



Guía docente de crecimiento económico y acumulación de capital

Implementación en el laboratorio, fundamentos teóricos, evidencia experimental y variantes

Behavioral and Experimental Economics Research Lab
Departamento de Economía



Versión revisada | Octubre de 2026

<https://beer-lab.org/>

Cómo utilizar esta guía

Esta guía permite preparar, implementar y discutir en clase la familia de Crecimiento económico y acumulación de capital del Behavioral and Experimental Economics Research Lab (BEER Lab), Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey.

No presupone experiencia con oTree, experimentos de crecimiento ni docencia en laboratorio. Los procedimientos comunes se explican una sola vez.

Las fichas de tratamientos describen después únicamente aquello que cambia. Las configuraciones en español e inglés usan una aplicación común y los mismos parámetros económicos, por lo que el idioma no modifica el diseño.

Autor

Esta guía fue preparada por Stanislaw Maldonado, profesor investigador del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. Para consultas o sugerencias sobre su contenido, puede contactar al autor en stanislao.maldonado@tec.mx.

Para el docente

La guía sigue la interfaz en español. Las configuraciones en inglés reproducen la misma mecánica. Proyecte solo resultados agregados; nunca vincule códigos con nombres, matrículas, asientos o comentarios públicos.

Índice general

Cómo utilizar esta guía	i
1. Guía rápida de implementación	1
1.1. Acceso desde el sitio actualizado del laboratorio	1
1.2. Ficha básica	5
1.3. Rutas y duración	6
1.4. Qué debe decidir el profesor antes de la clase	6
1.5. Secuencia mínima de operación	7
2. Acceso, salas y arquitectura de la familia	8
2.1. Una instancia aislada	8
2.2. Configuraciones básicas y extendidas	8
2.3. Crear, monitorear y recuperar una sesión	9
3. Recorrido del participante	10
3.1. Portada y reglas generales	10
3.2. Instrucciones y relaciones visibles	11
3.3. Comprobación de comprensión	11
3.4. Decisión de ahorro e inversión	11
3.5. Resultado del periodo y cierre	15
4. Modelo económico y predicciones	17
4.1. Producción y rendimientos decrecientes	17
4.2. Ahorro, consumo e inversión	17
4.3. Ley de movimiento del capital	18
4.4. Estado estacionario	18
4.5. Regla de oro	18
4.6. El puntaje pedagógico	19
4.7. Ejemplo resuelto	19
5. Fundamentos teóricos y evidencia experimental	20
5.1. Solow y Swan	20
5.2. Ramsey, Cass y Koopmans	20
5.3. La regla de oro de Phelps	20
5.4. Evidencia de laboratorio	21
5.5. Qué resultados son plausibles	21
6. Informe docente y lectura de resultados	22
6.1. Revelar después de predecir	22
6.2. Orden recomendado de interpretación	22
6.3. Cómo leer el diagrama de fase	25
6.4. Inferencia y límites	25

7. Tratamientos de la familia extendida	26
7.1. Referencia con rendimientos decrecientes	26
7.2. Alta depreciación	27
7.3. Crecimiento poblacional	27
7.4. Salto de productividad	28
7.5. Destrucción de capital	29
7.6. Trampa de bajo capital	29
7.7. Tecnología AK	31
7.8. Información de regla de oro	31
8. Planes de clase y actividades de profundización	34
8.1. Plan de 50 minutos	34
8.2. Plan de 90 minutos	34
8.3. Comparación desde capital bajo y alto	34
8.4. Ejercicios cuantitativos posteriores	35
9. Banco de preguntas para discusión y evaluación	36
9.1. Preguntas conceptuales	36
9.2. Preguntas para interpretar datos	36
9.3. Rúbrica breve	37
10. Operación, datos, ética y solución de problemas	38
10.1. Datos y reproducibilidad	38
10.2. Privacidad y lenguaje responsable	38
10.3. Problemas frecuentes	38
10.4. Lista de cierre	39
11. Referencias y lecturas recomendadas	40

Índice de figuras

1.1. Sitio institucional vigente. Seleccione CLASE en el menú superior para abrir los experimentos docentes. Captura del 7 de octubre de 2026.	2
1.2. Catálogo vigente: busque por título, tema o código JEL. Después localice la tarjeta de esta familia y seleccione idioma y edición. Captura del 7 de octubre de 2026. . .	3
1.3. Demo contiene únicamente las configuraciones de esta familia, en ambos idiomas y ediciones.	4
1.4. Rooms contiene los cuatro salones de esta familia: versiones básica y extendida en español e inglés.	4
1.5. Formulario de creación en la sala básica en español. Compruebe la configuración y el requisito de participantes antes de crear la sesión.	5
2.1. Enlaces y herramientas administrativas de una sesión de crecimiento económico. .	9
3.1. Portada institucional y aceptación de las reglas del laboratorio.	10
3.2. Instrucciones actuales de la edición básica: recursos iniciales, reglas de decisión y unidades experimentales.	12
3.3. Comprobación actual con una respuesta incorrecta, su explicación específica y las demás respuestas conservadas.	13
3.4. Decisión básica con capital, parámetros y previsualización de flujos.	14
3.5. Resultado por periodo y transición del capital. Continuación 1/2.	15
3.7. Cierre explícito con resumen de la trayectoria individual.	16
6.1. Informe docente oculto mientras se preparan las predicciones.	22
6.2. Informe docente revelado con trayectorias, histogramas, diagrama y tabla. Continuación 1/2.	23
7.1. Pantalla específica del tratamiento destrucción de capital. Continuación 1/2.	30
7.3. Pantalla específica del tratamiento información de regla de oro. Continuación 1/2. .	32

Guía rápida de implementación

1.1 Acceso desde el sitio actualizado del laboratorio

Comience en <https://beer-lab.org/>. Seleccione **CLASE** en el menú superior; este acceso abre <https://teaching.beer-lab.org/>. En el catálogo **Experimentos en clase**, utilice el buscador para localizar el nombre de la actividad. También puede filtrar por **Tema** o **Código JEL**. Si conserva un filtro de una búsqueda anterior, límpielo antes de buscar otro juego.

La tarjeta de cada familia distingue los accesos **Español** y **English**. La casilla **Mostrar versión extendida** permite seleccionar esa edición antes de seguir el enlace. El idioma del catálogo y el idioma de la sesión son elecciones distintas: confirme ambos. Los estudiantes utilizan la sala indicada por el profesor; el docente prepara y monitorea la sesión desde los accesos administrativos propios de esta familia.



Figura 1.1: Sitio institucional vigente. Seleccione CLASE en el menú superior para abrir los experimentos docentes. Captura del 7 de octubre de 2026.



Figura 1.2: Catálogo vigente: busque por título, tema o código JEL. Después localice la tarjeta de esta familia y seleccione idioma y edición. Captura del 7 de octubre de 2026.

Verificación de recursos, comprensión y participantes

Antes de abrir la sala, revise la configuración elegida y la cantidad de estudiantes presentes. El formulario de creación informa el tamaño de grupo y el mínimo que exige esa configuración. Una actividad individual admite cualquier número positivo; una actividad con interacción debe cumplir el requisito indicado: grupos completos cuando su tamaño es fijo, o un mínimo de integrantes cuando el tamaño es flexible. El requisito puede cambiar entre variantes, por ejemplo al incorporar un tercero o cambiar el tamaño de una institución. Si modifica un parámetro de agrupación, compruebe el requisito de la configuración editada, no solo el número sugerido por la demostración.

En las instrucciones, compruebe que el alumnado pueda identificar qué recibe cada rol, qué puede decidir y cómo se obtiene el resultado. Una cuenta inicial, un presupuesto que se reparte y una ganancia final no son necesariamente la misma cantidad. Remita al panel de recursos y al ejemplo de la modalidad seleccionada; no extrapole una dotación de la versión básica a una variante que modifica cuentas o introduce posiciones adicionales.

ECU significa *Experimental Currency Units*, o unidades de moneda experimental: es la unidad de cuenta de la actividad. Un resultado de 100 ECU no equivale automáticamente a 100 pesos ni a 100 dólares. La conversión depende de la configuración de la sesión. Antes de anunciar un pago, confirme con el laboratorio si hay conversión monetaria, cuál es la tasa y qué decisiones se remuneran. En módulos hipotéticos, describa los montos como resultados de la situación planteada.

Cuando existe una comprobación de comprensión, una respuesta equivocada genera una explicación junto a esa pregunta: identifica la respuesta enviada y la respuesta correcta. Las demás respuestas permanecen en el formulario. Pida al estudiante que vuelva al ejemplo, localice la regla relevante y rehaga el cálculo antes de corregir. No revele respuestas a toda la clase cuando el error es individual y no trate un fallo de comprensión como una decisión económica del juego.

económico — una decisión	Crecimiento económico y acumulación de capital / Economic Growth and Capital Accumulation — BEER Lab Seleccione una variante de este juego. Select a version of this game.
económico — 10 periodos, capital inicial bajo	
económico — 10 periodos, capital inicial alto	
rowth — one decision	
rowth — 10 periods, low initial capital	
rowth — 10 periods, high initial capital	
económico extendido — referencia	
económico extendido — alta depreciación	
económico extendido — crecimiento poblacional	
económico extendido — salto de productividad	
económico extendido — destrucción de capital	
económico extendido — trampa de bajo capital	
económico extendido — tecnología AK	
económico extendido — información de regla de oro	
conomic Growth — benchmark	
conomic Growth — high depreciation	
conomic Growth — population growth	
conomic Growth — productivity takeoff	
conomic Growth — capital destruction	
conomic Growth — low-capital trap	
conomic Growth — AK technology	
conomic Growth — golden-rule information	

Figura 1.3: Demo contiene únicamente las configuraciones de esta familia, en ambos idiomas y ediciones.

Rooms

Current rooms:

[ES] Crecimiento económico y acumulación de capital
[EN] Economic Growth and Capital Accumulation
[ES] Crecimiento económico y acumulación: extendido
[EN] Economic Growth and Capital Accumulation: extended

Figura 1.4: Rooms contiene los cuatro salones de esta familia: versiones básica y extendida en español e inglés.

Room: [ES] Crecimiento económico y acumulación de capital

Create a new session

Session Config

[ES] Crecimiento económico — una decisión

Number of participants

Decisiones individuales: se admite cualquier número positivo de participantes.

Create

[Configure session](#) 

App sequence

economic_growth_game (10 rounds)

Participants choose saving rates and observe consumption, investment, capital accumulation, and long-run benchmarks.

Figura 1.5: Formulario de creación en la sala básica en español. Compruebe la configuración y el requisito de participantes antes de crear la sesión.

Descarga de una sesión con varias rondas

Para el docente

Desde la sesión correspondiente, abra **Data** y utilice el enlace de descarga de esa sesión en CSV o CSV para Excel. La exportación general tiene una fila por participante y columnas correspondientes a las distintas rondas. Diez rondas no implican necesariamente diez filas por persona. Cuando la familia ofrece una exportación propia en formato largo, esta puede organizar observaciones por participante y ronda u otra unidad definida por el diseño.

