



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ESTUDIOS EN ELECCIÓN INTERTEMPORAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A:

ELENA VILLALOBOS NOLASCO

DIRECTOR:

DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO

REVISOR:

DR. VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO

SINODALES:

DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ

DRA. SILVIA MORALES CHAINÉ

DR. ÓSCAR ZAMORA ARÉVALO

Proyecto PAPIIT IN307214



CIUDAD DE MÉXICO

MAYO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTUDIOS EN ELECCIÓN INTERTEMPORAL

por

ELENA VILLALOBOS NOLASCO

Tesis presentada para obtener el grado de

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

en la

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad de México. Mayo, 2017

*Entre el alba y la noche hay un abismo
de agonías, de luces, de cuidados;
el rostro que se mira en los gastados
espejos de la noche no es el mismo.
El hoy fugaz es tenue y es eterno;
otro cielo no esperes, ni otro infierno.*

EL INSTANTE,
JORGE LUIS BORGES.

Agradecimientos

Quisiera ser más especial para poder mostrarles un atisbo de lo mucho que aprecio que cada uno de ustedes me haya acompañado en este proceso tan importante en mi vida, sobre todo por haber compartido y aguantado carcajadas, alegrías, llantos, quejas e incluso gritos, pero muchos saben que no soy buena con las palabras. Sin embargo, he aquí un pequeño indicio de lo agradecida que estoy con ustedes. Gracias...

A mi madre, Antonia Nolasco García, de quien me siento tan orgullosa, quien me ha acompañado desde el inicio de mi existencia, quien me ha llenado el corazón con su cariño incondicional, quien es mi persona favorita de este mundo y a la que le debo todo lo que soy. La vida no me alcanzará para agradecerte todo lo que me has dado; te amo, mamá.

A mi padre, Arturo Villalobos Vázquez, quien aún en los días más oscuros ha vislumbrado su amor, quien desde pequeña me hizo entender que todo era posible si yo me esforzaba y quien sin su ayuda, hoy nada podría ser posible; gracias pa.

A mi hermana, por tolerar siempre mis tonterías, por prestarme tus cosas, por darme tu cariño y porque cuando sonrías me haces pensar que la vida está llena de esperanza y que todo puede ser posible. Te quiero Ana.

A Rafael Pérez Vargas, quien admiro tanto por ser un gran hombre. Aquella niña que te conoció, ahora es la mujer de la que me siento orgullosa y mucho de ese crecimiento, te lo debo a ti. Gracias compañero de vida por no irte en los momentos más difíciles y por compartir conmigo los buenos.

A Melisa Chávez Guerrero porque aunque la vida te está sorprendiendo, siempre has encontrado el tiempo para aconsejarme, me has procurado y escuchado, eso te prometo, es invaluable para mi y lo agradezco infinitamente. Gracias por ser mi amiga y compañera.

A José Luis Baroja porque siempre estuviste dispuesto a enseñarme todo lo que sabías, porque de ti aprendí lo que más aprecio de la carrera, por haberme mostrado tu manera tan peculiar de ver la vida y por recordarme que la carretera sigue pero lo interesante es que está llena de sorpresas.

Al Dr. Arturo Bouzas, a quien admiro tanto, quien me permitió trabajar en el tan especial Lab 25 y quien me hizo encantarme de la Psicología como disciplina científica.

A mis compañeros del día a día: Manuel Villarreal, Adriana Rincón, Nátaly Yañez, Alejandro Segura, Felisa Chávez, Carlos, Niño y Uriel. Todos ustedes me apoyaron, me escucharon repetidamente, me hicieron no perder el entusiasmo y me ofrecieron su valiosa amistad.

Por último, pero no por eso menos importante, a la familia Nolasco por siempre echarme porras y creer en mí. A Fabiola Palomares porque no olvido los valiosos primeros años de la carrera, a mis compañeros del área por entenderme, a Karla y Pastor mis viejos amigos.

Índice general

1. Introducción	1
2. Marco teórico	5
2.1. Familia de modelos basados en alternativas	5
2.1.1. Descuento temporal y probabilístico	6
2.1.2. Modelos matemáticos	6
2.1.3. Comparaciones entre descuento temporal y probabilístico	8
2.2. Familia de modelos basados en atributos	11
2.2.1. Aditividad en intervalos	11
2.2.2. No-aditividad en intervalos	13
2.2.3. Modelo de intercambio	14
2.3. Transitividad en la elección	17
2.3.1. Variabilidad en la elección	17
2.3.2. Diferencias individuales	18
2.4. Objetivo	20
3. Método	21
3.1. Participantes	21
3.2. Procedimiento	21
3.3. Diseño Experimental	23
4. Resultados	27

5. Modelamiento Bayesiano	35
5.1. Modelos Gráficos Bayesianos	35
5.2. Resultados a nivel individual	39
5.3. Resultados a nivel grupal	46
6. Discusión	49
7. Conclusiones	53

Estudios en Elección Intertemporal

Resumen

Una pregunta central en la literatura de Toma de Decisiones es si Elección Intertemporal y Elección Bajo Riesgo tienen un proceso de decisión común o diferente. Existen dos fenómenos empíricos que son similares en ambas elecciones, pero que no han sido evaluados con los mismos individuos. Este fenómeno se conoce como efectos de intervalo en elección intertemporal, y como intransitividad en elección bajo riesgo. Ambos fenómenos suceden cuando se dividen en segmentos las recompensas temporales y/o probabilísticas. El objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto de dividir en intervalos recompensas temporales y probabilísticas en las elecciones de un mismo grupo de participantes. Con herramientas estadísticas bayesianas, se evaluaron dos clases de modelos: el hiperboloide y el de intercambio; el primero no puede explicar los fenómenos mencionados y los segundos sí. Los resultados mostraron que dividir en segmentos las recompensas temporales y probabilísticas, tiene diferente impacto en los dos tipos de elección. En elección intertemporal este fenómeno se encontró en la mayoría de la muestra, mientras que en elección bajo riesgo solo en algunos participantes. El modelo hiperboloide falla completamente en predecir los efectos de intervalo. Si bien el modelo de intercambio tiene un mejor desempeño para predecir los datos, también tiene ciertas deficiencias para describir un patrón particular de datos observados.

Estudios en Elección Intertemporal

Abstract

A central question within Decision-Making literature is whether intertemporal choice and risky choice have a common decision process. There are two empirical phenomena that are similar in both choices, but they haven't been evaluated among the participants themselves. These phenomena are known as interval effects in intertemporal choice, and as intransitivity in risky choice. Both phenomena happen when temporal and probabilistic rewards are segmented. The purpose of the present work was to compare the effect of dividing temporal and probabilistic rewards, in the same participants. Statistical bayesian tools were used to evaluate two kinds of models: the hyperboloid and the trade-off model; the first model cannot explain the phenomena already mentioned but the second one can. It was found that dividing temporal and probabilistic rewards into segments, has different effects on both kinds of choices. In intertemporal choice this effect was found in most participants, while in risky choice just in few people. The hyperboloid model fails to predict interval effects. Even though the trade-off model has better performance, it also has a type of deficiency in predicting a particular pattern of data.

Capítulo 1

Introducción

Cotidianamente los organismos se enfrentan a situaciones en las cuales tienen que elegir entre consecuencias. El primer criterio para elegir una consecuencia sobre otra puede ser la cantidad de la misma; por ejemplo el dinero, las personas siempre estarán dispuestas a recibir más dinero. Sin embargo, la entrega de dinero u ocurrencia de la consecuencia puede estar condicionada a factores como tiempo o probabilidad. Un ejemplo, con el factor tiempo, es cuando una persona tiene que elegir entre gastarse inmediatamente su sueldo completo o guardar una parte para su jubilación. Un ejemplo, con el factor probabilidad, sería elegir entre invertir en un negocio seguro pero con ganancias pequeñas o a uno con incertidumbre pero con ganancias grandes. La literatura que estudia cómo la gente toma decisiones que involucran tiempo de entrega de las consecuencias se conoce como Elección Intertemporal (Frederick, Lowenstein & O'Donoghue, 2002) y la que estudia cómo se toman decisiones que involucran probabilidad de que ocurra cierta consecuencia se conoce como Elección Bajo Riesgo (Tversky & Fox, 1998).

En ambas elecciones se ha encontrado que las personas suelen elegir la recompensa pequeña sobre la recompensa grande, si a esta última se le agrega una demora de entrega o probabilidad de ocurrencia. En los ejemplos antes mencionados, se observa que las personas prefieren gastarse el dinero inmediatamente, o invertir en el negocio seguro. Ante este tipo de elecciones, se ha argumentado que las personas tienden a elegir la recompensa pequeña debido a que la recompensa grande pierde *valor subjetivo* conforme se le asocia demora de entrega o probabilidad de ocurrencia. Formalmente, la reducción del valor subjetivo conforme incrementa la demora o se reduce la probabilidad de entrega, se conoce como descuento temporal y descuento probabilís-

tico, respectivamente (Green, Fry & Myerson, 1994; Rachlin & Green, 1972; Rachlin, Raineri & Cross, 1991).

Las elecciones entre recompensas temporales y probabilísticas parecen estar relacionadas de diversas maneras. Una de ellas, ya mencionada, es el descuento del valor subjetivo. Otra es que el tiempo y la probabilidad están correlacionadas una con la otra en el mundo real; cualquier cosa demorada es casi por definición probable, así como cualquier cosa probable toma tiempo de resolver. De hecho, en la literatura se ha planteado cierto paralelismo en el comportamiento de ambas elecciones, el cual contribuye a hacer una serie de cuestionamientos fundamentales en la Teoría de Elección. Estas preguntas son si un mismo proceso de decisión subyace en ambas elecciones, si las mismas variables influyen o si los mismos sujetos se comportan similarmente con recompensas temporales y probabilísticas. Ante estos cuestionamientos se han presentado diferentes respuestas, algunas indican procesos subyacentes opuestos y otras procesos similares (Prelec & Loewenstein, 1991, Rachlin et al., 1991).

Para encontrar las diferencias y/o similitudes en el proceso subyacente detrás de elecciones temporales y probabilísticas, se utilizan modelos matemáticos que intentan dar cuenta de los fenómenos empíricos que suceden en ambas elecciones. Los modelos se pueden clasificar en dos grandes familias, la primera conocida como modelos de elección basados en alternativas y la segunda como modelos de elección basados en atributos.

Los modelos de la familia de alternativas se refieren a los que han dominado la literatura de elección, como el modelo exponencial, hiperbólico e hiperboloide. En esta familia de modelos la regla de decisión radica primero en asignar un valor general (subjetivo) a cada alternativa, después en comparar los valores y finalmente en elegir la alternativa que tenga mayor valor. Cada uno de estos modelos describen, de manera diferente, cómo se descuenta el valor subjetivo de alguna alternativa en función de la demora o probabilidad de ocurrencia. El modelo que ha demostrado describir adecuadamente tanto el descuento temporal como el probabilístico es el hiperboloide (Green & Myerson, 2004; McKerchar et al., 2009; Rachlin et al., 1991).

El hecho de que el mismo modelo (hiperboloide) describa datos tanto de descuento temporal como de probabilístico, ha proporcionado un marco teórico de referencia común que permite hacer comparaciones entre los dos tipos de descuento. Dentro de este marco se utilizan procedimientos y aproximaciones analíticas análogas que hacen que la adecuación de datos y estimación

de parámetros de ambas elecciones pueda ser equiparable. Si no se hace de esta manera, las diferencias en los resultados se pueden deber a las diferencias en el procedimiento o análisis realizado y no al proceso de decisión subyacente en ambas elecciones (Green & Myerson, 2004).

La segunda familia de modelos es la que tiene una regla de elección basada en atributos, en la cual se elige en función de las diferencias entre los elementos comunes de las alternativas. En otras palabras, el individuo tomará la decisión analizando cuál de las demoras/probabilidades de las dos alternativas es más conveniente, y realizará lo mismo para las cantidades de las recompensas; la alternativa que genere más conveniencia será la elegida.

La propiedad que distingue a la familia de atributos de la de alternativas es el *supuesto de aditividad*, el cual la familia de alternativas lo asume, mientras que la de atributos no. Este supuesto se refiere a que el descuento total de un intervalo no depende de si el intervalo está dividido en segmentos o no (Scholten & Read, 2010). El no asumir este supuesto permite dar cuenta de una serie de fenómenos empíricos. En elección intertemporal estos fenómenos se conocen como *efectos de intervalo* y se refieren a que hay mayor/menor descuento en los subintervalos que en el intervalo completo (Scholten et al. 2014); mientras que en elección bajo riesgo se conocen como *intransitividad* que se refiere a elegir C sobre A, cuando se ha elegido A sobre B y B sobre C (Tversky, 1969).

