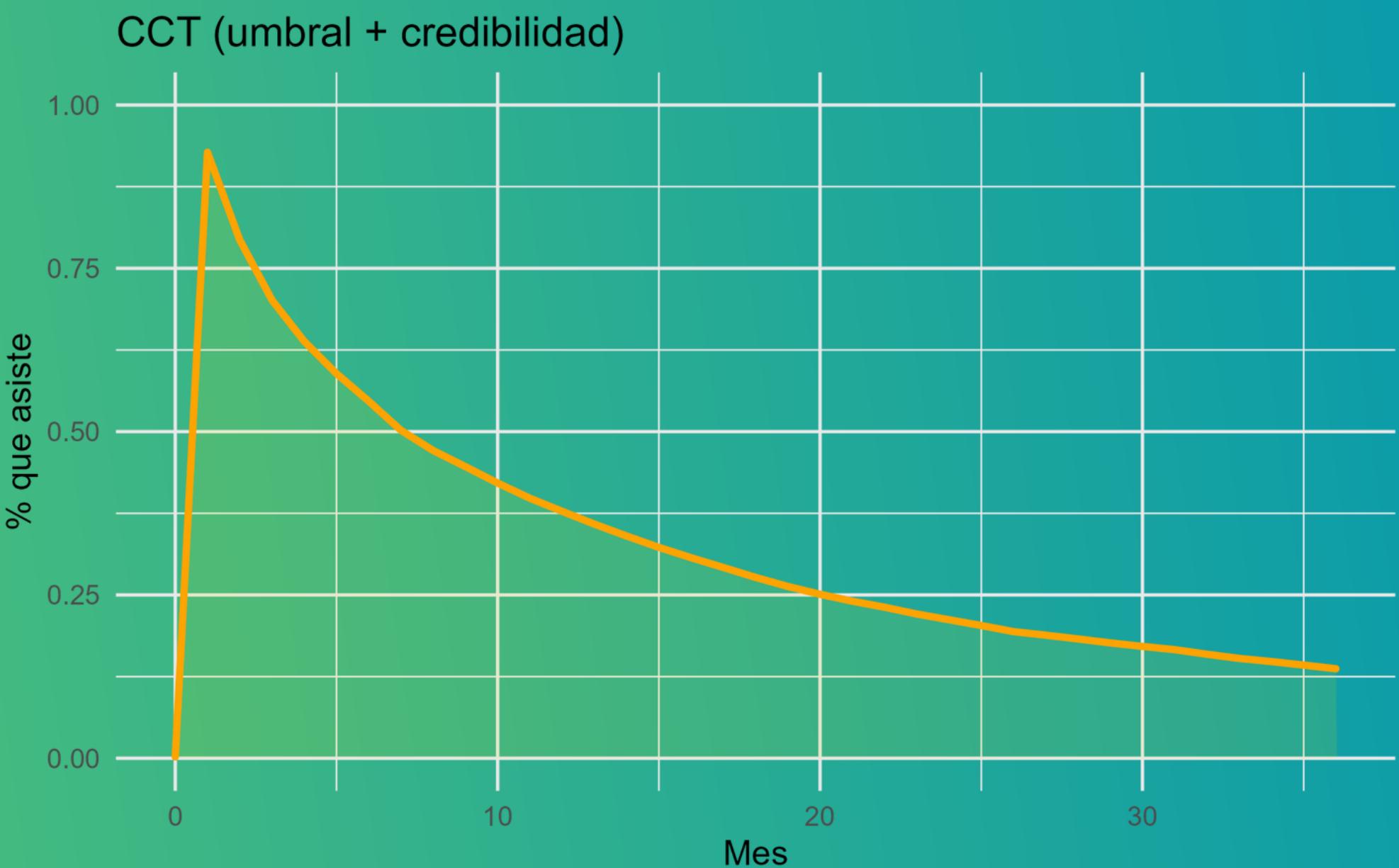
Si llega a tiempo -> su cred sube.

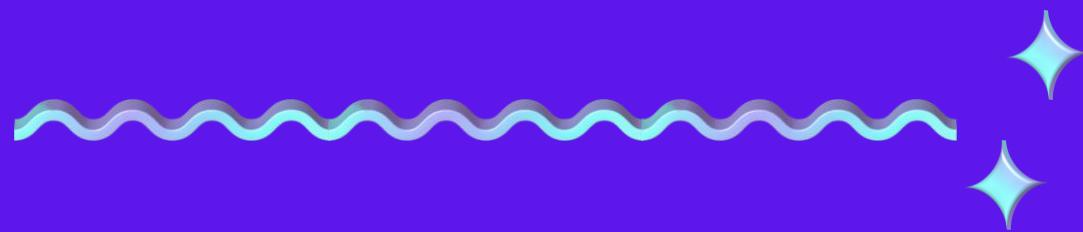
Si llega tarde -> su cred baja.