Guarde el archivo original junto con el nombre de la configuración, el código de sesión y el número de rondas activas. Verifique que las columnas de la última ronda activa estén presentes y que los datos correspondan a la sesión elegida. Los espacios vacíos pueden representar rondas no activas, una decisión aún pendiente o un campo que no corresponde a un rol; no los convierta automáticamente en ceros. Para comparar el aprendizaje, conserve la ronda y el grupo además del participante. Comparta en clase solo agregados anónimos, y registre las incidencias de la sesión antes de construir tablas derivadas.

1.2 Ficha básica

Propósito

Comprender cómo el ahorro transforma producción corriente en inversión, cómo la inversión modifica el capital futuro y por qué la economía enfrenta una tensión entre consumo presente y consumo sostenible.

Unidad experimental

Una persona administra una economía independiente. La unidad descriptiva es la economía–periodo; las decisiones repetidas de una misma persona no son réplicas independientes.

Versión básica	Una decisión; diez periodos con capital inicial bajo; o diez periodos con capital inicial alto.
Versión extendida	Referencia, alta depreciación, crecimiento poblacional, salto de productividad, destrucción de capital, trampa de bajo capital, tecnología AK e información sobre la regla de oro.
Decisión	Elegir en cada periodo una tasa de ahorro entre 0 y 80 por ciento de la producción.
Resultado	Consumo, inversión, capital siguiente, crecimiento del capital, consumo sostenible y un puntaje pedagógico en ECU.
Temas	crecimiento económico; acumulación de capital; ahorro; estado estacionario; productividad.
Códigos JEL	A22; C91; E22; O41.
Duración sugerida	20–30 minutos para una decisión; 45–65 minutos para diez periodos; 80–100 minutos para comparar tratamientos.
Participantes	Cualquier número positivo; cada participante administra una economía independiente.

1.3 Rutas y duración

El recorrido institucional empieza en beer-lab.org, continúa en teaching.beer-lab.org y abre la familia en economicgrowth.beer-lab.org. Los estudiantes de la versión básica en español entran por economicgrowth.beer-lab.org/room/crecimiento_economico_es; la sala extendida usa economicgrowth.beer-lab.org/room/crecimiento_economico_extendido. El docente accede a economicgrowth.beer-lab.org/demo.

Una sola decisión requiere aproximadamente 20–30 minutos si se incluye predicción, instrucciones, decisión y feedback. Diez periodos requieren 45–65 minutos. Una comparación entre dos tratamientos puede ocupar una sesión de 80–100 minutos o dos clases. La actividad es individual: no se necesitan múltiplos de dos, cuatro u otro tamaño. Varios participantes producen economías independientes bajo las mismas reglas, lo que facilita comparar trayectorias sin tiempos de espera por compañeros.

1.4 Qué debe decidir el profesor antes de la clase

El primer paso es definir la pregunta docente. Si el objetivo es presentar el flujo producción–ahorro–inversión–capital, utilice una decisión. Si desea mostrar convergencia hacia un estado estacionario, use diez periodos y capital inicial bajo. Si quiere distinguir convergencia desde arriba y desde abajo, compare capital inicial bajo y alto. Las variantes extendidas sirven para aislar depreciación, dilución poblacional, productividad, choques, no convexidades, crecimiento endógeno e información normativa.

Decida también cuándo revelar la teoría. Una estrategia inductiva pide una tasa de ahorro antes de presentar el estado estacionario y utiliza las trayectorias de la clase para construir el modelo. Una estrategia deductiva deriva primero las ecuaciones y usa el laboratorio para comprobar la dinámica. Ambas son válidas, pero no deben mezclarse sin intención: si se anuncia la regla de oro antes de la referencia, el comportamiento puede reflejar obediencia al docente y no razonamiento propio.

La comparación debe definirse antes de observar los resultados. Para alta depreciación, la predicción es que una tasa dada sostiene menos capital. Para crecimiento poblacional, la inversión de reposición aumenta porque el capital por trabajador se diluye. Para un salto de productividad, el producto y la inversión disponible aumentan desde el periodo seis. Para un desastre, el capital cae de manera

discreta y después comienza una reconstrucción. Registrar estas predicciones impide inventar una explicación después de ver las figuras.

Para el docente

Una secuencia robusta para estudiantes sin experiencia es: predicción individual de ahorro; una decisión; explicación del flujo; diez periodos con capital bajo; informe todavía oculto; votación sobre la trayectoria; revelación; derivación del estado estacionario; y una variante de alta depreciación o productividad. No anuncie una tasa “correcta” antes de que la clase decida.

1.5 Secuencia mínima de operación

1. Confirme el subdominio, el idioma, la edición y el tratamiento.
2. Abra la sala elegida desde **Rooms**; no busque la configuración entre juegos de otras familias.
3. Seleccione la configuración exacta y cree una sesión con el número de participantes presentes.
4. Mantenga **Monitor** y **Report** en pestañas separadas. Comparta solo la ruta estable de la sala.
5. Pida que cada persona lea las reglas y responda la comprobación sin conversar.
6. Durante las decisiones, explique unidades y botones, pero no recomiende una tasa de ahorro.
7. Al terminar, solicite predicciones sobre consumo, capital terminal y convergencia antes de revelar el informe.
8. Lea primero distribuciones y trayectorias; después conecte los datos con las ecuaciones.
9. Exporte los datos si comparará secciones. Registre fecha, curso, configuración, participantes e incidentes.

Punto de verificación

Antes de iniciar: servidor correcto; cuatro salas; configuración anotada; participantes creados; enlace probado; reporte oculto; proyector sin identificadores; tiempo reservado para feedback; actividad alternativa preparada; y ninguna sesión anterior activa en la misma sala.

Acceso, salas y arquitectura de la familia

2.1 Una instancia aislada

La página `/demo` debe mostrar exactamente las 22 configuraciones de crecimiento económico: seis básicas y dieciséis extendidas. La página `/rooms` debe mostrar cuatro salas: básica y extendida en español, y básica y extendida en inglés. Esta separación evita que una persona que entra a crecimiento pueda abrir Dictador, Confianza, Política monetaria u otra familia. El aislamiento no es meramente estético; preserva rutas, reduce errores operativos y mantiene separados los datos de cada familia cuando el servidor se despliega con su propia base.

Las configuraciones en español e inglés comparten una aplicación. Las ecuaciones, los tratamientos y las variables exportadas son iguales. El idioma cambia todas las instrucciones, mensajes de error, esperas, resultados e informe docente. Esta arquitectura reduce el riesgo de que una corrección económica llegue a un idioma y no al otro. La versión básica aparece separada de la extendida para que un profesor que necesita una introducción no tenga que navegar entre tratamientos avanzados.

Atención

Si el subdominio muestra juegos de otras familias, no cree una sesión buscando manualmente entre centenares de configuraciones. La instancia no fue iniciada con `GAME_FAMILY=economicgrowth`. Reporte el problema de despliegue. Los estudiantes nunca deben recibir el acceso administrativo ni la contraseña.

2.2 Configuraciones básicas y extendidas

La sala básica ofrece tres modalidades. `crecimiento_economico_es_una_decision` permite aislar la decisión estática. `crecimiento_economico_es_10_capital_bajo` comienza con 60 unidades de capital. `crecimiento_economico_es_10_capital_alto` comienza con 260. Las tres tienen productividad 10, depreciación 10 por ciento, población constante y producción Cobb–Douglas con exponente 0.35.

La sala extendida ofrece ocho tratamientos de diez periodos. La referencia reproduce el capital inicial bajo. Los restantes cambian un parámetro o mecanismo específico. No cambie de tratamiento dentro de una sesión. Si los mismos estudiantes realizan dos versiones, la segunda observación combina el efecto del tratamiento con aprendizaje y experiencia; puede ser pedagógicamente útil, pero no constituye una comparación limpia sin discutir el orden.

2.3 Crear, monitorear y recuperar una sesión

Después de elegir una configuración, oTree genera enlaces individuales y accesos a Monitor, Data y Report. La ruta estable de la sala distribuye a los estudiantes a la sesión activa. Los enlaces individuales sirven para una demostración o para recuperar una pestaña cerrada; no deben proyectarse junto con nombres o matrículas. Monitor muestra si una persona sigue en bienvenida, instrucciones, comprensión, decisión, resultado o cierre.

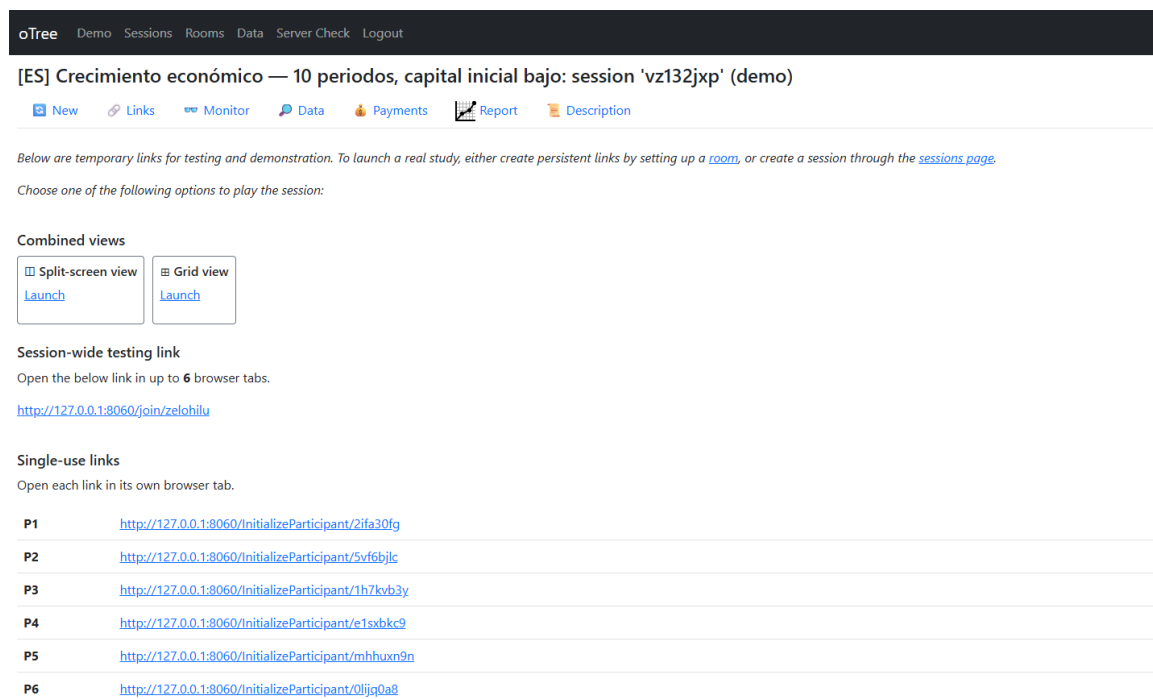


Figura 2.1: Enlaces y herramientas administrativas de una sesión de crecimiento económico.

