

TP2 - Simulación de Eventos Discretos

Oferta y demanda entre mercados
de competencia perfecta e imperfecta*

Ezequiel Puerta - LU: 812/09

Docente: Rodrigo Castro
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
FCEyN-UBA

Noviembre 2019

Índice

1	Introducción y motivación	3
1.1	Introducción	3
2	Modelo Conceptual	5
2.1	Consideraciones del modelo	5
2.2	Consideraciones de simulación	7
3	Implementación	8
3.1	Estados	8
3.2	Macros	8
3.2.1	Incrementar interés de compra	9
3.2.2	Actualización de precios	10
3.2.3	Actualización de la reposición de oferta	10
3.2.4	Compras	11
3.2.5	Efectuar compras	14
3.3	Modelo acoplado básico	16
3.3.1	Estructura	16
3.3.2	Reglas	17
4	Experimentos Preliminares	18
4.1	Resultados	19
4.2	Análisis	20
5	Ambición y Aleatoriedad	22
5.1	Resultados	23
5.2	Análisis	24

*Código fuente: https://gitlab.com/EzequielPuerta/tp2_simulacion

6	Mercados Perfectos	27
6.1	Resultados	27
6.2	Análisis	30
7	Mercados Realistas	34
7.1	Resultados	34
7.2	Análisis	37
8	Mercados Imperfectos	40
8.1	Resultados	40
8.2	Análisis	43
9	Conclusiones	46
10	Trabajos Futuros	47
11	Bibliografía	48

1 Introducción y motivación

1.1 Introducción

Los levantamientos populares en Hong Kong, París y últimamente Chile, indican que las crisis sociales no solo son atravesadas por aquellas sociedades terciermundistas (como pueden ser Haití, Turquía, Líbano o Ecuador) o cuyos gobiernos tienen una impronta populista (como es el caso de Venezuela o Bolivia), sino que también los pueblos del “primer mundo” reflejan altos niveles de desigualdad, baja movilidad social y un creciente inconformismo para con el *status quo*, aunque sus PIB per capita sean de los mas altos del mundo (en el caso de Hong Kong, se encuentra tercero en el ranking del Foro Económico Mundial para el 2019 [WEF, 2019]).

Irónicamente, Hong Kong se posiciona primero en los rankings de “libertad económica” de la Fundación Heritage [HERITAGE, 2019] y el Instituto Fraser [FRASER, 2019], ambos *think tanks* de orientación conservadora y liberal. Mientras que por ejemplo, los precios de la propiedad en relación a los salarios promedio están entre los más altos del mundo [DEMOGRAPHIA, 2019], lo cual concluye en una sensación de escasa libertad personal, que potenciada con las medidas represivas del Estado termina en una crisis social como la actual.

Poniendo entonces bajo la lupa al capitalismo (en cualquiera de sus variantes), podemos analizar sus pilares teóricos y preguntarnos particularmente... **¿Es realmente factible un comercio sin regulaciones y que a su vez sea justo para todas las partes tal como se predica?** (donde considero como “justo” al hecho que la riqueza generada por dos agentes cualquiera, sean asintóticamente aproximados).

Y aún mas, dado que actualmente nuestras sociedades ya reflejan una concentración altísima de la riqueza (por lo tanto se parte indefectiblemente de una situación inicial de desigualdad y por consiguiente, de “injusticia”), **¿es realmente factible un comercio sin regulaciones del Estado y que a su vez sea justo para todas las partes, aún cuando algunos actores parten con una ventaja económica significativa? ¿Se promueve así la acumulación de riqueza de forma encubierta?**

Para responder dichas preguntas, me voy a basar en uno de los modelos mas simples de la economía liberal, la **ley de oferta y demanda**.

El mismo es un modelo económico muy básico postulado para la formación de precios para bienes en un mercado determinado. Requiere de la existencia de libre competencia e indica que los precios solo varían por el aumento o la baja en la oferta o demanda de los productos, afectándose a su vez de manera recíproca. No hay injerencia del Estado ni de ningún otro actor, por lo tanto se lo llama *competencia perfecta*. Asume que eventualmente el precio se establecerá en un *punto de equilibrio* en el cual se produce un vaciamiento del mercado, es decir, todo lo producido se vende y no queda demanda no satisfecha (Ver Figura 1). En concreto, el postulado de la oferta y la demanda implica tres leyes:

1. Cuando, al precio corriente, la demanda excede la oferta, aumenta el precio. Inversamente, cuando la oferta excede la demanda, disminuye el precio.
2. Un aumento en el precio, disminuye tarde o temprano la demanda y aumenta la oferta. Inversamente, una disminución en el precio, aumenta tarde o temprano la demanda y disminuye la oferta.
3. El precio tiende al nivel en el cual la demanda iguala la oferta.

Usualmente, se suele trabajar este modelo en conjunto con el modelo de **Tanteo Walrasiano**. En el mismo, básicamente se tiene un conjunto de comerciantes que actúan tanto como compradores y vendedores.

Los mismos se encuentran en un mercado donde sus productos se irán “subastando” y, siguiendo las leyes de oferta y demanda mencionadas anteriormente para cada transacción, los precios comenzarán a estabilizarse hasta fijarse el precio de mercado definitivo para el resto del día (precio de referencia para el inicio del día siguiente).

Estas serán las bases para el modelo conceptual del presente trabajo.

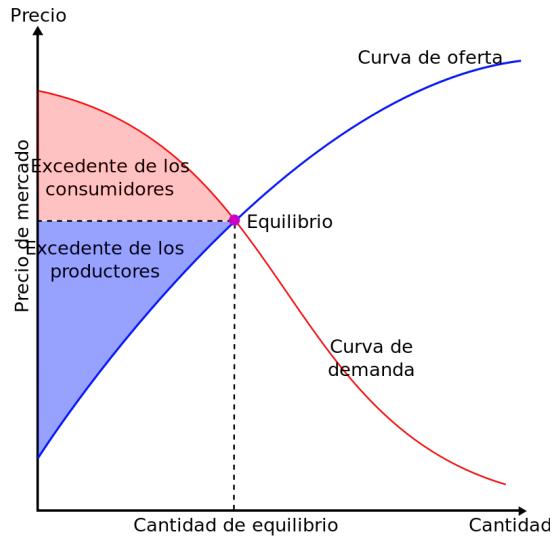
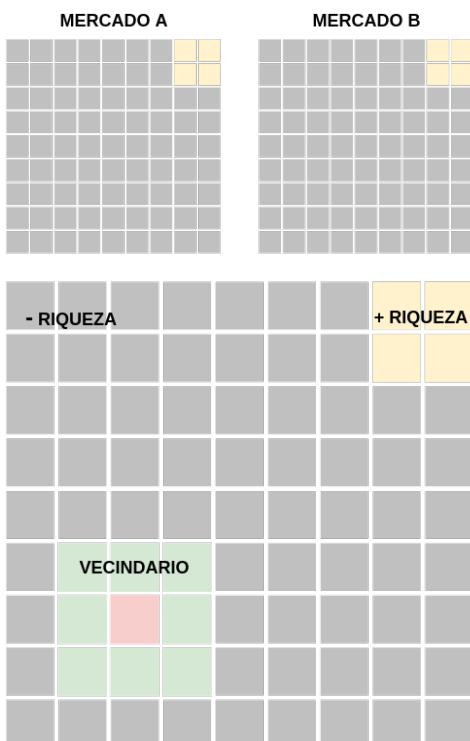
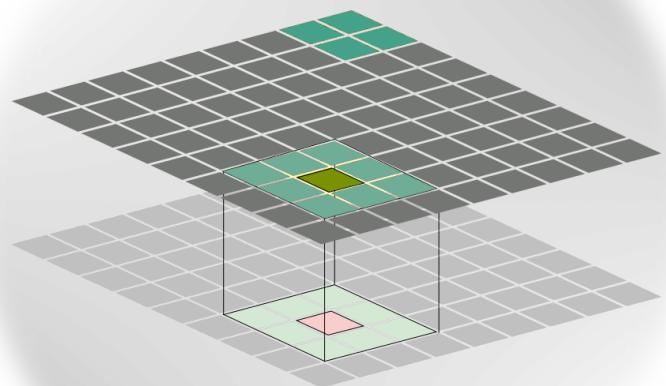


Figure 1: Curvas de oferta y demanda



(a) Zona gris: menos riqueza.
Zona amarilla: más riqueza.



(b) Vecindad de Moore en dimensión 0 y 1

Figure 2: Modelo conceptual y vecindario extendido

2 Modelo Conceptual

2.1 Consideraciones del modelo

Para condensar en el modelo conceptual todos los datos mencionados, serán necesarias las siguientes consideraciones:

- El mercado a estudiar solo posee **dos productos**, ofrecidos por diferentes participantes.
- Cada participante solo puede ofrecer un tipo de producto. El mismo participante deberá comprar el otro producto para satisfacer sus necesidades.
- El mercado conceptual del modelo Walrasiano se divide entonces en dos **mercados A y B** (Ver Figura 2 (a)).
- Por lo tanto, cada mercado resultante es una grilla de **vendedores**, que comercian un producto específico.
- Cada vendedor posee una cantidad de posibles **compradores**, ubicados en el otro mercado (los vecinos de la segunda grilla), donde éstos son a su vez vendedores del otro producto (siguiendo el Tanteo Walrasiano, para esto veremos mas adelante que será necesario una grilla *wrapped*) (Ver Figura 2 (b)).
- Se elige una vecindad de Moore. Se usará para visualizar los precios de venta de los vecinos **vendedores**.
- Cada vendedor posee un presupuesto inicial i que deseará incrementar y un stock finito x del producto para ofertar. El mismo se repondrá con cierta frecuencia y con una cantidad o determinada para simular la producción.
- Por su parte, los **compradores** ejercen demanda sobre el producto del vendedor mediante un interés de compra y , que representa la máxima cantidad de unidades por comprar. Se incrementa automáticamente con una cierta frecuencia.
- Cada comprador podrá elegir a que vecino vendedor comprarle (vecindad de Moore equivalente), y al elegir el de menor precio $m = \min(p_i)$ ($\forall i \in \text{vendedores}$), deberá descontar el gasto de su propio presupuesto total.
- Cada comprador también podrá elegir si satisfacer la demanda y por completo o solo satisfacer una parte d . Este atributo será sensible a los cambios de precios mínimos observados. Si el precio mínimo m aumenta, d disminuye. Si m disminuye, d aumenta (por la **segunda regla** de la Ley).
- Para aumentar i , cada vendedor deberá vender su producto a los compradores del otro mercado a un precio p .
- El precio p será función de la diferencia entre o y D , siendo:

$$\sum_{i \in \text{compradores}} d_i = D$$

la suma de todas las unidades vendidas d_i (siendo $d_i \leq y_i \forall i \in \text{compradores}$).

- Para aplicar la **primer regla** de la Ley de Oferta y Demanda, si $o - D > 0$, disminuye p . Por el contrario, si $o - D < 0$, aumenta p . Si $o - D = 0$, no cambia p .
- Para concluir la aplicación de la **segunda regla** de la Ley, luego de un tiempo posterior a un cambio de precio p , el valor o aumentará si p aumenta. Por otro lado, si p disminuye, también lo hará o .
- La **tercera regla** es parte de lo que queremos analizar como resultado.
- Una vez logrado el funcionamiento anterior, se complejizará el mercado global. Las grillas tendrán un sector diferencial, donde los vendedores sean mas influyentes y tengan mayor presupuesto inicial, stock y niveles de reposición de la oferta, además de precios mas bajos y competitivos (Ver Figura 2 (a)). Esto reflejará una situación mas alejada del modelo de Oferta y Demanda básico (ya que la competencia dejaría de ser perfecta) pero más cercana a la realidad, donde algunos agentes tienen mayor peso económico y eso les permite ser formadores de precios.

	<p>Agente</p> <p>Vendedor</p> <p>i : presupuesto inicial p : precio de venta x : stock del producto o : reposición de nueva oferta D : demanda total de los compradores q : id del agente</p> <p>Comprador</p> <p>y : interes total de compra m : último menor precio de compra d : ultima demanda satisfecha v : último vendedor</p>	

Figure 3: Resumen de variables de estado y atributos relevantes

2.2 Consideraciones de simulación

Como es sabido, el trabajo se implementará finalmente con CD++, para ser simulado a su vez como CellDEVS. Cabe mencionar que si bien en un principio la intención era conseguir un sistema asincrónico e informar los cambios de cada celda a sus vecinos en su respectivo momento, el desarrollo se complicó demasiado.

Fue difícil ser permisivo y dejar “libre” el tiempo virtual, cediendo la evolución del sistema a los cambios de estado de cada celda. Por lo general, la simulación terminaba antes de lo previsto porque todas las celdas quedaban pasivadas, cuando en realidad, el sistema podría continuar ya que el interés de compra aumenta siempre, permitiendo que eventualmente algunas celdas efectúen transacciones y cambien así su estado luego de algún tiempo dado.

Me resultó entonces más fácil controlar el tiempo y manejarlo como una grilla discreta, donde cada unidad de tiempo virtual representa un día. De esa forma, todas las celdas deben realizar alguna actividad todos los días. Se despiertan, hacen lo que les corresponde y configuran su time-advance, evitando así que el sistema se pasive. La única forma de finalizar la simulación es que se alcance el tiempo indicado al ejecutarla.

Además, en primera instancia quise utilizar las mejoras recientemente agregadas al simulador, éstas son *StateVariables* y *NeighborPorts*. Luego de muchos intentos frustrados, desistí de seguir ese camino y decanté por la opción de representar el estado de cada agente mediante tuplas.

Esto, sumado a las consideraciones del tiempo virtual, implica que todas las celdas serán despertadas en toda unidad de tiempo virtual. Ya no tiene sentido pensar que la acción de una celda será notificada a otra vecina y ésta despertará para hacer algo en consecuencia.

Las acciones a realizar en cada día son las siguientes:

1. **Lunes** Incrementar el interés de compra.
2. **Martes** Actualizar los precios de venta.
3. **Miércoles** Actualizar la reposición de la oferta.
4. **Jueves** Comprar y refrescar la demanda.
5. **Viernes** Efectuar las compras recibidas.
6. **Sábado y Domingo** Incrementar el interés de compra.

Notar que la división del tiempo en ciclos semanales es arbitraria, y solo a fines de permitir un mejor manejo de la simulación y una posterior comprensión de los datos. Al tener cinco acciones básicas, fue razonable asignar cada una a un día particular.

3 Implementación

3.1 Estados

Las celdas poseen estados definidos por la combinación de un conjunto de variables, 11 precisamente. Son el reflejo de las variables del modelo conceptual. A continuación se explica cada una de ellas, en el mismo orden que componen la tupla que lo representa:

- **Presupuesto:** Es el dinero que posee el agente.
- **Precio Venta:** Es el costo que cobra el agente por una unidad de su producto.
- **Oferta Total:** Es el stock que posee el agente de su propio producto.
- **Reposición Oferta:** Es la cantidad que se incorporará al stock. Lo considero como la velocidad de cambio de la Oferta.
- **Crecimiento Oferta:** Vale -1 cuando la Demanda supera a la Oferta. 1 cuando la Oferta supera a la Demanda.
- **Última Demanda:** Es la suma de cantidades de todas las últimas compras recibidas.
- **Interés De Compra:** Es la cantidad máxima de productos por comprar. Crece automáticamente, a menos que el precio a pagar haya aumentado.
- **Último Precio Compra:** Es el precio al que se compró la última vez.
- **Última Cantidad Comprada:** Es la cantidad de producto adquirida en el último ciclo semanal.
- **Quién Me Vendió:** Es el ID del último vendedor.
- **ID:** Es el ID del agente actual.

3.2 Macros

Para facilitar la implementación de las diferentes acciones a realizar por los agentes (que básicamente son los cambios de estado de cada celda) utilice varias macros, almacenadas en el archivo `macros.inc`. Algunas son para acceder a los atributos de la tupla desde el .ma y no tienen demasiado interés. Por ejemplo:

```
#BeginMacro (precioVenta)
((0,0,0)!1)
#EndMacro
```

Otras son para consulta semántica de determinados estados (si hay o no presupuesto disponible por ejemplo) o para identificar el paso del tiempo.

```
#BeginMacro (hayInteresDeCompra)
  ((0,0,0)!6 > 0)
#EndMacro
```

```
#BeginMacro (esLunes)
  (remainder (time ,7) = 0)
#EndMacro
```

Será útil definir una macro que indicará el mínimo precio de los vendedores vecinos:

```
#BeginMacro (minimoPrecioCompra)
min(
  min(
    min(
      min((-1,-1,1)!1, (-1,0,1)!1),
      min((-1,1,1)!1, (0,-1,1)!1)),
    min(
      min((0,0,1)!1, (0,1,1)!1),
      min((1,-1,1)!1, (1,0,1)!1))),
  (1,1,1)!1)
#EndMacro
```

Por último, aquellas encargadas de cambiar los estados. A lo largo de las definiciones, puede que hayan métodos auxiliares para facilitar la lectura, manteniendo las macros lo mas similares a la implementación real.

3.2.1 Incrementar interés de compra

Dado un agente en particular, se mantiene todo su estado intacto, salvo por el interés de compra (índice 6) para simular la necesidad de comprar con determinada frecuencia. Eventualmente, ese interés se convertirá en demanda. Se suma entonces una constante de valor 2 si el monto ya es positivo, para que dicha demanda se mantenga en el orden de la oferta (los agentes poseen una oferta alrededor de las 20 unidades). Si por el contrario, el valor decreció por debajo de 0, se establece en 1.

```
#BeginMacro (incrementarInteresDeCompra)
[(0,0,0)!0,
 (0,0,0)!1,
 (0,0,0)!2,
 (0,0,0)!3,
 (0,0,0)!4,
 (0,0,0)!5,
 if((0,0,0)!6 < 0, 1,((0,0,0)!6)+2),
 (0,0,0)!7,
 (0,0,0)!8,
 (0,0,0)!9,
 (0,0,0)!10]
#EndMacro
```

3.2.2 Actualización de precios

Dada una celda, su precio de venta (índice 1) aumentará si la última demanda total recibida (índice 5) supera a la reposición de la oferta (índice 3). Caso contrario, el precio de venta disminuye.

