

Racionalidad incompleta:

una nueva forma de analizar
las crisis económicas*

Incomplete rationality:
A new way of analyzing
economic crises

Camilo Fabiam Gómez Segura**
Oscar Hernán Cerquera Losada***
Cristian Felipe Orjuela Yacue****

Recibido: 28 de noviembre de 2011

Aprobado: 6 febrero de 2012

Resumen

Las crisis económicas se caracterizan por estar relacionadas con los procesos de toma de decisión, sin embargo las fallas de coordinación e información de los mercados generan perturbaciones que causan un gran impacto en las variables macroeconómicas agregadas y por ende en el bienestar social. Debido a estos fenómenos es relevante cuestionarse y tratar de validar si los agentes económicos todavía tienen ese comportamiento óptimo y maximizador, en donde sus percepciones y expectativas están determinadas

* Cómo citar este artículo: Gómez, C., Cerquera, O., & Orjuela, C. (2012). Racionalidad incompleta: una nueva forma de analizar las crisis económicas. Revista CIFE, 14 (21), 355-375.

** Universidad Surcolombiana – USCO. Universidad Nacional de La Plata. cafagose@hotmail.com.

*** Universidad Surcolombiana – USCO. Universidad de Buenos Aires. os-celo@hotmail.com.

**** Universidad Surcolombiana – USCO. Universidad Nacional de La Plata. cristian.orjuela10@gmail.com.

por las características y propiedades del entorno, o ¿acaso existen factores que influyen en el procesamiento de la información o en el ambiente en que se generan la toma de decisiones?

Palabras clave: crisis económicas, bienestar social, mercados, racionalidad.

Clasificación JEL: D72, D81, E20, E32,E37.

Abstract

Economic crises are characterized by being related to decision-making processes, however coordination failures and information markets generate disturbances that cause a great impact on aggregate macroeconomic variables and hence social welfare. Because of these phenomena is relevant to question and try to validate whether the operators still have that behavior and maximizing optimum, where their perceptions and expectations are determined by the characteristics and properties of the environment, or is there perhaps factors influencing processing information or the environment in which both the decision-making?

Keywords: Economic crisis, social welfare, markets, rationality.

Classification JEL: D72, D81, E20, E32,E37.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es evaluar y demostrar los fallos de la teoría de la utilidad esperando que explique y contribuya mejor en el proceso de toma de decisión de los agentes, lo cual permita relacionar estas teorías como una nueva forma de analizar las fallas de los mercados y por ende las crisis económicas.

Este ensayo solo busca hacer una revisión de la literatura de la economía del comportamiento (Behavior Economics) con la estructura idónea de relacionar esta teoría en el entorno macroeconómico, para ello es necesario conocer primero, cuáles son las posibles fallas de la teoría del comportamiento racional de los agentes Kahneman y Tversky (1979), sus anomalías cognitivas Ramachandran, V.S. (2011), la predicción del comportamiento de los agentes Mullainathan (2002), elección de los individuos bajo poca capacidad de procesamiento de la información Sims (2003), Sims (2005) y Woodford (2011) el análisis de las diferencias de las alternativas de los agentes Koszegi (2011) y por último recoger la acción óptima de la representación del mundo por parte del individuo con racionalidad limitada Gabaix (2011).

2. Marco teórico

El modelo desarrollado por Kahneman y Tversky surge por la violación de los axiomas de la utilidad esperada y asimismo, argumenta cuáles son los efectos que intervienen. Los supuestos y sus contraargumentos se muestran a continuación:

- La elección de los agentes no está ponderada por probabilidades, por el contrario los individuos miden sus resultados a través de certezas y los resultados relativos están medidos con la probabilidad, es decir es la violación del axioma de sustitución (efecto certeza).
- Cuando las preferencias cambian a negativas, las perspectivas se invierten, es decir, se altera el orden de las preferencias, invirtiendo las diferencias en las preferencias (efecto reflexión).
- Los agentes tienen elecciones simplificadas, los individuos hacen caso omiso a los componentes de las diferentes alternativas y se centran en sus diferencias (efecto aislamiento).

Kahneman y Tversky muestran a través de ejemplos la violación de los supuestos básicos de análisis teórico de las decisiones, en el cual las preferencias son determinadas por estados de probabilidades y es ahí donde interviene la teoría prospectiva como modelo descriptivo solución, el cual consiste simplemente en concentrarse en la evaluación de las perspectivas, en dos estados conocidos como edición y evaluación, que se encargan de operar, transformar-evaluar los resultados y las probabilidades asociadas con las

perspectivas dadas, sin embargo las perspectivas deben estar expresadas por dos escalas, $\pi(p)$ asocia cada probabilidad y $v(x)$ asigna a cada perspectiva un valor, entonces el valor de la perspectiva está representado por la ecuación (1).

$$v(x, p; y, q) = \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y) \quad (1)$$

No obstante para poder evaluar las perspectivas necesitamos una función de valor $v(x)$ y una función de ponderación $\pi(p)$. ¿Cómo obtenerlas? La función de valor está definida por la posición y los cambios de algún activo que sirve como punto de referencia, ajustándose a las preferencias del individuo (convexa para las pérdidas y cóncava para las ganancias). Por su parte la función de ponderación relaciona las decisiones del individuo en función de la probabilidad de obtener una pérdida o ganancia.

El esquema explicado anteriormente es la base del modelo de Kahneman y Tversky (1979), sin embargo es la teoría de la prospectiva suficiente para explicar el comportamiento de los agentes dado su procesamiento de información y los factores del entorno, si bien es una aproximación que llega a algunas conclusiones analíticas tiene ciertas debilidades en las cuales está relacionado el aparato perceptivo y cognitivo. Esta conclusión está dada por la función de valor y la función de ponderación, las cuales son vitales para la evaluación de las perspectivas. La función de valor tiene una debilidad que consiste en sus argumentos los cuales son el punto de referencia y su vez la magnitud de los cambios, que según Kahneman y Tversky se da por la sintonía que tiene el aparato perceptivo en la evaluación de cambios y diferencias, no obstante el aparato perceptivo de los individuos posee algunas características que hacen sesgar las perspectivas, ya sea por su sistema cognitivo o por ciertas características del cerebro humano que influyen en el procesamiento de la percepción de los agentes, por lo tanto si queremos evaluar o generar un enfoque en la determinación de las percepciones debemos primero conocer qué acontece en nuestra mente, para determinar la esencia y los posibles factores que causan estos sesgos.