Los efectos de intervalo e intransitividad parecen ser equivalentes empíricamente debido a que se violan axiomas que son similares, en elección intertemporal se viola aditividad, mientras que en elección bajo riesgo se viola transitividad. En ambas elecciones sucede que si se dividen en subintervalos las alternativas, los individuos parecen cambiar de preferencia. Si los sujetos parecen comportarse de manera similar ante la segmentación de alternativas temporales y probabilísticas, y tomando en cuenta que utilizar procedimientos y aproximaciones analíticas análogas permite observar si existe un mismo proceso subyacente, entonces adviene el cuestionamiento de si estos fenómenos funcionan de la misma manera en un mismo individuo. Esto se deriva en el objetivo del presente trabajo que fue: observar, en los mismos individuos, el impacto de usar subintervalos o intervalos en recompensas temporales y probabilísticas. Adicionalmente, se evaluaron dos modelos, el modelo hiperboloide, proveniente de la familia de modelos basados en alternativas, y el modelo de intercambio, proveniente de la familia de atributos. La familia de alternativas no puede dar cuenta de los efectos de intervalo e intransitividad mientras la de

atributos sí.

Los siguientes capítulos del presente texto se enfocarán a plantear y responder esta pregunta. En el capítulo 2 se presentan las bases teóricas de cada familia de manera detallada. Primero se presentará la familia de modelos basados en alternativas, con sus respectivos modelos y con las comparaciones que se han hecho entre descuento temporal y probabilístico. Después se presentará la familia de modelos basados en atributos, explicando el supuesto de aditividad, lo que implica en términos matemáticos y empíricos, y lo que sucede cuando no se asume este supuesto. Por último se presenta intransitividad, que es similar a los efectos de intervalos, desde la perspectiva de elección bajo riesgo.

El capítulo 3 presenta el método, en el cual se describe de manera detallada las dos tareas similares utilizadas; una para recompensas temporales y otra para recompensas probabilísticas.

El capítulo 4 presenta los datos crudos, primero a nivel individual y después a nivel grupal. En estos se encontró que sólo un sujeto presentó efectos de intervalo e intransitividad en ambas pruebas, mientras que la mayoría de los participantes presentaron efectos de intervalo en la prueba de tiempo y no en la prueba de probabilidad.

El capítulo 5 presenta los resultados de las evaluaciones de los modelos, primero a nivel individual y después a nivel grupal. En éste se comparó el modelo hiperboloide contra el modelo de intercambio con herramientas estadísticas bayesianas. Se encontró que el modelo de intercambio se adecua mejor a los datos que el modelo hiperboloide, tanto en elección intertemporal como en elección bajo riesgo. Sin embargo, existe cierto patrón de datos que el modelo de intercambio falla en describir.

El capítulo 6 presenta la discusión, en la cual se habla de los hallazgos del presente trabajo. Éstos indican que si se dividen en segmentos las recompensas, los individuos se comportan de manera diferente entre recompensas temporales y probabilísticas. Finalmente, también se discute que la regla utilizada en la familia de modelos basados en atributos, puede ser la más indicada para describir la elección.

Capítulo 2

Marco teórico

Los organismos constantemente se encuentran en situaciones donde tienen que elegir entre consecuencias que varían en su tiempo de entrega o en su probabilidad de ocurrencia. La elección entre consecuencias que suceden en diferentes puntos del tiempo se conoce como Elección Intertemporal (Frederick, Lowenstein & O'Donoghue, 2002). La elección entre consecuencias donde se conoce la probabilidad de entrega se denomina como Elección Bajo Riesgo (Tversky & Fox, 1998). Para explicar y describir, elección intertemporal y elección bajo riesgo, se han propuesto diversos modelos que intentan dar cuenta de los fenómenos empíricos encontrados en ambas elecciones.

Los modelos propuestos para explicar elección intertemporal y elección bajo riesgo se pueden categorizar en dos grandes familias, cada una de las cuales implica un proceso de decisión diferente. A una familia se le conoce como *modelos de elección basados en alternativas*, mientras que a la otra se le conoce como *modelos de elección basados en atributos*. El presente trabajo se enfocará en describir las diferencias y similitudes entre elección intertemporal y elección bajo riesgo, con respecto a los fenómenos empíricos que cada familia de modelos puede explicar. Primero se presentará la familia de modelos basados en alternativas y después la de atributos.

2.1. Familia de modelos basados en alternativas

Históricamente, la familia que ha sido estudiada extensamente y que primero dominó la literatura, es la de modelos basados en alternativas (Urmisky & Zauberman, 2014). Esta familia,

se desarrolló a partir de que se asumió que el *valor subjetivo* de recompensas se descontaba en función de la demora y/o la probabilidad de ocurrencia. De hecho, todos los modelos matemáticos basados en alternativas se enfocan en la forma en la que se descuenta el valor subjetivo de recompensas demoradas y/o probabilísticas. Una vez que se tienen los valores subjetivos descontados de cada alternativa, se utiliza la regla de decisión de maximización, según la cual se elige la alternativa con mayor valor subjetivo.

2.1.1. Descuento temporal y probabilístico

Para elección intertemporal, los organismos se enfrentan a situaciones en las cuales deben de elegir entre una recompensa pequeña e inmediata (RPI) y una recompensa grande y demorada (RGD), ante éstas se observa que se tiende a elegir la recompensa pequeña inmediata (Rachlin & Green, 1972). Esta decisión se puede describir asumiendo que la recompensa grande pierde valor subjetivo por la demora asociada a su entrega. Formalmente, a la reducción del valor subjetivo de una recompensa conforme el tiempo de su entrega incrementa, se conoce como *descuento temporal* (Green, Fry & Myerson, 1994).

Así como sucede en elección intertemporal, en elección bajo riesgo se observa que si los organismos tienen que elegir entre una recompensa pequeña segura (RPS) y una grande probable (RGP), prefieren la recompensa pequeña. Este resultado puede modelarse asumiendo que el valor de la recompensa se descuenta como una función inversa a su probabilidad de ocurrencia, lo que se conoce como *descuento probabilístico* (Rachlin, Raineri & Cross, 1991).

2.1.2. Modelos matemáticos

Para entender el proceso subyacente al descuento temporal y probabilístico, se han propuesto modelos matemáticos que describen los cambios en el valor subjetivo de las recompensas (Green & Myerson, 1995). La función matemática que describe mejor al descuento temporal y probabilístico es el modelo hiperboloide (Green, Fry & Myerson, 1994; McKerchar et al., 2009):

$$V = \frac{A}{(1 + \kappa * X)^s} \quad (2-1)$$

donde V es el valor subjetivo de una recompensa demorada o probabilística y A es la cantidad monetaria de la recompensa. X representa la demora o la probabilidad; para esta última se traduce en los momios en contra de la entrega de la recompensa: $X = \frac{1-p}{p}$, donde p es la probabilidad de obtener la recompensa. El modelo hiperboloide tiene dos parámetros libres: 1) el parámetro κ que refleja la tasa de descuento del valor subjetivo y representa la sensibilidad de los organismos al paso del tiempo o a la probabilidad de ocurrencia; valores lejanos a cero implican descuento más pronunciado. Y 2) el parámetro s , que representa un escalador no lineal entre cantidad y tiempo/probabilidad; si tiene valores menores a uno la curva de descuento decreta menos pronunciadamente con demoras largas o con baja probabilidad de entrega (Myerson, Green & Morris, 2011; Green & Myerson, 2004; Green, Myerson & Vanderveldt, 2014).

Con el fin de encontrar el modelo que mejor describa datos de descuento, el modelo hiperboloide se ha contrastado contra otros dos modelos muy conocidos en la literatura de descuento. Uno de ellos es la función hiperbólica (Mazur, 1984) que es equivalente a la función hiperboloide (Ecuación 1-1) cuando el parámetro s es igual a 1. Y el otro es la función exponencial (Samuelson, 1937):

$$V = Ae^{-D*\kappa} \quad (2-2)$$

donde V es el valor subjetivo, A es la cantidad de la recompensa, D la demora y κ el parámetro que refleja la tasa de descuento. La función exponencial asume descuento constante, el cual difiere de la función hiperboloide, que asume que el descuento decreta con demoras largas. Esta diferencia permite que el modelo hiperboloide puedan dar cuenta de la reversión de preferencias (i.e. elección por la recompensa grande cuando se incrementa la misma demora a ambas recompensas) y el modelo exponencial no. Además, en los estudios donde se han comparado los tres modelos, el que mejor desempeño tiene es el hiperboloide, después el hiperbólico y al último el exponencial (McKerchar et al., 2009).

Con respecto a descuento probabilístico, también hay dos modelos con los cuales se puede contrastar la función hiperboloide. Uno de estos modelos es la función hiperbólica y el otro es el valor esperado, que es el producto de la cantidad monetaria por la probabilidad de ocurrencia. Nuevamente la función hiperboloide tiene la mejor adecuación a los datos (Green & Myerson, 2004; Green, Myerson & Vanderveldt, 2014; Rachlin et al., 1991).

El procedimiento generalmente utilizado para estimar el valor subjetivo de las recompensas demoradas y probabilísticas, se conoce como método de ajuste a la magnitud. En este procedimiento se generan elecciones entre una RGD y una RPI, para tiempo; y una RGP y una RPS, para probabilidad. La recompensa grande se mantiene fija mientras que la cantidad de la recompensa inmediata/segura incrementa o decrementa a partir de la elección de los participantes en la pregunta precedente. Esto sucede hasta que se encuentra el punto de indiferencia, que se refiere a cuando es igual de probable elegir alguna de las dos alternativas. El punto de indiferencia se hace equivalente al valor subjetivo de la recompensa fija (RGD o RGP). El procedimiento se repite para la misma cantidad pero con diferentes demoras o probabilidades. El conjunto de estos puntos genera las curvas de descuento que indican cómo decrementa el valor subjetivo de una sola cantidad ante el paso del tiempo o conforme los momios en contra de la entrega incrementan (Green, Myerson & Vanderveldt, 2014).

2.1.3. Comparaciones entre descuento temporal y probabilístico

El hecho de que la función hiperboloide provea una muy buena descripción de datos tanto de descuento temporal como de descuento probabilístico proporciona la base para un marco teórico de referencia que permite hacer comparaciones sin confusión de estos dos tipos de descuento. Utilizar procedimientos análogos para estimar el valor subjetivo y adecuar datos de descuento temporal y probabilístico a la misma función hiperbólica son esenciales para este proyecto. Si procedimientos y aproximaciones analíticas análogas no se utilizan, entonces cualquier diferencia observada es difícil de interpretar. Esto es debido a que cualquier diferencia en los resultados se pueden deber a las diferencias, ya sea del procedimiento o la aproximación, en lugar de ser un reflejo de una diferencia verdadera en el proceso de toma de decisiones que subyace al descuento temporal y probabilístico (Green, Myerson & Vanderveldt, 2014).

El uso de procedimientos y funciones matemáticas análogas para comparar descuento temporal y descuento probabilístico ha permitido observar los siguientes fenómenos empíricos en ambas elecciones:

Reversión de preferencias

Reversión de preferencias es un fenómeno común en descuento temporal y probabilístico. En descuento temporal ocurre cuando la gente elige la recompensa pequeña inmediata cuando las dos demoras son cercanas al presente, pero cambian su elección a la recompensa grande demorada cuando la misma cantidad de tiempo es agregada a las dos demoras (Green, Fristoe & Myerson, 1994). En descuento probabilístico, reversión de preferencias se refiere a elegir la alternativa grande menos probable cuando las probabilidades de recibir cualquiera de las dos recompensas son bajas, pero revertir la preferencia en favor de la recompensa pequeña más probable cuando las probabilidades de recibir cualquiera de las dos recompensas incrementan proporcionalmente (Rachlin et al., 1991).

En descuento temporal, reversión de preferencias no puede ser descrita por la función exponencial (ecuación 2-2), que es el modelo normativo de los economistas, en el cual se asume una tasa de descuento constante. Sin embargo, la función hiperboloide puede dar cuenta del fenómeno porque asume una tasa de descuento decreciente, donde los periodos de tiempo inmediatos se descuentan más que los periodos demorados (Lowenstein & Prelec, 1992).

En elección probabilística, reversión de preferencias se predice para la paradoja de Allais (Allais, 1953 en Tversky & Kahneman, 1992), la cual sucede cuando las diferencias entre probabilidades que van de .99 a 1 tienen mayor impacto sobre las preferencias, que las diferencias que van de .10 a .11; por lo que cuando las recompensas tienen probabilidades altas, se tiende a preferir la opción más segura y cuando las probabilidades son bajas, se prefiere la alternativa menos segura. Esta paradoja no puede ser descrita por la función de valor esperado propuesta por los economistas. Sin embargo, al igual que en descuento temporal, la función hiperboloide puede dar cuenta de reversión de preferencias, asumiendo que con probabilidades altas el valor subjetivo se descuenta más que con probabilidades bajas (Green & Myerson, 2004; Rachlin et al., 1991).

Mientras que las teorías normativas propuestas por los economistas no pueden dar cuenta de reversión de preferencias en descuento temporal y probabilístico, la función hiperboloide puede dar cuenta de este fenómeno común en ambas elecciones.

Efecto de magnitud

Uno de los efectos más robustos (con humanos) y bien estudiados en la literatura de descuento es el efecto de magnitud de la recompensa. En descuento temporal, se ha encontrado que las recompensas grandes se descuentan menos que las recompensas pequeñas; los individuos presentan preferencia por la RGD cuando la magnitud de la recompensa es muy grande (Myerson & Green, 1995). Contrario a lo que se observa en recompensas demoradas, en descuento probabilístico, conforme se incrementa la cantidad de la recompensa, se descuenta más el valor subjetivo y se tiende a elegir la recompensa segura cuando las cantidades monetarias son más grandes (Green, Myerson & O’Donoghue, 1999).