También se deja registro de este hecho en el índice 4 de la tupla, correspondiente al crecimiento de la oferta. El resto de la tupla mantiene su estado.

```
#BeginMacro(actualizacionDePrecios)
[(0,0,0)!0,
  if((0,0,0)!5 >= (0,0,0)!3,
    (0,0,0)!1 + (((0,0,0)!1) / 50),
    (0,0,0)!1 - (((0,0,0)!1) / 50)),
  (0,0,0)!2,
  (0,0,0)!3,
  (if((0,0,0)!5 >= (0,0,0)!3, -1, 1)),
  (0,0,0)!5,
  (0,0,0)!6,
  (0,0,0)!7,
  (0,0,0)!8,
  (0,0,0)!9,
  (0,0,0)!10]
#EndMacro
```

3.2.3 Actualización de la reposición de oferta

Aquí calculamos la actualización de la reposición de oferta, en base a la variación del precio. Si el atributo de crecimiento de oferta (índice 4) es negativo, podemos deducir que la demanda superó a la oferta y por eso subió nuestro precio. Por lo tanto, debemos aumentar la reposición de la oferta para compensar esa situación.

Por el contrario, si el crecimiento es un valor positivo, se dió la situación inversa y debemos reducir la reposición de la oferta porque se está produciendo mas de lo que se espera vender.

Actualizamos finalmente el stock total (índice 2) con la nueva reposición (índice 3). Limpiamos el valor del crecimiento de oferta y mantenemos el resto de los valores intactos.

```
#BeginMacro(actualizacionDeReposicionDeOferta)
[(0,0,0)!0,
  (0,0,0)!1,
  ((0,0,0)!2) + if(
    ((0,0,0)!4) < 0,
    ((0,0,0)!3) +10,
    if(
      ((0,0,0)!4) > 0,
      if( (0,0,0)!3 > 5, -5 + ((0,0,0)!3), 0),
      (0,0,0)!3)),
```

```

if (
    ((0,0,0)!4) < 0,
    ((0,0,0)!3) +10,
    if (
        ((0,0,0)!4) > 0,
        if ( (0,0,0)!3 > 5, -5 + ((0,0,0)!3), 0),
        (0,0,0)!3 )),
    0,
    (0,0,0)!5,
    (0,0,0)!6,
    (0,0,0)!7,
    (0,0,0)!8,
    (0,0,0)!9,
    (0,0,0)!10]
#EndMacro

```

3.2.4 Compras

Ahora realizaremos las compras necesarias, en base a los intereses de compra de cada agente, sus presupuestos disponibles y las ofertas a disposición con sus determinados precios de venta.

Para una mayor comprensión, haré uso de la macro *minimoPrecioCompra* vista anteriormente. Si bien en el archivo `macros.inc` esto no es así, porque no se pueden incluir macros dentro de macros.

Eventualmente, pueden ocurrir cuatro casos de interés. Por eso divido esta situación en cuatro macros distintas, aunque muy similares (notar que en todos los casos, la compra modifica el presupuesto actual).

a) El mínimo precio de compra es menor al precio de la compra anterior y el presupuesto alcanza para satisfacer todo el interés de compra actual:

```

#BeginMacro (compraBarataTotal)
[(0,0,0)!0 - ((0,0,0)!6) * #macro(minimoPrecioCompra)),
(0,0,0)!1,
(0,0,0)!2,
(0,0,0)!3,
(0,0,0)!4,
(0,0,0)!5,
(0,0,0)!6, // Se mantiene el interés
#macro(minimoPrecioCompra), // Último precio de compra
(0,0,0)!6, // Última cantidad comprada
if (
    (-1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,-1,1)!10,
    if (
        (-1,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,0,1)!10,
        if (
            (-1,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,1,1)!10,
            if (

```

```

        (0,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,-1,1)!10,
if(
    (0,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,0,1)!10,
if(
    (0,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,1,1)!10,
if(
    (1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (1,-1,1)!10,
if(
    (1,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (1,0,1)!10,
    (1,1,1)!10)))))) , // Busco el ID del precio minimo
(0,0,0)!10]
#EndMacro

```

b) El mínimo precio de compra es menor al precio de compra anterior pero el presupuesto no alcanza para satisfacer todo el interés de compra actual: Consideremos el siguiente macro auxiliar para facilitar la descripción (donde el índice 0 corresponde al presupuesto):

```

#BeginMacro(cantidad)
trunc((0,0,0)!0 / #macro(minimoPrecioCompra))
#EndMacro

```

```

#BeginMacro(compraBarataParcial)
[(0,0,0)!0 - #macro(cantidad) * #macro(minimoPrecioCompra),
(0,0,0)!1,
(0,0,0)!2,
(0,0,0)!3,
(0,0,0)!4,
(0,0,0)!5,
(0,0,0)!6,
#macro(minimoPrecioCompra),
#macro(cantidad),
if(
    (-1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,-1,1)!10,
if(
    (-1,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,0,1)!10,
if(
    (-1,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,1,1)!10,
if(
    (0,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,-1,1)!10,
if(
    (0,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,0,1)!10,
if(
    (0,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,1,1)!10,
if(
    (1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (1,-1,1)!10,

```

```

if (
    ( $1, 0, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (1, 0, 1)!10,$ 
    ( $1, 1, 1)!10))))))),
    ( $0, 0, 0)!10]$ 
#EndMacro$ 
```

c) El mínimo precio de compra es mayor al precio de la compra anterior y el presupuesto alcanza para satisfacer todo el interés de compra actual:

Dado que el precio de venta está aumentando, la demanda debe disminuir. Por lo tanto, se reduce el interés de compra como penalidad y además se compra menos que el total posible (aunque el presupuesto lo permita).

```

#BeginMacro (compraCaraTotal)
[ $(0, 0, 0)!0 - ((-5 + ((0, 0, 0)!6)) * \#macro(minimoPrecioCompra)),$ 
 ( $0, 0, 0)!1,$ 
 ( $0, 0, 0)!2,$ 
 ( $0, 0, 0)!3,$ 
 ( $0, 0, 0)!4,$ 
 ( $0, 0, 0)!5,$ 
  $-10 + ((0, 0, 0)!6),$ 
 #macro(minimoPrecioCompra),
  $-5 + ((0, 0, 0)!6),$ 
 if (
    ( $-1, -1, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (-1, -1, 1)!10,$ 
    if (
        ( $-1, 0, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (-1, 0, 1)!10,$ 
        if (
            ( $-1, 1, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (-1, 1, 1)!10,$ 
            if (
                ( $0, -1, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (0, -1, 1)!10,$ 
                if (
                    ( $0, 0, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (0, 0, 1)!10,$ 
                    if (
                        ( $0, 1, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (0, 1, 1)!10,$ 
                        if (
                            ( $1, -1, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (1, -1, 1)!10,$ 
                            if (
                                ( $1, 0, 1)!1 = \#macro(minimoPrecioCompra), (1, 0, 1)!10,$ 
                                ( $1, 1, 1)!10)))))),$ 
 ( $0, 0, 0)!10]$ 
#EndMacro

```

d) El mínimo precio de compra es mayor al precio de la compra anterior y además el presupuesto no alcanza para satisfacer todo el interés de compra actual:

Consideremos el siguiente macro auxiliar para facilitar la descripción (donde el índice 0 corresponde al presupuesto):

```
#BeginMacro( cantidad )
    trunc ((0,0,0)!0 / #macro(minimoPrecioCompra))
#EndMacro
```

```
#BeginMacro( compraCaraParcial )
[(0,0,0)!0 - (#macro(minimoPrecioCompra) *
    if(#macro(cantidad) != 0, -1 + #macro(cantidad), 0)),
 (0,0,0)!1,
 (0,0,0)!2,
 (0,0,0)!3,
 (0,0,0)!4,
 (0,0,0)!5,
 -10 + ((0,0,0)!6),
 #macro(minimoPrecioCompra),
 if(#macro(cantidad) != 0, -1 + #macro(cantidad), 0),
 if(
     (-1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,-1,1)!10,
     if(
         (-1,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,0,1)!10,
         if(
             (-1,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (-1,1,1)!10,
             if(
                 (0,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,-1,1)!10,
                 if(
                     (0,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,0,1)!10,
                     if(
                         (0,1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (0,1,1)!10,
                         if(
                             (1,-1,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (1,-1,1)!10,
                             if(
                                 (1,0,1)!1 = #macro(minimoPrecioCompra), (1,0,1)!10,
                                 (1,1,1)!10))))),
 (0,0,0)!10]
#EndMacro
```

3.2.5 Efectuar compras

Finalmente, dada una celda x con ID almacenado en su propia tupla bajo el índice 10, debemos observar si alguno de los vecinos compradores y tiene en su atributo *quien-MeVendio* (índice 9) dicha identificación. Eso significa que x fue el vendedor de la compra realizada por y .

Por lo tanto, se debe aumentar el presupuesto de x (índice 0) sumando por cada y , el producto del precio de compra (índice 7) y la cantidad comprada (índice 8).

A su vez, debe disminuir el stock total (índice 2) de igual medida. Finalmente, sumamos todas las cantidades vendidas y lo almacenamos en la demanda recibida (índice 5). El resto de los atributos quedan intactos.

```
#BeginMacro (monto( celda ))
    (celda)!7 * (celda)!8
#EndMacro
```

```
#BeginMacro (meCompro( celda ))
    (celda)!9 = (0 ,0 ,0)!10
#EndMacro
```

```
#BeginMacro ( demandaTotal )
    if (#meCompro(-1,-1,1), (-1,-1,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(-1,0,1), (-1,0,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(-1,1,1), (-1,1,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(0,-1,1), (0,-1,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(0,0,1), (0,0,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(0,1,1), (0,1,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(1,-1,1), (1,-1,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(1,0,1), (1,0,1)!8, 0)
        + if (#meCompro(1,1,1), (1,1,1)!8, 0)
#EndMacro
```

```
#BeginMacro ( efectuarCompras )
[(0 ,0 ,0)!0
+ ( if (#meCompro(-1,-1,1), #monto(-1,-1,1), 0))
+ ( if (#meCompro(-1,0,1), #monto(-1,0,1), 0))
+ ( if (#meCompro(-1,1,1), #monto(-1,1,1), 0))
+ ( if (#meCompro(0,-1,1), #monto(0,-1,1), 0))
+ ( if (#meCompro(0,0,1), #monto(0,0,1), 0))
+ ( if (#meCompro(0,1,1), #monto(0,1,1), 0))
+ ( if (#meCompro(1,-1,1), #monto(1,-1,1), 0))
+ ( if (#meCompro(1,0,1), #monto(1,0,1), 0))
+ ( if (#meCompro(1,1,1), #monto(1,1,1), 0)),
(0 ,0 ,0)!1 ,
(0 ,0 ,0)!2 - #macro ( demandaTotal ) ,
(0 ,0 ,0)!3 ,
(0 ,0 ,0)!4 ,
#macro ( demandaTotal ) ,
(0 ,0 ,0)!6 ,
(0 ,0 ,0)!7 ,
(0 ,0 ,0)!8 ,
(0 ,0 ,0)!9 ,
(0 ,0 ,0)!10]
#EndMacro
```

3.3 Modelo acoplado básico

3.3.1 Estructura

Para poner a prueba la implementación de las macros, utilice en primera instancia un modelo acoplado sencillo, de 3x3, para poder observar mejor el comportamiento de los agentes y analizar la evolución del sistema.

Opto por un tiempo default de delay igual a 1, por lo mencionado anteriormente. El tiempo será discreto y la unidad de tiempo virtual representará 1 día. Por otro lado, el borde se setea como “wrapped” para que los mercados puedan verse mutuamente.

El vecindario elegido es el de Moore, en ambas dimensiones utilizadas (para que un mercado pueda ver los vecinos del mercado contiguo). El delay elegido es de transporte.

Se inicializa la tupla default para el estado de las celdas, aunque necesito igualmente indicar un archivo en “InitialCellsValue” para poder cargar cada tupla correspondiente a los agentes del tablero. Esto es necesario para indicarle a cada celda cual será su ID (algo imposible de hacer con la sentencia “initialValue”).

Cabe mencionar que el ID de una celda se determina con sus componentes. Es decir, dada la celda (x,y), $ID = x \cdot 100 + y$. De esta sencilla fórmula se deduce que esta implementación no acepta grillas superiores a 100x100.

```
#include ("macros.inc")
[ top ]
components : mercados

[ mercados ]
type : cell
dim : (3,3,2)
delay : transport
defaultDelayTime : 1
border : wrapped
neighbors : (-1,-1,0) (-1,0,0) (-1,1,0)
neighbors : (0,-1,0) (0,0,0) (0,1,0)
neighbors : (1,-1,0) (1,0,0) (1,1,0)
neighbors : (-1,-1,1) (-1,0,1) (-1,1,1)
neighbors : (0,-1,1) (0,0,1) (0,1,1)
neighbors : (1,-1,1) (1,0,1) (1,1,1)

initialvalue : [1000000,2,10000,20,0,0,10,0,0,0,0]
InitialCellsValue : mercados.val

localtransition : reglas-comerciantes
```

Finalmente indicamos que las reglas a utilizar son las “reglas-comerciantes”, definidas a continuación:

3.3.2 Reglas

```
[ reglas-comerciantes ]

rule : { (0,0,0) } INF {#macro(noHayPresupuesto) }

rule : {#macro(incrementarInteresDeCompra) } 1
{#macro(esLunes) }

rule : {#macro(actualizacionDePrecios) } 1
{#macro(esMartes) }

rule : {#macro(actualizacionDeReposicionDeOferta) } 1
{#macro(esMiercoles) }

rule : { (0,0,0) } 1
{#macro(esJueves) and not #macro(hayInteresDeCompra) }

rule : {#macro(compraBarataTotal) } 1
{#macro(esJueves)
and #macro(hayInteresDeCompra)
and (#macro(minimoPrecioCompra) <= #macro(ultimoPrecioCompra))
and ((#macro(minimoPrecioCompra) *
#macro(interesDeCompra)) <= #macro(presupuesto)) }

rule : {#macro(compraBarataParcial) } 1
{#macro(esJueves)
and #macro(hayInteresDeCompra)
and (#macro(minimoPrecioCompra) <= #macro(ultimoPrecioCompra))
and ((#macro(minimoPrecioCompra) *
#macro(interesDeCompra)) > #macro(presupuesto)) }

rule : {#macro(compraCaraTotal) } 1
{#macro(esJueves)
and #macro(hayInteresDeCompra)
and (#macro(minimoPrecioCompra) > #macro(ultimoPrecioCompra))
and ((#macro(minimoPrecioCompra) *
#macro(interesDeCompra)) <= #macro(presupuesto)) }

rule : {#macro(compraCaraParcial) } 1
{#macro(esJueves)
and #macro(hayInteresDeCompra)
and (#macro(minimoPrecioCompra) > #macro(ultimoPrecioCompra))
and ((#macro(minimoPrecioCompra) *
#macro(interesDeCompra)) > #macro(presupuesto)) }

rule : {#macro(efectuarCompras) } 1 {#macro(esViernes) }

rule : {#macro(incrementarInteresDeCompra) } 2 {#macro(esFinDeSemana) }
```

4 Experimentos Preliminares

Cada experimento realizado tendrá su directorio particular, con todos los archivos necesarios para recrear la ejecución mediante el script `simulacion.sh`. Vale aclarar que como el estado de los agentes es representado por una tupla, los logs resultantes poseen tuplas de 11 atributos que no pueden ser representados en los visualizadores de CellDEVS que poseemos actualmente.

Para solventar este inconveniente, el mismo fichero `simulacion.sh` se encargara de llamar a otros scripts para que准备n los archivos necesarios para visualizar los resultados con las herramientas disponibles actualmente (replicando los logs por cada uno de los atributos de la tupla, individualizado).

Dicho esto, se ejecuta la simulación con los parámetros vistos anteriormente durante 365 unidades de tiempo virtual (que con la semántica que le dimos al sistema, sería la evolución durante todo un año). En principio, parece un tiempo razonable para ver como se comporta el sistema sin tener que esperar demasiado tiempo.

Todas las celdas arrancan con valores iguales en todos los atributos, salvo por los ID, claramente. Por ejemplo, la celda (1,1) del mercado A (representada como (1,1,0)) posee los siguientes valores:

$$(1,1,0) = [1000000, 2, 10000, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 101]$$

Por los resultados obtenidos en la figura 4 (podemos ver en la columna de la izquierda, la evolución del precio de venta y en la columna de la derecha, la evolución del presupuesto), se observa que los 9 agentes de la grilla inician la simulación con el mismo precio, igual a 2, y con el mismo presupuesto, igual a 1 millón. A lo largo de toda la corrida, ambos valores decrecen de manera totalmente equivalente para todas las celdas, terminando con las mismas cantidades.

Esto tiene sentido, ya que si los agentes parten de los mismos valores (no solo el precio de venta y el presupuesto), los compradores no tienen que pensar demasiado a quien le van a comprar (todas las celdas tienen el mismo precio, el mínimo), por lo tanto le compran a la primera que observan.

De esta manera, todas las celdas terminan vendiendo, y encima venden la misma cantidad (porque la demanda de todas es la misma) al mismo precio. Como luego, la evolución del precio solo depende de la oferta (que también es igual) y la demanda, cada celda actualizará su precio a un nuevo valor, que será igual al de todas las demás. Lo mismo ocurrirá con el presupuesto, si se resta el mismo monto gastado y se suma el mismo monto vendido, todos los presupuestos quedan iguales, repitiendo el ciclo nuevamente.