La evaluación humana ha llevado consigo demasiados cambios, sin embargo las redes cerebrales han jugado un papel importante, células conocidas como neuronas espejo, las cuales se activan no solo cuando el individuo realiza ciertas acciones también lo hace cuando otros individuos realizan las mismas acciones, bajo este descubrimiento, la evolución de las diferentes partes del cuerpo humano y su visión, han contribuido a generar un vínculo entre sus acciones y lo que percibe de la realidad; sin embargo en la última década con el descubrimiento de las neuronas canónicas ha llevado a que este vínculo presente algunas distorsiones.¹

Estos problemas cerebrales llevan a determinar el funcionamiento de los *sistemas cognitivos*, los cuales revelan rasgos de los complicados mecanismos involucrados en la

1 Ramachandran, V.S. (2011). *The Tell-Tale Brain*, New York: W.W. Norton.

percepción y en el tratamiento de la información. Por parte de los individuos y dado el tema adoptado es relevante para el conjunto de conductas asociadas con los agentes, entonces todo esto lleva a una conclusión; existe un problema en la *percepción de los objetos*. Pero las percepciones de los individuos son heterogéneas, es decir, los objetos no cambian, lo que cambian son las percepciones, ya que los individuos en sí ven los objetos pero para ello requieren un proceso de reconocimiento e interpretación, fundamental a la hora de evaluar las elecciones de los agentes.

Una segunda perturbación que también juega un papel fundamental en la conducta de los agentes y que mencionamos anteriormente, son los llamados sistemas cognitivos de los individuos. El ser humano se caracteriza por tener dos sistemas cognitivos, el sistema uno caracterizado por operar automática y rápidamente, sin ningún esfuerzo y sin control voluntario. El sistema dos asigna actividades mentales que requieren algún esfuerzo, estos dos sistemas controlan la atención de los individuos con capacidad limitada y nuestro comportamiento se asocia a estas limitaciones; esta es una de las principales razones por la cual los individuos no captan toda la información o masa de señales que genera su entorno.

Así mismo la iteración de los dos sistemas no es perfecta, es decir, el sistema uno genera sugerencias para el sistema dos, sin embargo estas son imprecisas y es ahí, donde el sistema dos, pasa a hacer una especie de filtro, en el cual todas las intuiciones, impresiones, creencias son adoptadas; no obstante, los individuos generalmente no utilizamos el sistema dos para cualquier decisión, dado que esto implicaría reflexionar cada pensamiento y para ello necesitamos un mayor esfuerzo, lo cual es imposible; esta limitación desencadena las ilusiones, ya que no se reconocen situaciones erróneas dadas por el entorno, por lo tanto las decisiones se basarían en representaciones incompletas de alternativas. Este esfuerzo según Stanovich² infiere una falla de la racionalidad, en otras palabras el hombre Economicus racional, egoísta, maximizador en el cual sus preferencias no cambian, está en duda, y es ahí donde nace la teoría de la prospectiva, analizando diferentes decisiones bajo incertidumbre y demostrando que los agentes en ciertas elecciones violan los supuesto de la teoría de la utilidad esperada.

Ahora la cuestión es, ¿cómo determinar las percepciones, las estrategias que simplifican la información que emplearían los agentes?

Al utilizar la racionalidad como mecanismo de respuesta podemos llegar a un análisis, sin embargo, la racionalidad es suficiente para explicar ciertos objetivos de la economía, pero es insuficiente para explicar las anomalías cognitivas dadas por los cambios en la distribución de las preferencias de los agentes. Tales anomalías se presentan principalmente en el procesamiento de la información (*efectos de contexto, efecto anclaje, efecto de*

2 Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow, New York: Farrar, Straus and Giroux.

habilidad, efecto de disponibilidad); también se presenta por la debilidad de la teoría del comportamiento y la teoría de la perspectiva en determinar un punto de referencia en sus percepciones. Por lo tanto, las decisiones de los agentes se basarían en representaciones incompletas o simplemente en alternativas de elección sesgada.

No obstante como explicamos anteriormente estos sesgos o ilusiones cognitivas están relacionados con el esfuerzo necesario para recuperar varias piezas de información, entonces si existiera un método para incentivar o atenuar este esfuerzo se podría contribuir en alcanzar representaciones o alternativas de elección menos sesgadas. El *efecto de coordinación* es la respuesta a ello, este se produce a través de aproximaciones categóricas que minimizan la capacidad de memoria, es decir, contribuye a recuperar memoria cuantitativa con la categorización de la información.

Mullainathan (2002), presenta un modelo de inferencia en el cual se puede generar un conjunto de predicciones acerca del comportamiento, con la diferencia que ahora categorizamos nuestro pensamiento. El proceso es una combinación de distribución Bayesiana para datos ahora categorizados. Para ello las categorías deben cumplir dos características.

- Debe estar comprendida para varios tipos de pensamiento.
- Una vez que los datos se consideran dentro de una categoría no se pueden hacer predicciones.

El axioma de estas dos características se llama pensamiento categórico y es a través de este donde los individuos realizan predicciones bajo un ambiente de incertidumbre generando resultados estocásticos, es decir, el pensamiento Categórico es una simplificación del pensamiento Bayesiano. Esta simplificación produce parsimonia en los modelos de inferencia humana. La base del modelo consiste en categorizar la información, a medida que se incrementa el número de categorías, aumentándose a un razonamiento Bayesiano, así mismo bajo ciertas condiciones los individuos pueden tener baja reacción o sobre reacción y también pueden generar predicciones erróneas.