(La velocidad de este subir/bajar la controla  $\lambda_{\text{cred}}$ ).

# ¿QUÉ SE VE EN EL GRÁFICO?

La línea muestra el % de familias que asisten cada mes (“asistir” = cumplir la condicionalidad (ir a la escuela) ). Puede empezar alto (porque al inicio la cred es decente), luego bajar si acumulan malas experiencias (muchos atrasos), y finalmente estabilizarse en un nivel donde las que siguen asistiendo aún “les conviene”.





# 1. Overview (visión general)

## 1.1. Propósito

Evaluar cómo evoluciona la asistencia escolar mensual cuando un programa de transferencias monetarias condicionadas (CCT) paga únicamente si el hogar cumple la condicionalidad (asistir). El foco es el rol de la puntualidad del pago (credibilidad) y la heterogeneidad de costos/umbrales en la decisión de asistir.

## 1.2 Entidades, variables de estado y escalas

- Agentes (hogares) - N - Estado discreto:

“A” = asistió este mes (cumple).

“N” = no asistió este mes (no cumple).

- Atributos:

theta\_i (umbral/costo mínimo para que convenga asistir),  $\theta_i \sim N(300, 80)$ .

cred\_i (creencia de pago puntual), inicial cred = 1- delay\_prob\_base

- Parámetros globales:

transfer\_amount (monto nominal de la transferencia).

delay\_prob\_base (probabilidad de pago tardío).

lambda\_cred (peso de aprendizaje de la credibilidad).

- Escala temporal: Tmax meses.

## 1.3 Proceso y calendario (scheduling)

- Un handler mensual (tick\_handler) se agenda en el objeto simulación y, en cada tick ttt, itera sobre todos los agentes:

Cada hogar decide estado del mes.

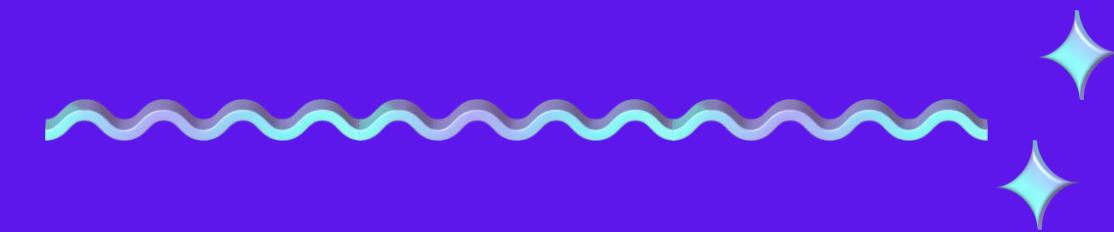
Si s = A, se realiza un experimento de Bernoulli:

pago a tiempo con prob. 1-delay\_prob\_base

Se actualiza credibilidad con promedio móvil.

- Se registran contadores agregados A y N al final de cada tick.





## 2. Design concepts (conceptos de diseño)

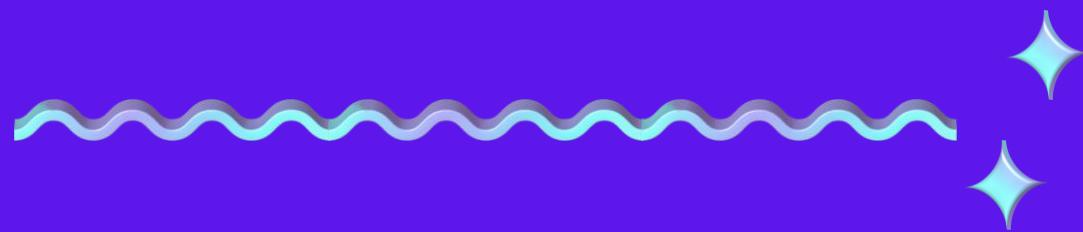
- **Principios básicos:** elección binaria con racionalidad acotada. El beneficio esperado del apoyo depende de la credibilidad subjetiva de cobro a tiempo.
- **Emergencia:** la tasa de asistencia agregada emerge de decisiones individuales heterogéneas y del aprendizaje de credibilidad.
- **Adaptación y aprendizaje:**  $\text{cred}_i$  se actualiza mes a mes en función de la experiencia de pago.
- **Objetivos:** cada hogar busca que el beneficio esperado del mes supere su umbral/costo.
- **Predicción/Anticipación:** no hay pronósticos; usan la creencia  $\text{cred}_i$  como heurística del “pago a tiempo”.
- **Sensing/Percepción:** cada hogar “observa” su propio  $\theta_i$  y  $\text{cred}_i$  (no observa a otros).
- **Interacción:** no hay interacción estratégica directa entre hogares (versión mínima: añadir presión social).
- **Estocasticidad:**

Inicialización de  $\theta$  (normal).