4.1 Resultados

2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	999994	999994	999994	999994	999994	999994
1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	999994	999994	999994	999994	999994	999994
1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	999994	999994	999994	999994	999994	999994
1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	999984	999984	999984	999984	999984	999984
1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	999984	999984	999984	999984	999984	999984
1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	999984	999984	999984	999984	999984	999984
1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	999973	999973	999973	999973	999973	999973
1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	999973	999973	999973	999973	999973	999973
1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	999973	999973	999973	999973	999973	999973
1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	999962	999962	999962	999962	999962	999962
1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	999962	999962	999962	999962	999962	999962
1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	999962	999962	999962	999962	999962	999962

Figure 4: Precio de venta y Presupuesto en 0, 1, 2, 6 y 12 meses

4.2 Análisis

Sabiendo que los valores se mantienen iguales durante toda la simulación, podemos centrarnos en un único agente y graficar las variaciones a lo largo del tiempo, teniendo la certeza que el mismo gráfico podría aplicar a cualquier agente del sistema. Observemos entonces la curva del precio de venta y del presupuesto.

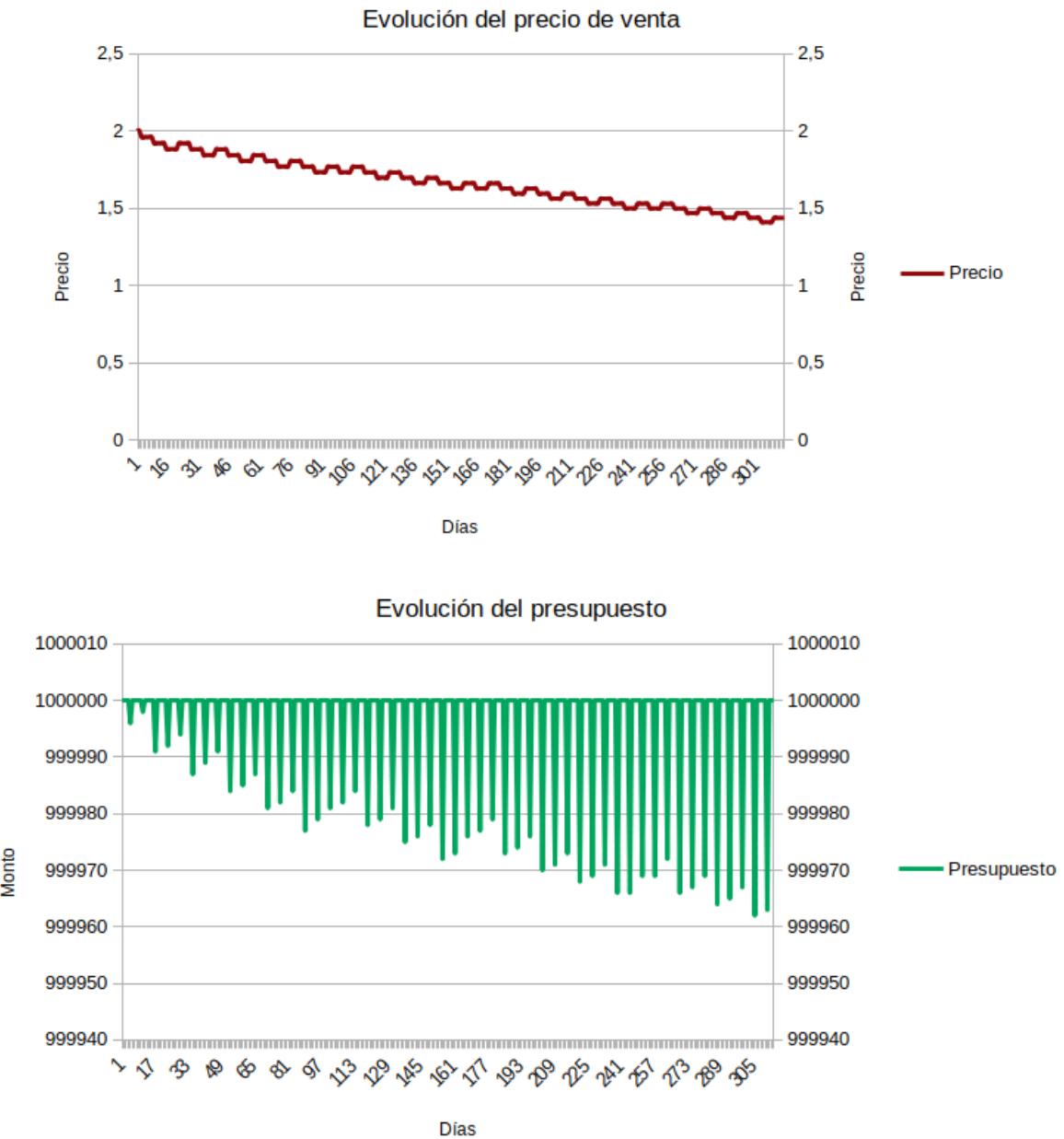


Figure 5: Precio de venta y Presupuesto para la celda (0,0,0)

Efectivamente el precio decae y que el presupuesto cada vez alcanza valores mas bajos por gastos de compra que van aumentando (si bien el precio no sube, el incremento del interés de compra hace que el monto a gastar sea cada vez mayor (ver figura 6)). Es interesante ver como el presupuesto igualmente siempre vuelve al valor inicial, no importa cuanto baje. Esto ocurre porque lo que se gasta, es igual a lo que se gana, ya que todos los precios son iguales, como habíamos concluido anteriormente.

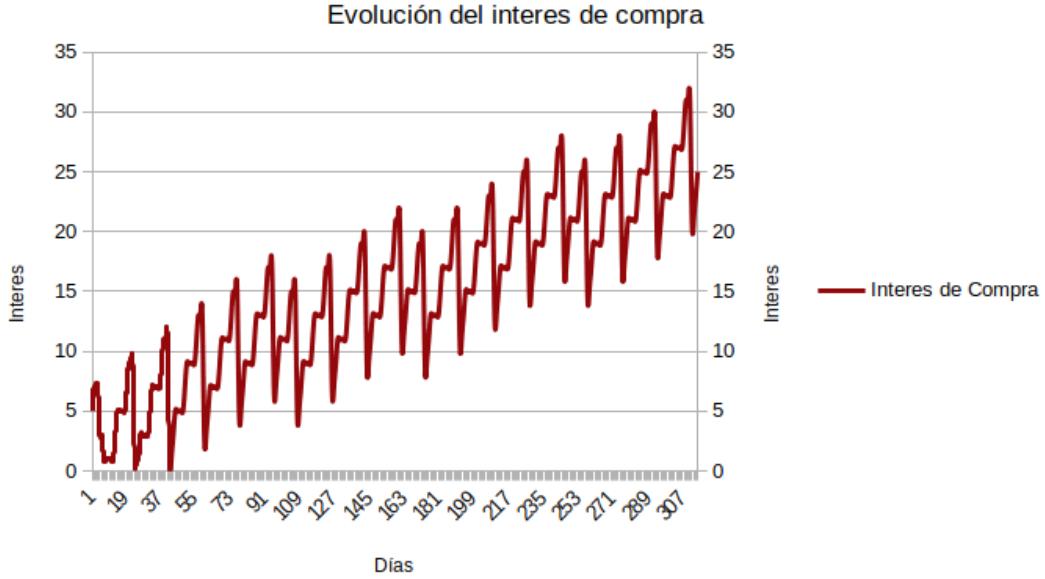


Figure 6: Evolución del interés de compra para la celda (0,0,0)

También es interesante ver como ambas curvas tienden a valores cada vez mas bajos, pero van zigzagueando. Esto es porque ambas curvas se ven moduladas por las curvas de oferta y demanda (ver figura 7), que deberían tener este comportamiento oscilatorio como predica la teoría (ver figura 1). También podemos ver que gracias a los valores provistos en las macros, el sistema incrementa la oferta mas velozmente de lo que decrece (10 unidades contra 5), por lo tanto tiende a contener rápidamente a la demanda. Por este motivo, el precio disminuye paulatinamente, buscando su punto de equilibrio.

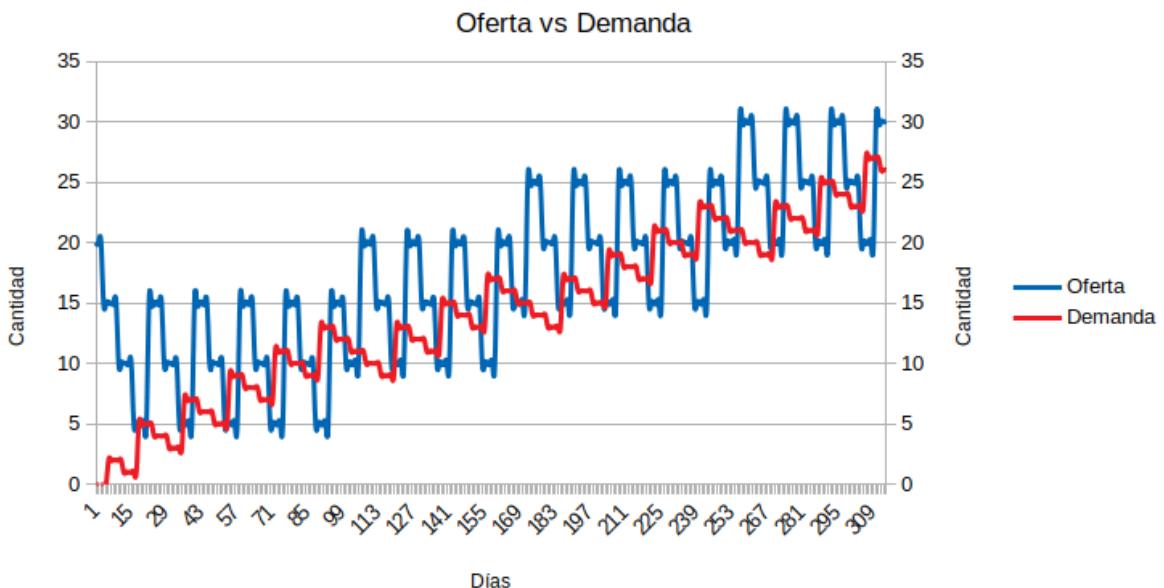


Figure 7: Evolución de la oferta y la demanda para la celda (0,0,0)

5 Ambición y Aleatoriedad

Con los resultados obtenidos por la simulación anterior se puede observar que el sistema es consistente con la teoría conceptual subyacente (la Ley de Oferta y Demanda) pero el comportamiento dista de ser realista. Es decir, si bien los precios del sistema solo son función de la oferta y la demanda, en la realidad, cada actor de la economía puede alejarse un poco de estos resultados.

Esto puede ocurrir por ambición personal o aumento de los costos de las materias primas y su consecuente traslado a los precios de venta, por dar ejemplos en el caso subas de precio (si la demanda supera a la oferta y el precio sube, unos pocos centavos de más pueden ser una diferencia de ganancia frente a una competencia mas conservadora).

Por otro lado, en el caso de rebajas de precio, puede ocurrir que el agente se rehúse a una pérdida mayor y no acepte el precio que impone el mercado, o por el contrario, que tenga la soltura para correr el riesgo de tener precios aún más bajos que los que dicta el mercado, con la estrategia de obtener mayores ventas en épocas de baja demanda.

En definitiva, la realidad es mucho mas rica en posibilidades. Por simplicidad, vamos a reducir todo este espectro probabilístico a considerar que cada agente, una vez que actualiza su precio de venta, puede aumentar aleatoriamente un poco mas su precio (entre 0 y 9 centavos, equiprobables) o reducir un poco la baja (también entre 0 y 9 centavos). Claramente, esta estrategia no tiene ningún sustento empírico y ni siquiera engloba muchos otros casos posibles de variaciones de precio. Dejaremos ese análisis (totalmente válido) para trabajos futuros y aceptar esta simplificación como suficiente para aportar realismo a la simulación.

A continuación, la macro `actualizacionDePrecios` con los cambios propuestos:

```
#BeginMacro(actualizacionDePrecios)
[(0,0,0)!0,
 if((0,0,0)!5 >= (0,0,0)!3,
 (0,0,0)!1 + (((0,0,0)!1) / 50) + (trunc(random*10) * 0.01),
 (0,0,0)!1 - (((0,0,0)!1) / 50) + (trunc(random*10) * 0.01)),
(0,0,0)!2,
(0,0,0)!3,
(if((0,0,0)!5 >= (0,0,0)!3, -1, 1)),
(0,0,0)!5,
(0,0,0)!6,
(0,0,0)!7,
(0,0,0)!8,
(0,0,0)!9,
(0,0,0)!10]
#EndMacro
```

Nuevamente, corremos la simulación con los mismos parámetros usados previamente (aunque durante 10 años, para poder apreciar otros fenómenos) y con la incorporación de las modificaciones a la macro. Finalmente, comparamos los resultados obtenidos frente a los de la corrida anterior. Lo primero que notamos es que efectivamente, los precios se actualizan de manera diferente aunque partan del mismo valor.

También observamos que ahora tienden a crecer, y no solo eso, sino que a un valor concreto, cerca del 6. Observamos en la figura 8 que entre los primeros cinco años de simulación se logra alcanzar dicha cota, y que durante los cinco restantes se mantiene alrededor del mismo valor. Esto es lo que predice el tercer punto de la Ley de Oferta y Demanda, que el precio tiende a un punto de equilibrio.

5.1 Resultados

2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.03	2.12	2.05	2.05	2.19	2.09
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.09	2.02	2.10	2.06	2.11	2.04
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.13	2.11	2.14	2.12	2.01	2.09
2.19	2.22	2.18	2.21	2.19	2.18	2.81	2.67	2.67	2.82	2.66	2.63
2.22	2.19	2.16	2.16	2.19	2.17	2.68	2.58	2.51	2.72	2.81	2.81
2.17	2.21	2.30	2.18	2.15	2.13	2.78	2.84	2.92	2.76	2.78	2.59
3.20	3.35	3.21	3.36	3.17	3.39	4.36	4.33	4.06	3.98	4.33	4.39
3.04	3.22	3.08	3.46	3.25	3.46	4.19	3.99	4.02	4.37	4.61	4.47
3.49	3.34	3.49	3.29	3.38	3.37	4.58	4.22	4.61	3.95	4.03	4.61
5.03	5.08	4.81	4.73	5.12	5.15	5.53	5.39	5.26	5.28	5.47	5.63
4.68	4.75	4.69	5.04	5.05	5.27	5.44	5.20	5.30	5.65	5.62	5.88
5.29	5.10	4.88	4.83	4.78	5.31	5.62	5.66	5.74	5.44	5.28	5.69
6.33	5.82	5.85	5.51	6.03	5.91	6.38	6.47	6.33	6.11	6.33	6.64
5.81	5.67	5.94	6.12	5.71	5.95	6.60	6.25	6.15	6.31	6.11	6.35
5.88	5.99	6.19	6.05	5.66	5.96	6.67	6.31	6.80	6.67	6.40	6.30

Figure 8: Precio de venta en 0, 1, 2, 6 y 12 meses y 2, 3, 4, 5 y 10 años

Por otro lado, el presupuesto ahora también evoluciona distinto según el agente que observemos, aunque partan del mismo valor. También se puede observar que a partir de los 5 años de simulación, algunos agentes comienzan a afianzar su crecimiento presupuestario (cuya tendencia ya se podía vislumbrar desde el segundo año), frente a otros cuyo presupuesto decrece cada vez mas.

1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000020	1000000	999929	1000090	999990	999990
1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	999965	1000000	999965	1000070	999990	1000110
1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	999965	999965	999965	999990	1000000	999990
1000020	999999	999928	1000100	999992	999992	1000010	999995	999924	1000060	999956	1000060	
999964	1000020	999964	1000070	999992	1000110	999960	1000330	999934	1000050	999956	1000120	
999964	999964	999964	999992	1000060	999992	999960	999960	999960	1000060	999918	999780	
999940	999897	999826	999946	1000060	1000300	999393	999351	999279	1001140	1000230	999970	
999999	1000530	1000400	999885	999869	1000010	1000170	1001730	1000340	999557	999600	999678	
999862	999862	999862	1000060	999804	999895	999316	999316	999316	1002090	999960	999568	
998752	998710	998638	1002250	998804	998548	997302	997347	997939	1006390	997758	997502	
1002000	1006800	1004320	998135	998177	998256	1001770	1009350	1006130	997089	997131	997210	
998675	998675	998675	1000910	1001540	998146	997224	997224	997224	1001880	1006150	997099	
996219	997551	996995	1010970	996791	996343	983066	984552	984298	1049670	1000440	1007140	
1001260	1011280	1010560	995930	995972	996051	1002190	1021720	1026090	987212	1017760	986832	
996141	996141	996141	1000820	1008910	995941	985336	995933	983689	991598	1005760	986722	

Figure 9: Presupuesto en 0, 1, 2, 6 y 12 meses y 2, 3, 4, 5 y 10 años

5.2 Análisis

Si nos concentramos solamente en la evolución del agente que mas incrementó su presupuesto (el (0,0,1), que además es el que posee el precio de venta más bajo), obtenemos las siguientes gráficas. Efectivamente observamos como el precio de venta converge a poco mas de 6 y como el presupuesto va creciendo durante toda la ejecución de la simulación.