El modelo de pensamiento Categórico primero inicia con una diferencia crucial, la cual consiste en un conjunto límite de creencias (percepciones), basado en tres posibles alternativas (1, 0, 0), (0, 1, 0) y (0, 0, 1) para un espacio de datos que pueden ser llenado por el pensamiento Bayesiano, es decir, la inferencia Bayesiana tiene pleno conocimiento de la estructura del proceso estocástico. Por su parte las categorías se modelan con esta restricción en la distribución dado que se puede elegir distribuciones específicas q del conjunto total de categorías Q , entonces una categoría en este contexto le corresponde una distribución específica $q_c(t)$, las categorías particionan el espacio, y el pensamiento

Categorico termina por elegir una de las categorías; en donde, $c(d)$ es una función que asigna cada punto a cada categoría.³

Entonces para determinar cuáles son las categorías, debemos dividir el espacio de la mejor manera en que se adapte a los datos elegidos, es decir la categorización debe satisfacer que la categoría esté asociada con la información, a su vez dentro de lo que el Bayesiano elegiría (categoría optima).

$$c^*(d) \in \arg \max_c p(d|c)p(c) \quad (2)$$

Una vez elegida la categoría el pensador realiza las predicciones, y es ahí donde surgen ciertos factores, porque el pensador Categorico utiliza la distribución de probabilidad asociada con la categoría y esto solo lleva a tener opiniones extremas⁴. Con estas limitaciones el pensamiento Categorico, depende del número de categorías, pero no está dado que un incremento en ellas se aproxime al pensamiento Bayesiano, ya que no se podría o sería difícil distinguir los datos entre categorías, sin embargo la formalización genera una condición suficiente para que las categorías se aproximen al enfoque Bayesiano, con una secuencia de categorización que cubra todo el espacio de información⁵; no obstante, la aproximación no es completa y una modelización bajo este método conlleva a sesgos (baja reacción y sobre reacción), además de otros factores como son la mala interpretación y el proceso de representatividad.

Las conclusiones de este modelo son: categorizar los datos como método de atenuar el esfuerzo minimizando la capacidad de memoria, puede desencadenar incrementos en la información, esta se da siempre y cuando haya un salto discreto entre las categorías, y solo es posible por el efecto de sobre reacción, sin embargo una segunda conclusión y a un más importante, es que el procedimiento categorico conlleva a sesgos, ya sean por su mala aproximación al enfoque tradicional de comportamiento, representado por el pensamiento Bayesiano, por mala interpretación de los datos o simplemente por la mala especificación de la función que representa su distribución.

Una alternativa que podría contribuir a evitar estas fallas o generar un mecanismo más completo, consiste en determinar las relaciones de semejanza y distinguibilidad entre las observaciones; no obstante, este procedimiento genera anomalías experimentales. Este mecanismo de elección, consiste en que los agentes reflejan su comportamiento a través de sus elecciones y esto a su vez refleja preferencias, pero bajo alternativas riesgosas y bajo limitaciones cognitivas estas elecciones pueden llegar a aproximaciones crudas. La elección bajo preferencias puede generar un comportamiento racional en los agentes,

3 Donde d, t y o , es la información individual, los diferentes tipos que determinan el proceso de elección y el resultado.

4 $k(o|d) = q_c(d)(o|d) = \int p(o|t,d)q_c(d)(t)$.

5 $(\forall_{o,\varepsilon} > 0)(\forall_j \geq i)[k_n(o|d) - p(o|d)] < \varepsilon$

decidir, una alternativa de otra o preferir un bien a otro, dado los supuestos del comportamiento racional, puede parecer suficiente, sin embargo al evaluar las alternativas bajo incertidumbre, los axiomas de transitividad y monotonicidad no se cumplen. Sea dos alternativas x y y , si $x > y$, entonces a través de la teoría de comportamiento de la utilidad esperada el proceso de elección termina, pero que sucedería si $x \sim y$, cómo podríamos obtener la mejor alternativa. Entonces nos queda otro camino, el cual consiste en la evaluación de las alternativas por sus resultados, si la primera alternativa (x) presenta un mejor bien pero con una probabilidad menor a obtenerlo comparado con la alternativa (y), el proceso es inconclusivo e inconsecuencial, cuando las comparaciones entre ambas alternativas son iguales.

No obstante, la evaluación entre alternativas dado sus resultados no es lo suficientemente precisa, es por ello que *se agrega un paso*, el cual consiste en comparar las alternativas dado el valor de la misma y su probabilidad para obtenerla, es decir, busca evaluar sus alternativas según su similitud/disimilitud, y su desarrollo se da bajo la Teoría del Arrepentimiento⁶. Entonces hemos llegado a una solución analítica, aunque, esto no es del todo cierto, ya que esta teoría viola los axiomas de monotonicidad (Añadiendo una cantidad suficientemente pequeña ε en la alternativa sin alterar las percepción de similitud) y transitividad (ocurre como una consecuencia de la forma en la representación de las alternativas, lo cual influye cuando se compara en términos de similitud y disimilitud) y es ahí donde llega la Teoría Prospectiva como salvavidas. Sin embargo no todo está perdido para este camino analítico, gracias a los efectos de macro referencia (framing).

Los efectos de macro referencia (framing), son instrumentos de la mente, en los cuales podemos incrementar las diferencias entre objetos o alternativas, es decir, es simplemente agregarle una interpretación a nuestros acontecimientos, darle un significado, dado este argumento ¿podemos vincular los efectos de macro referencia con las inconsistencias de los mecanismos de decisión explicados anteriormente? (Teoría de Arrepentimiento). La respuesta es sí, a medida que los efectos de macro referencia se incrementan, los individuos pueden diferenciar cada vez más sus alternativas, esto genera una atenuación en las inconsistencias en transitividad y monotonicidad en la cual el procedimiento se afecta por la representación de las alternativas. No obstante, los framing son heterogéneos en los agentes, y las inconsistencias también lo serían, sin embargo es una buena opción para llegar a medidas de elección entre alternativas en donde la racionalidad no sea el único camino analítico elegido.

Por otra parte existen situaciones donde el proceso de información no está determinada por el entorno, sino por el contrario está definido implícitamente a mecanismos cerebrales que otro caso resultaría de una deliberación. El primer mecanismo está

6 En teoría arrepentimiento, agentes eligen entre acciones de acuerdo a la regla de decisión

$$A_1 \underset{>}{\leq} A_2 \quad \sum_j p_j \Psi(x_j, x_j) > < 0 \quad \text{donde } \Psi(.,.) \text{ es un valor real función lamento/regocijo asumida.}$$

determinado por el costo del cerebro humano de procesar información a la hora de elegir sus alternativas, estando en función de la atención de los individuos las cuales son heterogéneas, dado las diferencias en el comportamiento y su capacidad cerebral. La literatura existente donde a través de ciertos ejercicios la atención de los individuos es puesta a prueba (véase Ramachandran “Tell-Tale Brain”), demostrando que el cerebro y la mente humana, es capaz de percibir algunas acciones. Para el proceso de deliberación la mente y las acciones de los individuos están basadas en el comportamiento y la capacidad cerebral determinadas por las vivencias y experiencias individuales como principios fundamentales.