La manera en la que la función hiperboloide da cuenta del efecto de magnitud en descuento temporal y probabilístico es la siguiente:

En descuento temporal se modifica el parámetro κ conforme incrementa la magnitud de la recompensa, mientras s se mantiene constante. Debido a que hay menor descuento con cantidades grandes, κ será más pequeña conforme incrementa más la cantidad (Green, Myerson & McFadden, 1997; Myerson, Green & Morris, 2011). En descuento probabilístico κ se mantiene constante, mientras s incrementa su valor conforme la cantidad de la recompensa aumenta. Este incremento es un indicio de que s no funciona como un escalador psicofísico, como se interpreta en descuento temporal, sino que es un reflejo del peso que tiene la probabilidad sobre la recompensa (Green, Myerson & O’Donoghue, 1999; Myerson et al., 2011).

Los hallazgos en reversión de preferencias y efecto de magnitud, responden a varias preguntas con respecto a la relación entre elección intertemporal y elección bajo riesgo; lo cual ayuda a responder si tienen un proceso de decisión subyacente común o diferente. Sin embargo, existen otros fenómenos empíricos comunes a los dos tipos de elección que no han sido comparados y que contribuirían a responder el cuestionamiento mencionado. Estos fenómenos empíricos no pueden ser explicados por ningún modelo proveniente de la familia de alternativas, pero sí por los modelos basados en atributos; presentados en la siguiente parte del texto. Primero se plantearán las implicaciones de los modelos matemáticos y los fenómenos empíricos para elección intertemporal, y después para elección bajo riesgo.

2.2. Familia de modelos basados en atributos

En la familia de modelos basados en atributos, la regla de elección se determina por las comparaciones que se hacen para cada uno de los posibles atributos de las consecuencias. Es decir, se comparan los tiempos de entrega de las dos alternativas así como las dos cantidades; y cada una de las comparaciones genera valores que favorecerán a una alternativa más que a la otra, la cual será la elegida. Existen diversos modelos de la familia de atributos, sin embargo el presente trabajo se enfocará en el modelo de Intercambio, que ha demostrado tener mejor adecuación a diversos fenómenos empíricos (Scholten, Read & Sanborn, 2014), y se explicará más adelante en el texto. A continuación se presentará el supuesto que diferencia a las dos grandes familias de modelos.

2.2.1. Aditividad en intervalos

El supuesto más importante que distingue a los modelos basados en alternativas de los modelos basados en atributos, es que los primeros asumen *aditividad en intervalos*, mientras que los segundos no. Aditividad en intervalos se refiere a que el descuento total de un intervalo no depende de si el intervalo está subdividido. Para ilustrar aditividad, se desarrollará el siguiente ejemplo: en la Figura 2-1 se presentan una serie de cuatro preguntas, cada pregunta es una barra numerada. En el extremo izquierdo de cada barra (pregunta) se indica cuál es la alternativa pequeña cercana, y en el extremo derecho la alternativa grande demorada. Las cantidades y demoras se muestran en el eje superior, y las letras A, B, C y D identifican cada alternativa. La pregunta 1, por ejemplo, ofrece A=\$5150 pesos en una semana contra B=\$5300 pesos en dos semanas. Este gráfico representa dos procedimientos: las preguntas 1, 2 y 3 corresponden a un procedimiento donde se segmentan las alternativas y la pregunta 4 es un procedimiento que abarca todos los segmentos mencionados. Respetar el supuesto de aditividad implica que los dos procedimientos deben de tener el mismo descuento, es decir, el descuento es aditivo cuando los dos procedimientos producen el mismo valor subjetivo (Scholten & Read, 2010). De manera contraria, el descuento es no es aditivo cuando el valor subjetivo de los dos procedimientos evoca resultados diferentes. De hecho, los modelos basados en atributos asumen *no-aditividad*, proponiendo que los valores subjetivos no sólo están en función de la demora, sino que también

dependen del intervalo entre las demoras de cada alternativa (Read, 2001).

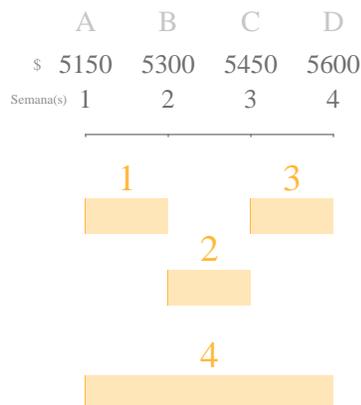


Figura 2-1: Representación gráfica de subintervalos e intervalo completo. Cada pregunta es una barra y las alternativas se indican en el eje superior.

Siguiendo con el ejemplo, una medida utilizada para representar aditividad es la Fracción de Descuento (Cheng & González-Vallejo, 2016) de un intervalo:

$$F[t_A, t_B] = \frac{1 + \kappa * t_A}{1 + \kappa * t_B} \quad (2-3)$$

que se refiere a la proporción de dinero que se ha descontado subjetivamente sobre cierto periodo. En este caso, se trata del periodo entre las alternativas A y B (pregunta 1).

Por lo tanto, los modelos que satisfacen aditividad en intervalos tendrán que satisfacer la siguiente equivalencia:

$$F[t_A, t_D] = F[t_A, t_B] * F[t_B, t_C] * F[t_C, t_D] \quad (2-4)$$

Donde la fracción de descuento de un intervalo completo (pregunta 4), debe ser equivalente a las fracciones de descuento de los subintervalos combinados (preguntas 1, 2 y 3). Si el descuento es equivalente entre la fracción del intervalo completo y la multiplicación de las fracciones de los subintervalos, las personas deberían de elegir la misma alternativa (grande o pequeña) tanto en los subintervalos como en el intervalo completo. En otras palabras, si eligieron la recompensa grande en los subintervalos, también deben elegir la recompensa grande en el intervalo completo;

y así con las recompensas pequeñas, se deben de elegir consistentemente en el intervalo completo y en los subintervalos. En la Figura 2-2 se representan estos dos patrones de respuesta, donde se respeta el supuesto de aditividad.



Figura 2-2: Del lado izquierdo las barras naranjas oscuras representan la elección por la recompensa grande demorada en los subintervalos e intervalos. Del lado derecho las barras naranjas transparentes representan la elección por la recompensa pequeña inmediata en los subintervalos e intervalos.

2.2.2. No-aditividad en intervalos

Los modelos más recurrentes en la literatura de descuento como el hiperboloide, el exponencial, el valor esperado, etc., asumen el supuesto de aditividad en intervalos. Sin embargo, se han encontrado fenómenos empíricos que contradicen el supuesto de aditividad, los cuales se conocen como *efectos de intervalo*; el primero es superaditividad, y el segundo subaditividad:

Superaditividad: Este efecto sucede cuando se descuentan más los intervalos completos que los subintervalos, por lo que se elige la RPI en el intervalo completo y la RGD en los subintervalos (Figura 2-3, lado izquierdo). Esto sucede porque los subintervalos cuentan más que el intervalo completo. Las personas tienden a cambiar su elección de la RGD a la RPI conforme se incrementa la longitud del intervalo (Scholten & Read, 2006).

Subaditividad: Éste sucede cuando hay menor descuento sobre los intervalos completos que sobre los subintervalos, por lo que eligen la RPI en los subintervalos y la RGD en el

intervalo completo (Figura 2-3, lado derecho). Lo que sucede es que los subintervalos cuentan menos que el intervalo completo, es decir, hay un cambio de preferencia de la RPI a la RGD conforme incrementa la longitud del intervalo (Read, 2010).



Figura 2-3: Del lado izquierdo se observa superaditividad, y del lado derecho se representa subaditividad para el mismo conjunto de alternativas ofrecidas.

Los efectos de intervalo pueden dar lugar a intransitividad, en la cual A es preferido a B, B es preferido a C, pero C es preferido sobre A. La elección intertemporal intransitiva da lugar a un patrón intrínseco llamado *no-aditividad relativa*. Éste sucede de dos maneras: 1) cuando las diferencias entre las cantidades monetarias de las alternativas (compensaciones) son más grandes relativas a las diferencias entre demoras (intervalos), intransitividad muestra un patrón superaditivo en el cual la cantidad grande es elegida sobre los subintervalos, pero la recompensa pequeña sobre el intervalo completo. De manera inversa, 2) cuando los intervalos son largos relativos a las compensaciones, intransitividad muestra un patrón subaditivo, en el cual se elige la recompensa pequeña sobre los subintervalos y la grande sobre el intervalo completo (Roelofsma & Read, 2000; Scholten et al., 2014; Scholten & Read, 2010; 2006).

2.2.3. Modelo de intercambio

Scholten et al (2014) evaluaron modelos provenientes de la familia de alternativas y de la familia de atributos utilizando tres métodos diferentes: en el primero se utilizó un método

similar al de ajuste a la magnitud, en el segundo se utilizaron preguntas fijas y en el tercero se usó el cuestionario de Kirby, Petry y Bickel (1999). En los tres estudios, encontraron que el mejor modelo es el de intercambio y que sí se presentan efectos de intervalo, destacando que el método utilizado en el segundo estudio, permitió observar al mismo tiempo subaditividad, superaditividad y no-aditividad relativa al mismo tiempo. Este procedimiento consiste en una serie de 24 preguntas divididas en cuatro conjuntos, cada conjunto se caracteriza por tener diferentes longitudes de intervalos y demoras, y diferentes magnitudes de recompensa. De hecho en este método se basa el procedimiento utilizado en el presente trabajo que se detallará más adelante en el capítulo del método.

El modelo de intercambio, plantea que se elige en función de las diferencias que genera cada alternativa. El proceso de decisión es el siguiente: primero se transforman las dimensiones de las alternativas en valores subjetivos, por lo tanto se generan cuatro valores subjetivos, dos para tiempo (demora corta y larga) y dos para magnitud (recompensa pequeña y grande). Una vez obtenidos los valores, la regla de decisión radica en las diferencias que se generan entre los valores subjetivos de la misma dimensión, es decir, diferencias entre valores subjetivos de demoras y diferencias entre valores subjetivos de magnitud. Finalmente, estas dos diferencias determinarán la alternativa a elegir.

De manera más específica, el modelo tiene cuatro funciones matemáticas principales: las dos primeras son transformaciones de la magnitud y la demora a valores subjetivos, la tercera función radica en transformaciones que se hacen sobre las diferencias en los valores subjetivos de las demoras y la última es una función que asigna la probabilidad de elegir la recompensa grande demorada. A continuación se presentan las cuatro funciones:

Función de peso de demoras La primera función del modelo transforma las demoras en valor subjetivo, llamado peso de la demora:

$$w(t) = \frac{1}{\tau} \log(1 + \tau t) \quad (2-5)$$

Donde t es la demora y τ representa la *disminución de la sensibilidad absoluta*, en la cual entre mayor valor absoluto se adquiera, menor valor subjetivo se tendrá. La forma de la función es cóncava cuando τ tiene valores altos y es lineal cuando τ tiene valores cercanos a cero.

Función de valor para la cantidad La siguiente función asigna un valor subjetivo a la cantidad monetaria y básicamente tiene la misma estructura que la función de peso para las demoras:

$$v(x) = \frac{1}{\gamma} \log(1 + \gamma x) \quad (2-6)$$

Donde x es la cantidad de la recompensa y γ representa la disminución de la sensibilidad absoluta. Es importante notar que los valores absolutos que transforman cantidades monetarias en valor subjetivo, son más grandes que los números utilizados en la función de peso de demoras. Esto provoca que las cantidades monetarias grandes pierdan mayor valor subjetivo, sobre todo incrementando los valores de γ .

Función de intercambio Una vez que la demora corta t_s y la demora larga t_l adquieren sus respectivos pesos, se obtiene la diferencia entre éstos, $w(t_l) - w(t_s)$; es gracias a ésta que se puede dar cuenta de los efectos de intervalo. La diferencia entre los pesos de la demora se incorpora en la función de intercambio de la siguiente manera:

$$Q(w(t_s), w(t_l)) = \frac{\kappa}{\alpha} \log \left(1 + \alpha \left(\frac{w(t_l) - w(t_s)}{\vartheta} \right)^\vartheta \right) \quad (2-7)$$

Esta estructura matemática tiene forma de S y va sobre las diferencias en pesos de la demora, referidos de ahora en adelante como intervalos efectivos. Esta forma permite acomodar la progresión de descuento superaditivo a subaditivo sobre intervalos que incrementan en longitud.

El parámetro κ se refiere a la sensibilidad temporal, el cual es similar al parámetro κ utilizado en la función hiperbólica, en donde valores altos implican mayor sensibilidad al tiempo, y por lo tanto mayor descuento temporal, y mayor importancia a los intervalos efectivos.

El parámetro ϑ describe el fenómeno de superaditividad, si éste incrementa su valor, hay mayor superaditividad. Cuando hay superaditividad, se tiende a elegir la recompensa grande demorada sobre los subintervalos, debido a que se le da poca importancia (menor valor) a los intervalos efectivos de diferencias pequeñas. A su vez, los intervalos efectivos de diferencias grandes tienen mayor importancia, por lo que se elegirá la alternativa pequeña cercana en intervalos largos.