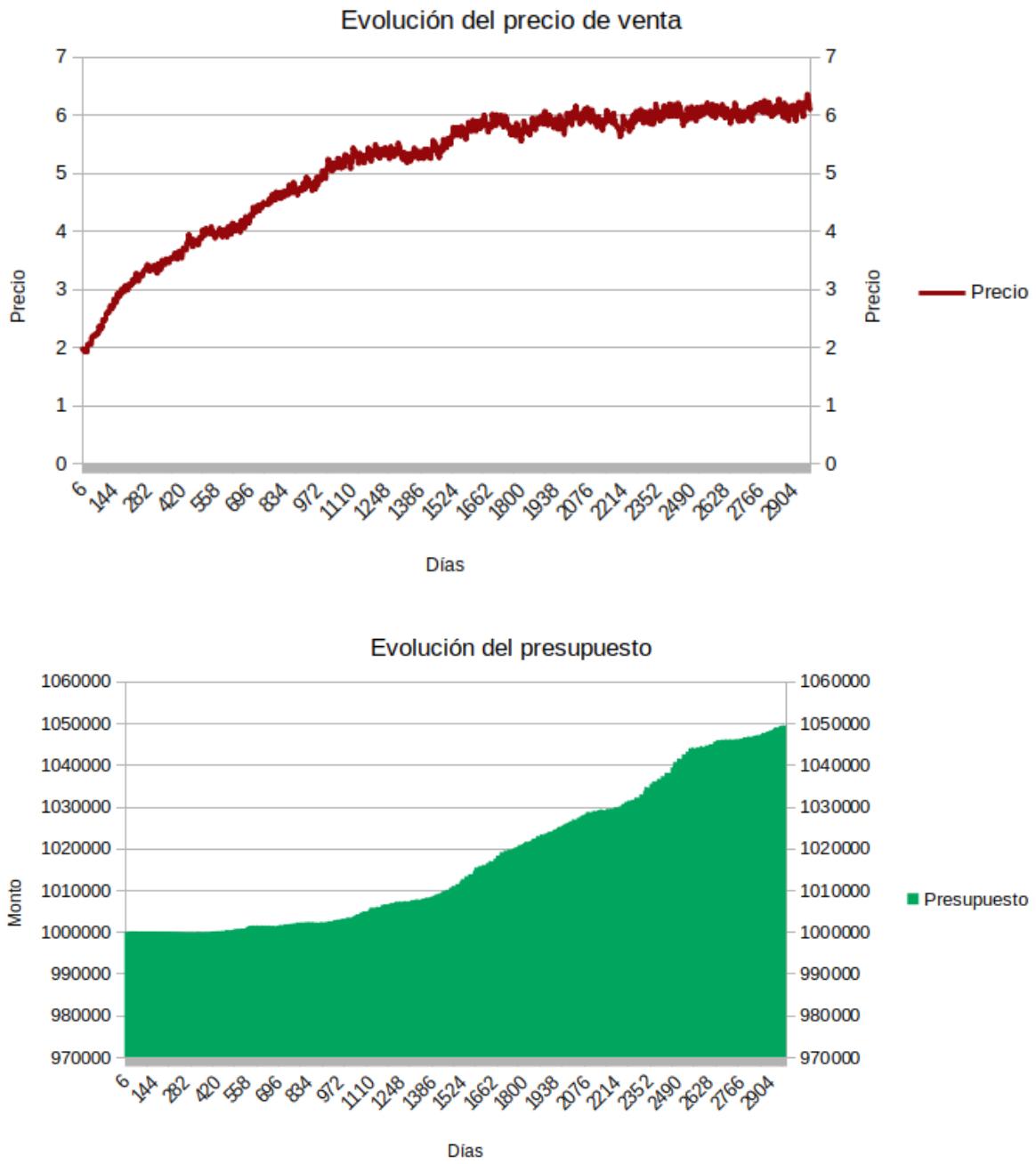


Figure 10: Precio de venta y Presupuesto para la celda (0,0,1)

Por otro lado, podemos ver como evolucionan las curvas de oferta, demanda y del interés de compra a lo largo de los 10 años en la figura 11. Como habíamos visto anteriormente, el interés de compra es oscilatorio, aunque ahora no crece indefinidamente sino que el sistema acota los valores principalmente dentro de una franja entre 1 y 11.

La oferta y la demanda también muestran el mismo comportamiento oscilatorio, con algunos picos importantes de demanda.

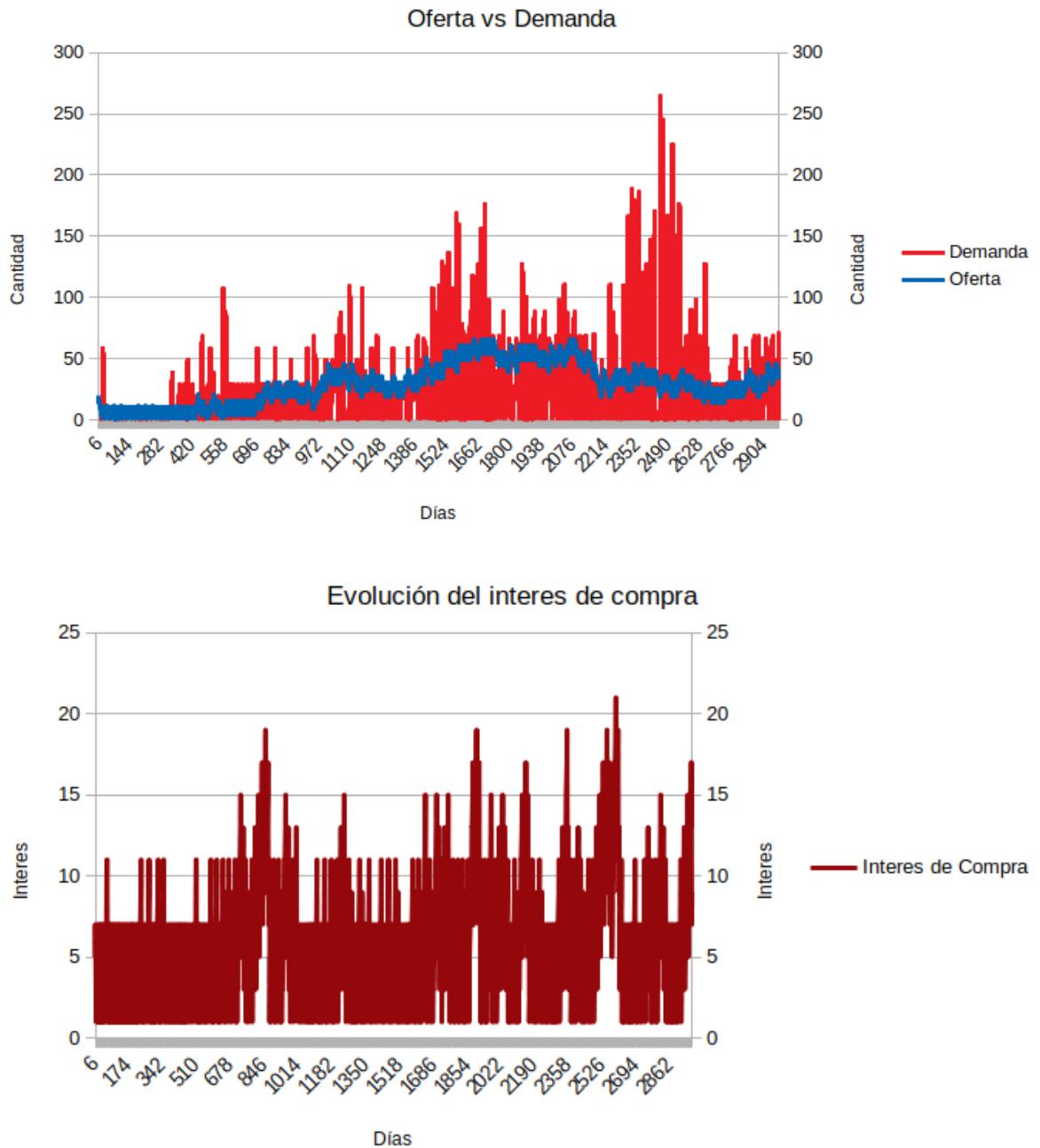


Figure 11: Oferta vs Demanda e Interés de Compra para (0,0,1)

6 Mercados Perfectos

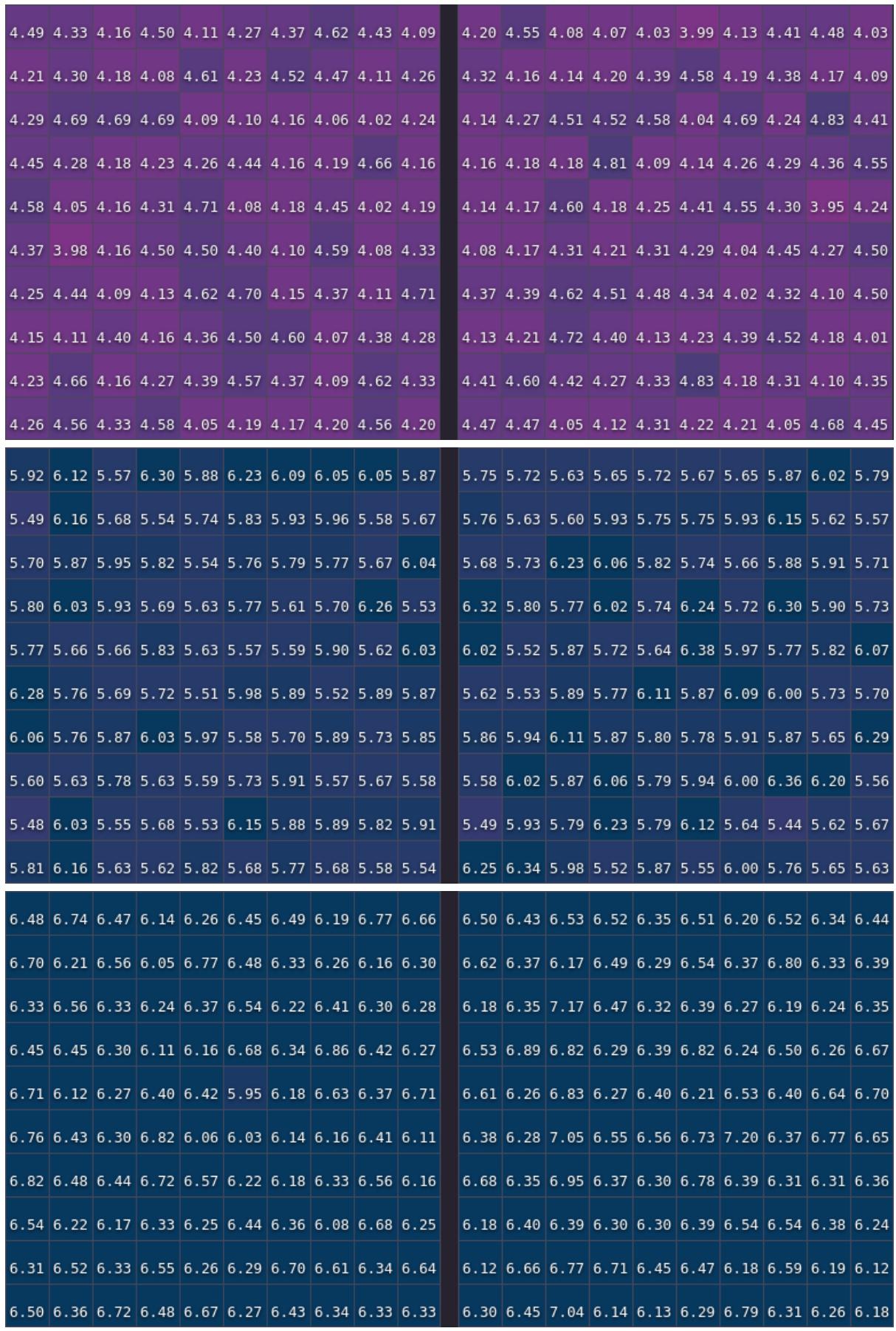
Dado que los últimos resultados son mas realistas y consistentes con la teoría, estamos en condiciones de agrandar la grilla de ambos mercados, hacer un análisis mas profundo de la evolución del presupuesto y ver si la cantidad de agentes influye en las observaciones.

Para esto, mantendremos los mismos valores para los estados de las celdas y usaremos las mismas reglas y macros. Como todos los agentes serán iguales, la competencia será muy baja. Es lo que se conoce como “competencia perfecta”. Muchos actores, todos de influencia equivalente, ninguno capaz de modificar directamente el precio, el mismo solo se ve alterado por la oferta y demanda.

Entonces, solo cambiaremos las dimensiones declaradas en el modelo acoplado. Pasarán de (3,3,2) a (10,10,2). El tiempo de simulación será de 10 años.

6.1 Resultados

2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
3.49	3.12	3.30	3.46	3.15	3.07	3.34	3.50	3.27	3.13		3.09	3.45	3.21	3.48	3.38	2.98	3.06	3.39	3.39	2.83
2.99	3.30	3.62	3.19	3.46	3.20	3.39	3.31	3.02	3.05		3.38	3.31	3.37	3.32	3.10	3.28	3.26	3.13	3.09	3.33
3.22	3.60	3.47	3.31	3.11	3.20	3.09	3.07	2.99	3.37		3.04	3.09	3.49	3.45	3.38	3.07	3.54	3.22	3.66	3.22
3.21	3.36	3.48	3.39	3.15	3.28	3.16	3.22	3.42	3.25		3.01	3.27	3.17	3.58	3.22	3.52	3.19	3.22	3.09	3.45
3.33	3.10	3.30	3.24	3.47	3.15	3.29	3.42	3.00	3.24		3.09	3.08	3.83	3.19	3.46	3.17	3.32	3.23	3.05	3.04
3.19	3.15	3.41	3.49	3.38	3.40	3.11	3.44	3.13	3.32		3.04	3.36	3.31	3.42	3.25	3.08	3.11	3.11	3.23	3.45
3.30	3.27	3.27	3.15	3.32	3.46	3.25	3.17	3.15	3.49		3.04	3.56	3.39	3.45	3.36	3.19	3.21	3.58	3.15	3.09
3.18	3.33	3.63	3.13	3.38	3.44	3.56	3.28	3.46	3.22		2.95	3.02	3.36	3.19	3.30	3.40	3.38	3.33	3.27	3.23
3.15	3.31	3.27	3.34	3.47	3.62	3.24	3.17	3.38	3.26		3.21	3.32	3.43	3.29	3.27	3.40	3.21	3.12	3.19	3.36
3.20	3.39	3.14	3.30	3.23	3.27	3.21	3.46	3.29	3.08		3.31	3.35	3.05	3.19	3.24	3.26	3.10	3.04	3.42	3.23



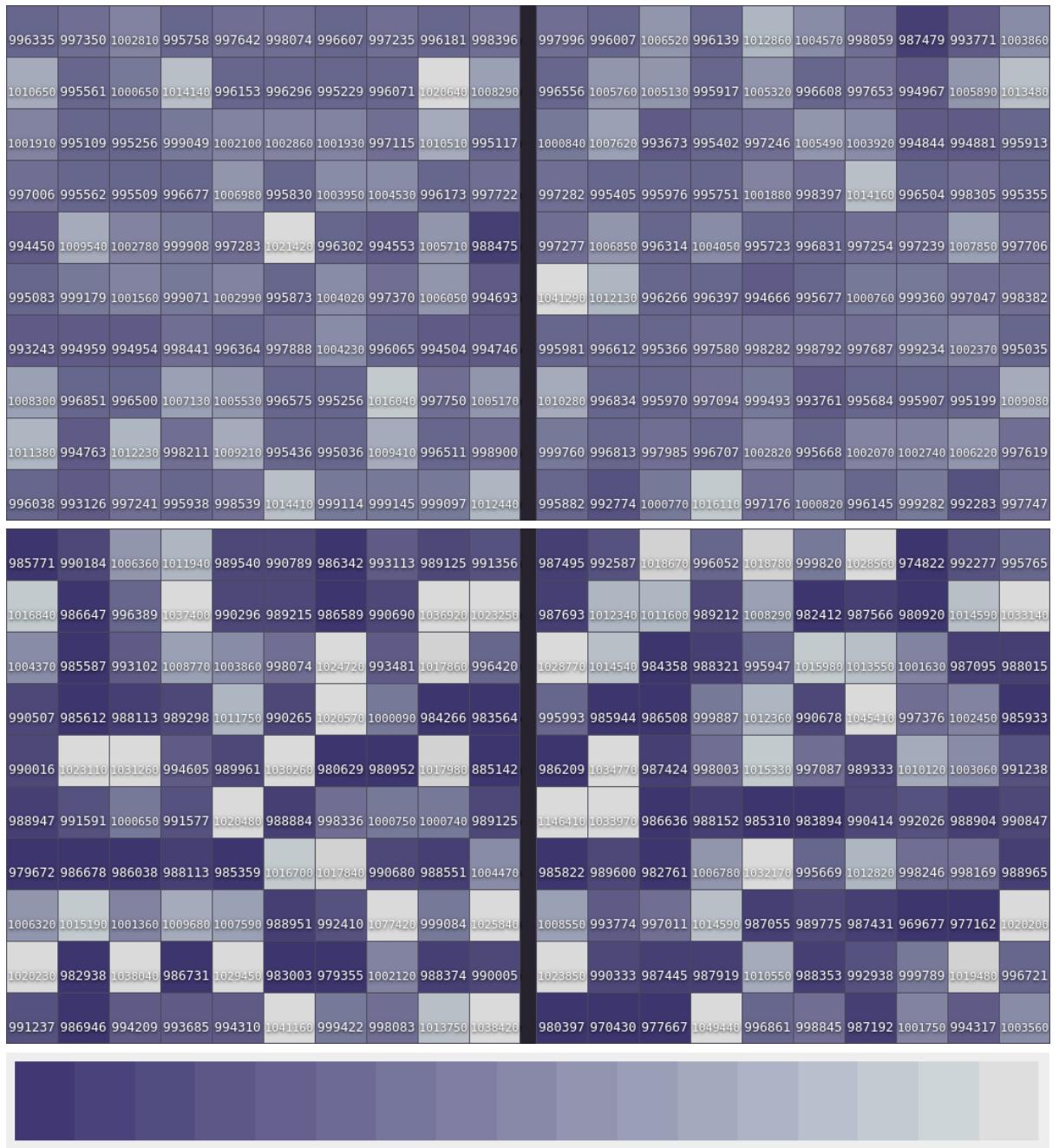


Figure 13: Presupuesto en 0, 1, 2, 5 y 10 años - Intervalo divergente: [987.000 : 1.020.000]

6.2 Análisis

Los resultados obtenidos reflejan que el sistema se comporta de manera similar aunque la cantidad de agentes aumente considerablemente. Grafiquemos entonces las curvas de presupuesto global para poder comprender como fluye el dinero entre los distintos agentes.