Esto confirma un problema de asignación de recursos, en el cual opera como restricción la capacidad de procesamiento. Como hacemos para captar las alternativas de decisión, Sims en su “Teoría de desatención Racional”, plantea un modelo en el cual toda la información disponible por los agentes, ya sea observada por el mismo o por el entorno es infinita, pero su capacidad de atención es finita, esta capacidad es conocida como capacidad finita de Shanon⁷, la cual es una medida probabilística del flujo de la información, esto representa la capacidad de atención de los individuos. Dado que no observamos toda la información Sims se enfoca en la incertidumbre como medida del flujo de la información⁸ (entropía).

¿Qué es en si la entropía? La entropía es una medida de distribución de la incertidumbre, relativa a alguna distribución base, en donde su variación depende de la información mutua⁹, la cual se deriva a través de axiomas racionales. Entonces la entropía para una variable aleatoria con función de probabilidad $p(x)$, llamada función de probabilidad de entropía se muestra a continuación:

$$E[\log(p(X))] \quad (3)$$

Análogamente la forma que adquiere la entropía como medida del flujo de información explicado anteriormente es la siguiente:

$$-E[\log_2(r(X/Z)/Z)] - E[\log_2(p(X))] \quad (4)$$

No obstante, existe un problema en la medida de la entropía, ya que la información captada no siempre es perfecta y puede estar determinada con errores o ruido a la hora

7 Torem de Harley-Shannon (1948), “Codificación de Canales de Ruido”.

8 Sea variable X aleatoria que representa la información. Esta variable entra al canal, quien provee una salida de datos de una variable aleatoria Z condicionada a X , $q(Z/X)$. $h(x, z) = p(x) q(z/x)$ denota la función de distribución conjunta de X e Z y $g(z) = \int h(x, z) dx$ denota la distribución marginal de Z . Se forma la distribución condicional de probabilidad de X utilizando la regla bayesiana:

$$r\left(\frac{x}{z}\right) = \frac{h(x, z)}{g(z)}$$

9 Es el promedio de información para un par de variables aleatorias que se distribuyen conjuntamente.

de la transferencia de la información, el agente al reconocer este hecho actuara a través de un problema de extracción de señales, es decir, buscara la alternativa de codificar la señal que genere el menor ruido. Sin embargo con las distribuciones continuas, de las cuales hemos trabajado siempre, las especificaciones después de codificar la señal puede llegar a ser irracionales porque para ello implicaría infinita capacidad lo cual es imposible para el agente y por lo tanto no se podría determinar un canal que pueda representar una salida de información incluyendo la medida ruidosa. Esto hace que la única alternativa sea ajustar las variables a través de un rango permisible, haciendo que la relación señal-ruido esté en un rango arbitrariamente grande. Por lo tanto, esto conlleva a que el agente internalice la imprecisión de sus percepciones.

Sims se concentra en hacer seguimiento a los problemas como representaciones sistemáticas, representado en la forma como reaccionan los agentes a las señales del mercado, a través del análisis de los flujos de información, pero esto origina una inquietud, al optimizar las observaciones en un estado de transferencia de información se debe elegir una característica de información que optimice el problema. Para explicar mejor este y los efectos de la desatención sobre los comportamientos, utilizaremos un ejemplo de Sims (2003).

El ejemplo consiste en analizar las decisiones intertemporales de consumo, maximizando su ingreso permanente y cuya restricción es la riqueza, conformada por los ingresos laborales (Y_t) y no laborales $R(W_{t-1})$.

$$E \left| \sum_{i=0}^x \beta^i (C_1 - 0.5C_i^2) \right| \quad (5)$$

Sujeto a

$$W_t = R(W_{t-1} - C_{t-1}) + Y_t \quad (6)$$

El agente dedica una capacidad limitada de observación en el ingreso y riqueza, por lo tanto el consumo es elegido siempre y cuando las demás variables presenten una señal de ruido (efectos de la capacidad limitada de atención y señales del entorno), entonces usando el mecanismo de la capacidad finita de Shanon el agente puede determinar la forma del patrón de los errores, sin embargo existe una peculiaridad y es que el comportamiento óptimo de la variable de ingreso permanente (en función del consumo) con relación a las variables mencionadas anteriormente (ingreso laboral y no laboral) comienza a generar un error, pero esta desviación en la predicción está dado por la extracción de señales en la predicción como respuesta a los cambios de distribución de las variables sujetas a la restricción, es decir, nuestra representación está acotada a la distribución determinada por nuestra desatención racional.

Siguiendo el ejemplo Sims, se busca determinar la capacidad finita óptima¹⁰, esta se encuentra, a través de la minimización de las pérdidas de flujo de información¹¹, lo cual implica:

$$E_t [W_{t+1}] = W_t \quad (7)$$

$$VVar_t[W_{t+1}] = R^2 \sigma_t^2 + \omega^2 \quad (8)$$

Entonces a través de un canal de información finito el agente optimizador elige una señal que reduce el ruido y esto viene representado por su estado estacionario¹², obteniendo la información óptima de la riqueza como respuesta a las señales de las variables aleatorias mencionadas anteriormente.

$$W_{t+1}^* = W_{t+1} + \xi_{t+1} \quad (9)$$

Donde ξ_{t+1} es el error del procesamiento de la información en $t + 1$. Con ξ_{t+1} independiente de todas las distribuciones aleatorias del sistema. Entonces ahora podemos configurar un sistema separando la señal del ruido, generando un componente estable que permita ser un modelo razonable con la reacción de los datos macroeconómicos. Este ejemplo es una clara muestra de los efectos de la desatención en los comportamientos, los cuales están medidos por la relación señal-ruido, generando que las percepciones de los individuos dada la información captada sea ruidosa por su capacidad de atención y por los factores del entorno, dado las respuestas a estímulos de manera determinística, pero ¿qué sucedería si fueran adoptados de manera aleatoria?