El parámetro α describe subaditividad, si éste incrementa, hay mayor subaditividad. Cuando

hay subaditividad, las diferencias entre demoras pierden mucho valor, por lo que se elegirá la recompensa grande demorada en intervalos largos.

Función de probabilidad de elección Una vez que la función de intercambio asignó valor al intervalo efectivo, se toman en cuenta las diferencias en los valores de las magnitudes, los cuales entran en una función que asigna la probabilidad de elegir la recompensa grande demorada:

$$p(LL) = \frac{(v(x_L) - v(x_S))}{v(x_L) - v(x_S) + Q(w(t_L) - w(t_S))} \quad (2-8)$$

Donde $v(x_L)$ es el valor de la recompensa grande demorada y $v(x_S)$ es el valor de la recompensa pequeña inmediata. Entre mayor sea el valor del intervalo efectivo, habrá menor probabilidad de elegir la recompensa grande demorada. Si incrementa la diferencia entre valores de la magnitud, habrá mayor probabilidad de elegir la grande demorada.

2.3. Transitividad en la elección

De manera similar a efectos de intervalo en recompensas temporales, intransitividad ha sido observada en recompensas probabilísticas. Ésta es la violación al axioma de transitividad que implica que si una persona tiene tres alternativas A, B y C, y prefiere A sobre B y B sobre C, entonces debe preferir estrictamente A sobre C. Transitividad es un axioma de gran importancia debido a que es una propiedad normativa del concepto básico de racionalidad, y está implícita en todas las teorías que utilizan el concepto de utilidad (valor subjetivo, en familia de modelos basados en alternativas). La utilidad sirve para fijar un orden en las preferencias y establecer cómo se relacionan las alternativas entre ellas. Dicho de otra manera, transitividad es un axioma necesario para la existencia de una escala ordinal de un conjunto de valores de utilidad (Regenwetter & Davis-Stober, 2012).

2.3.1. Variabilidad en la elección

Así como en descuento temporal se han encontrado violaciones al supuesto de aditividad (Scholten et al., 2014; Scholten & Read, 2010; Read, 2001), en elección bajo riesgo se han encontrado violaciones al supuesto de transitividad (Tversky, 1969). Sin embargo, en ambos

tipos de estudios no se ha tomado en cuenta la naturaleza estocástica de la elección, que se observa en las preferencias de los individuos cuando el mismo par de alternativas se presenta repetidamente. Este protocolo experimental de repetición, posibilita desligar la variabilidad en el comportamiento de la inconsistencia estructural de las preferencias. De hecho, tanto en elección bajo riesgo como en elección intertemporal, se ha encontrado que si se toma en cuenta la variabilidad de la elección, los individuos presentan preferencias que no violan los axiomas de transitividad, ni aditividad (Dai, 2016; Regenwetter, Dana & Davis-Stober, 2011).

Empleando un procedimiento similar al de Tversky (1969), Regenwetter et al. (2011), y Cavagnaro y Davis-Stober (2014) evaluaron intransitividad en recompensas probabilísticas. En su procedimiento presentaron cinco alternativas que generan 10 pares de alternativas; las cuales se presentan múltiples veces y de manera aleatoria. Un ejemplo de un conjunto, es el siguiente: $(25.43, \frac{7}{24}), (24.16, \frac{8}{24}), (22.89, \frac{9}{24}), (21.462, \frac{10}{24}), (20.35, \frac{11}{24})$, donde (X, p) denota una alternativa con probabilidad p de ganar X cantidad monetaria y $1-p$ de no ganar nada. Cada conjunto puede variar en la cantidad monetaria a ganar, la probabilidad de entrega y/o el valor esperado de todas las alternativas. Con este procedimiento encontraron que si se toma en cuenta la variabilidad de la elección, muy pocas personas presentan intransitividad en sus elecciones.

Para evaluar recompensas demoradas tomando en cuenta la variabilidad de la elección, Dai (2016) utilizó la estructura del segundo estudio de Scholten et al. (2014) repitiendo múltiples veces la misma pregunta. En este se observó que muy pocos individuos presentaron efectos de intervalo. Estos resultados señalan la importancia de utilizar una interpretación probabilística para evaluar los datos empíricos que por naturaleza son variables, y en función de eso, analizar si los datos violan estocásticamente transitividad y aditividad (Cavagnaro & Davis-Stober, 2014; Dai & Busemeyer, 2014; Regenwetter, et al., 2011).

2.3.2. Diferencias individuales

En los estudios en los que se encontraron intransitividad y efectos de intervalo, se analizaron los datos de manera grupal. Es sabido que resultados analizados de forma agregada pueden diferir sustancialmente de los resultados evaluados a nivel individual (Estes, 1956; Wagenmakers, Lee, Lodewyckx & Iverson, 2008). Por ejemplo, la *paradoja de Condorcet* muestra que las preferencias individuales entran en conflicto con las preferencias de la mayoría, sobre todo cuando

las preferencias varían de un individuo a otro. De hecho, tanto en recompensas temporales como probabilísticas, se ha encontrado que si se evalúan los datos individualmente, muy pocas personas presentan intransitividad (Dai, 2016; Dai & Busemeyer, 2014; Regenwetter et al., 2010). Esto destaca la importancia de observar los patrones a nivel individual y analizar si difieren o no de los de la muestra, sobre todo para que las conclusiones del fenómeno empírico provengan del análisis del proceso subyacente y no de la manera en la que se analizaron los datos.

2.4. Objetivo

La familia de modelos basados en alternativas, ha dominado la literatura en el análisis de elección intertemporal y elección bajo riesgo (descuento temporal y probabilístico). Su evaluación simultánea, ha permitido hacer comparaciones adecuadas y responder si los dos tipos de elecciones tienen un mismo proceso de decisión subyacente. Sin embargo, esta familia de modelos no puede predecir ni dar cuenta de los efectos de intervalo e intransitividad. Estos fenómenos son muy similares empíricamente y de hecho se han cuestionado con los mismos argumentos. Si se toma en cuenta la variabilidad de la elección y se analizan los datos de manera individual, frecuentemente no se replican ni los efectos de intervalo ni intransitividad. Los hallazgos en las dos elecciones se han obtenido por separado y no se ha determinado si existe algún tipo de proceso de decisión subyacente común entre elección intertemporal y elección bajo riesgo, con respecto a los efectos de intervalo e intransitividad.

El objetivo del presente trabajo es: *Observar, en los mismos individuos, el impacto de usar subintervalos e intervalos en recompensas temporales y probabilísticas.*

Para lograr los objetivos del estudio se siguieron las siguientes estrategias:

1. Utilizar el mismo protocolo experimental para estudiar los efectos de intervalo e intransitividad entre recompensas temporales y probabilísticas.
2. Analizar los datos a nivel individual y grupal.
3. Utilizar herramientas estadísticas bayesianas para la estimación de parámetros y evaluación de modelos.
4. Tomar en cuenta la naturaleza estocástica de la elección repitiendo la misma pregunta múltiples veces.
5. Evaluar dos modelos para recompensas temporales y probabilísticas. Uno proveniente de la familia de modelos basados en alternativas (modelo hiperboloide) y el otro de la familia de modelos basados en atributos (modelo de intercambio). Esta evaluación permitirá confirmar si el supuesto de aditividad/transitividad es violado o no de acuerdo a las elecciones de los participantes.

Capítulo 3

Método

3.1. Participantes

Los participantes fueron 25 estudiantes de la Licenciatura de Psicología. Por su participación se les dio un número que entró a una rifa, donde el premio era una tarjeta de Netflix, iTunes y/o Spotify, según la preferencia del ganador.

3.2. Procedimiento

El procedimiento consistió en dos sesiones experimentales, una para la tarea de elección intertemporal y la otra para la tarea de elección bajo riesgo, cuyo orden fue determinado aleatoriamente; cada sesión duró aproximadamente 35 minutos y transcurrieron 24 horas entre sesiones. Cada individuo presentó las tareas en un cubículo cerrado, sin ruido y con una computadora de escritorio. Todos los sujetos leyeron y firmaron un formato de consentimiento informado sobre el experimento (Apéndice A). Las dos tareas se desarrollaron en PsychoPy v1.83.04 (Pierce, 2007), y tuvieron el mismo formato de selección de alternativas. Las instrucciones para la tarea de tiempo fueron las siguientes:

A continuación se te presentarán una serie de pares de alternativas hipotéticas de las cuales debes de elegir una de acuerdo a tu preferencia. Cada una de las alternativas es diferente en cantidad de dinero y tiempo de entrega, por ejemplo: *¿Cuál alternativa prefieres? A = 300 pesos en 5 semanas ó B = 400 pesos en 6 semanas.* Si eliges la letra A implica que recibirías 300 pesos dentro de 5 semanas contando desde ahora, si eliges la letra B recibirías 400 pesos dentro de 6 semanas, contando desde ahora.

Para elegir entre las alternativas debes de dirigir el cursor del mouse hacia la letra de tu preferencia, la letra cambiará a color naranja. Una vez que el cursor esté dentro de la letra debes de dar click para elegir la alternativa que prefieras. Después de que hayas elegido tu alternativa dando click en la letra, la pantalla te mostrará cuál fue la alternativa que elegiste. Para continuar con la siguiente pregunta tendrás que dar click en el centro de la pantalla. En esta siguiente pregunta se te presentará otro par de alternativas con diferentes cantidades de dinero y demoras y deberás de elegir de nuevo. Toma en cuenta que no existen respuestas correctas o incorrectas, solo estamos interesados en cual opción elegirías tu. Cada una de las preguntas es importante, elige cuidadosamente. Si estás listo, da click para comenzar con el experimento.

Para la tarea de probabilidad, la descripción de las alternativas fue la siguiente:

A continuación se te presentarán una serie de pares de alternativas hipotéticas de las cuales debes de elegir una de acuerdo a tu preferencia. Cada una de las alternativas es diferente en cantidad de dinero y probabilidad de entrega, por ejemplo: *¿Cuál alternativa prefieres? A = 300 pesos con 80 % de probabilidad ó B = 600 pesos con 40 % de probabilidad.* Si eliges la letra A implica que recibirías 300 pesos con 80 % de probabilidad y habría un 20 % de probabilidad de no recibir nada. Si eliges la letra B recibirías 600 pesos con 40 % de probabilidad y habría 60 % de probabilidad de no recibir nada.

Para la tarea de tiempo, las dos alternativas presentadas fueron una recompensa pequeña cercana (representada como RPI) y una recompensa grande demorada (RGD). Para la de probabilidad, fueron una recompensa pequeña más probable (representada como RPS) y una recompensa grande menos probable (RGP). La Figura 3-1 muestra el entorno experimental al elegir entre un par de alternativas. La posición izquierda-derecha en la pantalla, de la recompensa pequeña y la recompensa grande, fue presentada aleatoriamente. La Figura 3-2 muestra la retroalimentación que se les dio a los participantes después de haber elegido una alternativa.

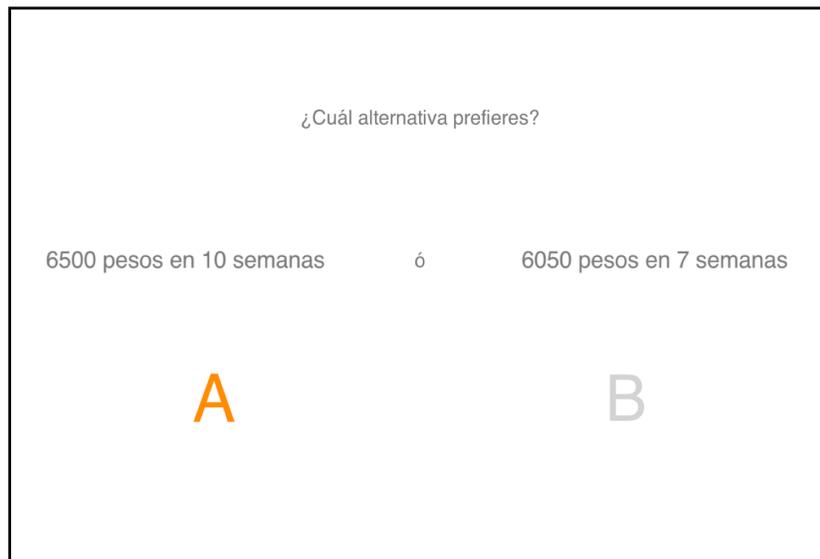


Figura 3-1: Entorno experimental de alternativas cuando el sujeto acercaba el ratón a la letra A.



Figura 3-2: Entorno experimental de la opción seleccionada.