Como la actividad es individual, una persona lenta no bloquea las decisiones de las demás. El informe agregado sí permanece oculto hasta que todas las economías-periodo esperadas estén completas. Si alguien abandona, el docente puede decidir esperar, recuperar su enlace o interpretar el reporte con el conteo de completitud visible. No reinicie la base durante la clase. Un enlace antiguo después de una reinicialización puede producir el mensaje de que el usuario no existe; la solución es crear una sesión nueva y distribuir la ruta vigente.

Recorrido del participante

3.1 Portada y reglas generales

La primera pantalla identifica al BEER Lab del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey. Explica que la actividad busca aprender sobre decisiones económicas mediante un entorno controlado. Cada participante acepta mantener silencio, no conversar, leer con atención, usar ECU como unidad experimental y levantar la mano si necesita ayuda. Estas reglas reducen

co:





BEER LAB

Economía y acumulación

Administrará una economía experimental y decidirá cómo distribuir su producción entre consumo e inversión.

Propósito del laboratorio

El Behavioral and Experimental Economics Research Lab del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey es un espacio diseñado para aprender sobre la toma de decisiones económicas mediante actividades controladas. Las decisiones se analizarán de forma anónima y agregada.

Reglas generales

- Mantenga silencio y no se comunique con otros participantes.
- Tome sus decisiones de forma individual y no muestre su pantalla.
- Lea cada pantalla con cuidado; las cantidades se expresan en ECU.
- No actualice, cierre ni abandone la página durante la actividad.
- Si tiene una dificultad técnica, levante la mano y espere al responsable.

☐ He leído y acepto las reglas del laboratorio.

Comenzar

Figura 3.1: Portada institucional y aceptación de las reglas del laboratorio.

La regla de silencio no impide la discusión posterior. Separa el momento de decisión del momento de interpretación. Durante el juego, comentarios sobre una tasa de ahorro pueden convertirse en una recomendación común y borrar la heterogeneidad que el histograma intenta mostrar. Durante

el feedback, esa heterogeneidad se vuelve el punto de partida de la conversación.

3.2 Instrucciones y relaciones visibles

La pantalla de instrucciones asigna a cada participante la administración de una economía. Presenta una secuencia sencilla: el capital disponible produce; una parte de la producción se consume; otra se ahorra e invierte; parte del capital se deprecia; y la inversión junto con el capital no depreciado determina el capital siguiente. También muestra las tres relaciones usadas por el programa y explica el puntaje.

El estudiante no elige unidades absolutas de inversión. Elige un porcentaje de la producción, entre 0 y 80. Por tanto, la misma tasa genera montos distintos cuando cambia la producción. La inversión no desaparece: se incorpora al capital siguiente. La depreciación no es un castigo por ahorrar; reduce el stock existente independientemente de la tasa escogida. Estas distinciones aparecen en la comprobación de comprensión.

El puntaje combina 65 por ciento del consumo corriente y 35 por ciento del consumo sostenible que podría mantener el capital siguiente. Esta función fue diseñada para docencia y se explica explícitamente. No pertenece al artículo original de Solow ni debe presentarse como función de bienestar social. Su propósito es hacer visible el costo de consumir todo hoy y también el costo de acumular sin consumir.

3.3 Comprobación de comprensión

Antes de la primera decisión, tres preguntas verifican que el ahorro se convierte en inversión, que una depreciación mayor reduce el capital conservado y que la observación pertinente es una economía en un periodo. Una respuesta incorrecta produce retroalimentación y permite reintentar. El docente debe resolver dudas sobre la regla, sin sugerir qué tasa maximiza el puntaje o cuál predice la teoría.

Si muchas personas fallan la misma pregunta, detenga la sesión y aclare el concepto con un ejemplo neutral. Por ejemplo: con producción 40 y ahorro 25 por ciento, inversión es 10 y consumo 30. No anticipe el capital siguiente si la duda no requiere hacerlo. Una aclaración breve y común preserva mejor la comparabilidad que múltiples explicaciones privadas distintas.

3.4 Decisión de ahorro e inversión

La pantalla de decisión muestra periodo, capital inicial, producción, productividad, depreciación y crecimiento poblacional. Un control deslizante selecciona la tasa. Debajo, la interfaz calcula en tiempo real consumo e inversión previstos. El estudiante puede explorar el intercambio antes de confirmar. La cifra usa punto o coma decimal según el idioma, pero el cálculo interno es idéntico.

La visualización del stock de capital ayuda a distinguir una existencia de los flujos del periodo. Producción, consumo e inversión se miden durante el periodo; capital se mide al comienzo o al final. La pantalla denomina claramente “capital al inicio” y el resultado “capital siguiente”. Esta distinción evita sumar capital y producción como si fueran la misma magnitud.

Cómo funciona la economía

Recursos y unidad de cuenta

Capital inicial de tu economía: 60 unidades de capital. Es un stock productivo, diferente de los resultados expresados en ECU.

ECU significa Experimental Currency Units (unidades de moneda experimental). Es la unidad de cuenta de esta actividad.

Esta sesión no convierte ECU en dinero real.

Usted administra una economía a lo largo del tiempo. Al inicio de cada periodo observará su capital y la producción disponible.

Administrador de una economía

Su economía es independiente. No tiene pareja y su resultado no depende de las decisiones de otros participantes.

Secuencia de cada periodo

1. El capital disponible produce bienes y servicios.
2. Usted elige qué porcentaje de la producción se ahorra e invierte.
3. El resto de la producción se consume en el periodo.
4. Parte del capital se desgasta y la población puede cambiar.
5. La inversión y el capital restante determinan el capital del periodo siguiente.

Relaciones visibles

$$\text{Producción} = \text{productividad} \times \text{capital elevado a } 0.35$$

$$\text{Inversión} = \text{tasa de ahorro} \times \text{producción}$$

$$\text{Capital siguiente} = (\text{capital no depreciado} + \text{inversión}) \div (1 + \text{crecimiento poblacional})$$

Puntaje en ECU

El puntaje combina 65% del consumo actual y 35% del consumo que podría sostener el capital acumulado. Así se reconoce tanto el bienestar presente como la capacidad productiva futura.

Ejemplo resuelto

Con capital 100, producción 50 y ahorro de 30%, se consumen 35 ECU y se invierten 15 ECU. Si la depreciación es 10%, el capital siguiente es $90 + 15 = 105$.

Condición de la sesión: Referencia con productividad y depreciación estables.

Continuar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.2: Instrucciones actuales de la edición básica: recursos iniciales, reglas de decisión y unidades experimentales.

Revisa las preguntas señaladas. Cada una muestra tu respuesta y la explicación; las demás respuestas se conservan.



Preguntas de comprensión

1. Si aumenta la tasa de ahorro, la parte ahorrada de la producción se convierte en:

- ☐ Inversión que se suma al capital
- ☒ Producción que desaparece
- ☐ Depreciación adicional

Tu respuesta: Producción que desaparece. La respuesta correcta es Inversión que se suma al capital.
Revise sus respuestas: el ahorro financia inversión, la depreciación reduce el capital remanente y cada participante administra una economía individual.

2. Una tasa de depreciación más alta, manteniendo lo demás constante:

- ☒ Reduce el capital que pasa al periodo siguiente
- ☐ Aumenta automáticamente la producción
- ☐ No afecta la acumulación

3. ¿Cuál es la unidad principal de observación?

- ☒ Una economía individual en un periodo
- ☐ Toda la clase como una sola economía
- ☐ Una pareja de participantes

Continuar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.3: Comprobación actual con una respuesta incorrecta, su explicación específica y las demás respuestas conservadas.



Periodo 1 de 10

ADMINISTRADOR DE UNA ECONOMÍA

Decisión de ahorro e inversión

Elija la proporción de la producción que se ahorrará e invertirá. El resto estará disponible para consumo actual.

Las condiciones productivas permanecen estables.



Capital al inicio

60,0

Capital productivo disponible

Producción

41,91

Productividad

10,0

Depreciación

10,0%

Crecimiento de la población

0,0%**Porcentaje de la producción que ahorrará****35%**

Valor permitido: 0% a 80%.

Consumo previsto

27.24 ECU

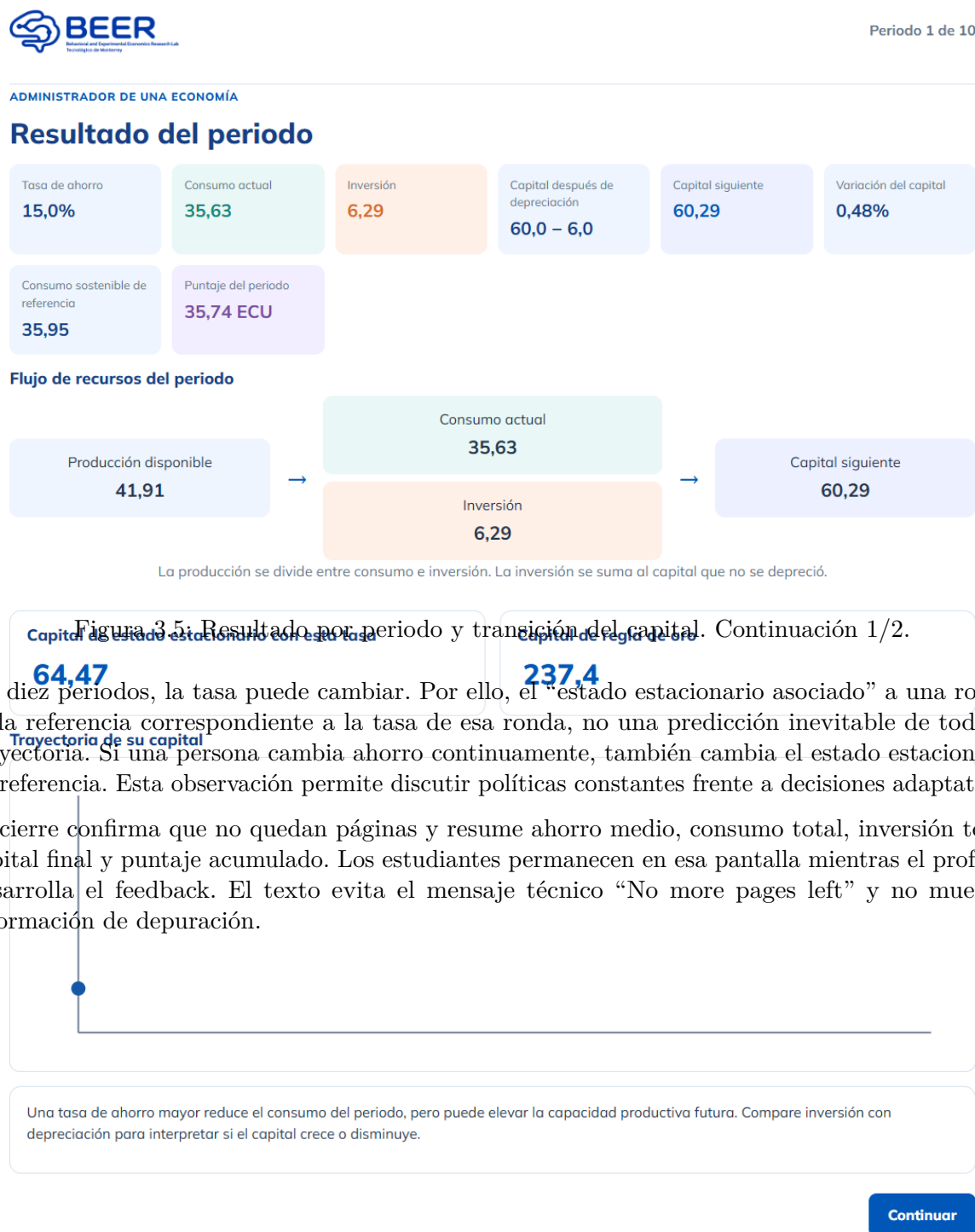
Inversión prevista

14.67 ECU**Continuar**

Figura 3.4: Decisión básica con capital, parámetros y previsualización de flujos.