Ordeno las celdas de forma ascendente, según el presupuesto vigente al finalizar la simulación. Visualizamos además, la curva de presupuesto global a la mitad de la simulación y al principio, para poder comparar. Se puede apreciar en la figura 14 que en los primeros cinco años, la variación es mínima, pero en la segunda mitad de la simulación, la diferencia de presupuesto empieza a volverse notoria, por lo tanto, comienza a generarse acumulación.

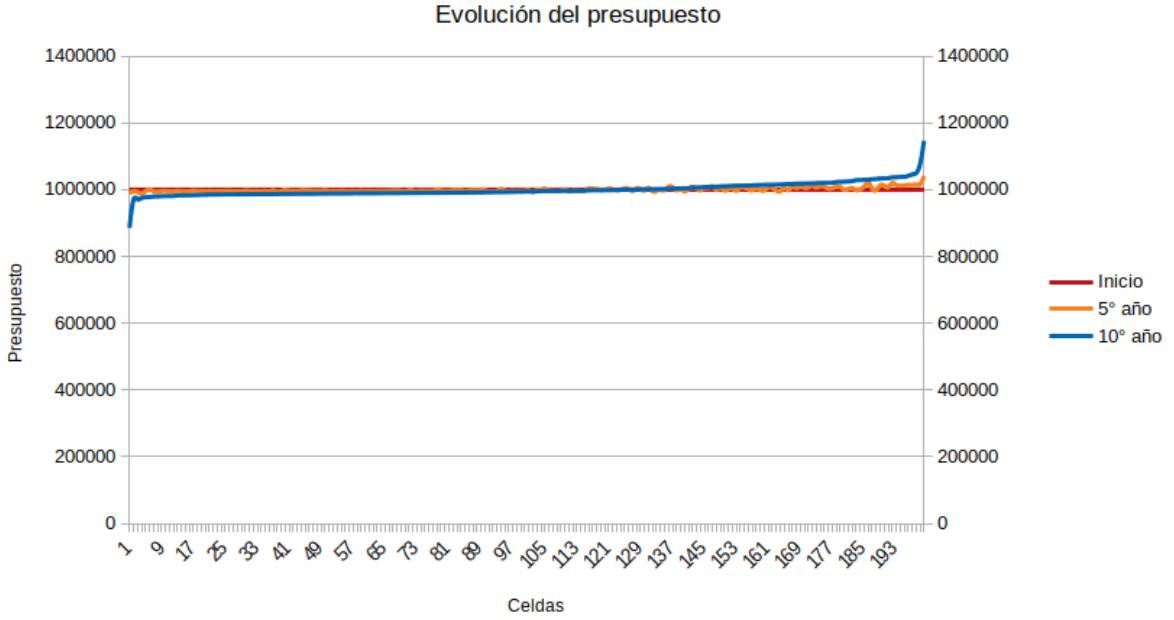


Figure 14: Evolución del presupuesto en 0, 5 y 10 años

Se puede percibir igualmente, que la acumulación máxima es de cerca de 150000, mientras que la mayor pérdida sufrida por algún agente es de 110000. Es impactante ver como más de la mitad de los agentes perdieron al menos un poco de su presupuesto inicial. Y cómo toda esa pérdida fue a parar a los presupuestos del tercio mas a la derecha del gráfico, los que salieron ganando.

Más allá de esto, la situación es bastante pareja. La gran mayoría de los que están por encima de su presupuesto inicial, lo hacen por una diferencia pequeña. Corramos entonces el foco hacia la diferencia entre presupuestos a lo largo del tiempo.

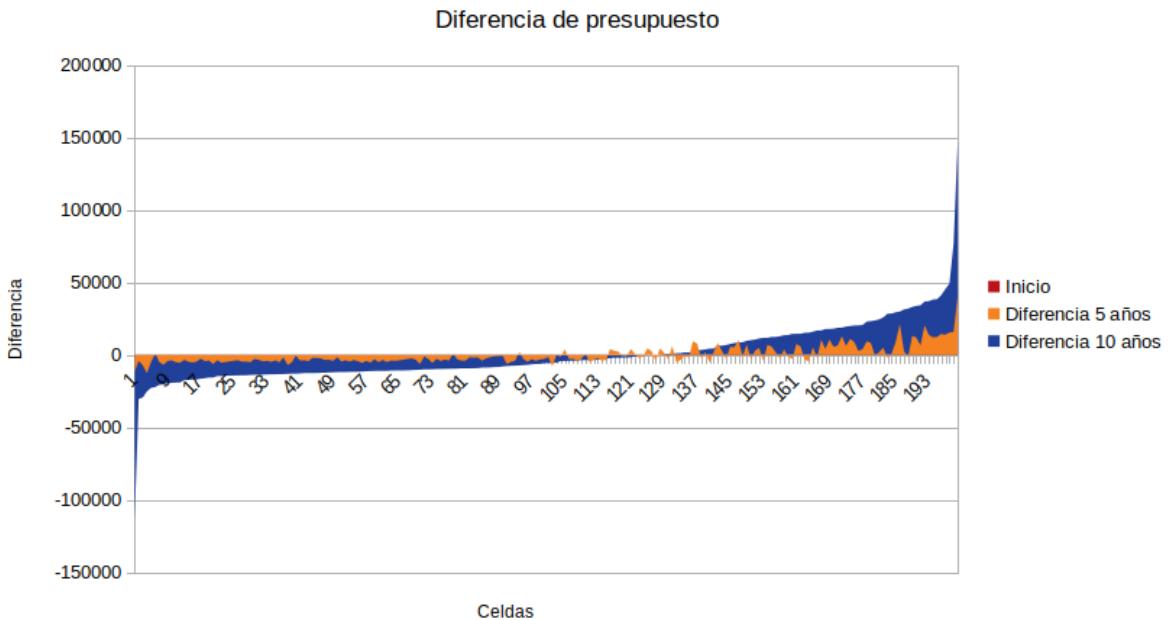


Figure 15: Evolución de la diferencia de presupuesto en 0, 5 y 10 años

Efectivamente vemos que en los *outliers*, el que tiene una diferencia positiva alcanza valores mayores que aquel que tiene diferencia negativa. También vemos que la pendiente de decrecimiento a la izquierda de la gráfica es mucho mas empinada que la de la derecha. Además, la cola que quedó por debajo de la línea de presupuesto inicial (diferencia cero) es mucho mas plana y larga que la que quedó por encima.

Todo esto transmite la idea que “muchos pierden poco, para que pocos ganen mucho”. Salvo, claro, por el primer agente contando desde la izquierda; ese perdió bastante.

Finalmente, observemos un histograma del presupuesto, para ver la situación desde otro punto de vista.

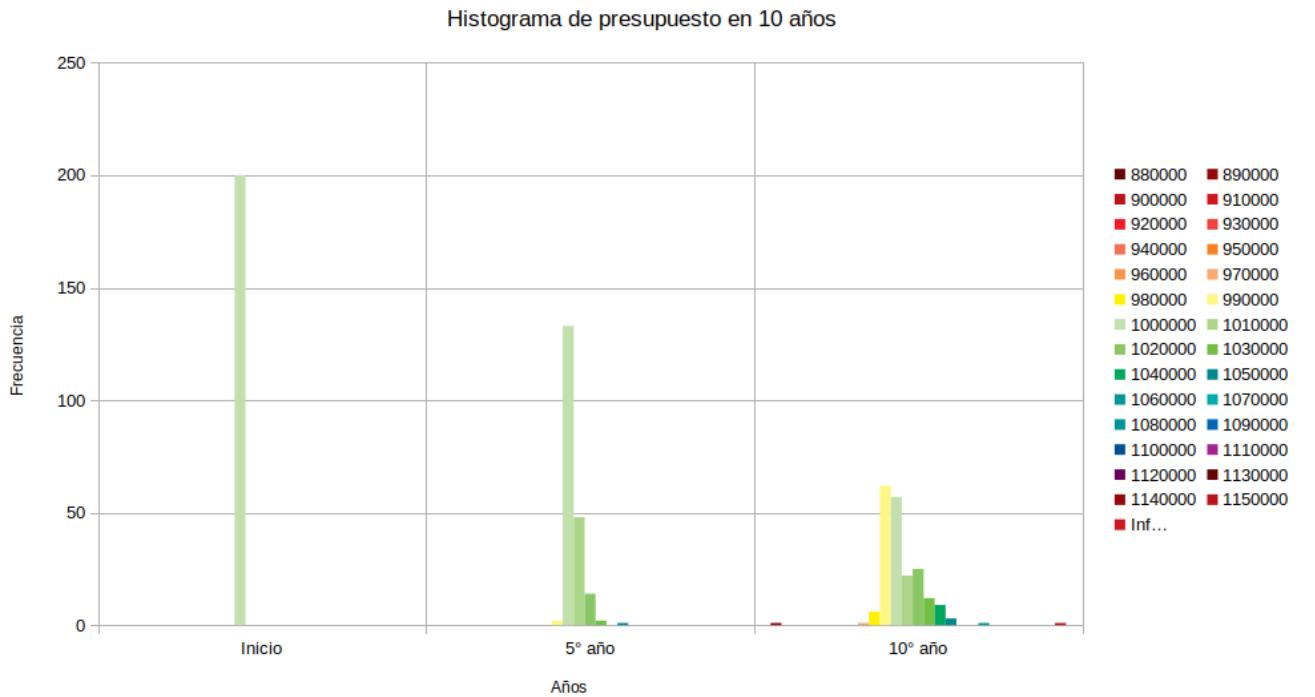


Figure 16: Histograma del presupuesto en 0, 5 y 10 años

Desde esta perspectiva se puede apreciar mejor todo ese conjunto de agentes que (al final de la simulación) perdieron poco y que todavía tienen posibilidades de revertir su situación y tener alguna ganancia. Son los que pertenecen a la barra más alta, seguidos de cerca a su vez, por los que tuvieron un margen de ganancia mínimo y nada les asegura permanecer ahí eternamente.

También llama la atención como emergen otras barras más a la derecha, en toda la gama de verdes. Son aquellos que tienen un margen de ganancia un poco más holgado, y más posibilidades de establecerse en la incipiente “clase media”. Lo interesante es que si bien son un conjunto considerable, el histograma no es simétrico. No encontramos un conjunto similar del lado izquierdo. Ni en el quinto año, ni en el décimo. Esto reafirma la conclusión que la ganancia generada por estos agentes, proviene de pequeñas cantidades perdidas por otras celdas.

Para visualizar mejor la distribución absoluta de la riqueza del sistema, sumo todos los presupuestos (da un total de 199.999.978) y dado el 10% (osea, 19.999.997,8), agrupo los agentes (ordenados por cantidad de presupuesto) y los clasifico en cada percentil. El resultado demuestra que la distribución sigue siendo muy equitativa.

Distribución de la riqueza absoluta

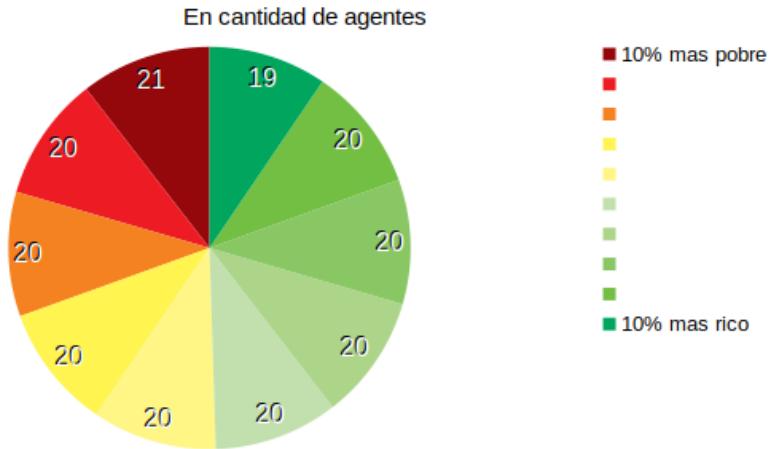


Figure 17: Distribución de la riqueza (cada bloque representa un 10%)

Finalmente tomo dos celdas al azar, una perteneciente a la primer barra por encima del presupuesto inicial (al finalizar la simulación) y otra a la primer barra por debajo. Al observar sus presupuestos, entendemos como los agentes que están en el centro del histograma tienen altas probabilidades de ir saltando de categoría a lo largo del tiempo.

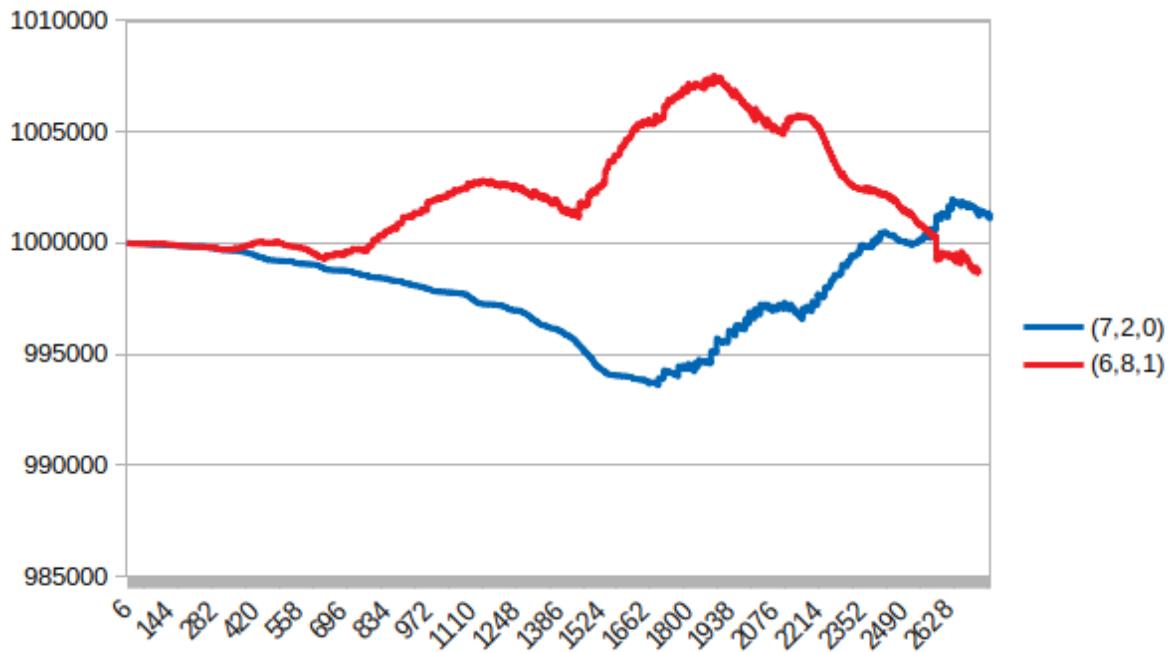


Figure 18: Evolución del presupuesto para las celdas (7,2,0) y (6,8,1)

Si bien todos los resultados observados son consistentes con los experimentos preliminares y con la teoría, además de proveer datos mas que interesantes, en la realidad los agentes no arrancan de la misma situación. Algunos podrán arrancar con una mayor o menor cantidad de presupuesto, con un precio de venta muy variado y stocks muy dispares. Y esto podría influenciar en los resultados observados luego.

Por eso, vamos a simular el sistema pero con otros valores iniciales, que se asemejen a la variedad que podemos encontrar en una situación real.