Pago a tiempo (Bernoulli con parámetro  $1-\text{delay\_prob\_base}$ )

- **Colectivos:** no hay grupos con reglas propias.
- **Observación:** A, N.





## 3. Details (detalles)

### 3.1 Inicialización

- N agentes.
- state0: primeros seedA en “A”, el resto en “N”.
- $\theta_i \sim N(300, 80)$ ;  $cred_i^0 = 1 - delay\_prob\_base$ .

### 3.2 Datos de entrada

- No se usan datos exógenos (parámetros calibrables fijados por el usuario).

### 3.3 Submodelos

#### (a) Regla de decisión (D de ODD+D)

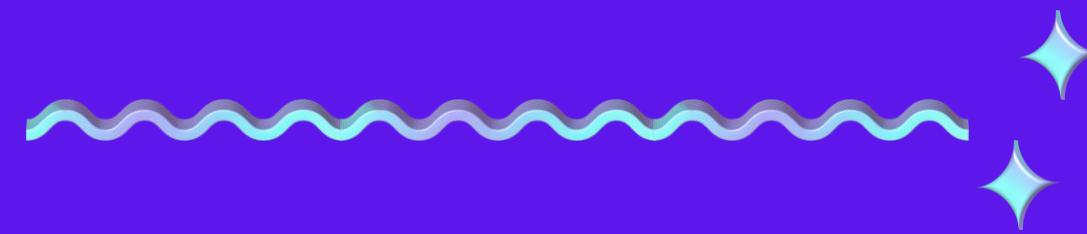
- Para cada hogar i y mes t, se computa el beneficio esperado.

benefit = transfer\_amount x cred

#### (b) Pago y actualización de credibilidad

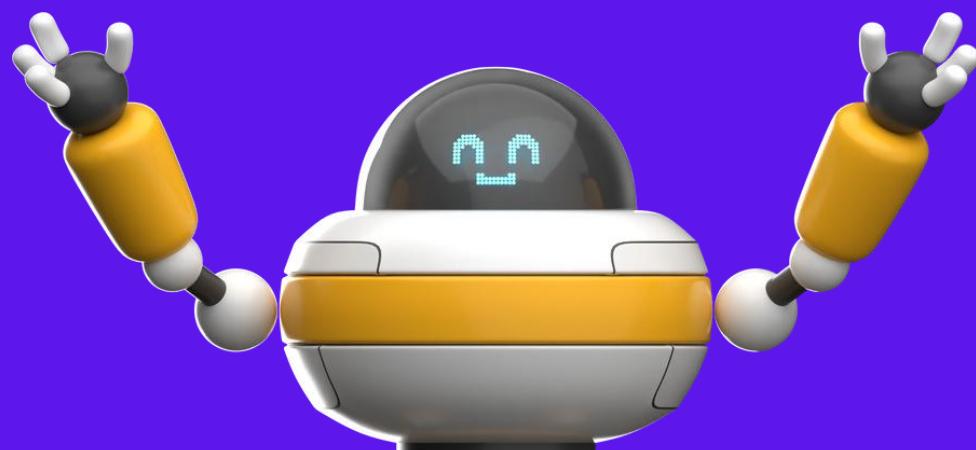
- Si  $s = A$ , entonces:
- $Pr(\text{pago a tiempo}) = 1 - delay\_prob\_base$

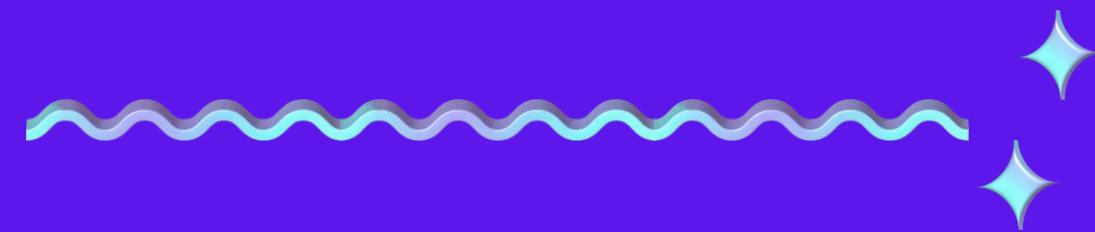




## 4. Parámetros y valores por defecto (del código)

Parámetro	
N	N
Tmax	Nº de
transfer_amount	Monto
delay_prob_base	Prob
lambda_cred	Velocida
seedA	Hogares





## 5. Validación/Comportamiento esperado (checks rápidos)

- Si baja delay\_prob\_base (más puntualidad), la asistencia sube y cred converge alto.
- Si sube transfer\_amount, más hogares cumplen (mayor benefit).
- Si sube lambda\_cred, la curva responde más rápido a experiencias de pago.

## 6. Limitaciones

- Mínimo: sin red social explícita, sin verificación/sanción, sin heterogeneidad en ingresos/costos más rica