3.5 Resultado del periodo y cierre

Después de confirmar, el programa muestra ahorro, consumo, inversión, capital no depreciado, capital siguiente, crecimiento del capital, consumo sostenible, referencia de largo plazo y puntaje. Un diagrama de flujo reconstruye el cálculo y una trayectoria marca el capital alcanzado. La persona puede comprobar que los números responden a su tasa y a los parámetros anunciados.



BE



tal

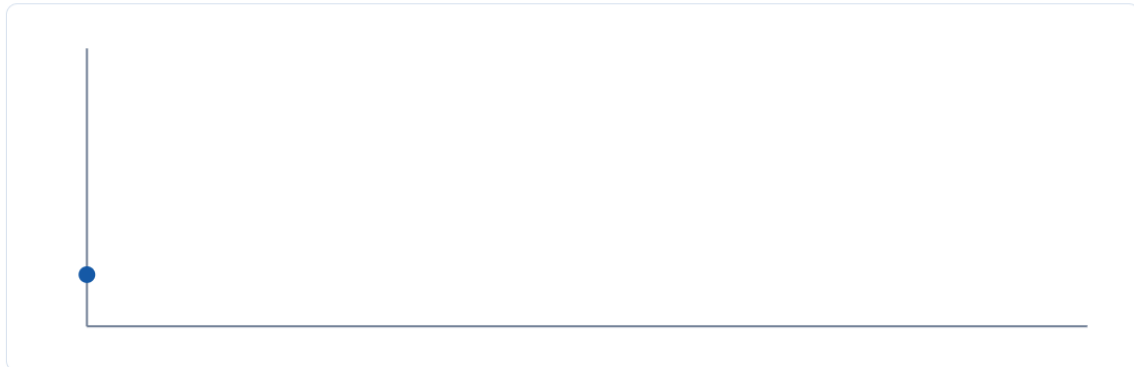
Capital de estado estacionario con esta tasa

64,47

Capital de regla de oro

237,4

Trayectoria de su capital



Una tasa de ahorro mayor reduce el consumo del periodo, pero puede elevar la capacidad productiva futura. Compare inversión con depreciación para interpretar si el capital crece o disminuye.

Continuar

Figura 3.6: Resultado por periodo y transición del capital. Continuación 2/2.



Actividad completada

Sus decisiones quedaron registradas. Espere las instrucciones del docente y no cierre el navegador hasta que se lo indique.

ECU acumuladas

359,38

Ahorro medio

15,0%

Consumo medio

35,85

Capital final

62,18

Figura 3.7: Cierre explícito con resumen de la trayectoria individual.

Modelo económico y predicciones

4.1 Producción y rendimientos decrecientes

La referencia usa una función de producción por trabajador

$$Y_t = A_t K_t^\alpha, \quad \alpha = 0.35,$$

donde K_t es capital productivo, A_t productividad y Y_t producción. Con $0 < \alpha < 1$, el producto marginal del capital es positivo y decreciente. Una unidad adicional de capital eleva la producción, pero su contribución es menor cuando la economía ya dispone de mucho capital. Esta curvatura es la fuerza que permite convergencia hacia un stock finito.

En la calibración básica, $A = 10$. Con $K = 60$, la producción es aproximadamente 41.91. Si el capital se duplica, la producción aumenta menos del doble. El docente puede pedir esta predicción antes de calcular: la función no implica que los países pobres crezcan automáticamente, sino que, manteniendo productividad, ahorro, depreciación y población, el retorno físico del capital es mayor cuando el stock es bajo.

Fundamento teórico

El programa representa una economía simplificada por trabajador. No incluye trabajo elegido, capital humano, gobierno, sector externo, precios ni mercados financieros. Su ventaja pedagógica es aislar una transición intertemporal. Su limitación es que las conclusiones dependen de aquello que se mantuvo fijo.

4.2 Ahorro, consumo e inversión

El participante elige s_t entre 0 y 0.80. La inversión y el consumo son

$$I_t = s_t Y_t, \quad C_t = (1 - s_t) Y_t.$$

En el mismo periodo, una tasa mayor reduce consumo y aumenta inversión en exactamente la misma cantidad. Esta igualdad contable no determina por sí sola qué tasa conviene: la evaluación requiere comparar el sacrificio corriente con el capital y consumo futuros.

Una confusión frecuente consiste en interpretar ahorro como recursos guardados fuera de la economía. Aquí todo ahorro se convierte inmediatamente en inversión productiva. El supuesto permite concentrarse en acumulación; no describe fricciones bancarias, atesoramiento, riesgo de intermediación ni inversión improductiva. Al discutir una economía real, el profesor debe reintroducir esas instituciones.

4.3 Ley de movimiento del capital

Con depreciación δ y crecimiento poblacional n , el capital por trabajador evoluciona según

$$K_{t+1} = \frac{(1 - \delta)K_t + s_t A_t K_t^\alpha}{1 + n}.$$

La primera parte conserva el capital que no se deprecia; la segunda incorpora inversión; el denominador distribuye el stock entre una población mayor. Para $n = 0$, el capital aumenta cuando la inversión supera la depreciación. Con crecimiento poblacional, la inversión de reposición relevante es aproximadamente $(\delta + n)K$ en la representación por trabajador.

La tasa de crecimiento que muestra la interfaz es $(K_{t+1}/K_t - 1)100$. Puede ser positiva aunque la producción crezca lentamente, o negativa después de un choque. No equivale a la tasa de crecimiento del PIB agregado cuando existe crecimiento poblacional. La guía utiliza “capital por trabajador” como interpretación económica, aunque la interfaz abrevia “capital” para facilitar lectura.

4.4 Estado estacionario

Si s , A , δ y n permanecen constantes bajo Cobb–Douglas, el estado estacionario satisface inversión igual a reposición:

$$sAK^\alpha = (\delta + n)K.$$

Para $s > 0$, la solución es

$$K^* = \left(\frac{sA}{\delta + n} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}.$$

Debajo de K^* , la inversión supera reposición y el capital aumenta; encima, la reposición supera inversión y el capital disminuye. El estado estacionario describe ausencia de crecimiento del capital por trabajador, no ausencia de producción, inversión o consumo. En él, la inversión continúa porque debe compensar depreciación y dilución.

Una tasa de ahorro mayor eleva K^* , pero no asegura mayor consumo estacionario. Al principio, más ahorro reduce consumo. A largo plazo, el mayor capital eleva producción. Más allá de cierto punto, sostener un stock elevado exige tanta inversión de reposición que el consumo sostenible disminuye. Esta no monotonicidad conduce a la regla de oro.

4.5 Regla de oro

El consumo sostenible asociado a un stock K es

$$c(K) = AK^\alpha - (\delta + n)K.$$

La regla de oro maximiza esta expresión. La condición $\alpha AK^{\alpha-1} = \delta + n$ iguala el producto marginal del capital con la reposición efectiva. Bajo Cobb–Douglas, la tasa de ahorro de regla de oro es $s = \alpha = 0.35$. Con los parámetros básicos, la interfaz puede mostrar el stock y consumo correspondientes en el tratamiento informativo.

La regla de oro no es una orden universal. Maximiza consumo estacionario y omite preferencias intertemporales, desigualdad, riesgo, transición y bienestar de generaciones específicas. Una economía debajo de la regla de oro debe sacrificar consumo presente para acumular; una economía por encima podría elevar consumo reduciendo ahorro. La actividad permite hacer visible esa distinción sin convertir 35 por ciento en recomendación de política.

4.6 El puntaje pedagógico

El puntaje del periodo se calcula como

$$\text{puntaje}_t = 0.65C_t + 0.35 [A_t K_{t+1}^\alpha - (\delta + n)K_{t+1}] ,$$

limitado al intervalo de 0 a 100 ECU. El primer término recompensa consumo actual; el segundo aproxima la capacidad de consumo sostenible asociada al capital siguiente. Los pesos mantienen salientes ambos horizontes durante una actividad corta.

Esta función no representa una utilidad intertemporal microfundada. En Ramsey–Cass–Koopmans, el planificador maximiza una suma descontada de utilidad del consumo con horizonte amplio o infinito. Aquí el puntaje ofrece retroalimentación inmediata y transparente. El profesor debe separar la dinámica del capital, que sigue el modelo, de la función de evaluación, que es una adaptación docente.

4.7 Ejemplo resuelto

Suponga $K_1 = 60$, $A = 10$, $\alpha = 0.35$, $\delta = 0.10$, $n = 0$ y ahorro de 35 por ciento. La producción es $10(60)^{0.35} \approx 41.91$. La inversión es 14.67 y el consumo 27.24. Se deprecian seis unidades. Por tanto,

$$K_2 = 60 - 6 + 14.67 = 68.67.$$

El capital crece aproximadamente 14.45 por ciento. En el siguiente periodo, la producción será mayor porque el capital aumentó, pero el incremento será proporcionalmente menor que el del stock debido a rendimientos decrecientes.

Ahora compare ahorro de 10 por ciento. El consumo corriente sube a 37.72, inversión cae a 4.19 y $K_2 = 58.19$: el capital disminuye. Con 70 por ciento, consumo cae a 12.57, inversión sube a 29.34 y $K_2 = 83.34$. El ejemplo muestra por qué maximizar consumo de un periodo, crecimiento del stock o consumo estacionario son objetivos distintos.