3.3. Diseño Experimental

El diseño consistió en 12 alternativas fijas que tienen un orden lineal, en el cual el incremento en cantidad es de \$150 pesos, en tiempo es de una semana y en probabilidad es de .10. La combinación de pares de alternativas creó 22 preguntas. Estas preguntas se clasificaron en 4 conjuntos: 1) demoras cortas, 2) demoras largas, 3) intervalos largos y 4) cantidades pequeñas e intervalos largos. Los conjuntos para probabilidad fueron: 1) probabilidades altas, 2) probabilidades bajas, 3) intervalos largos de probabilidad y 4) cantidades pequeñas e intervalos largos. Cada conjunto se conformó por 6 preguntas, tomando en cuenta que hay una pregunta del primer y otra del segundo conjunto que se utilizan en el tercer conjunto. En total se tienen 22 preguntas formales para la tarea de tiempo y 22 preguntas formales para la de probabilidad. La tarea tiene la estructura que Scholten et al. (2014) utilizaron en el segundo estudio. Las cantidades fueron convertidas a pesos mexicanos, asumiendo una tasa de cambio de \$10 pesos por dólar.

La Figura 3-3 es una representación gráfica del diseño experimental que sigue la lógica del ejemplo presentado en el Marco Teórico. En éste, se observan 24 barras numeradas que representan las 22 preguntas formales, el extremo izquierdo es la recompensa pequeña cercana y en el extremo derecho la recompensa grande demorada. Hay 4 colores diferentes y cada uno

representa un conjunto de preguntas diferente. 1) El naranja es para demoras cortas, 2) el verde para demoras largas, 3) el turquesa para intervalos largos y 4) el salmón para intervalos largos pero cantidades pequeñas. En la parte superior se indican las cantidades (\$) y semanas (t) de cada alternativa. Es importante notar que fue necesario agregar un eje distinto para el conjunto salmón porque las cantidades monetarias difieren de los otros conjuntos, pero utilizan los mismos intervalos de tiempo. También cabe hacer notar que los números 6 y 13 hacen referencia a la misma pregunta, y lo mismo ocurre para los números 12 y 15. Esta representación gráfica permite identificar los subintervalos y los intervalos más rápidamente. Por ejemplo, las preguntas 1, 2 y 3 son subintervalos de la pregunta 6. Asimismo, las preguntas 1, 2, 3, 7, 8 y 9 son subintervalos de la pregunta 18.

La Figura 3-4 presenta la misma estructura para las alternativas de la tarea de probabilidad. Cada barra representa una pregunta, donde en el extremo izquierdo indica la alternativa pequeña segura, y el extremo derecho la alternativa grande menos probable.

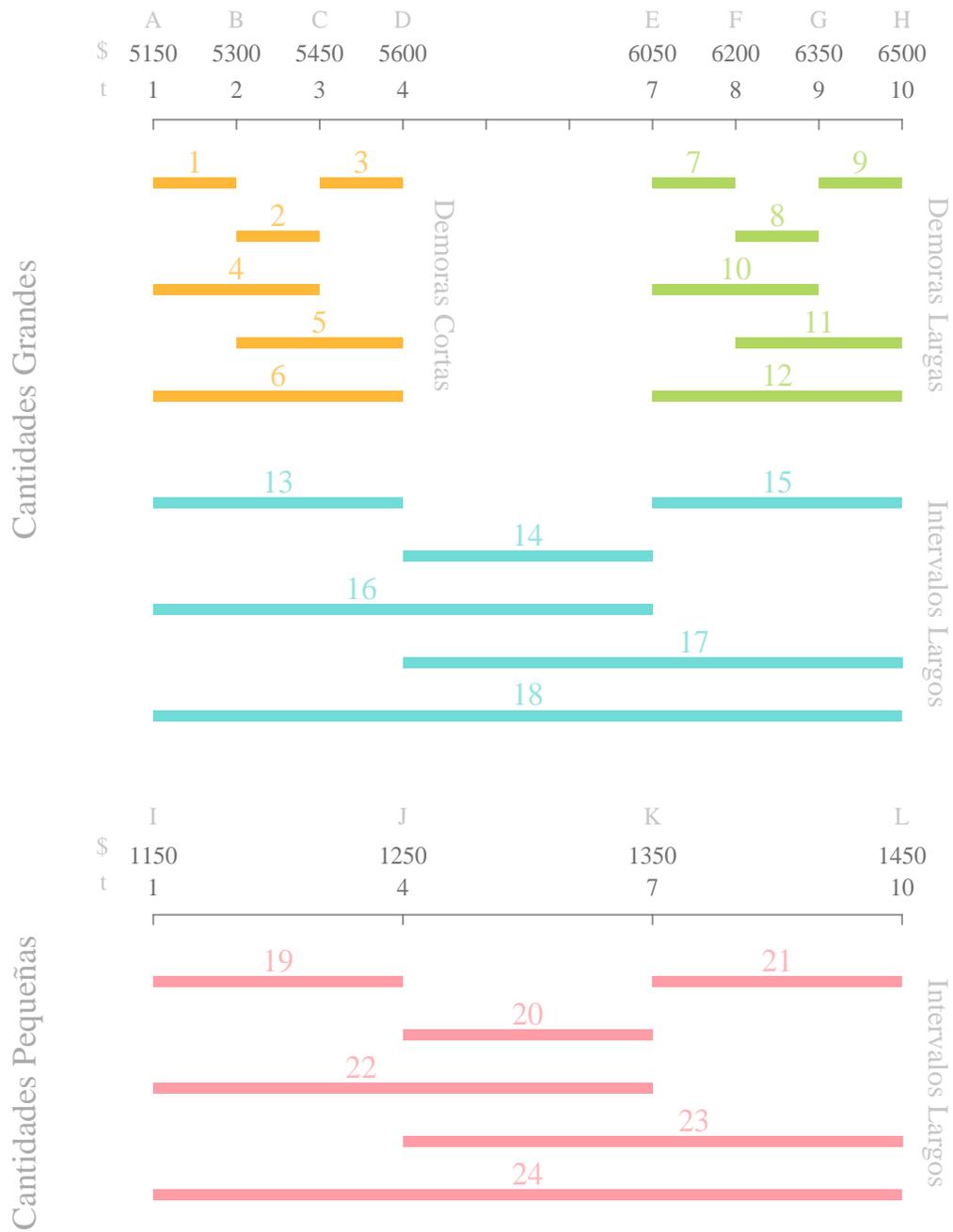


Figura 3-3: Diseño Experimental para la tarea de tiempo.

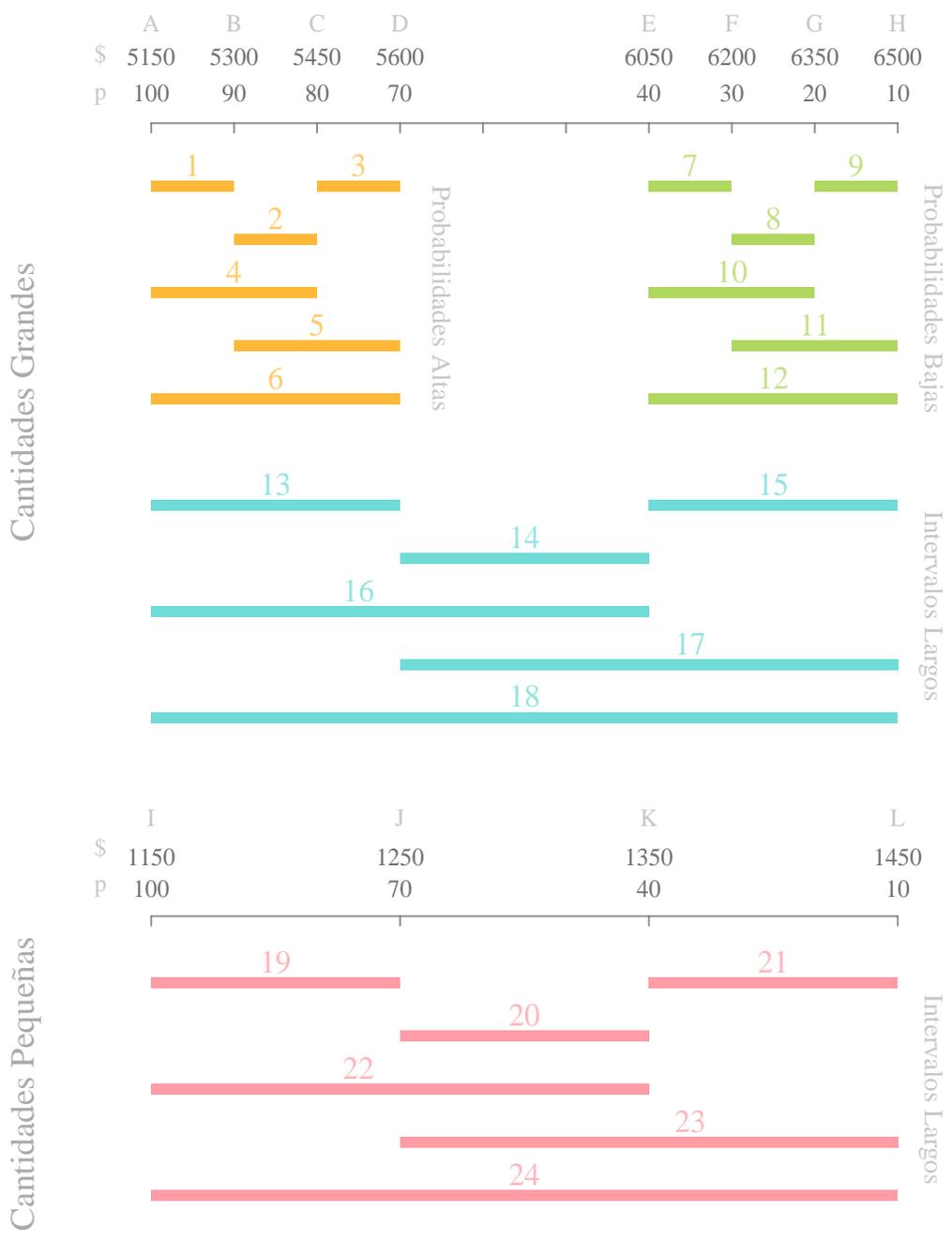


Figura 3-4: Diseño Experimental para la tarea de probabilidad.

Capítulo 4

Resultados

El objetivo del presente trabajo fue observar si los efectos de intervalo e intransitividad suceden de la misma manera en recompensas temporales y probabilísticas en un mismo grupo de individuos. El método utilizado permite observar estos patrones de respuesta tanto en elección intertemporal como en elección bajo riesgo. En este capítulo se presentarán los datos crudos, mostrando primero las elecciones de participantes representativos y después los de toda la muestra.

En las figuras de los participantes representativos se tiene la siguiente estructura, que es la misma utilizada en el método (ver Figura 3-3): el gráfico del lado izquierdo son las proporciones de elección por la recompensa grande demorada, para la tarea de tiempo; y de lado derecho son las proporciones de elección por la recompensa grande probable, para la tarea de probabilidad. En cada gráfico, se presentan los cuatro conjuntos de preguntas. Cada pregunta es una barra donde en los extremos derecho e izquierdo se indican las alternativas ofrecidas. Debido a que la pregunta se repite 10 veces, cada barra se dividió en 10 fracciones. Éstas, además, contienen dos posibles concentraciones del mismo color, la transparente representa la elección de la recompensa pequeña cercana, y la oscura representa la elección de la recompensa grande demorada. Por ejemplo, si el participante eligió 3 veces la RGD (de las 10 repeticiones), entonces la barra estará oscura 3/10 partes. Si eligió la RGD 8 de las 10 veces, la barra estará 8/10 partes oscura. Si se eligieron todas las recompensas pequeñas cercanas, la barra se verá transparente; caso contrario, la barra estará completamente oscura. En cada barra se indica, de manera puntual, el número de veces que el sujeto eligió la alternativa grande demorada. La lógica de concentraciones

en color es la misma para probabilidad, la concentración oscura es para la recompensa grande probable y la concentración transparente para la recompensa pequeña segura.

Las respuestas del participante representativo 1 se muestran en la Figura 4-1, en ésta no se observan efectos de intervalo ni para la tarea de tiempo ni para la de probabilidad. Es decir, el participante es consistente tanto en los intervalos como en los subintervalos. De manera más específica, en la tarea de tiempo se observa que los conjuntos de cantidades grandes (conjuntos naranja, verde y turquesa) elige en su mayoría la RGD; por otro lado, en el conjunto de cantidades pequeñas elige siempre la RPI. Para la tarea de tiempo, el participante elige siempre la recompensa pequeña segura.