En este sabemos que los individuos siempre buscan maximizar su utilidad representada por las alternativas que eligen. Woodford (2011) en su trabajo “Inattentive Valuation and Reference-Dependent Choice” establece que las elecciones se basan en las perspectivas subjetivas con diferentes incentivos en las distintas opciones disponibles a elegir, la cual está limitada por la capacidad de procesamiento de la información, esta teoría es muy similar a la planteada por Sims (2003); sin embargo tiene un gran diferencia y esta consiste en que los estímulos de los individuos no están dados de manera determinística, por el contrario se originan aleatoriamente, en donde una señal del entorno está dada por una distribución de probabilidades. Las existencias de experimentos hechos por

10 A través de la regla de decisión de un problema determinístico $C_t = (1 - \beta)W_t + \beta \bar{Y}$.

11 Adopta una función cuadrática para la minimización.

12 $\sigma^2 = \frac{\omega^2}{e^{2k} - R^2}$

Donde σ^2 es la información (señal) en t de W . Por lo tanto, un aumento en el ancho de banda del canal, disminuye σ^2 porque el canal habrá aumentado y el agente tiene mayor información para tomar las decisiones de consumo. Por otra parte, un aumento en la varianza del ingreso aumenta la información que se tiene de la riqueza dado que la riqueza depende de la varianza del ingreso.

psicólogos y economistas han generado y argumentado las anomalías de la elección racional, pero una de las que se debe dar explicación es la elección estocástica, es decir, analizar la manera en que un sujeto determinado, no necesariamente elije la misma elección en diferentes conjuntos de alternativas, dado un igual conjunto de elección. Para explorar este fenómeno Woodford se basa en tres teorías bases que ya fueron argumentadas anteriormente. Primero McFadden (1999) y cuyas anomalías se establecen con errores en la percepción. Segundo la teoría prospectiva desarrollada por Kahneman y Tversky (1975) y por último la teoría de desatención racional abordada por Sims (2003). Restricciones relevantes en el proceso de información, anomalías cognitivas que aparecen en el comportamiento económico que surgen por errores de percepción y por último una capacidad de atención limitada, cuyas percepciones no pueden ser definidas con exactitud, lleva a inferir que los estímulos e incentivos surgen aleatoriamente.

La teoría económica modela información parcial de los agentes conocidos como tomadores de decisiones, los cuales dividen su percepción de la realidad, sin embargo en un contexto de información limitada el agente debe ser consciente del procesamiento de la información, conociéndose como enfoque parcial desarrollado por Lipman (1995), es decir, las limitaciones de información implica para el agente tomador de decisión una representación subjetiva de la realidad determinística. Entonces no se podría establecer o distinguir los estados, sin embargo existen hallazgos hechos por la psicofísica en la cual los individuos responden aleatoriamente a estímulos relativamente similares. Así mismo teorías como la “Teoría de la Detención de la Señal”¹³, en donde la aleatoriedad de los individuos se atribuye a existencia de una distribución de probabilidad en las percepciones subjetivas asociadas a cada estímulo definido, y a su vez la probabilidad de error en la identificación del estímulo observado determina el grado de las distribuciones de las posibles percepciones subjetivas se superponen, es decir, los estímulos son objetivamente similares que se confunden entre sí, porque las probabilidades de ocurrencia de las percepciones son similares.

Todo lo contrario puede ocurrir con las señales que percibe el individuo del entorno, la naturaleza de las limitaciones de la percepción, en la cual el mecanismo perceptual se ha desarrollado óptimamente adaptado a las circunstancias del organismo.¹⁴ Existe una gran evidencia que indica que las personas son capaces de variar su capacidad de atención prestada a diferentes aspectos del entorno; por ejemplo, se puede prestar más atención a una parte de nuestro entorno si nos enfocamos ópticamente en una dirección.; sin embargo, aún no se tiene claro los efectos en los problemas de procesamiento de la información.

13 Véase Green y Swets, (1966).

14 Evidencia experimental disponible por la psicología experimental y la neurobiología.

Ahora nuestra inquietud es, ¿cómo evaluar la atención cuando las percepciones son aleatorias y las señales de nuestro entorno son endógenas? Para ello Woodford se basa en un experimento desarrollado por Shaw y Shaw (1977), el cual consiste en evaluar la percepción del individuo a través de la localización de tres tipos de letras en ocho posibles localizaciones, este experimento tiene una particularidad, la probabilidad de aparición en los diferentes lugares no es necesariamente uniforme, dado esta condición fundamental y usando la metodología adopta por Sims se evalúa la percepción subjetiva de un estado r en base de una probabilidad para una percepción subjetiva en el caso de que su estado sea verdad x , determinándolo a través de un conjunto de probabilidades $P(r/x)$, utilizando la fórmula de reducción de incertidumbre (entropía).

$$I = E \left[\log \frac{P(r|x)}{P(r)} \right] \quad (10)$$

Pero en este caso r no solo es una representación estocástica, ahora que las percepciones subjetivas son aleatorias se acota las representaciones en las medidas más difusas de la representación de r y x reduciendo la información mutua, para ello se maximiza una medida de desempeño π sujeto a un límite superior en I , con un costo de capacidad de procesamiento de información θ .

$$\max \Pi - \theta I \quad (11)$$

Dado que Sims identifica que el mejor costo de capacidad de información se da al superponer las distribuciones de probabilidad representadas, entonces siguiendo el experimento de Shaw y Shaw, donde la distribución no es uniforme, la información mutua no podrá reasignar su atención, esto significa que la organización de las representaciones disponibles se dan en estados de menor probabilidad, significando que *la Teoría de Desatención Racional no puede darse cuenta de esta reasignación* y es por ello que se necesita de una medida de costo de mayor conciencia que sea capaz de distinguir entre dos estados de baja probabilidad. Existe una posible alternativa para esto que consiste en asumir una capacidad de información necesaria para arreglar una relación estocástica, que ahora no estará enfocada en la ocurrencia de los estados, si no en la velocidad de transmisión de información. Sin embargo en esta alternativa, es costoso hacer arreglos para el conocimiento de estados de baja probabilidad, pero el canal puede generar un conocimiento preciso, dado la transferencia de información, entonces se propone una medida de procesamiento de la información, implementando una relación estocástica utilizando el costo de capacidad de información representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{dZ}{de_i} = \pi_i - \theta \frac{\exp(-h(e_i))h'(e_i)}{\sum_i \exp(-h(e_i))} \quad (12)$$

Esta medida representa la capacidad de información, que depende solo de la relación estocástica, proponiendo que cualquier relación estocástica entre las representaciones subjetivas, en donde cualquier estado posible este en función del límite de la capacidad necesaria de información, es decir, este enfoque considera un costo de información acorde con la capacidad de procesamiento de información en lugar del valor de la entropía para diferentes estados de probabilidad, sin embargo la aleatoriedad de las perspectivas para este caso, implicaría que para una reducción de incertidumbre en estados de baja probabilidad el costo sería alto para un beneficio pequeño.