Fundamentos teóricos y evidencia experimental

5.1 Solow y Swan

Los modelos de [Solow \(1956\)](#) y [Swan \(1956\)](#) organizan el crecimiento alrededor de acumulación, rendimientos decrecientes, progreso técnico y población. Con una tasa de ahorro exógena, la economía converge hacia un estado estacionario en capital por trabajador. Diferencias en ahorro, depreciación, crecimiento poblacional y productividad generan niveles de ingreso distintos. El progreso técnico sostenido es necesario para crecimiento permanente del producto por trabajador en la versión estándar.

La actividad reproduce la transición central, pero convierte la tasa de ahorro en una decisión. Esto permite preguntar si los participantes comprenden el costo intertemporal y si sus trayectorias se acercan a una referencia. No pretende estimar el ahorro de un país ni validar todos los mecanismos del crecimiento. Los diez periodos condensan décadas hipotéticas y omiten expectativas sobre precios, instituciones y distribución.

5.2 Ramsey, Cass y Koopmans

En el modelo de [Ramsey \(1928\)](#), desarrollado por [Cass \(1965\)](#) y [Koopmans \(1965\)](#), la tasa de ahorro surge de una elección óptima de consumo a lo largo del tiempo. La condición de Euler relaciona crecimiento del consumo, producto marginal del capital, depreciación, descuento y curvatura de utilidad. La economía no elige un porcentaje aislado: elige una senda.

El laboratorio conserva la idea de una senda mediante decisiones repetidas, pero simplifica el objetivo. Cada periodo revela consumo y una medida de sostenibilidad. Esta simplificación permite usar la actividad antes de enseñar control óptimo. En un curso avanzado, el profesor puede contrastar el puntaje con una suma descontada y pedir cómo cambiaría la tasa si aumenta la impaciencia o si la utilidad marginal cae más rápido.

5.3 La regla de oro de Phelps

[Phelps \(1961\)](#) formalizó la comparación de estados estacionarios según consumo. La regla de oro sirve como referencia para detectar subacumulación o sobreacumulación. En el tratamiento informativo, la interfaz revela el capital y consumo sostenible que maximizan esta medida bajo los parámetros vigentes. La información no obliga a imitarla: el estudiante puede preferir consumo

actual o experimentar con otras tasas.

Una discusión útil distingue eficiencia dinámica de optimalidad completa. Estar por debajo del stock de regla de oro no prueba que aumentar ahorro sea una mejora de Pareto para todas las generaciones, porque la transición exige sacrificios. Estar por encima implica que reducir capital puede elevar consumo presente y futuro bajo condiciones específicas. El horizonte y la distribución intergeneracional importan.

5.4 Evidencia de laboratorio

Lei y Noussair (2002) estudiaron un modelo de crecimiento óptimo con implementaciones de planificador individual, planificador colectivo y mercado descentralizado. Sus resultados muestran que participantes pueden generar trayectorias cercanas a predicciones dinámicas, pero también presentan aprendizaje, coordinación y diferencias entre instituciones. El diseño del BEER Lab se relaciona con el rol de administrador individual, aunque no replica el mercado de activos ni la función objetivo de ese estudio.

La comparación es pedagógica: un modelo dinámico puede estudiarse en el laboratorio si las reglas traducen el futuro en consecuencias observables. El experimento no elimina el problema de horizonte. En una sesión finita, los participantes pueden consumir más al final porque no existe un periodo posterior dentro del juego. Esta conducta no refuta una predicción de horizonte infinito; revela que el diseño temporal cambia incentivos.

5.5 Qué resultados son plausibles

Es común observar tasas altas al principio para construir capital, seguidas de reducciones cuando aumenta la producción o se acerca el final. También puede aparecer una tasa estable cercana a 35 por ciento, exploración oscilante o consumo intenso desde el primer periodo. La dispersión no debe resumirse como error. Puede reflejar objetivos distintos, aprendizaje de la ecuación, atención al puntaje, horizonte finito o preferencia por consumo inmediato.

El informe permite separar nivel y distribución. Un ahorro medio de 35 por ciento puede provenir de todos eligiendo 35, o de una mezcla entre 10 y 60. Las implicaciones para aprendizaje son diferentes. Asimismo, capital terminal similar puede surgir de trayectorias distintas. Por eso se muestran histogramas, promedios por periodo y tabla de evolución.

Guion para el feedback

Antes de interpretar, pida tres frases: un hecho observable, el mecanismo que lo conecta con el modelo y una limitación. Ejemplo: “El capital medio subió en todos los periodos; la inversión superó la reposición; pero diez decisiones con el mismo puntaje no representan la trayectoria de un país.”

Informe docente y lectura de resultados

6.1 Revelar después de predecir

El informe se abre desde la sesión administrativa. Mientras faltan decisiones, muestra participantes, decisiones esperadas, completitud y pendientes, pero mantiene ocultas las figuras. Al concluir, el botón de revelación queda disponible. Esta secuencia permite solicitar predicciones sobre ahorro medio, capital terminal y cercanía a la regla de oro antes de mostrar la evidencia.

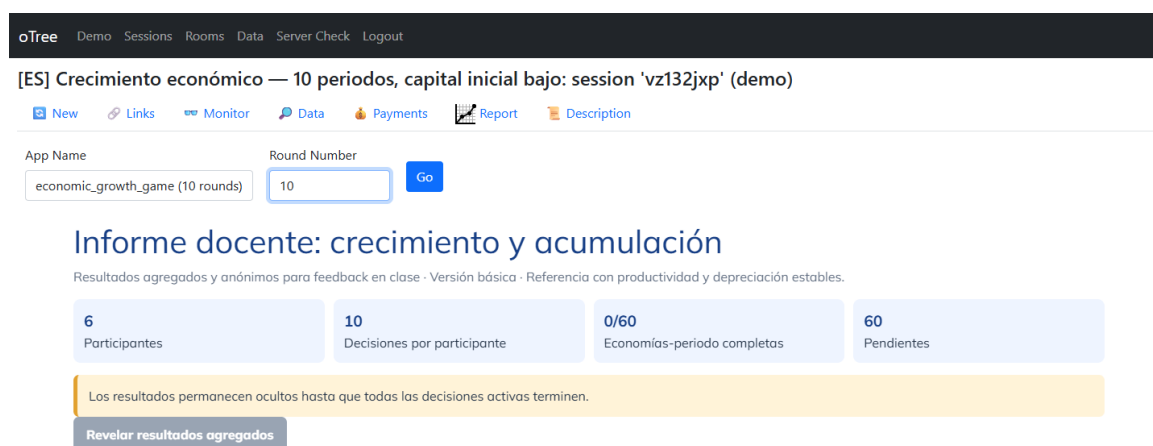


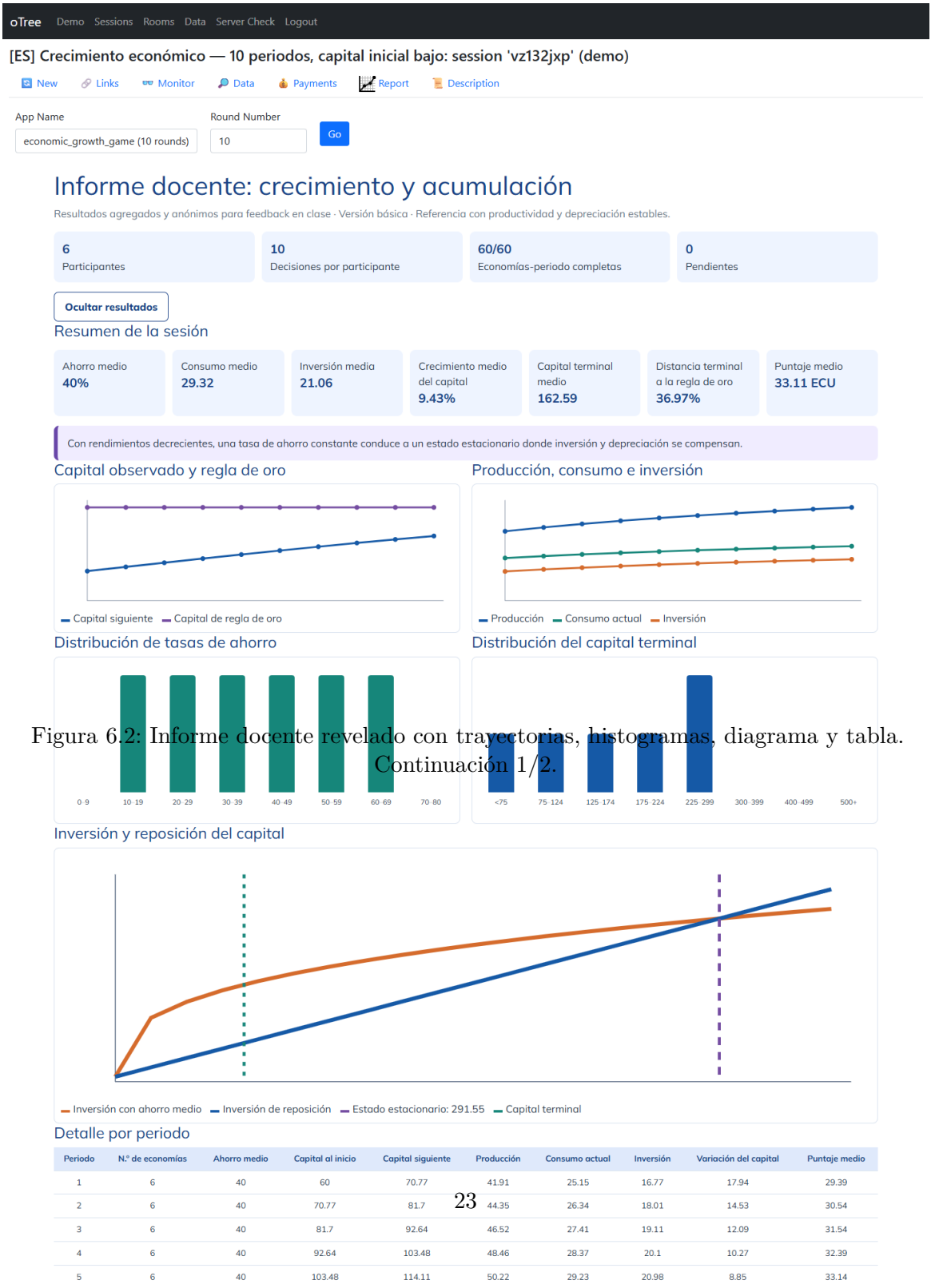
Figura 6.1: Informe docente oculto mientras se preparan las predicciones.

El informe revelado contiene siete indicadores: ahorro medio, consumo medio, inversión media, crecimiento medio del capital, capital terminal, distancia terminal a la regla de oro y puntaje. Presenta trayectorias de capital, producción, consumo e inversión; distribuciones de ahorro y capital terminal; un diagrama de inversión y reposición; y detalle por periodo.

6.2 Orden recomendado de interpretación

Comience con la distribución de tasas de ahorro. Pregunte si existe concentración, polarización o exploración. Continúe con consumo e inversión por periodo: deben sumar producción, salvo redondeo. Observe después el capital y compárelo con la regla de oro. Revise el diagrama de inversión y reposición para localizar el estado estacionario asociado a la tasa media. Finalmente, use la tabla para identificar el periodo en que cambia la trayectoria.