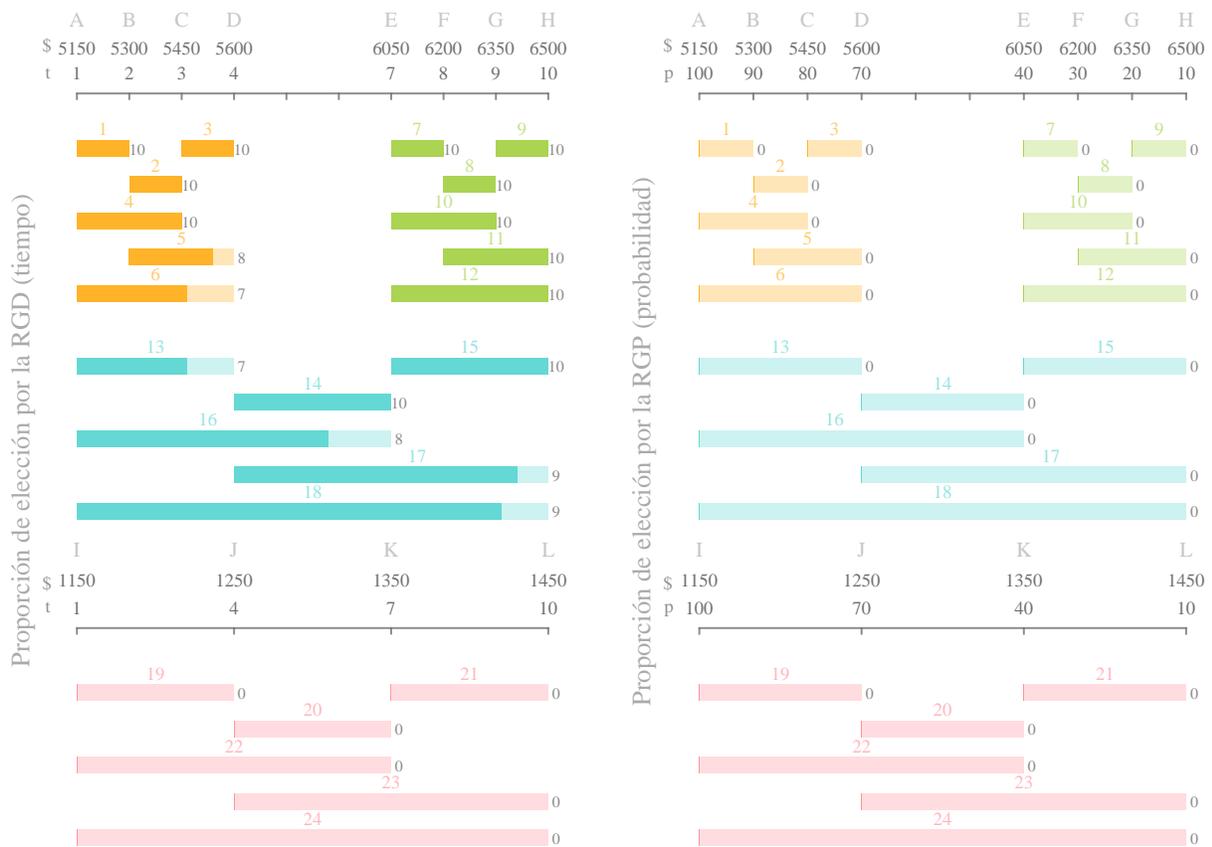


Figura 4-1: Proporción de elección de las dos tareas del participante representativo 1

El participante representativo 2 (Figura 4-2) en la tarea de tiempo, elige la RGD en los intervalos de longitud de 1 a 2 semanas, pero cambia a la pequeña cercana cuando la longitud

es mayor a 3 semanas. Lo que refleja superaditividad en intervalos mayores a 2 semanas. En el gráfico de la tarea de probabilidad, el participante consistentemente elige la recompensa pequeña segura, excepto por las preguntas 5, 8 y 23, en las que elige una vez la recompensa grande probable.

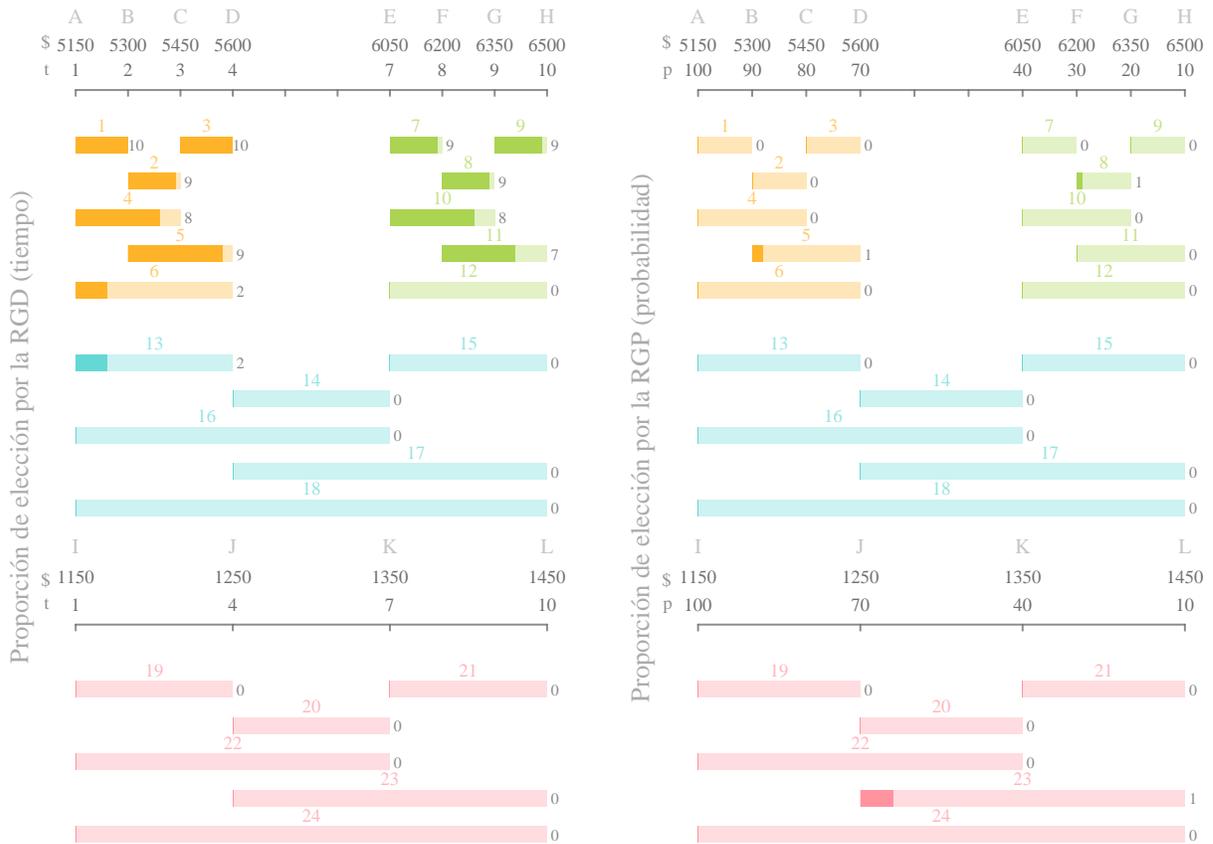


Figura 4-2: Proporción de elección de las dos tareas del participante representativo 2

Para la tarea de tiempo, el participante representativo 3 (Figura 4-3), elige la recompensa grande demorada en las 10 repeticiones de las preguntas de intervalos de una semana, en los conjuntos naranja y verde. En los intervalos de mayor longitud no elige ninguna RGD. Para la tarea de probabilidad, igual que la mayoría de los participantes, no elige ninguna recompensa grande probable.

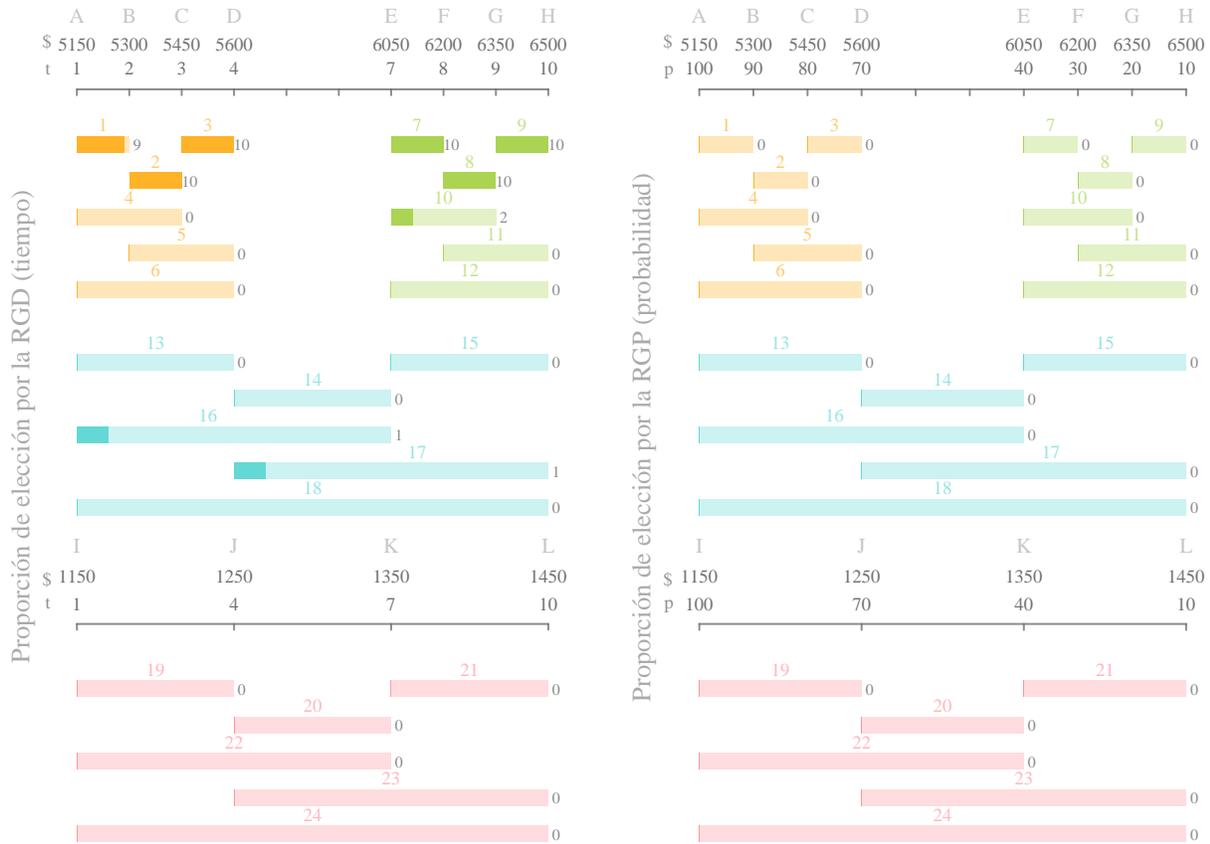


Figura 4-3: Proporción de elección de las dos tareas del participante representativo 3

En la Tabla 4-1 se observan las proporciones de participantes que presentaron efectos de intervalo para las tareas de tiempo y probabilidad. En tiempo, fueron 16 participantes **los que presentaron por lo menos un patrón superaditivo**, siendo el único efecto de intervalo observado, parecido a las respuestas del participante representativo 2. De hecho, el patrón superaditivo que todos los participantes presentaron fue aquel donde eligieron la recompensa grande demorada en los subintervalos de una semana, y la pequeña cercana en el intervalo de 10 semanas (pregunta 18). Los otros 9 participantes presentaron patrones transitivos, de los cuales 6 eligieron en su mayoría la recompensa grande demorada, y 3 eligieron todas las alternativas pequeñas cercanas. Para la tarea de probabilidad, 19 participantes presentaron patrones transitivos, de los cuales 17 eligieron en todas las preguntas la recompensa pequeña menos probable, y 2 eligieron algunas veces la recompensa grande menos probable. Sólo 6 participantes presentaron patrones intransitivos similares a superaditividad.

	Tiempo	Probabilidad
Transitividad	9 _[0.36]	19 _[0.76]
Intransitividad	16 _[0.64]	6 _[0.24]
N	25	25

Tabla 4-1: Proporciones de participantes que presentaron por lo menos un patrón intransitivo en las dos tareas.

En la Figura 4-4 se observan las elecciones de todos los participantes para la tarea de tiempo (lado izquierdo) y probabilidad (lado derecho). Este gráfico tiene la estructura ya mencionada con los sujetos representativos. Cada rectángulo indica la recompensa pequeña cercana en el extremo izquierdo y la recompensa grande demorada en el extremo derecho. Sin embargo, cada rectángulo contiene 25 líneas, cada una es la proporción de elección por la recompensa grande demorada de un sólo sujeto. Cada rectángulo tiene ordenadas las líneas de menor a mayor de acuerdo a la proporción de elección, por lo que la posición de los participantes de arriba hacia abajo varía de pregunta a pregunta. Además, se presenta una línea gris diagonal como guía para detectar la variabilidad en cada pregunta.

Para el gráfico de tiempo, en los subintervalos más pequeños se observa mayor elección de la recompensa grande demorada en casi todos los participantes. De hecho, la mayoría de las respuestas están arriba de la línea diagonal. Sin embargo, conforme incrementa la longitud del intervalo, se observa mayor variabilidad intra y entre participantes, acercándose la mayoría de las respuestas a la diagonal. Para los intervalos de mayor longitud, sobre todo en intervalos de 7 y 10 semanas, la variabilidad se reduce pues muy pocos participantes eligieron la grande demorada en estos intervalos. En otras palabras, en los intervalos más pequeños y en los más grandes el grado de variabilidad es menor, pero en los intervalos de longitud mediana la variabilidad incrementa. Para las cantidades pequeñas muy pocos participantes eligieron la grande demorada.