Es difícil determinar representaciones simplificadas, para ello surge el modelo planteado por Gabaix (2011), este modelo consiste en recoger la acción óptima de su representación del mundo, proporcionando un procedimiento tratable, donde utiliza el agente racional como caso particular y analiza las cuestiones económicas bajo racionalidad limitada. Este modelo simplificado de la realidad está diseñado para ser manejable en algunas dimensiones de la racionalidad limitada y ser aplicable en situaciones económicas concretas e inyectando racionalidad limitada de los modelos existentes. Pero esto trae consigo una inquietud, necesitamos una gran cantidad de recursos perceptivos ¿Cómo se obtiene estos conocimientos? Primero se debe tener en cuenta que tomar una decisión está determinada por la ponderación de muchos factores, estos factores son información de la realidad, variables económicas, de bienestar, ambientales, culturales, etc. Esta información puede ser obtenida fácilmente, por el contrario un punto relevante del modelo consiste en la independencia de las unidades de los factores.

El modelo está representado por una función de valor $V(a, x, m)$, la cual presenta la toma de decisiones que se desea maximizar:

$$\max_a V(a, x, \mu) \quad (13)$$

En donde a , representa el factor multidimensional, es decir, maximiza las diferentes acciones; m indica las decisiones elegidas por los agentes y por último μ que determina el parámetro del modelo verdadero, es decir, toma todos los factores que representa la realidad. Entonces se propone un algoritmo que genere el comportamiento de los agentes, este se conoce también como modelo de Racionalidad Acotada Escasa. Dada las condiciones se elige una forma óptima de representación del mundo, utilizando la matriz de pérdida de realismo:

$$\Lambda = -E[V_{am} V_{aa}^{-1} V_{am}] \quad (14)$$

El agente elige su forma óptima escasa de la representación de la realidad, está es dada por la solución:

$$\min_m \frac{1}{2} (m - \mu)' \Lambda (m - \mu) + k[m] \quad (15)$$

La primera parte representa la pérdida esperada de este modelo imperfecto m , mientras que la segunda parte constituye el costo psíquico que es penalizado por la falta de dispersión del modelo, debiéndose a los factores dejados por fuera en el modelo, que para el agente no son relevantes. El siguiente paso consiste en estimar la función de valor, ahora incluyendo los parámetros elegidos por el agente y el sesgo generado por la elección de estos factores y excluyendo los restantes:

$$\max_a V(a, x, m) - k[a] \quad (16)$$

Ahora tenemos dos parámetros que indican el costo de las desviaciones para el modelo real, como para el modelo elegido por el agente. Entonces si ambos son iguales la toma de decisiones es elegida por el agente que representa al modelo real. ¿Ahora qué sucedería si el desvío por la acción elegida es cero? la intuición es simple la alternativa elegida por el agente para representar la toma de decisiones de la realidad es la correcta, es decir $m = \mu$ y por lo tanto solo va estar expresado por los desvíos de modelo que representa la realidad.

No obstante, que sucede con las acciones elegidas por el agente, con los desvíos cuando la información se presenta categorizada. Como se explicó anteriormente la información categorizada es una aproximación al pensamiento Bayesiano, y surge con el propósito de minimizar el esfuerzo cognitivo generando mayor información, esto es clave, ya que el agente simplifica la elección de sus acciones; sin embargo categorizar la información tiene como implicación pérdida de información al compararse las diferentes categorizaciones, esta pérdida de información conlleva ajustar de nuevo el modelo de elección donde pueda integrar las diferentes alternativas, sin embargo genera un gran cambio, ya que ahora la elección de la acción categorizada no solo va a estar en función de la acción de referencia y del desvío, ahora se agrega el sesgo de las demás alternativas, cuya información ha sido pérdida por la categorización, para poder encontrar una representación que ajuste estas condiciones y pueda simplificar la elección de las acciones respecto a una acción de referencia, con un costo en obtenerla y aproximarlas.

Como se menciona anteriormente un modelo que represente el entorno, basado en las alternativas del agente siempre presentará un desvío o sesgo, la pregunta ahora sería, ¿es posible atenuar el desvío sin recurrir a difíciles aproximaciones? Es difícil pensar en llegar a un modelo perfecto, sin embargo es posible atenuarlo al concentrarse en las diferencias de las alternativas y no en ellas en sí mismas. Koszegi (2011) en su trabajo "A Model of Focusing in Economic Choice", plantea esta alternativa que explicaremos a continuación. Los agentes económicos suelen concentrarse en ciertos detalles de sus alternativas, si estas son ventajosas o desventajosas a la hora de elegir, un ejemplo de ello son los efectos de la elección bajo una dispersión en los precios, en donde las firmas responden fuertemente o débilmente ante los cambios. Ante esta evidencia el Modelo de Enfoque surge para dar respuesta a este comportamiento, este modelo tiene como

hipótesis general que las diferencias entre las alternativas atraen la atención de los agentes y esto con lleva a una disminución de la dispersión de las mismas.

Utilizando una función de utilidad ponderada de un modelo clásico, cuyo ponderador está dado por los cambios de las alternativas (véase ecuación (17) y (18)).

$$\tilde{U}(c) = \sum_{k=1}^K g_k u_k(c_k) \quad (17)$$

Con un ponderador de enfoque:

$$g_k = g(c_k) \quad (18)$$

Sin embargo no todas las comparaciones afectan el enfoque de los individuos y por lo tanto la estimación del ponderador es difícil, no obstante se puede llegar, siempre y cuando se tenga una buena especificación de las alternativas; pero, ¿cómo especificarlas o diferenciarlas? Como se argumentó anteriormente las decisiones de mercado son sesgadas hacia alternativas con mayor ventaja que desventaja e inversamente también se sesga a alternativas más concentradas en sus desventajas que en sus ventajas e igualmente pueden concentrarse ambas, este argumento es clave debido a que la elección de las alternativas del agente se enfoca en la concentración de las ventajas y desventajas para las diferentes alternativas. Entonces basándonos en el modelo clásico, los individuos eligen las alternativas que más incrementen su utilidad que en este caso son las opciones concentradas en sus ventajas.¹⁵ Bajo este esquema el sesgo o el desvío en las alternativas es menor siempre y cuando las alternativas elegidas por los agentes tengan igual concentración en sus ventajas como en sus desventajas.