No empiece por el puntaje. Si se presenta primero, los estudiantes pueden reducir toda la experiencia a “ganadores” y “perdedores”. El objetivo es reconstruir el mecanismo. El puntaje sirve para discutir incentivos y horizonte después de entender los flujos. Tampoco confunda capital terminal medio con



23

Figura 6.2: Informe docente revelado con trayectorias, histogramas, diagrama y tabla.
Continuación 1/2.



Figura 6.3: Informe docente revelado con trayectorias, histogramas, diagrama y tabla.
Continuación 2/2.

capital de una persona promedio: la media puede no corresponder a ninguna trayectoria observada.

6.3 Cómo leer el diagrama de fase

La curva naranja representa sAK^α con la tasa media observada; la línea azul representa $(\delta + n)K$. Su intersección es el estado estacionario. A la izquierda, inversión supera reposición y el stock aumenta. A la derecha, la reposición supera inversión y disminuye. La línea verde marca el capital terminal y la morada el estado estacionario calculado.

El gráfico usa la tasa media como resumen. Cuando las personas eligen tasas distintas o las cambian entre periodos, no describe la trayectoria exacta de cada economía. Es un recurso para conectar resultados agregados con la condición teórica. En tecnología AK, la relación cambia y puede no existir una intersección positiva finita; el informe lo señala.

6.4 Inferencia y límites

Cada participante administra una economía, pero sus diez periodos están correlacionados. Para una discusión descriptiva, promedios e histogramas son suficientes. Para comparar tratamientos como evidencia, la unidad independiente es la persona o sesión según la asignación; no cada fila economía-periodo. El profesor debe conservar identificadores anónimos, tratamiento y ronda para estimar errores agrupados o resumir primero por persona.

La asignación de tratamientos también importa. Si toda una sección juega referencia y otra alta depreciación, diferencias de horario, curso o composición pueden confundirse con el tratamiento. Una comparación rigurosa asignaría condiciones aleatoriamente y mantendría constantes instrucciones y orden. La guía ayuda a formular estas precauciones, aunque una clase ordinaria no necesita convertirse en investigación.

Tratamientos de la familia extendida

Todos los tratamientos conservan la portada institucional, la comprobación, la economía individual, diez periodos, la explicación del puntaje, el cierre y el informe docente anónimo. Cada ficha describe únicamente aquello que cambia.

7.1 Referencia con rendimientos decrecientes

Configuration: crecimiento_economico_extendido_referencia.

Mecanismo

Mantiene capital inicial de 60, productividad 10, depreciación de 10 por ciento, población constante y producción Cobb–Douglas. Cada participante decide durante diez periodos. La única fuente de cambio es la tasa de ahorro y su efecto acumulado sobre el stock. Esta configuración reproduce la versión básica de capital bajo dentro de la sala extendida y funciona como grupo de comparación para las demás variantes.

Predicción

Con una tasa constante positiva, la trayectoria debe acercarse al estado estacionario asociado. Una economía por debajo de esa referencia acumula; una economía por encima desacumula. Si la tasa cambia, la referencia se mueve y pueden aparecer oscilaciones. Rendimientos decrecientes reducen gradualmente el crecimiento del capital aun cuando la inversión siga siendo positiva.

Lectura del informe

Use el histograma para saber si una media resume decisiones parecidas. Observe si la brecha entre inversión y reposición disminuye y si el capital se aplanan. Compare personas que llegan a stocks similares con tasas distintas. Pregunte si el consumo sacrificado durante la transición queda compensado dentro de los diez periodos.

Implementación

Es el tratamiento recomendado para introducir la familia. Solicite una predicción antes del periodo uno y otra antes de revelar el periodo diez. Evite presentar la regla de oro como solución del puntaje: la referencia teórica maximiza consumo sostenible, mientras el puntaje también pondera consumo corriente.

7.2 Alta depreciación

Configuration: `crecimiento_economico_extendido_alta_depreciacion`.

Mecanismo

Eleva la depreciación de 10 a 20 por ciento y mantiene los demás parámetros. Cada periodo pierde una fracción mayor del stock antes de incorporar inversión. El cambio se anuncia y aparece en el tablero; no es una sorpresa. La comparación aísla la diferencia entre inversión bruta e inversión neta.

Predicción

Para cualquier capital y tasa de ahorro, la reposición requerida es mayor. El estado estacionario y la regla de oro se desplazan hacia un stock menor. Una tasa que acumulaba bajo la referencia puede apenas mantener capital o producir desacumulación. El consumo corriente no cambia de forma mecánica en el primer instante, pero la menor senda de capital reduce producción futura.

Lectura del informe

Compare capital terminal, inversión y distancia a la nueva regla de oro. En el diagrama, la línea de reposición es más inclinada. Pida localizar el punto en que una misma tasa cruza de crecimiento positivo a negativo. No interprete menor capital como prueba de menor esfuerzo; el entorno destruye más stock.

Implementación

Juéguelo después de la referencia con grupos distintos o con orden contrabalanceado. Pregunte qué políticas o tecnologías reales pueden reducir depreciación: mantenimiento, infraestructura resiliente o calidad de equipos. Separe depreciación física de obsolescencia y de catástrofes discretas.

7.3 Crecimiento poblacional

Configuration: `crecimiento_economico_extendido_crecimiento_poblacional`.

Mecanismo

Introduce crecimiento de la población de 3 por ciento. La producción y el capital se interpretan por trabajador. El stock disponible al final se divide entre una población mayor. La interfaz muestra el parámetro y la ecuación conserva el denominador $1 + n$.

Predicción

La inversión necesaria para mantener capital por trabajador aumenta. Para una misma tasa, el estado estacionario cae respecto de población constante. El capital agregado podría aumentar al mismo tiempo que el capital por trabajador disminuye, pero la actividad reporta la segunda magnitud. Una tasa mayor puede compensar dilución, con costo de consumo corriente.

Lectura del informe

Observe la línea de reposición efectiva y compare el crecimiento del capital por trabajador con la inversión bruta. Pregunte por qué un valor positivo de inversión no garantiza crecimiento del indicador. Use la tabla para localizar periodos en que inversión no alcanza a cubrir depreciación y dilución.

Implementación

Antes de jugar, confirme que los estudiantes distinguen variables agregadas y por trabajador. No presente crecimiento poblacional como daño intrínseco; dentro del modelo modifica capital por trabajador. Una economía real puede recibir efectos de escala, composición, innovación y capital humano no incluidos aquí.

7.4 Salto de productividad

Configuration: crecimiento_economico_extendido_salto_productividad.

Mecanismo

La economía comienza con productividad 10. Al iniciar el periodo seis, la productividad sube a 13 de manera permanente. El capital no salta: cambia la cantidad producida por cada unidad del stock. La pantalla anuncia la nueva condición y el resultado permite comparar periodos cinco y seis.

Predicción

Con el mismo capital y ahorro, la producción, el consumo y la inversión aumentan. La curva de inversión se desplaza hacia arriba y el estado estacionario sube. El capital empieza a dirigirse hacia una referencia mayor. La respuesta de ahorro es conductual: algunos pueden conservar la tasa, otros ahorrar más para acelerar la transición y otros consumir parte de la ganancia.

Lectura del informe

Compare primero producción entre periodos cinco y seis; después ahorro e inversión. Separe el efecto mecánico de A de la decisión. Si el ahorro cae y la inversión todavía sube, la productividad compensó la reducción porcentual. Analice si el puntaje aumentó por consumo, sostenibilidad o ambos.

Implementación

No anticipe el momento exacto si quiere estudiar reacción a una noticia, pero explique que las condiciones pueden cambiar. Para discutir causalidad, use el periodo cinco como referencia inmediata y no atribuya toda la trayectoria anterior al salto. Esta variante conecta crecimiento con tecnología sin modelar su origen.

7.5 Destrucción de capital

Configuration: crecimiento_economico_extendido_desastre.

Mecanismo

Comienza con capital 120. Al inicio del periodo seis, un desastre destruye 35 por ciento del stock antes de producir. Productividad, depreciación ordinaria y población permanecen como en la referencia. El choque es discreto y distinto de una tasa de depreciación permanentemente alta.

Predicción

La producción cae al reducirse el capital, pero menos que proporcionalmente por el exponente 0.35. El producto marginal del capital aumenta, de modo que una tasa dada puede generar crecimiento porcentual más rápido durante la reconstrucción. Recuperar el nivel previo requiere tiempo y consumo sacrificado; converger hacia el mismo estado estacionario no borra la pérdida de producción acumulada.

Lectura del informe

Marque el quiebre entre periodos cinco y seis. Compare consumo, inversión y crecimiento porcentual antes y después. Una tasa de crecimiento alta desde un nivel bajo no implica que la economía ya se recuperó. Distinga nivel, tasa y brecha respecto de la trayectoria contrafactual sin desastre.

Implementación

Use la variante para discutir resiliencia, reconstrucción y costo de oportunidad. Evite asociar decisiones de estudiantes con víctimas reales. Una extensión escrita puede pedir el área entre la trayectoria observada y una referencia sin choque como aproximación a producción perdida.

7.6 Trampa de bajo capital

Configuration: crecimiento_economico_extendido_trampa_pobreza.

Mecanismo

La productividad es 7 cuando el capital permanece por debajo de 100 y sube a 11 una vez alcanzado el umbral. La discontinuidad representa una complementariedad o costo fijo: infraestructura, red, coordinación o tecnología que solo funciona después de una escala mínima. El umbral y la condición vigente aparecen en pantalla.

Predicción

Una economía puede quedar atrapada si su ahorro no permite cruzar 100. Superarlo eleva producción y amplía la inversión disponible, generando una trayectoria distinta. La tasa necesaria para cruzar depende del capital inicial y de decisiones previas. Puede existir una región donde consumir menos hoy cambia cualitativamente el futuro, no solo la velocidad de convergencia.



Periodo 6 de 10

ADMINISTRADOR DE UNA ECONOMÍA

Resultado del periodo



Periodo 6 de 10

ADMINISTRADOR DE UNA ECONOMÍA

Resultado del periodo

Tasa de ahorro

35,0%

Consumo actual

32,32

Inversión

17,4

Capital después de
depreciación
97,78 – 9,78

Capital siguiente

105,41

Variación del capital

7,8%

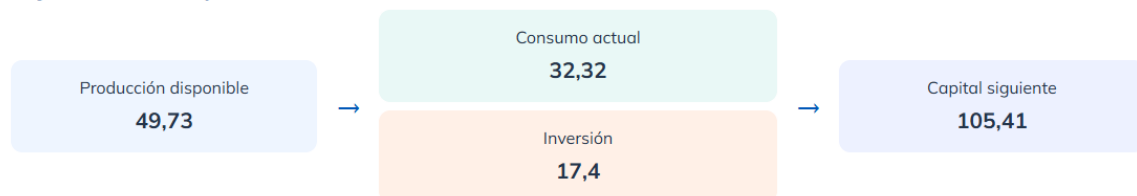
Consumo sostenible de
referencia

40,51

Puntaje del periodo

35,19 ECU

Flujo de recursos del periodo



La producción se divide entre consumo e inversión. La inversión se suma al capital que no se depreció.