Para el gráfico de probabilidad, se observa que la mayoría de las personas eligieron la recompensa pequeña segura en casi todos los intervalos, excepto por algunos participantes que eligieron la grande menos probable en los subintervalos de .10. Casi ningún participante eligió la grande menos probable en los intervalos de .7 y 1 de probabilidad, y sucede lo mismo para las cantidades pequeñas.

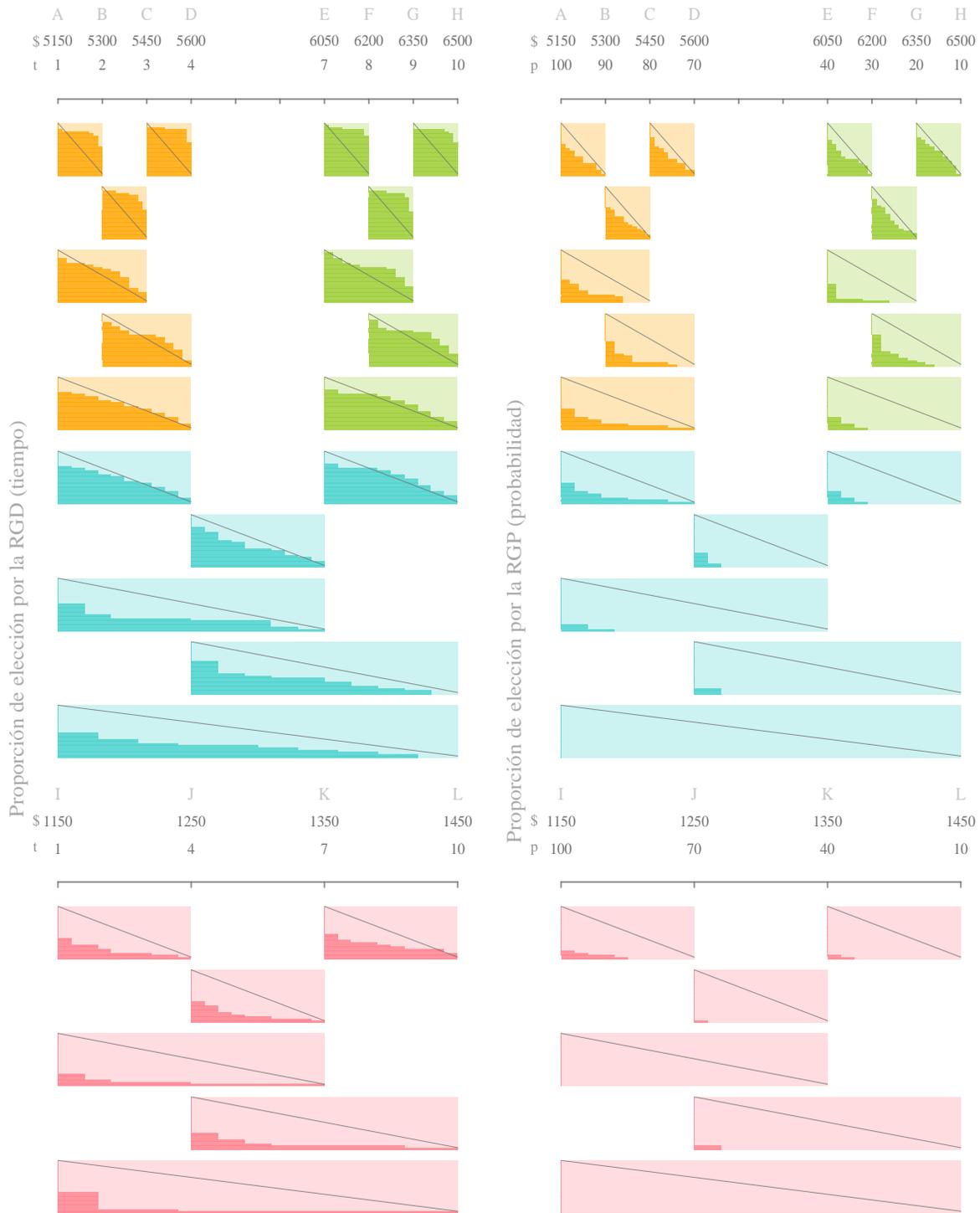


Figura 4-4: Proporción de elección de todos los sujetos para las tareas de tiempo (lado izquierdo) y probabilidad (lado derecho).

De manera general, en los resultados individuales se encontraron efectos de intervalo en la tarea de tiempo y no en la tarea de probabilidad. Específicamente, el efecto encontrado en las respuestas de los participantes fue el de superaditividad; en el cual se eligió la recompensa grande demorada en los subintervalos y la recompensa pequeña inmediata en el intervalo completo. Es importante recordar que para identificar los patrones de respuesta que presentan efectos de intervalo, se debe de tomar en cuenta el intervalo completo con respecto a los subintervalos que éste abarca.

En los resultados grupales se observó que en la tarea de tiempo más de la mitad de los participantes eligieron la recompensa grande demorada en intervalos pequeños y fueron cambiando su preferencia a la recompensa pequeña inmediata cuando los intervalos incrementaban en longitud. Esto va de la mano con que se observó poca variabilidad intra y entre participantes en las elecciones de intervalos que tienen longitud de 1 y 10 semanas, en comparación con los intervalos de longitud mediana (2, 3 y 6 semanas), donde se observa mayor variabilidad. El conjunto de cantidades pequeñas e intervalos largos (color salmón), tuvo muy pocas elecciones por la recompensa grande demorada en recompensas temporales. Mientras tanto, en la tarea de probabilidad, la mayoría de las participantes eligieron la recompensa pequeña segura en todas las preguntas.

Capítulo 5

Modelamiento Bayesiano

El presente capítulo hace un análisis estadístico bayesiano con los modelos hiperboloide y de intercambio. El uso de este tipo de inferencia tiene diversas ventajas importantes (ver Wagenmakers et al, 2008) y dos de las destacables es que 1) provee certidumbre sobre los posibles valores que puede tener un parámetro, por medio de densidades posteriores; y 2) se estiman parámetros a nivel individual y grupal. Existen antecedentes de estimación bayesiana en modelos de elección intertemporal que han demostrado la utilidad de este tipo de herramienta estadística (Chávez, Villalobos, Baroja & Bouzas, 2017; Vincent, 2015).

Este análisis estadístico se basó en el de Scholten et al. (2014) con la diferencia de que ellos realizaron estimación paramétrica bayesiana a nivel grupal, mientras que en el presente trabajo se realizó estimación paramétrica a nivel individual y también se hizo para recompensas probabilísticas.

5.1. Modelos Gráficos Bayesianos

Los modelos que se evaluaron fueron el hiperboloide, basado en alternativas, y el de intercambio, basado en atributos. Estos dos modelos se evaluaron tanto para la tarea de tiempo como para la de probabilidad, lo que da un total de cuatro modelos analizados. Se utilizó JAGS (Plummer, 2003) para conducir la inferencia, la cual, esta basada en muestreos de cadenas de Monte Carlo de Markov.

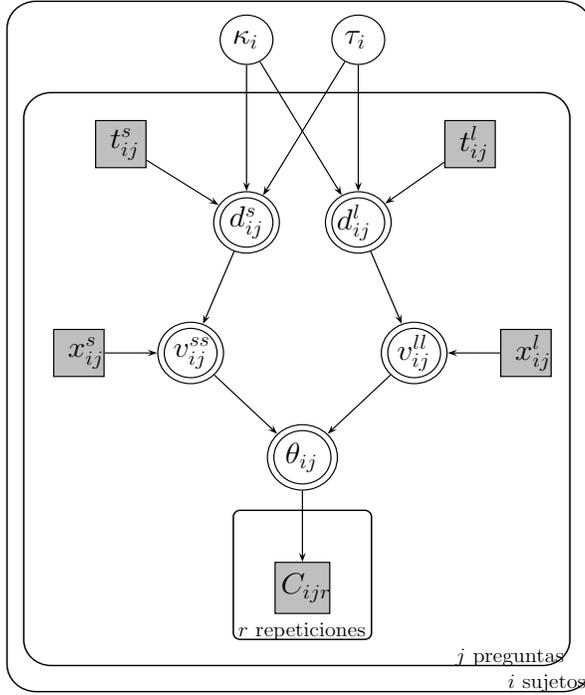
La notación utilizada para representar gráficamente el análisis bayesiano, es la adoptada por

Lee y Wagenmakers (2014). En este tipo de representación gráfica (Figuras 5-1, 5-2, 5-3 y 5-4), los nodos sombreados representan variables observadas y los no sombreados variables latentes. Los nodos que tienen doble borde representan variables deterministas o funciones matemáticas. Los nodos circulares corresponden a variables continuas y los cuadrados a variables discretas.

Los cuatro modelos comparten las siguientes características: todos contienen tres rectángulos que representan realizaciones independientes de 1) número de participantes i , 2) número de preguntas j y 3) número de veces que se repitió la misma pregunta r . Todas las respuestas individuales, C_{ijr} , se modelaron como un proceso Bernoulli con parámetro θ , que se refiere a la probabilidad de elegir la recompensa grande demorada en tiempo, y la grande menos probable en probabilidad. El sufijo s se refiere siempre a la recompensa pequeña, inmediata y/o segura, y el sufijo l a la recompensa grande, demorada y/o probable. En todos los modelos, el nodo x_{ij}^s es la magnitud de la recompensa pequeña y el x_{ij}^l es la magnitud de la recompensa grande.

Para recompensas temporales, los nodos t_{ij}^s y t_{ij}^l son el tiempo de espera de la recompensa pequeña cercana y el tiempo de la recompensa grande demorada, respectivamente. Las probabilidades, en elección bajo riesgo, fueron transformadas en momios en contra de la entrega de la recompensa: $\Omega = \frac{1-p}{p}$. Por lo tanto, el nodo Ω_{ij}^s son los momios en contra de recibir la recompensa pequeña más probable, y Ω_{ij}^l son los momios en contra de recibir la recompensa grande menos probable.

Las Figuras 5-1 y 5-2 son los modelos gráficos bayesianos para tiempo y probabilidad de la función hiperboloide. Éstos contienen la misma estructura, según la cual el parámetro θ_{ij} se obtiene con las funciones de valor descontado de las dos alternativas. El valor descontado de la recompensa grande v_{ij}^{ll} se divide entre la suma del valor descontado de la recompensa grande v_{ij}^{ll} y el valor descontado de la recompensa pequeña v_{ij}^{ss} . Cada valor descontado se obtiene con la multiplicación del factor de descuento y la cantidad absoluta. El factor de descuento $d_{ij}^{s,l}$ tiene la forma de la función hiperboloide, con los parámetros κ_i y τ_i ; siendo el primero el parámetro de descuento y el segundo el escalador no lineal entre dimensiones, equivalente al parámetro s en la ecuación (1-1). Cada uno de estos parámetros se estimó individualmente y cada uno tiene como *prior* una densidad normal logarítmica con media 0 y desviación estándar 1. La densidad prior logarítmica normal tiene como característica que no permite valores negativos, tiene una cola larga y asigna poco peso a valores extremadamente cercanos a cero.



$$\tau_i, \kappa_i \sim \text{Lognorm}(0, 1)$$

$$d_{ij}^{[s,l]} \leftarrow \frac{1}{(1 + \kappa_i * t_{ij}^{s,l})^{\tau_i}}$$

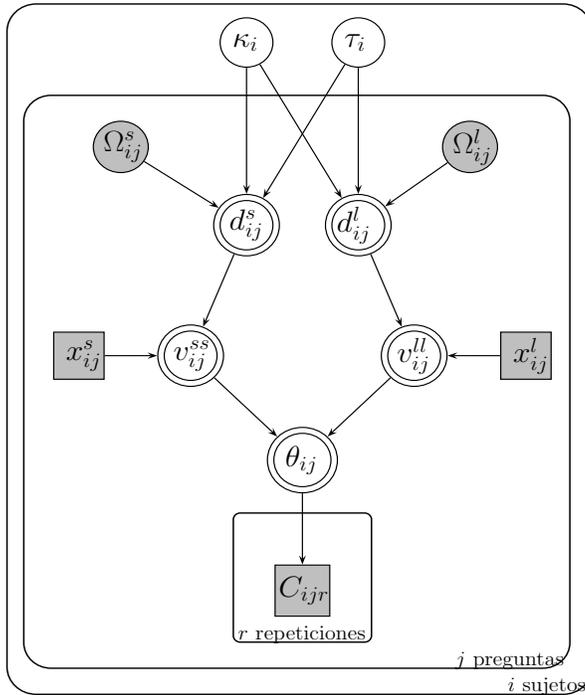
$$v_{ij}^l \leftarrow d_{ij}^l * x_{ij}^l$$

$$v_{ij}^s \leftarrow d_{ij}^s * x_{ij}^s$$

$$\theta_{ijh} \leftarrow \frac{v_{ij}^l}{v_{ij}^l + v_{ij}^s}$$

$$C_{ijr} \sim \text{Bernoulli}(\theta_{ij})$$

Figura 5-1: Modelo Hiperboloide para Elección Intertemporal.



$$\tau_i, \kappa_i \sim \text{Lognorm}(0, 1)$$

$$\Omega_{ij}^{[s,l]} \leftarrow \frac{1 - p_{ij}^{s,l}}{p_{ij}^{s,l}}$$

$$d_{ij}^{[s,l]} \leftarrow \frac{1}{(1 + \kappa_i * \Omega_{ij}^{s,l})^{\tau_i}}$$

$$v_{ij}^l \leftarrow d_{ij}^l * x_{ij}^l$$

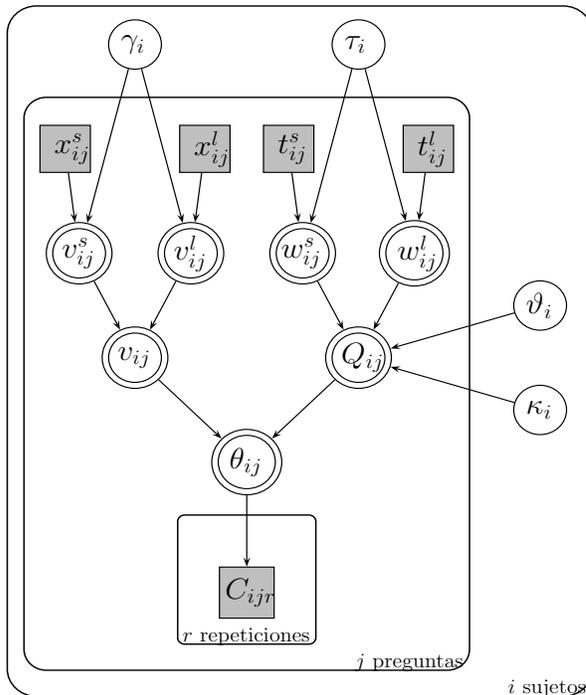
$$v_{ij}^{ss} \leftarrow d_{ij}^s * x_{ij}^s$$

$$\theta_{ijh} \leftarrow \frac{v_{ij}^l}{v_{ij}^l + v_{ij}^{ss}}$$

$$C_{ijr} \sim \text{Bernoulli}(\theta_{ij})$$

Figura 5-2: Modelo Hiperboloide para Elección bajo Riesgo.