Lo anterior nos permite afirmar que la predicción del sesgo no es compatible con la Teoría de la Prospectiva, por el simple hecho que para poder evaluar las perspectivas dadas una función de valor, se necesita de un punto de referencia, como también de los desvíos o las llamadas características de referencia. Entonces el modelo de enfoque atenúa este desvío lo que permite una pérdida de sensibilidad implicando una preferencia de segregación de ganancias e integración de perdidas relativo al punto de referencia. Este fallo consolida la falta de medición bajo este enfoque al mismo tiempo que obliga al Modelo de Enfoque a utilizar el modelo racional, el cual como se explicó anteriormente, bajo ciertas condiciones es incoherente para explicar el comportamiento de los agentes.

Segundo, la concentración del sesgo es clave en los modelos de comportamiento, principalmente en las predicciones de la elección temporal, las cuales en sus predicciones unifica las diferencias en las alternativas y sus intuiciones. Sin embargo a su vez genera inconsistencia temporal, ya que no es posible del todo definir el tipo de acciones

15 Esto se cumple dado los supuestos de monotonidad y continuidad, por lo tanto las alternativas son más elegible cuanto mayor se concentren en sus ventajas, así mismo son menos preferibles si su concentración se da en las desventajas.

o alternativas sin desvío antes y después de la elección. Por lo tanto, el Modelo de Enfoque no es compatible a elecciones de alternativas sujetas a probabilidad, es decir, no es útil para alternativas con incertidumbre, que lo hace un modelo proxy de la realidad, pero débil, en su aplicación potencial.

Otro enfoque nos permite alcanzar el objetivo propuesto, se sustenta en el enfoque propuesto por Bordalo, P., Gennaioli, N., & Schleifer, A (2011), el modelo consiste en determinar la elección de alternativas (rendimientos monetarios x_s^i , bajo un conjunto de estados y probabilidades, para ello los agentes utilizan una función de valor con 0 como punto de referencia.

$$V(L_i) = \sum_{s \in S} \pi_s v(x_s^i) \quad (19)$$

Los agentes eligen como calculadores locales sobre ponderando los estados más significativos o con mayor visibilidad, para llegar a ello primero se debe establecer los principales estados s para cada alternativa, dado esto se clasifica la probabilidad π_s , entonces se sustituye por una alternativa que represente la decisión específica.

$$\mathbf{X}_s = (x_s^i)_{i=1,2} \quad (20)$$

Por lo tanto formalmente la *saliencia* se define como el vector de alternativas evaluadas en los estados de mayor visibilidad, la cual es acotada, se incrementa en la medida en que las alternativas de elección son cada vez más distantes (ordenada), disminuye a medida que se encuentra en un estado de alternativas medias, según el punto de referencia (disminución) y su magnitud cambia no solo para las ganancias, lo hace también para las pérdidas (reflexión). Entonces bajo estas condiciones añadiéndole las propiedades de simetría y convexidad el modelo evalúa las alternativas a través de las ponderaciones relativas a los estados más sobresalientes. Ahora el modelo capta el grado de pensamiento local para las alternativas con mayor divisibilidad. Sin embargo se debe determinar bajo qué condición los agentes representan mejor sus alternativas. En la percepción humana, un estímulo sensorial genera una representación subjetiva, la cual se incrementa con mayor estímulo, y cuya fuerza está representada por las alternativas elegidas, lo que hace la función de saliencia es calcular la intensidad con la que estos estímulos son percibidos y para ello suponemos que el agente se concentra en los estados más deseados, enfocándose en ello y aproximada a su capacidad de atención.

Después de semejante argumento, ¿bajo qué contextos económicos o mejor aún, qué aplicaciones económicas pueden traer esta teoría? Los modelos de fijación de precios para los activos son ejemplo de ello, los inversionistas comúnmente distribuyen su riqueza en dos estados, presente y futuro, según su oferta. La evaluación de la inversión depende de la función de utilidad, la cual debe ser cóncava, estos argumentos ya lo conocemos, lo que desconocemos es que ahora la teoría de la elección estándar de la

inversión se concentra en un pensador local, es decir, a la hora de decidir comprar un activo adicional, el inversionista evalúa el incremento de ganancia máxima, obteniendo la clasificación relevante de los activos¹⁶. Dado esto la saliencia surge de la comparación de dichos activos en el mercado y no con los estados del portafolio de los inversionistas. Ahora el inversionista piensa en su activo, con mayor valor esperado en su pago, incentivando una mayor compra, sobre todo en un estado con mayor utilidad marginal de consumo. Dado esto si se incrementan las ganancias los activos son más sobresalientes, siendo subestimados, lo cual determina un comportamiento más prudente, es decir, adverso al riesgo.

3. Conclusiones

Las crisis económicas recientes han tenido como factor fundamental estar relacionadas con los procesos de decisión de los agentes, los sesgos de información, las fallas del entorno han contribuido en desviar o generar cierta distorsión en los agregados macroeconómicos. Los modelos y teorías planteados anteriormente, buscan generar un nuevo análisis o una nueva alternativa de explicar los fenómenos en donde la teoría racional ha quedado limitada.

Sin embargo no todos los modelos son relevantes para el análisis de los temas macroeconómicos, un ejemplo, es la Teoría de la Prospectiva, la cual no puede generar implicaciones económicas, debido a que su teoría basada en las desviaciones sistemáticas de la racionalidad, está relacionada con acciones arbitrarias.¹⁷ Es decir, se deben realizar ciertas situaciones que determinen la irracionalidad de los agentes, pero los individuos que toman decisiones arbitrarias son limitados en los mercados y a su vez son los mercados los que protegen a los agentes de la arbitrariedad¹⁸. Así mismo los modelos de “perdida de realismo”, no son suficientes, por una sencilla particularidad y es su endogeneidad en la elección de variables que explican los estados de la realidad, no podemos llegar a un análisis de los fenómenos o del comportamiento de los mercados cuando existe endogeneidad en las variables relevantes.