7 Mercados Realistas

Para este experimento, no cambiaremos ni la implementación de las macros, ni el tamaño de la grilla en el modelo acoplado, como ya hemos hecho previamente. Lo que haremos es cambiar el archivo de valores iniciales para que los agentes no comiencen la simulación en el mismo estado. Entonces pasaremos de tener todas las celdas básicamente iguales (excepto por el ID):

$$\begin{aligned} & \vdots \\ (0, 9, 0) &= [1000000, 2, 10000, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 9] \\ (0, 9, 1) &= [1000000, 2, 10000, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 9] \\ (1, 0, 0) &= [1000000, 2, 10000, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 100] \\ (1, 0, 1) &= [1000000, 2, 10000, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 100] \\ & \vdots \end{aligned}$$

A celdas con estados diversos, cuyos valores estarán todos distribuidos alrededor de los valores que veníamos usando hasta ahora.

$$\begin{aligned} & \vdots \\ (0, 9, 0) &= [1001000, 2.05, 10050, 21, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 9] \\ (0, 9, 1) &= [992000, 1.6, 9600, 12, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 9] \\ (1, 0, 0) &= [995000, 1.75, 9750, 15, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 100] \\ (1, 0, 1) &= [1003000, 2.16, 10150, 23, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 100] \\ & \vdots \end{aligned}$$

7.1 Resultados

2.40	1.60	1.90	2.20	2.10	1.65	2.35	2.35	1.65	2.05	2.31	1.55	1.75	2.05	1.90	1.80	2.45	2.40	2.00	1.60
1.75	2.05	2.40	2.40	2.31	2.40	1.55	2.00	1.90	1.70	2.16	2.00	2.40	2.35	1.90	2.00	1.75	2.05	1.55	2.40
2.45	2.31	2.05	2.45	2.00	1.65	2.45	2.35	1.55	2.05	2.25	1.95	2.45	1.60	1.90	2.35	2.16	1.75	2.05	1.65
1.75	2.05	2.20	2.00	2.20	1.95	2.05	2.00	1.95	2.25	2.16	1.70	2.10	2.40	1.75	2.35	2.05	2.20	2.10	2.16
2.25	1.55	2.31	2.25	1.60	1.55	2.35	2.00	2.40	2.10	2.10	2.31	1.55	1.75	2.40	2.10	1.70	2.20	2.20	2.05
2.16	1.85	1.75	2.16	2.16	1.70	2.40	2.45	2.10	2.20	1.95	2.31	2.40	1.65	2.10	1.85	2.25	1.55	2.35	1.65
2.25	1.55	2.05	1.70	1.80	2.25	2.00	2.45	2.25	2.10	2.10	2.00	2.25	2.25	2.05	2.10	2.16	2.10	2.45	2.00
2.10	1.60	2.20	2.00	1.95	2.35	1.75	1.90	1.90	2.35	1.55	2.16	2.05	1.70	2.00	1.60	1.75	2.35	2.20	2.45
2.00	2.45	1.80	1.80	2.31	2.40	1.60	1.75	2.16	2.00	1.70	2.00	2.00	2.16	1.90	2.10	2.45	2.35	2.35	2.40
1.75	1.65	1.65	1.90	1.75	1.55	2.10	2.45	2.16	2.45	2.45	2.31	2.20	2.10	1.55	1.55	2.25	2.16	1.55	2.05

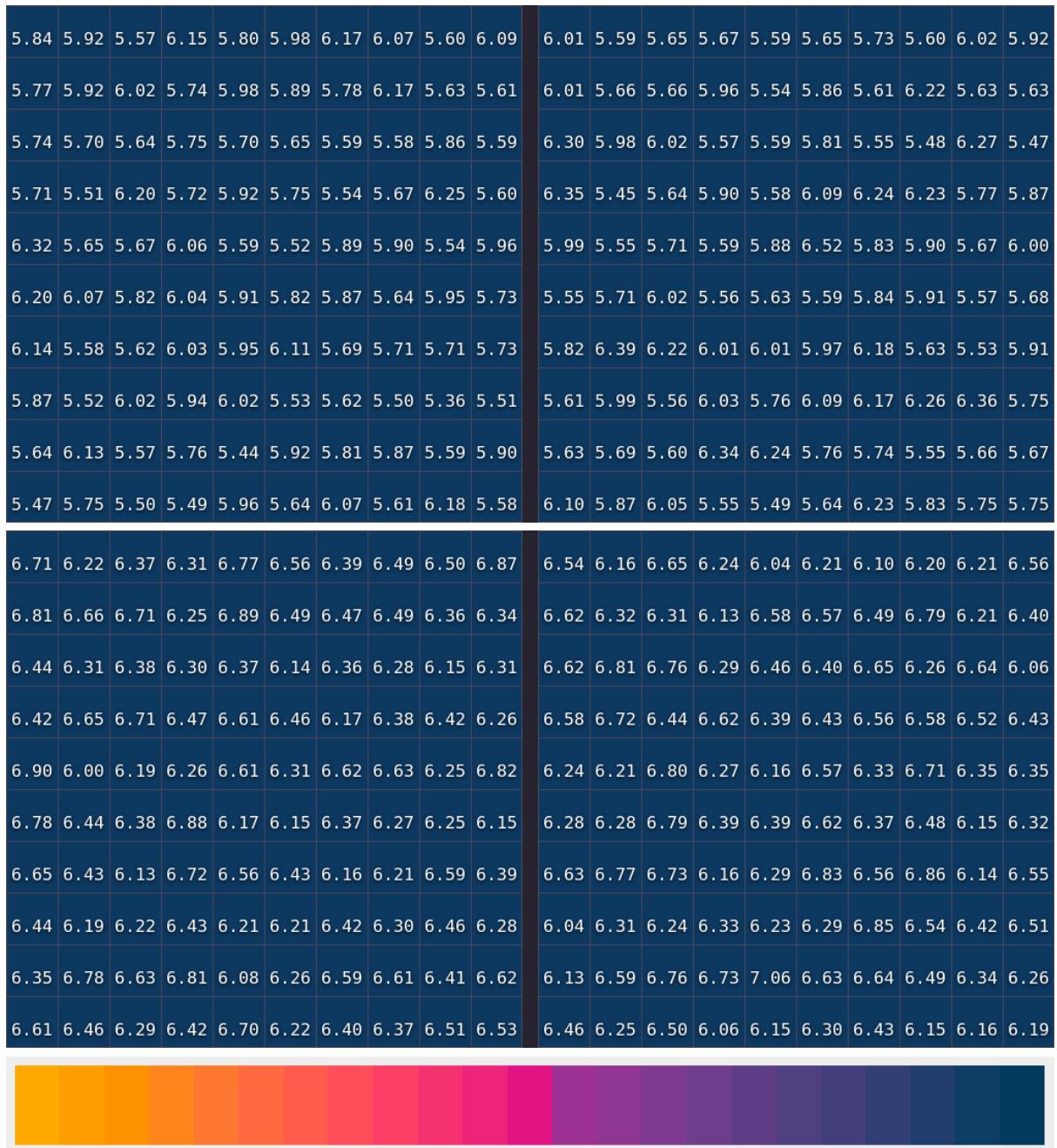


Figure 19: Precio de venta en 0, 5 y 10 años - Intervalo divergente: [0.00 : 6.00]

1008000	992000	998000	1004000	1002000	993000	1007000	1007000	993000	1001000	1006000	991000	995000	1001000	998000	996000	1009000	1008000	1000000	992000
995000	1001000	1008000	1008000	1006000	1008000	991000	1000000	998000	994000	1003000	1000000	1008000	1007000	998000	1000000	995000	1001000	991000	1008000
1009000	1006000	1001000	1009000	1000000	993000	1009000	1007000	991000	1001000	1005000	990000	1009000	1007000	995000	1003000	995000	1001000	993000	
995000	1001000	1004000	1000000	1004000	999000	1001000	1000000	999000	1005000	1003000	994000	1002000	1008000	995000	1007000	1001000	1004000	1002000	1003000
1005000	991000	1006000	1005000	992000	991000	1007000	1000000	1008000	1002000	1002000	1006000	991000	995000	1008000	1002000	994000	1004000	1004000	1001000
1003000	997000	995000	1003000	1003000	994000	1008000	1009000	1002000	1004000	999000	1006000	1008000	993000	1002000	997000	1005000	991000	1007000	993000
1005000	991000	1001000	994000	996000	1005000	1006000	1009000	1005000	1002000	1002000	1006000	1005000	1005000	1002000	1002000	1003000	1002000	1009000	1000000
1002000	992000	1004000	1000000	999000	1007000	995000	998000	998000	1007000	991000	1003000	1001000	994000	1000000	992000	995000	1007000	1004000	1009000
1000000	1009000	996000	996000	1006000	1008000	992000	995000	1003000	1000000	994000	1000000	1003000	1003000	1009000	1007000	1007000	1008000		
995000	993000	993000	998000	995000	991000	1002000	1009000	1003000	1009000	1009000	1006000	991000	991000	1005000	1003000	991000	1001000	991000	
1004390	991479	1031510	1000090	1001410	993605	1000400	1002070	995460	995111	999058	995899	997797	997663	1005840	1006270	1002090	1001530	991534	996305
991098	997401	1004020	1002240	1002530	1004620	986334	995384	1008340	1018640	997604	1004390	998135	997065	995231	993838	1000240	995256	991559	1013270
1002950	1004730	1003130	1004600	1005220	1028970	1005600	1003410	992873	995398	999027	995424	1004220	996412	993709	1009310	1001800	996693	998307	1026630
993458	1005870	1000500	995137	1000740	990535	1001430	1008920	989913	999918	999404	998040	1002400	1002490	1004700	1001990	997011	999343	998353	999556
999276	1006280	1003510	1000720	996531	1012560	1002800	996328	1015650	986471	997752	1004750	988514	995965	1002040	995169	990701	1000260	1010720	997150
1003120	991762	992604	999200	997948	997366	1004480	1008230	1002760	990770	1033110	1013910	1004100	1017300	1005250	998453	1003210	996201	1005940	988041
1001630	994108	1004510	991828	988116	997586	1007300	1009410	1000780	998190	999697	996851	1001660	998153	995479	1004440	998813	1000890	1012650	995392
995894	994967	992145	992956	992813	1001890	992915	1009890	1010380	1002630	1033376	1000440	1010400	991583	1010000	985490	990855	1004340	1006140	1002078
1003260	998827	993154	994851	1012290	1001210	988678	1000540	1000730	993617	996273	1001300	999385	997610	994374	999585	1005070	1016570	1006020	1007280
998248	982753	1003120	1001850	997146	1016120	996045	1008240	999849	1006600	1004370	1002350	1001130	1016300	997940	996955	997841	998724	995118	1002400
987956	984605	1053370	1011570	994122	990936	1002210	987647	988672	984612	960686	1009790	998544	994781	1004920	1009150	1003920	1024570	992709	989675
983242	987089	985171	996506	994243	996052	986144	985709	1013400	1065810	988438	1009760	995714	980870	987451	978571	989931	985667	1001440	1013460
990536	1013830	1013980	1002670	999508	1071880	1021370	1003610	991511	999588	991892	985917	998040	1009810	993961	1008660	1006640	1018780	991135	1088200
980617	996340	990672	986277	988113	996777	1004940	1005140	977335	978902	989964	996296	1006110	994822	1033690	992173	988135	989796	990183	990374
990515	1058500	1029120	1000480	988166	1042090	991420	986433	1023470	952361	997536	1015020	972314	985118	1006720	994736	993118	992784	1027480	994360
994938	983122	985465	989058	1009290	990459	1005030	1008430	1003320	999103	1083710	1039930	995686	1030090	977479	9889272	989762	995600	1023380	979872
990975	997106	1009130	975655	977807	995326	1010590	1020910	991204	962233	993658	986936	993239	988813	977091	988646	1002790	996989	1023100	987513
983872	1013226	1001520	981304	984398	1028620	988151	1039670	1028780	1003010	1122260	1002880	1029710	992230	1001730	994688	981346	994256	991253	993950
1004200	985415	990862	986084	1040530	997475	985928	990464	996917	977622	1016450	1000830	987852	988336	985532	999183	994702	1007790	1021120	99957
992559	981627	1029848	1015770	994479	1088020	990594	994210	996155	1021160	993138	1003370	993450	1036980	986410	1003880	961971	991379	1009980	1006210

Figure 20: Presupuesto en 0, 5 y 10 años - Intervalo divergente: [987.000 : 1.020.000]

7.2 Análisis

Los resultados del nuevo experimento no demuestran cambios sustanciales frente a lo observado en la simulación anterior.

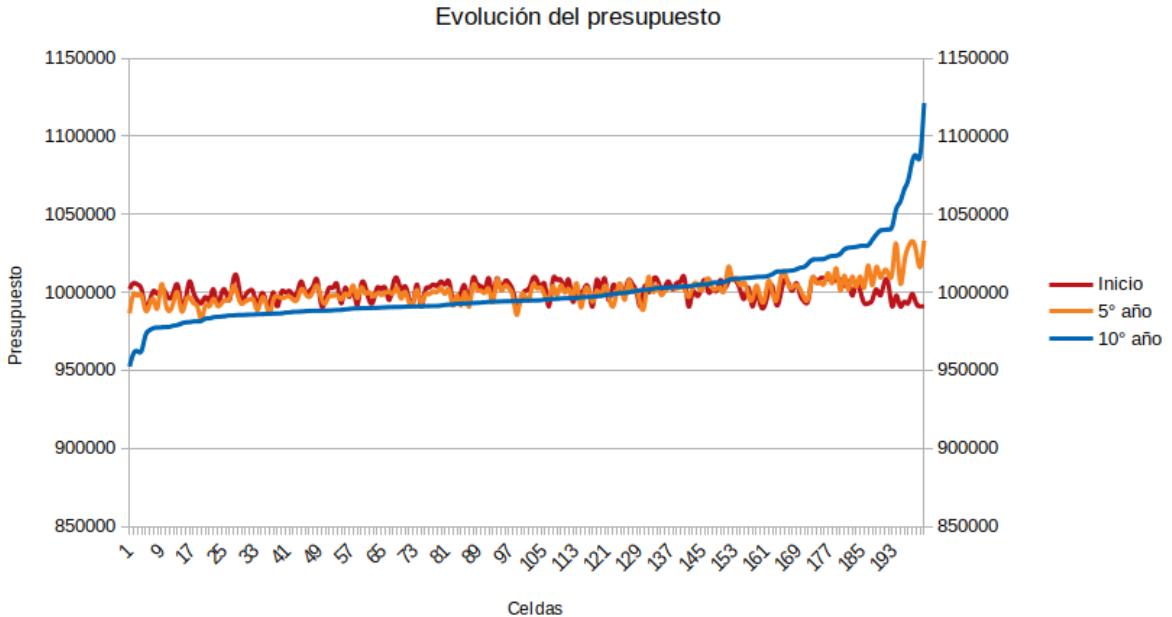


Figure 21: Evolución del presupuesto en 0, 5 y 10 años

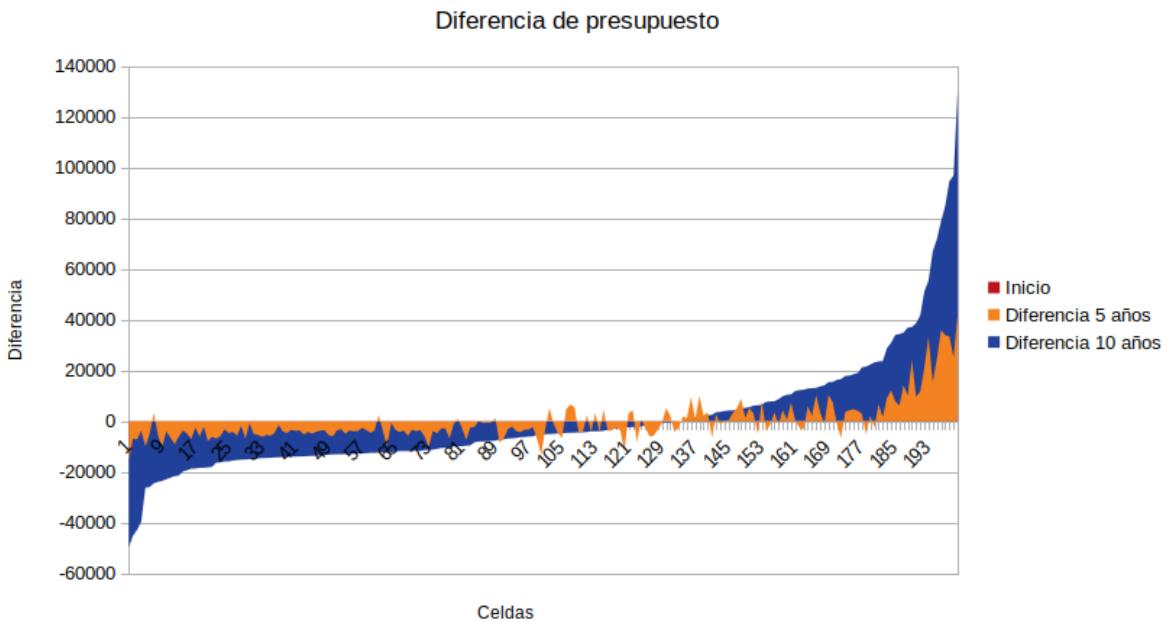


Figure 22: Evolución de la diferencia de presupuesto en 0, 5 y 10 años

Si bien se alcanzan valores distintos, las proporciones son casi las mismas. Podemos ver en el siguiente histograma, que hay mas agentes con presupuestos por debajo del millón en comparación al experimento anterior, aunque no son muchos mas.

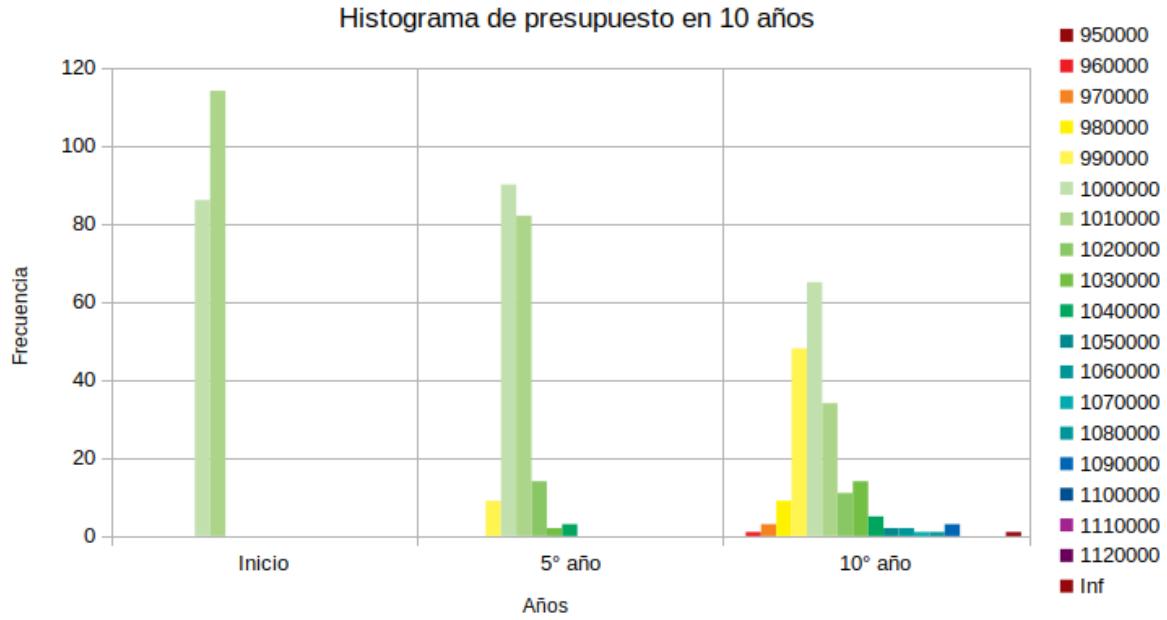


Figure 23: Histograma del presupuesto en 0, 5 y 10 años

Por otro lado, sigue ocurriendo que los agentes con presupuestos cercanos al millón representan la mayoría, y sus curvas pueden oscilar alrededor de dicho valor.