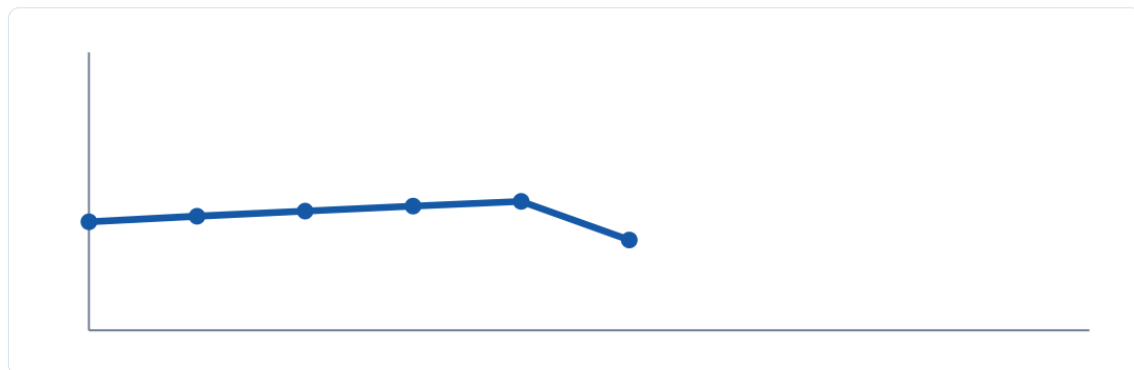
Capital de estado estacionario con esta tasa

237,4

Capital de regla de oro

237,4

Trayectoria de su capital



Una tasa de ahorro mayor reduce el consumo del periodo, pero puede elevar la capacidad productiva futura. Compare inversión con depreciación para interpretar si el capital crece o disminuye.

[Continuar](#)

Figura 7.2: Pantalla específica del tratamiento destrucción de capital. Continuación 2/2.

Lectura del informe

Separe economías que cruzaron el umbral de aquellas que no. Una media puede esconder dos grupos. Compare cuándo cruzaron, cuánto sacrificaron y si permanecieron encima. Pregunte si la brecha final surge de decisiones iniciales, retroalimentación productiva o ambas. No llame irracional a quien priorizó consumo corriente.

Implementación

Presente la trampa como mecanismo hipotético, no como diagnóstico automático de pobreza nacional. Solicite ejemplos de la complementariedad que justificaría el umbral y evidencia necesaria para probarla. Discuta crédito, ayuda temporal o coordinación como posibles instrumentos, junto con sus supuestos.

7.7 Tecnología AK

Configuration: crecimiento_economico_extendido_tecnologia_ak.

Mecanismo

Sustituye Cobb–Douglas por $Y = 0.45K$. El producto marginal del capital es constante: se eliminan rendimientos decrecientes. La ley de movimiento se vuelve proporcional al stock. El reporte omite un estado estacionario positivo finito cuando la acumulación neta es persistente.

Predicción

Con población constante y depreciación de 10 por ciento, el capital crece si $0.45s > 0.10$, es decir, si la tasa supera aproximadamente 22.22 por ciento. Por encima de ese umbral, una tasa constante puede sostener crecimiento; por debajo, el stock disminuye. No existe convergencia mecánica al mismo nivel desde condiciones iniciales distintas.

Lectura del informe

Observe si el logaritmo del capital seguiría una tendencia aproximadamente lineal con tasa constante. Compare la trayectoria con la referencia Cobb–Douglas: en AK la brecha entre inversión y reposición es proporcional al stock. Pregunte por qué una gráfica sin aplanamiento no es un error del programa.

Implementación

Use esta variante después de dominar el estado estacionario. Explique que AK resume mecanismos capaces de contrarrestar rendimientos decrecientes, como conocimiento o externalidades, pero no los identifica. Un ejercicio puede derivar el umbral de ahorro y comprobarlo con tasas a ambos lados.

7.8 Información de regla de oro

Configuration: crecimiento_economico_extendido_regla_oro.

Mecanismo

Conserva exactamente los parámetros de la referencia y agrega una caja que muestra el capital y consumo sostenible de regla de oro. Es un tratamiento de información: no cambia producción, depreciación ni ley de movimiento. Permite separar el efecto de conocer una referencia del efecto de modificar incentivos.

Predicción

La información puede concentrar tasas alrededor de 35 por ciento, pero no tiene por qué hacerlo. El puntaje valora también consumo corriente, el horizonte es finito y las personas pueden explorar. Si las decisiones cambian frente a la referencia, la diferencia refleja saliencia, comprensión, coordinación con una norma docente o actualización de creencias.

Lectura del informe

Compare distribución, no solo promedio. Busque amontonamiento exactamente en 35 y trayectorias que se acercan al capital señalado. Pregunte si los participantes entendieron la referencia como predicción, recomendación o restricción. Una caída de dispersión es un resultado distinto de un cambio de media.

Implementación

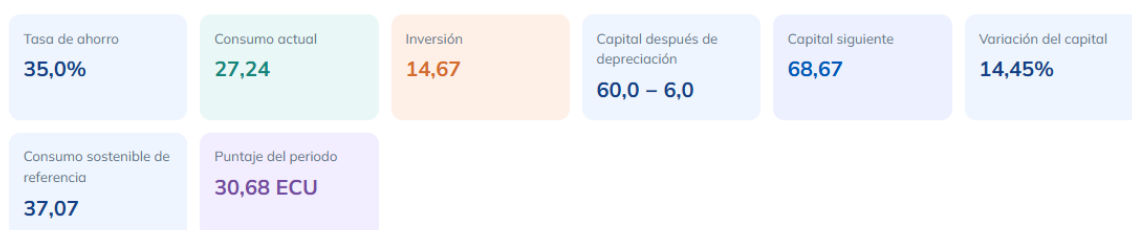
Aplique después de una condición sin información o entre grupos. No diga que la regla de oro maximiza el puntaje del juego. Pida a los estudiantes explicar por qué maximizar consumo sostenible no necesariamente maximiza bienestar descontado ni su puntaje de diez periodos.



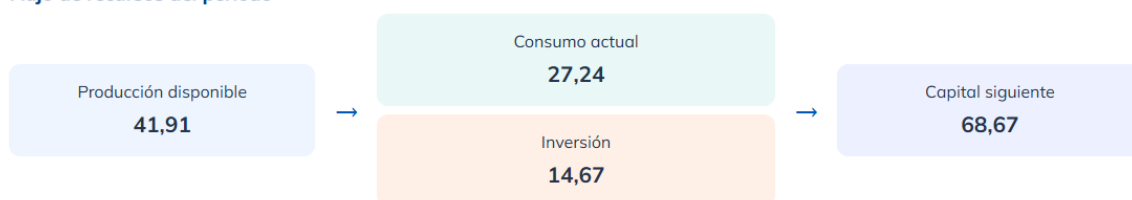
Periodo 1 de 10

ADMINISTRADOR DE UNA ECONOMÍA

Resultado del periodo

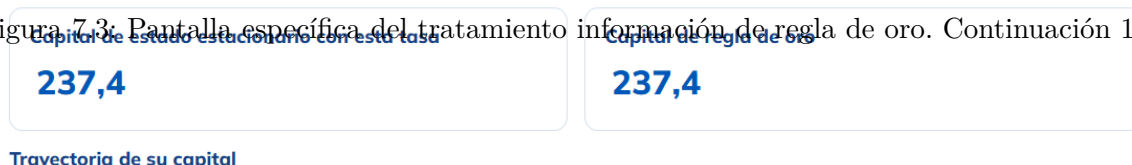


Flujo de recursos del periodo



La producción se divide entre consumo e inversión. La inversión se suma al capital que no se depreció.

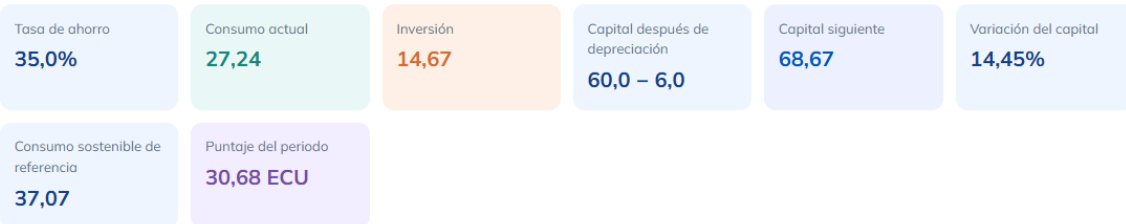
Figura 7.3: Pantalla específica del tratamiento información de regla de oro. Continuación 1/2.



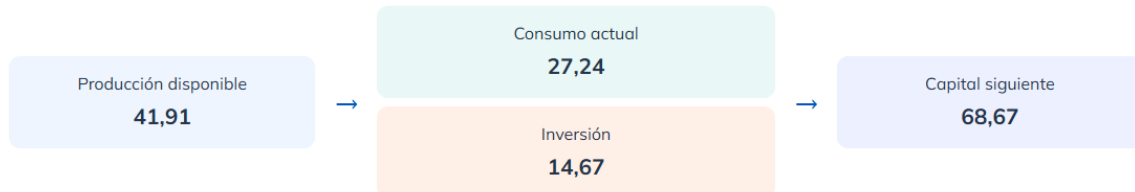
Trayectoria de su capital

ADMINISTRADOR DE UNA ECONOMÍA

Resultado del periodo



Flujo de recursos del periodo



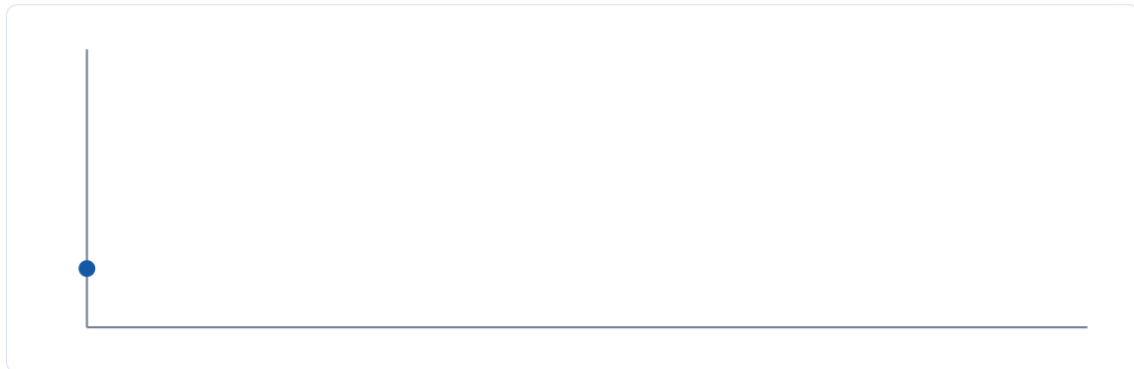
Capital de estado estacionario con esta tasa

237,4

Capital de regla de oro

237,4

Trayectoria de su capital



Una tasa de ahorro mayor reduce el consumo del periodo, pero puede elevar la capacidad productiva futura. Compare inversión con depreciación para interpretar si el capital crece o disminuye.