No obstante, no queremos decir, que ninguno de los temas adoptados pueda contribuir como esquema relevante en los temas macroeconómicos. La teoría de la desatención racional desarrollada por Sims y adoptada por Woodford puede considerarse como un alternativa especial, estos modelos basan las percepciones de los agentes en función de la señales de los mercados, en donde los individuos tienen capacidad finita de procesamiento de información y a nuestro juicio tiende a ser aplicable, ya que no fuerza a generar o determinar condiciones de irracionalidad de los agentes en estado para

16 Donde $x_i = \int x_i'$ es el pago agregado de todos los activos.

17 McFadden, D. (1996). “Rationality for Economists”. *Journal of Risk and Uncertainty*.

18 Efecto dotación y punto de referencia.

probabilidades extremas, simplemente busca determinar a través del flujo de información la representación de los agentes en respuesta a las señales del mercado, lo que lo hace atractivo es tratar de inferir mejor los fenómenos macroeconómicos. Debemos tener una cosa en claro, el entorno macroeconómico está determinado por el comportamiento agregado de los agentes, y este factor, es la columna vertebral del entorno económico como también en los efectos de la política económica, ya que al poder utilizar estas teorías o mecanismos, modelos como los de fijación de precios y modelos de equilibrio de mercado pueden ser abordados de manera que se atenúan las anomalías o los sesgos de la decisión de los agentes.

La teoría económica fundamenta perfecta información de las variables de elección de los agentes, sin embargo con los argumentos anteriores el supuesto de información perfecta debe ser evaluado o para no irnos tan lejos, por lo menos debe ser revisado en ciertos estados de representación de los individuos, ya que los agentes no tienen perfecto conocimiento de los agregados económicos y de hecho solo pueden tener una idea aproximada de las condiciones de producción e intercambio económico, es por ello que todo estudio económico se beneficiará al prestar mayor atención en la forma de las percepciones de los individuos y como ellos influyen en su toma de decisiones, ya que las anomalías cognitivas siempre aparecerán en el comportamiento humano y que surgen en los errores de percepción, en un campo que siempre se ha caracterizado por respetar sus axiomas, pero las continuas fallas de mercado, desencadenadas por acciones irracionales de los agentes y las incesantes políticas de protección nos ha llevado a analizar este interesante temario, en donde cada vez más queda demostrado que no solo es problema de axiomas y de estimación de datos, simplemente nuestros pronósticos desde un principio tienen limitaciones.

4. Referencias

- Bordalo, P., Gennaiolo, N., y Schleifer, A. (2011). Saliency Theory of Choice Under Risk. *NBER Working Paper*, 1243-1285.
- Gabaix, X. (2011). Starsity-Based Model of Bounded Rationality. *NYU Stern, CEPR and NBER*.
- Kahneman, D., y Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision Under. *Econometría*, 263-292.
- Kahneman, D., Farrar, Straus, y Giroux. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York: Macmillan.
- Köszegi, B., y Szeidl, A. (2011). A model of Focusing in Economic Choice. *The Society for economic Dynamics*.
- Leland, J. (1994). Generalized Similarity Judgments; An Alternative Explanation for Choice. *Journal of Risk and Uncertainty*, 151-172.
- Leland, J. (2010). The Hunt for a Descriptive Theory of Choice Under Risk: A View from the Road Not Taken. *Journal of Socioeconomics*, 569-577.
- McFadden, D. (1996). Rationality for Economist? *Journal of Risk and Uncertainty*.
- Michael, W. (2012). A Model of Valuation and Reference-Dependent Choice.
- Ramachandran, V. (2011). *The Tell-Tale Brain*. New York: Norton.
- Sendhil, M. (2002). Thinking Through Categories.
- Sims, C. (2003). Implications of Rational Inattention. *Journal of Monetary Economics*, 665-690.
- Sims, C. (2005). Rational Inattention: a Research Agenda. *Deutsche Bundesbank*.

5. Apéndice

Encuentre que los que resuelven:

$$\pi_i = \frac{\theta}{\sum_m \exp(-h(e_i))} \exp(-h(e_i)) h'(e_i)$$

Sea la fórmula de la Información Mutua:

$$I = -\sum_i \pi_i \log \pi_i + \log 3 - \sum_i \pi_i h(e_i) \text{ Donde } h(e_i) = -(1-e_i) \log(1-e_i) - e_i \log \frac{e_i}{2}$$

Sea $C = \max_{\pi} I(e_i, \pi_i)$ la restricción de capacidad, entonces aplicando las condiciones de primer orden y recordando la normalización $\sum_i \pi_i = 1$, podemos llegar a la probabilidad óptima π_i^* .

$$\pi_i^* = \frac{\exp(-h(e_i))}{\sum_i \exp(-h(e_i))}, \text{ podemos establecer el costo de capacidad máxima.}$$

$c(e_i) = I(e_i, \pi_i^*) = \log 3 + \log(\sum_i \exp(-h(e_i)))$, ahora suponemos que los individuos determinan los de manera de minimizar el error esperado de percepción dada la restricción del costo de capacidad.

$\min(\sum_i \pi_i e_i + \theta C(e_i))$, incorporamos la función Lagrangiana.

$$\mathcal{Z} = \sum_i \pi_i e_i + \theta [C - \log 3 - \log(\sum_i \exp(-h(e_i)))] \text{ y estimando las CPO con respecto a .}$$

$$\frac{d\mathcal{Z}}{de_i} = \pi_i - \theta \frac{\exp(-h(e_i)) h'(e_i)}{\sum_m \exp(-h(e_i))} = 0$$

$$\pi_i = \frac{\theta}{\sum_m \exp(-h(e_i))} \exp(-h(e_i)) h'(e_i)$$

Como se puede observar en la ecuación de la probabilidad de los estados π_i , presenta una relación inversa con relación a las imprecisiones, esto se debe a que una mayor imprecisión disminuye la información mutua y por lo tanto se debe incrementar el costo capacidad de procesamiento de información, generando un beneficio menor en la percepción subjetiva de los individuos, el cual como se definió anteriormente está dada por un proceso estocástico.