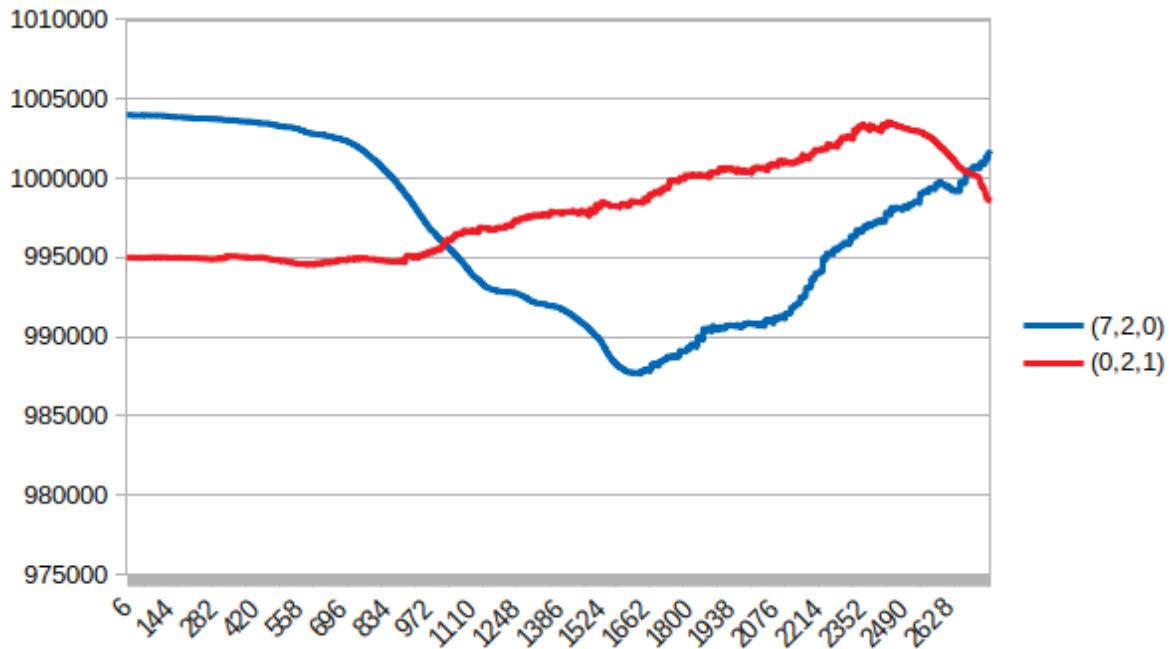


Figure 24: Evolución del presupuesto para las celdas (7,2,0) y (0,2,1)

Con respecto a la distribución de la riqueza absoluta, volvemos a ver la misma proporción vista en el experimento anterior.

Distribución de la riqueza absoluta

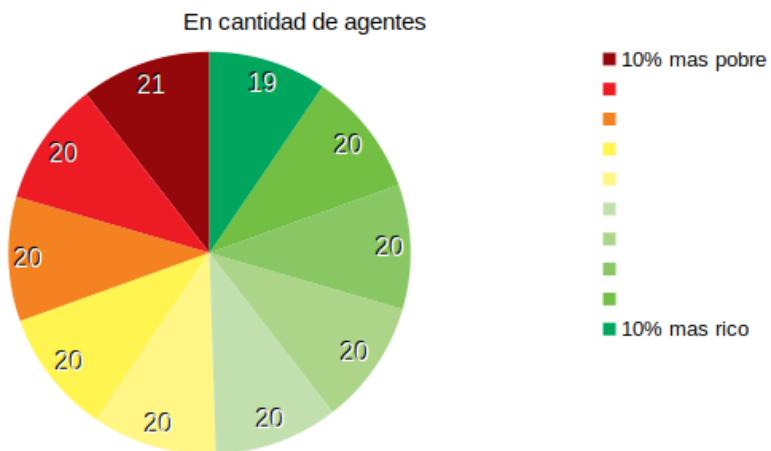


Figure 25: Distribución de la riqueza (cada bloque representa un 10%)

Todos estos experimentos contemplan mercados de competitividad perfecta (o casi perfecta). Si bien así ya se observa que hay una cantidad interesante de agentes que acumulan ganancias muy lejanas a la del promedio, a costa de muchas celdas que eventualmente tendrán momentos de déficit y otras cuyo presupuesto tiende a disminuir inevitablemente, en un mercado de competitividad imperfecta esperaremos ver una distribución más desproporcionada de la riqueza y diferencias más grandes en el presupuesto.

8 Mercados Imperfectos

Esta vez, ejecutaremos la simulación con un archivo de valores iniciales un tanto diferente. Elijo 8 agentes, 4 de cada mercado, y les defino un presupuesto mucho mas elevado, precios de venta mucho mas competitivos que los del resto y valores de stock y reposición mucho mas altos que los que veníamos usando.

El objetivo de esto es simular agentes que irrumpen en un mercado perfecto e influyen en el precio global (que hasta ahora venía arrancando en 2 y convergiendo en 6). Podríamos pensar en ellos como empresas que comienzan a monopolizar el mercado de cierto producto, el efecto de un *shopping* o hipermercado que se inaugura en un barrio, o en un nivel mucho mas macroeconómico, la influencia de países con economías fuertes sobre países satélites.

Luego analizaremos si hay flujo de capital de los agentes regulares hacia los nuevos agentes diferenciados.

⋮

$$(1, 7, 0) = [1002000000, 0.5, 101000, 5000, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 107]$$

$$(1, 7, 1) = [1003000000, 0.6, 101500, 4000, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 107]$$

$$(2, 3, 0) = [1006000000, 0.4, 103000, 5500, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 108]$$

$$(2, 3, 1) = [1007000000, 0.7, 103500, 4500, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 108]$$

⋮

$$(7, 3, 0) = [1000000000, 0.8, 100000, 4000, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 207]$$

$$(7, 3, 1) = [1000000000, 0.7, 100000, 3500, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 207]$$

$$(8, 8, 0) = [1005000000, 0.5, 102500, 5000, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 208]$$

$$(8, 8, 1) = [1003000000, 0.6, 126500, 4500, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 208]$$

⋮

8.1 Resultados

2.35	2.00	1.90	2.00	2.35	2.35	2.35	1.85	2.35	2.00	2.10	2.00	2.35	2.31	2.40	2.25	2.45	2.45	2.35	2.10
1.80	1.65	2.16	1.60	1.80	1.85	1.65	0.50	2.05	2.05	1.65	2.40	2.16	2.10	2.16	1.70	2.10	0.60	2.40	2.00
2.16	2.31	1.85	0.40	2.31	1.70	2.16	2.31	2.20	2.10	2.16	2.35	2.35	0.70	1.85	2.40	2.00	1.85	2.16	2.00
2.00	2.20	1.55	1.80	2.00	1.70	2.16	1.60	2.35	2.31	2.40	2.00	2.00	1.90	2.10	2.20	1.80	1.85	2.05	2.40
2.00	1.75	2.05	1.90	2.45	1.60	1.80	2.16	2.31	2.00	1.65	1.90	1.90	2.16	1.90	2.35	1.55	2.00	2.25	1.60
2.10	2.25	2.00	2.31	2.05	2.35	2.00	2.10	2.00	2.45	1.90	1.95	2.20	1.60	1.95	2.00	1.75	2.40	1.65	2.35
2.05	1.85	2.00	2.05	1.70	1.55	2.31	1.70	2.35	2.45	1.55	1.55	2.40	1.85	2.45	1.85	1.65	2.20	2.35	2.00
2.10	1.55	1.95	0.80	2.25	2.00	1.60	1.70	2.40	2.45	1.80	2.25	2.40	0.70	2.05	1.80	1.55	1.85	2.10	2.31
2.16	1.70	2.45	1.60	2.00	2.25	2.00	2.05	0.50	2.25	2.00	2.35	2.25	2.20	2.16	2.31	2.10	1.70	0.60	1.65
1.80	2.05	2.35	2.05	1.55	1.85	1.90	2.25	1.60	2.31	1.75	1.85	1.70	2.10	1.85	1.60	1.80	1.85	1.85	1.85

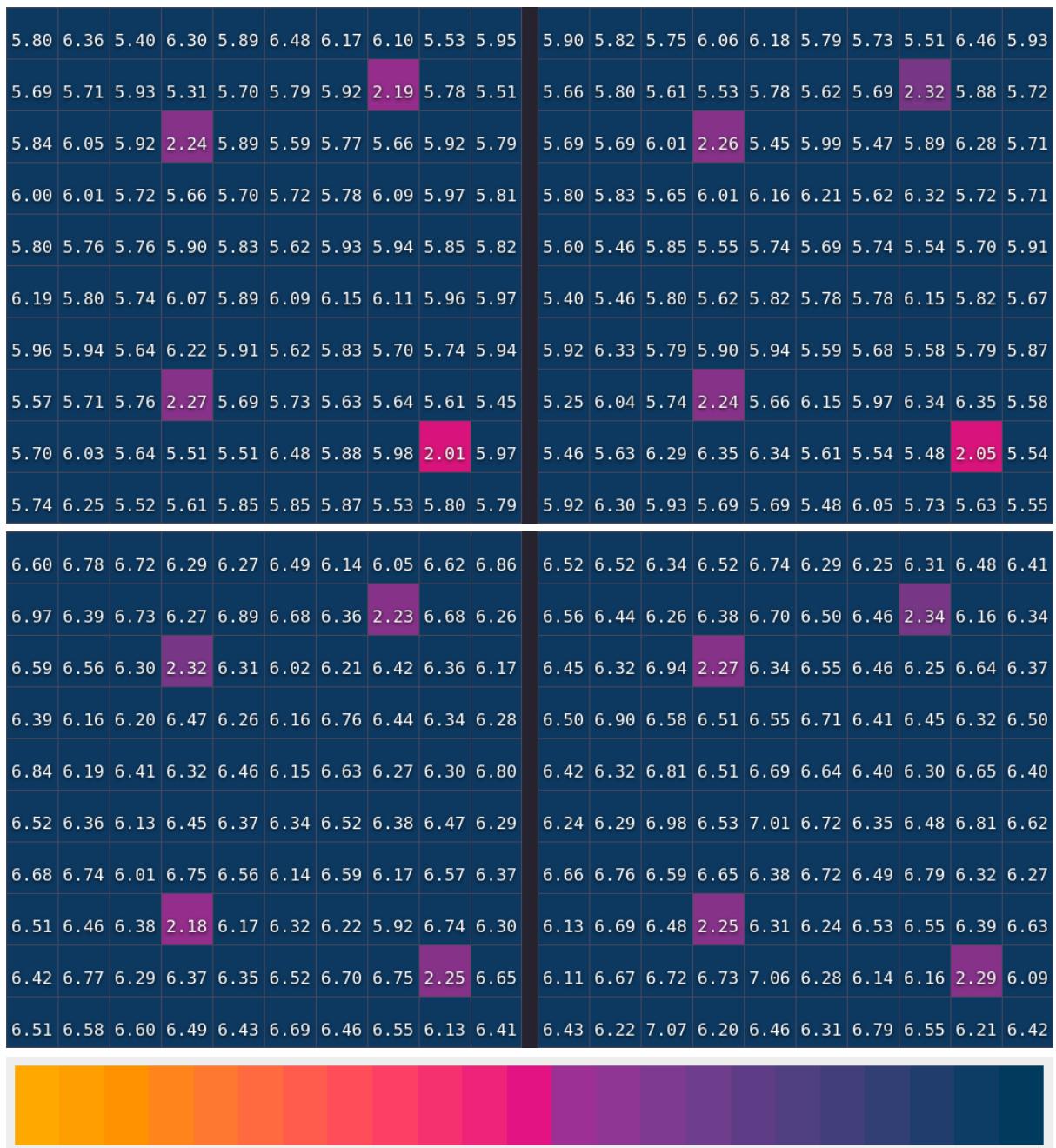


Figure 26: Precio de venta en 0, 5 y 10 años - Intervalo divergente: [0.00 : 6.00]

1007000	1000000	998000	1000000	1007000	1007000	1007000	997000	1007000	1000000	1002000	1000000	1007000	1006000	1008000	1005000	1009000	1009000	1007000	1002000
996000	993000	1003000	992000	996000	997000	993000	1002000000	1001000	1001000	993000	1008000	1003000	1002000	1003000	994000	1002000	1003000	1008000	1000000
1003000	1006000	997000	1000000	1006000	994000	1003000	1006000	1004000	1002000	1003000	1007000	1007000	1007000	1006000	997000	1003000	1003000	1006000	
1000000	1004000	991000	996000	1000000	994000	1003000	992000	1007000	1006000	1008000	1000000	998000	1002000	1004000	996000	997000	1001000	1008000	
1000000	995000	1001000	998000	1009000	992000	996000	1003000	1006000	1000000	993000	998000	998000	1003000	998000	1007000	991000	1000000	1005000	992000
1002000	1005000	1000000	1006000	1001000	1007000	1000000	1002000	1000000	1009000	998000	999000	1000000	995000	1008000	993000	1007000			
1001000	997000	1000000	1001000	994000	991000	1006000	994000	1007000	1009000	991000	991000	1008000	997000	993000	1004000	1007000	1000000		
1002000	991000	999000	1000000	1005000	1000000	992000	994000	1008000	1009000	996000	991000	997000	1001000	996000	991000	997000	1002000	1006000	
1003000	994000	1009000	992000	1000000	1005000	1000000	1001000	1005000000	1005000	1000000	1007000	1005000	1004000	1003000	1006000	1002000	994000	1003000000	993000
996000	1001000	1007000	1001000	991000	997000	998000	1005000	992000	1006000	995000	997000	1002000	997000	992000	996000	997000	997000	997000	
1004450	995411	1008180	995095	1003000	1002500	1002950	992990	1006150	996675	996284	995159	1000720	999748	1005060	1001420	1002650	1002680	1000630	993562
1000350	989650	1000540	997733	994849	992838	990044	1002050000	997753	1025380	998257	1002370	1007690	1003700	1001090	982249	998879	1003030000	1001630	99933
1002720	1001500	994258	1006020000	1003260	999708	1005490	1003800	1002060	999313	1000170	1000100	1004500	1007020000	998045	1002950	999195	991398	996668	995251
993987	1000520	1016270	993744	1003750	990429	1004050	994260	1002030	1008860	1000550	993537	998991	995498	999498	1002500	1010560	993645	1004010	1004260
996515	1006440	998867	993165	1006040	999975	991264	998240	1004420	1000610	1002240	995489	990813	1003420	997936	1002820	991409	1000460	1002860	993026
1003550	1009410	998637	999847	996812	1002140	995239	997553	996298	1003430	1006500	1006700	998902	999265	993870	992991	996601	990895	985807	1003900
1002980	992796	1004850	995775	989143	994122	1001900	1014830	998811	1004280	986019	986984	1004240	993236	1005340	996228	987977	1001050	1009230	996410
1006340	980781	994105	1000030000	1003880	995949	988481	1026916	1003580	1012640	1019956	999783	1004240	1000400000	998116	992302	983471	993344	998344	1014426
998639	987741	1004280	1003510	1003420	998550	994526	994949	1005030000	999468	997075	1003200	1001240	1000240	999236	1006830	993069	1000170	1003050000	992372
995415	996270	1000930	993375	999103	993664	998764	1002720	986050	1001170	992561	990194	986363	1016980	992408	1006880	989902	993526	993555	995457
997317	986534	1003950	998443	994597	992159	1007070	993189	1004940	990341	970033	985014	1000370	991849	994248	1002140	1001610	998267	995773	988634
994528	980689	993595	1003900	988196	988919	985872	1002090000	993573	1073900	986916	990256	1020480	1002950	994848	972091	994748	1003060000	1003020	1003990
988211	998454	1002610	1006070000	995722	1007180	1028650	1000380	1011480	991908	1000700	991928	998486	1007100000	1021040	985244	996059	1004290	991627	996212
985031	988917	1029710	985145	997791	991149	1004120	983993	990792	1017580	984901	983702	998236	999416	994307	989471	1035000	980906	1005870	992000
999636	1036200	1009000	983594	999026	992396	981503	995463	1014210	989035	993995	1013120	982741	998157	989552	1008490	990387	1007770	991000	997373
1001830	1005220	996411	989840	1006000	986291	981361	988285	995700	1001300	1016900	1019800	989958	994471	976473	974401	991459	958201	968636	992449
994292	984115	1014140	986824	980326	1001140	984047	1045220	1000830	989296	973555	975811	999575	987443	1022120	991601	996715	991873	992742	989518
1001850	972980	995772	1000000000	1001680	1008600	994455	1094556	998851	1034820	1059506	994651	997266	1000120000	1000720	999521	969743	988737	995728	1012156
1001810	974230	1018620	1006230	1011510	985802	985157	989171	1005070000	993691	1015680	997571	994242	993242	993579	1009020	970885	1008030	1003100000	988177
992496	979550	1006030	972919	994103	996795	989388	1006750	982482	1010610	971991	980524	978768	1037930	982327	1008390	966469	988625	990457	1003680

Figure 27: Presupuesto en 0, 5 y 10 años - Intervalo divergente: [987.000 : 1.020.000]

8.2 Análisis

En los siguientes gráficos vamos a dejar de lado los 8 agentes modificados. No tiene demasiado sentido observarlos junto al resto ya que distorsionarían de manera indeseada las observaciones (el orden de magnitud de estos agentes es mucho mayor).