Continuar

Figura 7.4: Pantalla específica del tratamiento información de regla de oro. Continuación 2/2.

Planes de clase y actividades de profundización

8.1 Plan de 50 minutos

En los primeros cinco minutos, presente la pregunta: “¿Qué parte de la producción consumiría y qué parte invertiría si la inversión eleva la capacidad futura?” Solicite una respuesta privada. Dedique diez minutos a bienvenida, instrucciones y comprensión. Juegue una decisión y reconstruya el cálculo en el pizarrón. Después ejecute diez periodos con capital bajo durante quince minutos. Reserve los últimos veinte para ocultar el informe, registrar predicciones, revelar y derivar inversión igual a reposición.

El plan corto debe concentrarse en tres resultados: diferencia entre stock y flujo; tensión entre consumo e inversión; y estado estacionario. No intente cubrir trampa, AK y regla de oro a la vez. Una boleta de salida puede pedir un hecho observado, la ecuación que lo explica y un supuesto que limita la inferencia.

8.2 Plan de 90 minutos

La primera mitad replica la secuencia básica. Tras una pausa conceptual, asigne una extensión. Alta depreciación es adecuada para mantenimiento e infraestructura; crecimiento poblacional para variables por trabajador; salto de productividad para tecnología; desastre para reconstrucción; trampa para complementariedades; AK para crecimiento endógeno; e información de regla de oro para normas y saliencia.

Antes de abrir la extensión, cada estudiante escribe el signo esperado para producción, consumo, inversión y capital terminal respecto de la referencia. Al revelar, complete una tabla con predicción, resultado y explicación. Termine preguntando qué variable cambió directamente y cuáles respondieron de forma endógena. Esta disciplina evita atribuir al tratamiento todo movimiento observado.

8.3 Comparación desde capital bajo y alto

Divida la clase en dos grupos con los mismos parámetros y distinta condición inicial. Pida predecir si las trayectorias convergerán. La teoría indica movimiento hacia el estado estacionario asociado a la tasa, pero las tasas son elegidas y pueden diferir. Por ello, la actividad compara convergencia condicional: las condiciones iniciales importan durante la transición, y las políticas elegidas también.

Use las gráficas para distinguir convergencia en nivel, tasa de crecimiento y distancia al estado estacionario. Una economía con capital bajo puede crecer más rápido y seguir siendo más pobre. Una economía con capital alto puede decrecer mientras mantiene mayor consumo. Estas combinaciones ayudan a corregir la idea de que una tasa alta equivale a un nivel alto.

8.4 Ejercicios cuantitativos posteriores

Pida calcular K_{t+1} para tres tasas de ahorro y verificar la pantalla. Después, fije $s = 0.35$ y resuelva K^* . Un segundo problema cambia δ de 0.10 a 0.20 y solicita el nuevo estado estacionario. Un tercero introduce $n = 0.03$. Los estudiantes deben explicar el signo antes de usar calculadora.

Para regla de oro, maximice $AK^{0.35} - (\delta + n)K$ y derive $s = 0.35$. Para AK, derive el umbral $s > (\delta + n)/0.45$. Para el desastre, construya una trayectoria contrafactual sin destrucción y calcule producción acumulada perdida. Para la trampa, determine la inversión mínima necesaria para cruzar el umbral desde un capital dado.

Lo que verá el participante

Pregunta de salida sugerida: “Elija un periodo de su economía. Explique por qué el capital aumentó o disminuyó, qué sacrificio implicó su tasa de ahorro y qué habría cambiado con una depreciación mayor. Use una cifra del resultado.”

Banco de preguntas para discusión y evaluación

9.1 Preguntas conceptuales

1. ¿Por qué inversión positiva no garantiza crecimiento del capital?
2. ¿Qué diferencia hay entre producción, consumo, inversión y capital?
3. ¿Por qué rendimientos decrecientes conducen a convergencia bajo parámetros constantes?
4. ¿Qué permanece activo en un estado estacionario?
5. ¿Por qué un ahorro mayor eleva capital estacionario pero no siempre consumo estacionario?
6. ¿Qué maximiza exactamente la regla de oro y qué deja fuera?
7. ¿Cómo cambia la reposición con crecimiento poblacional?
8. ¿Por qué un salto de productividad no es un salto de capital?
9. ¿Cómo distinguir recuperación rápida de recuperación completa después de un desastre?
10. ¿Qué mecanismo puede justificar una trampa de bajo capital?
11. ¿Por qué AK puede sostener crecimiento sin un estado estacionario finito?
12. ¿Qué problema surge al tratar diez periodos de una persona como diez observaciones independientes?

Una respuesta excelente nombra el parámetro, formula una predicción, usa evidencia específica del informe y reconoce un límite. Una respuesta adecuada identifica el mecanismo con evidencia parcial. Una respuesta insuficiente enumera cifras sin conexión, llama óptima a cualquier tasa cercana a 35 o extrapola una sesión a economías nacionales sin discutir supuestos.

9.2 Preguntas para interpretar datos

¿El promedio es representativo de la distribución? ¿Dos participantes con capital terminal similar siguieron la misma senda? ¿Cuánto del cambio del periodo seis fue mecánico y cuánto conductual? ¿La tasa media se movió antes o después de observar consecuencias? ¿El punto verde del diagrama quedó a la izquierda o derecha del estado estacionario? ¿La distancia a regla de oro cayó porque cambió capital, porque cambió la regla o por ambos?

Estas preguntas obligan a pasar de descripción a mecanismo. Una afirmación como “la clase ahorró mucho” requiere una referencia: frente a consumo total, frente a 35 por ciento, frente al umbral de crecimiento o frente a otra sesión. El docente puede exigir una oración de comparación y una de limitación.

9.3 Rúbrica breve

Asigne cuatro dimensiones: precisión conceptual, uso de evidencia, explicación causal y reconocimiento de límites. Una respuesta sobresaliente distingue stocks y flujos, usa números del reporte, conecta ecuaciones con dirección de cambio y evita sobreinterpretar. Una respuesta intermedia acierta el signo, pero no explica la transición. Una respuesta débil confunde tasa de ahorro con inversión absoluta o interpreta el puntaje como bienestar social.

Operación, datos, ética y solución de problemas

10.1 Datos y reproducibilidad

El archivo exportado debe conservar sesión, código anónimo, ronda, idioma, edición, tratamiento, capital inicial, productividad, depreciación, crecimiento poblacional, ahorro, producción, inversión, consumo, capital siguiente, crecimiento, referencias de largo plazo, puntaje y estado de completitud. Acompañe el archivo con una ficha de sesión: fecha, curso, configuración, número de participantes, interrupciones y momento de revelación.

Para comparar tratamientos, documente el orden. Si cada estudiante juega dos condiciones, use medidas repetidas y reconozca aprendizaje. Si cada sección juega una condición, no atribuya automáticamente la diferencia al tratamiento. Para una actividad docente bastan descripciones; un proyecto de investigación requiere consentimiento, protocolo, asignación y análisis acordes con la pregunta.

10.2 Privacidad y lenguaje responsable

Los códigos coordinan la plataforma y no deben vincularse públicamente con nombres. Proyecte agregados. No use una tasa de ahorro para etiquetar a una persona como paciente, prudente o irracional. La elección responde a reglas, comprensión, horizonte, puntaje y exploración. El diseño identifica decisiones, no motivaciones completas ni preferencias estables.

Cuando se discutan pobreza, desastres o crecimiento poblacional, evite moralizar resultados nacionales. Los tratamientos son mecanismos abstractos. Instituciones, conflicto, salud, educación, distribución, género, geografía y política económica quedan fuera. Reconocer estas ausencias fortalece el análisis en lugar de debilitar la utilidad del modelo.

10.3 Problemas frecuentes

Si una cifra prevista muestra “NaN”, la página no está interpretando correctamente el separador decimal; no permita continuar y reporte la versión. Si una persona ve “Por favor espere”, revise Monitor: en esta familia las decisiones individuales no deben esperar por un compañero, pero el servidor puede estar procesando o la sesión puede haber terminado. Si aparece “No more pages left”, la secuencia de cierre está incompleta y debe corregirse.

Si el informe está vacío, verifique decisiones completas y presione revelar. Si faltan barras, revise

que existan observaciones y que el navegador use la versión actual. Si aparecen otros juegos en Demo o Rooms, la instancia no está aislada. Si una ruta antigua indica que el participante no existe, la base cambió y debe distribuirse una sesión nueva.

Atención

Nunca ejecute `resetdb` ni un servidor de desarrollo contra la base de producción durante una clase. Las pruebas locales usan la base aislada de crecimiento económico y el puerto 8060. En producción, coordine respaldo, ausencia de sesiones activas y un procedimiento de reversión.

10.4 Lista de cierre

Confirme que todas las personas llegaron al resumen final; anote pendientes; exporte si corresponde; cierre la sesión activa de la sala; guarde configuración y tratamiento; registre incidentes; y archive únicamente datos necesarios. Para la siguiente clase, pruebe de nuevo Demo, Rooms, una sesión en español, una en inglés y el informe. Esta rutina convierte una demostración improvisada en una práctica reproducible.

Referencias y lecturas recomendadas

Las lecturas fundacionales son [Solow \(1956\)](#) y [Swan \(1956\)](#). La regla de oro proviene de [Phelps \(1961\)](#). La elección intertemporal se desarrolla en [Ramsey \(1928\)](#), [Cass \(1965\)](#) y [Koopmans \(1965\)](#). Para la implementación experimental, [Lei y Noussair \(2002\)](#) ofrece el vínculo más directo. Manuales de macroeconomía y crecimiento permiten ampliar capital humano, innovación, instituciones y convergencia empírica.

Bibliografía

- Cass, D. (1965). Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation. *Review of Economic Studies*, 32(3), 233–240.
- Koopmans, T. C. (1965). On the concept of optimal economic growth. En *The Econometric Approach to Development Planning*. North-Holland.
- Lei, V., y Noussair, C. N. (2002). An experimental test of an optimal growth model. *American Economic Review*, 92(3), 549–570.
- Phelps, E. S. (1961). The golden rule of accumulation: A fable for growthmen. *American Economic Review*, 51(4), 638–643.
- Ramsey, F. P. (1928). A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, 38(152), 543–559.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), 334–361.