Dicho esto, graficamos los valores restantes. A simple vista pareciera que no hay una diferencia sustancial con los resultados vistos en la simulación de mercados perfectos o realistas. Pero las hay.

Notemos que los *outliers* están menos alejados de los valores promedio. Es decir, que el que más gano de los agentes regulares, no ganó tanto como en los experimentos anteriores. Y el que más perdió, no perdió tanto tampoco. De hecho, la curva de evolución del presupuesto (ver figura 28) tiene pendientes mucho mas suaves en sus extremos (de hecho, la pendiente de pérdida de capital es muchísimo más suave que la de ganancia, por lo tanto en este sistema parecería que se puede ganar mucho mas de lo que se puede llegar a perder).

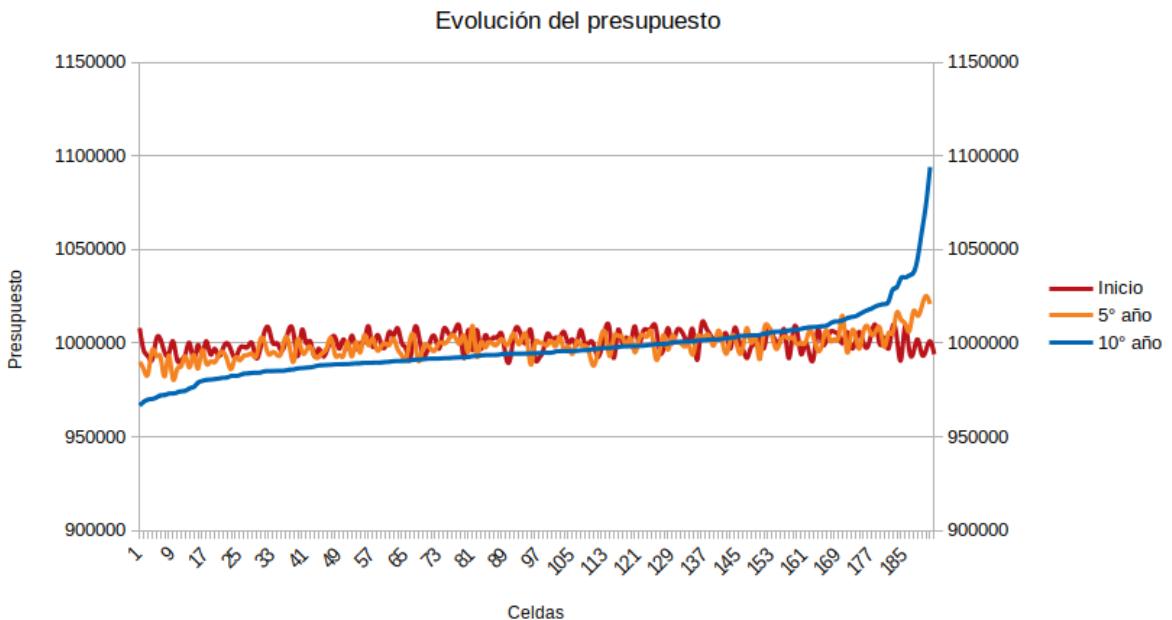


Figure 28: Evolución del presupuesto en 0, 5 y 10 años

Esta idea, en principio bastante beneficiosa, de poder llegar a ganar mas de lo que se puede perder, se sigue compensando con que no es tan probable pertenecer al grupo de los agentes que obtienen ganancia. El mismo sigue englobando a cerca de un tercio de la población, de los cuales, solo unos quince agentes (sin contar a los 8 agentes monopólicos) pueden considerarse exentos de poder pasar al grupo deficitario.

En el gráfico de la figura 29, podemos ver con mas detalle estas conclusiones. De hecho, se pueden observar como pasados cinco años de simulación, algunos agentes que tenían diferencia positiva (los picos naranjas ubicados por encima del área azul), al finalizar la simulación tienen diferencia negativa. Es decir, en algún momento estuvieron ganando capital.

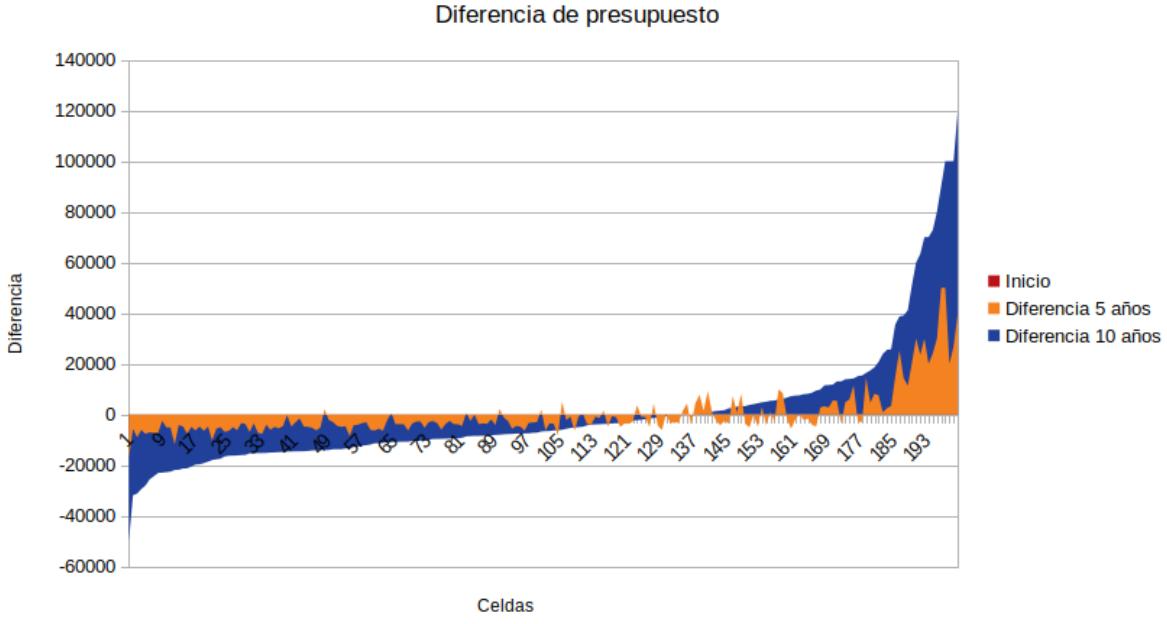


Figure 29: Evolución de la diferencia de presupuesto en 0, 5 y 10 años

En la figura 30, podemos observar que efectivamente, la curva del presupuesto es mucho mas pareja que en experimentos anteriores, ya que el histograma refleja una simetría mayor que en las ocasiones anteriores (exceptuando por la última barra de la derecha, que representa a los agentes monopólicos).

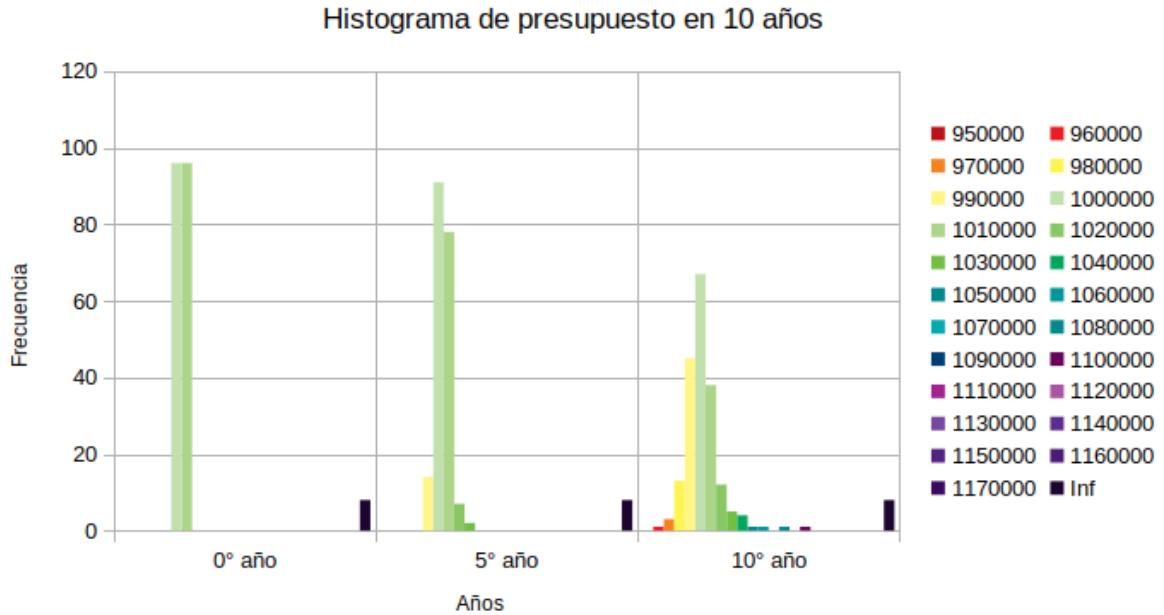


Figure 30: Histograma del presupuesto en 0, 5 y 10 años

Como estamos analizando los valores sin los agentes monopólicos, esta vez el caso de la distribución de la riqueza no será absoluta, sino relativa al numeroso conjunto de agentes regulares. Nuevamente podemos observar que la distribución sigue siendo pareja.

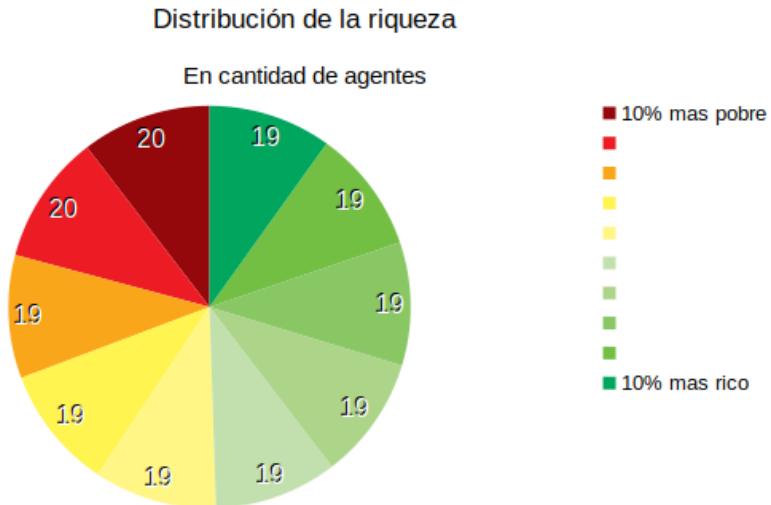


Figure 31: Distribución de la riqueza (cada bloque representa un 10%)

Igualmente es llamativo ver que el 20% que menos ganó, también es el mas numeroso (la diferencia es chica, pero muestra una tendencia). Pero como dijimos, esta distribución no es absoluta, por lo tanto, no dice nada sobre el presupuesto de los agentes monopólicos.

Presupuesto acumulado	Inicio	5° año	10° año
Monopolios	8.026.000.000	8.026.270.000	8.026.690.000
Resto del mundo	192.112.000	191.830.838	191.425.221
Flujo hacia monopolios	0	281.162	686.779

Evidentemente, el presupuesto acumulado de los agentes regulares disminuye con el paso del tiempo. Así que si bien la distribución de la riqueza entre ellos sigue siendo equilibrada (de hecho mucho mas pareja que en experimentos anteriores), esto se opaca al ver que los monopolios captan parte del flujo de capitales de ambos mercados y no lo hacen circular nuevamente. Es decir, generan acumulación de capital (ver figura 32).



Figure 32: Capital perdido por los agentes regulares en 0, 5 y 10 años

9 Conclusiones

Hemos logrado representar con éxito dos mercados que subsisten comerciando según las leyes de la oferta y la demanda. Pudimos ver como la curva de la demanda y la de la oferta se afectan mutuamente y tienen el comportamiento oscilatorio esperado. También hemos corroborado que el precio alcanza un punto de equilibrio. Y sobre estas corroboraciones preliminares pudimos recrear nuevos escenarios mas complejos.

Observamos que si no hay regulaciones de ningún tipo, siempre hay agentes de mercado que van a aumentar su presupuesto mas que otros. De hecho, mientras mas ganancia se genera, se tiene mas probabilidad de continuar generándola (teniendo en cuenta que en el presente modelo, hemos incorporado una cuota de aleatoriedad). Y lo que es mas grave, que siempre habrá agentes que tengan déficit, y mientras mas pierdan, también tendrán mas probabilidad de seguir perdiendo.

Entonces, podemos concluir que quitar toda regulación del sistema y permitir que el precio de venta solo sea modificado por las variaciones en la oferta y la demanda, no implica un escenario justo para todas las partes. De hecho, si tomamos el presupuesto del agente que mas ganó y del que mas perdió en cada uno de los experimentos, siempre veremos que la diferencia entre ambos ronda entre los 200.000 (que sería el 20% de 1 millón, el valor presupuestario promedio que estuvimos usando). Esta diferencia, según el estudio que miremos, para la mayoría de los agentes ronda entre el 2% y el 10% del presupuesto inicial.

Pero como ya hemos dicho anteriormente, estos escenarios de mercados perfectos o pseudo perfectos (que igualmente demuestran ser desfavorables para algunos) no son los que se ven generalmente. Se necesitan economías de baja competitividad y de agentes muy homogéneos para que el modelo aplique. Por lo general, en la realidad se ven mercados de competencia imperfecta, y es ahí donde pudimos apreciar como todos los agentes no monopólicos pierden lentamente, mientras estos últimos se enriquecen y efectivamente acumulan riqueza que no vuelven a circular en el mercado.

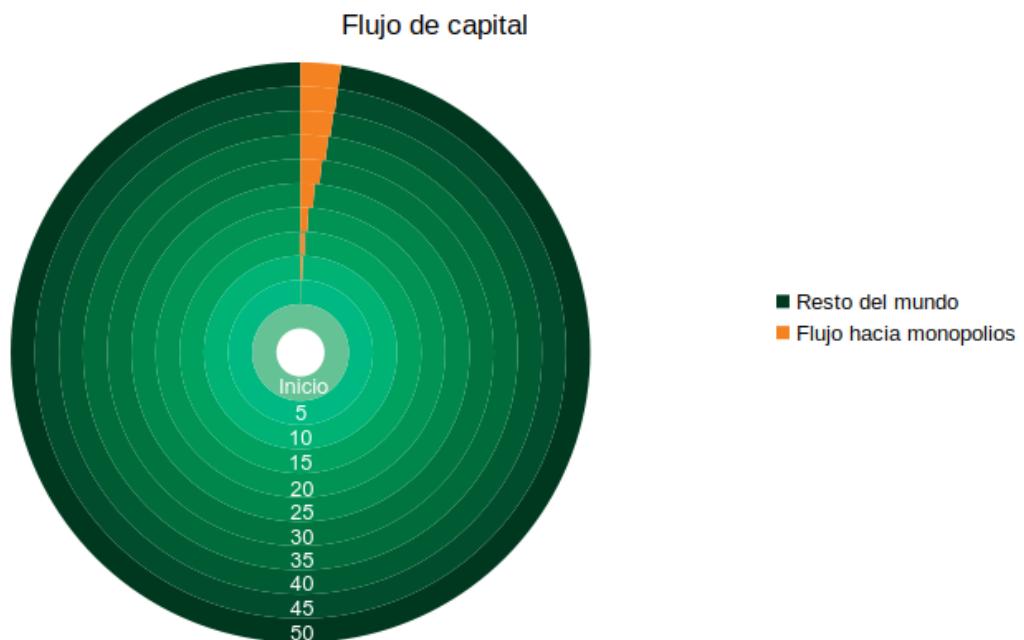


Figure 33: Capital perdido por los agentes regulares en hasta 50 años

10 Trabajos Futuros

- Mejoras varias en las macros.
- Implementar el modelo para otro simulador, que provea otras facilidades (¿GAMA?).
- Los valores usados en los experimentos por lo general fueron pensados para evitar casos borde (presupuestos elevados para no quedar en cero, por ejemplo). Sería ideal considerarlos.
- Realizar las investigaciones pertinentes para obtener valores reales.
- Obtener simulaciones para intervalos de tiempo mas amplios y lograr así observaciones mas precisas e interesantes.
- Revisitar el modelo conceptual y proponer mejoras.
- Lograr un sistema asincrónico y estudiarlo.
- Ampliar el modelo para que contemple eventos tales como shocks económicos, o que la fabricación tenga un costo, que haya inflows y outflows de capital al sistema (¿que algunos agentes tengan otra fuente de capitalización además de vender su producto?), etc.
- Repensar el punto de la aleatoriedad en lo que respecta a la actualización de precios de venta (quizás encontrar estudios al respecto, patrones de comportamiento, estadísticas, etc).
- Llevar las herramientas de scripting a algún lenguaje mas mantenible (¿Python?).
- Repensar las visualizaciones. Puede que no sean las adecuadas para cada situación.

11 Bibliografía

[**DEMOGRAPHIA, 2019**] Demographia International Housing Affordability Survey
<http://demographia.com/dhi.pdf>

[**FRASER, 2019**] Instituto Fraser –
<https://www.fraserinstitute.org/studies/economic-freedom-of-the-world-2019-annual-report>

[**HERITAGE, 2019**] Fundación Heritage –
<https://www.heritage.org/index/>

[**WEF, 2019**] Foro Económico Mundial –
<https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>