Las Figuras 5-3 y 5-4 son los modelos gráficos bayesianos para tiempo y probabilidad del modelo de intercambio, respectivamente, empleando las ecuaciones (1-5, 1-6, 1-7 y 1-8) ya presentadas en el Marco Teórico. Por lo tanto, la probabilidad de elegir la recompensa grande θ_{ij} se genera por la división entre v_{ij} , y la suma de v_{ij} y Q_{ij} . El nodo v_{ij} es la diferencia entre el valor subjetivo de la magnitud de la recompensa grande v_{ij}^l y el valor subjetivo de la magnitud de la recompensa pequeña v_{ij}^s . Estos dos valores se dan con la función de valor para cantidades, que contiene al parámetro γ_i . La función de intercambio está representada por el nodo Q_{ij} , que contiene los parámetros κ_i y ϑ_i , y va sobre la diferencia en los pesos de las demoras largas o probabilidades bajas w_{ij}^l y las demoras cortas o probabilidades altas w_{ij}^s , referidos como intervalos efectivos. El peso de las demoras/probabilidades es asignado con la misma estructura que el valor subjetivo de las cantidades, pero con parámetro τ_i . Todos los parámetros se estimaron a nivel individual y tuvieron el prior de una densidad normal logarítmica, con media 0 y desviación estándar de 1; excepto por el parámetro ϑ_i , cuya media fue de 1.



$$\vartheta_i \sim \text{Lognorm}(1, 1)$$

$$\tau_i, \gamma_i, \kappa_i \sim \text{Lognorm}(0, 1)$$

$$v_{ij}^{[s,l]} \leftarrow \frac{1}{\gamma_i} \log(1 + \gamma_i * x_{ij}^{[s,l]})$$

$$w_{ij}^{[s,l]} \leftarrow \frac{1}{\tau_i} \log(1 + \tau_i * t_{ij}^{[s,l]})$$

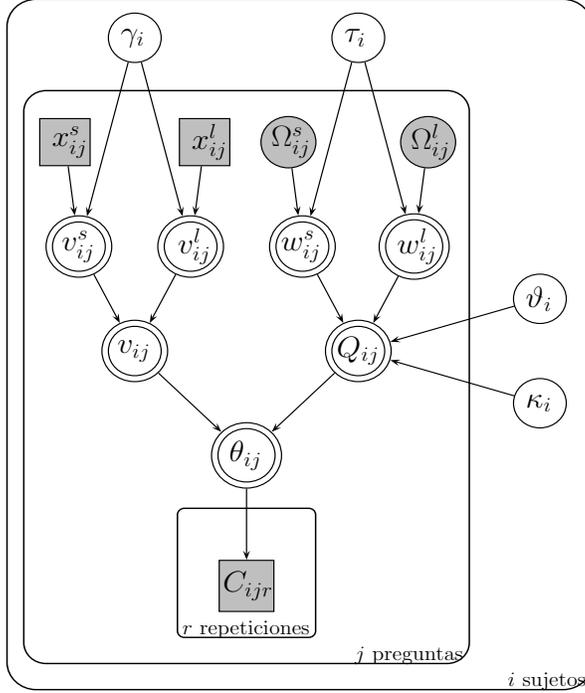
$$Q_{ij} \leftarrow \kappa_i \log \left(1 + \left(\frac{w_{ij}^l - w_{ij}^s}{\vartheta_i} \right)^{\vartheta_i} \right)$$

$$v_{ij} \leftarrow v_{ij}^l - v_{ij}^s$$

$$\theta_{ijh} \leftarrow \frac{v_{ij}}{v_{ij} + Q_{ij}}$$

$$C_{ijr} \sim \text{Bernoulli}(\theta_{ij})$$

Figura 5-3: Modelo de Intercambio para Elección Intertemporal.



$$\begin{aligned} \vartheta_i &\sim \text{Lognorm}(1, 1) \\ \tau_i, \gamma_i, \kappa_i &\sim \text{Lognorm}(0, 1) \\ v_{ij}^{[s,l]} &\leftarrow \frac{1}{\gamma_i} \log(1 + \gamma_i * x_{ij}^{[s,l]}) \\ w_{ij}^{[s,l]} &\leftarrow \frac{1}{\tau_i} \log(1 + \tau_i * \Omega_{ij}^{[s,l]}) \\ Q_{ij} &\leftarrow \kappa_i \log \left(1 + \left(\frac{w_{ij}^l - w_{ij}^s}{\vartheta_i} \right)^{\vartheta_i} \right) \\ v_{ij} &\leftarrow v_{ij}^l - v_{ij}^s \\ \theta_{ijh} &\leftarrow \frac{v_{ij}}{v_{ij} + Q_{ij}} \\ C_{ijr} &\sim \text{Bernoulli}(\theta_{ij}) \end{aligned}$$

Figura 5-4: Modelo de Intercambio para Elección bajo Riesgo.

Para recapitular el modelo de intercambio: los parámetros γ y τ están dentro de la misma estructura matemática para asignar un valor subjetivo a la recompensa y la demora/probabilidad. Estos parámetros representan la disminución de la sensibilidad absoluta, en la cual entre mayor valor absoluto, menor valor subjetivo. La función de intercambio que va sobre los intervalos efectivos, tiene los siguientes parámetros: 1) ϑ que es el parámetro de superaditividad, a mayor valor mayor superaditividad; 2) κ que es el parámetro de descuento, a mayor valor mayor sensibilidad al paso del tiempo o a la incertidumbre; Y 3) α parámetro para describir subaditividad, a mayor valor mayor subaditividad. Este último parámetro se quitó de la estimación, debido a que no se observó subaditividad en los datos.

5.2. Resultados a nivel individual

Para analizar los datos a nivel individual se evaluaron dos aspectos importantes de los modelos, la predicción y el *intervalo de credibilidad* de las densidades posteriores de los parámetros. Las predicciones son respuestas que el modelo genera a partir de los valores paramétricos que

se estimaron; a grandes rasgos, se considera que un modelo tiene mejor desempeño cuando la predicción y las respuestas de los participantes coinciden. El intervalo de credibilidad está en un rango de 2.5 % a 97.5 % de la densidad, éste indica que uno puede estar 95 % confiado de que el valor verdadero del parámetro de interés está en dicho intervalo; si el intervalo abarca varias unidades quiere decir que muchos posibles valores están generando una respuesta, lo cual es poco adecuado de un modelo (Lee, 2016; Lee & Wagenmakers, 2014).

Las Figuras de la 5-5 a la 5-7, son gráficos que permiten observar el comportamiento de los modelos a nivel individual. Cada figura tiene la siguiente estructura: del lado derecho se tienen las proporciones de elección, predicciones y densidades posteriores de los dos modelos para las recompensas temporales; del lado izquierdo, la misma información para recompensas probabilísticas. En las dos partes medias superiores se utilizan los gráficos que se presentaron en el capítulo de Resultados, en los cuales se observan las proporciones de elección de cada participante para tiempo y probabilidad. Adicionalmente, en estos gráficos se agregan dos líneas verticales por pregunta, las rosadas representan las predicciones del modelo hiperboloide, y las moradas representan las predicciones del modelo de intercambio; si hay sólo una línea en la barra significa que los dos modelos tienen la misma predicción. En las dos partes inferiores de los gráficos de cada figura, se observan las densidades posteriores de los parámetros de los dos modelos. Cada densidad tiene una línea negra horizontal en la parte inferior que indica el intervalo de credibilidad. Las densidades de color rosado son de los parámetros κ_i y τ_i , del modelo hiperboloide. Las de color morado son de los parámetros ϑ_i , κ_i , γ_i y τ_i , del modelo de intercambio. Es importante notar que las escalas utilizadas en las densidades posteriores para tiempo y probabilidad son diferentes; en ésta última, la escala es más grande que en tiempo.

El participante representativo 1 (Figura 5-5), no presentó efectos de intervalo en las dos tareas. En los conjuntos naranja, verde y turquesa de la tarea de tiempo, eligió consistentemente la recompensa grande demorada, y en el conjunto salmón la recompensa pequeña inmediata. Para dichos conjuntos el modelo hiperboloide predijo 0.5 de proporción. En este modelo el parámetro τ tiene un intervalo de credibilidad de centésimas y está cercano a cero, y el parámetro κ tiene un intervalo de densidad de 0 a 4. Para el modelo de intercambio, las predicciones se acercan a las respuestas de los sujetos en los conjuntos naranja y verde. Sin embargo, en el conjunto turquesa hay subestimación, y en el conjunto salmón hay sobreestimación. Los parámetros del modelo de

intercambio tienen valores cercanos a cero, excepto por ϑ , que tiene un intervalo entre 3 y 4. En la tarea de probabilidad, el participante siempre elige la recompensa pequeña segura y los dos modelos parecen predecir bien este tipo de respuesta. Sin embargo, los parámetros de los dos modelos tienen mucha variabilidad en sus densidades posteriores. En el modelo hiperboloide, τ tiene un intervalo de 7 hasta 14, y κ de 0 a 11. En el modelo de intercambio, ϑ y τ están cerca del cero, mientras que κ y γ tienen el intervalo entre 0 y 25.

El participante representativo 2 (Figura 5-6) en la tarea de tiempo, elige la recompensa grande demorada en los intervalos de 1 y 2 semanas, y en los intervalos de 3 a 10 semanas la recompensa pequeña inmediata, lo cual es superaditividad. Para este tipo de patrón de datos, el modelo hiperboloide predice 0.5 de proporción cuando el participante eligió consistentemente la RGD, y predice menor proporción cuando siempre eligió la RPI. En cuanto a sus parámetros, τ tiene un intervalo de credibilidad largo que va desde 2 hasta más de 6 unidades; y κ tiene un intervalo corto y cercano a cero. Por otro lado, el modelo de intercambio predice mejor este tipo de patrón de respuestas. De hecho, el parámetro que representa superaditividad (ϑ) incrementa en valor, con un intervalo de 5 a 6. Por otro lado, κ y γ tienen mucha variabilidad en sus densidades posteriores con intervalos de credibilidad de 0 a 25, mientras que τ tiene un intervalo muy corto y se acerca a cero. Para probabilidad, los modelos tienen buena predicción, aunque la variabilidad de los parámetros de ambos modelos es alta.

El participante representativo 3 (Figura 5-7) en la tarea de tiempo, presenta patrones superaditivos debido a que elige la recompensa grande demorada en los intervalos de 1 semana y en los demás intervalos la recompensa pequeña inmediata. El modelo hiperboloide falla en predecir estos patrones de respuesta porque predice 0.5 de proporción en los subintervalos de 1 semana. En cuanto a sus parámetros, τ tiene intervalo de credibilidad largo y κ lo tiene de dos unidades. Con respecto al modelo de intercambio, éste logra predecir mejor la mayoría de las elecciones, tanto en cantidades grandes como en pequeñas. El parámetro ϑ , incrementa en valor porque se observó superaditividad. Los valores de γ y κ son altos, así como la variabilidad de sus densidades posteriores; mientras que τ tiene valores paramétricos cercanos a cero. Para probabilidad, el participante siempre elige la recompensa pequeña segura; las predicciones de los dos modelos son buenas pero la variabilidad de los parámetros es muy alta como en los participantes anteriores.

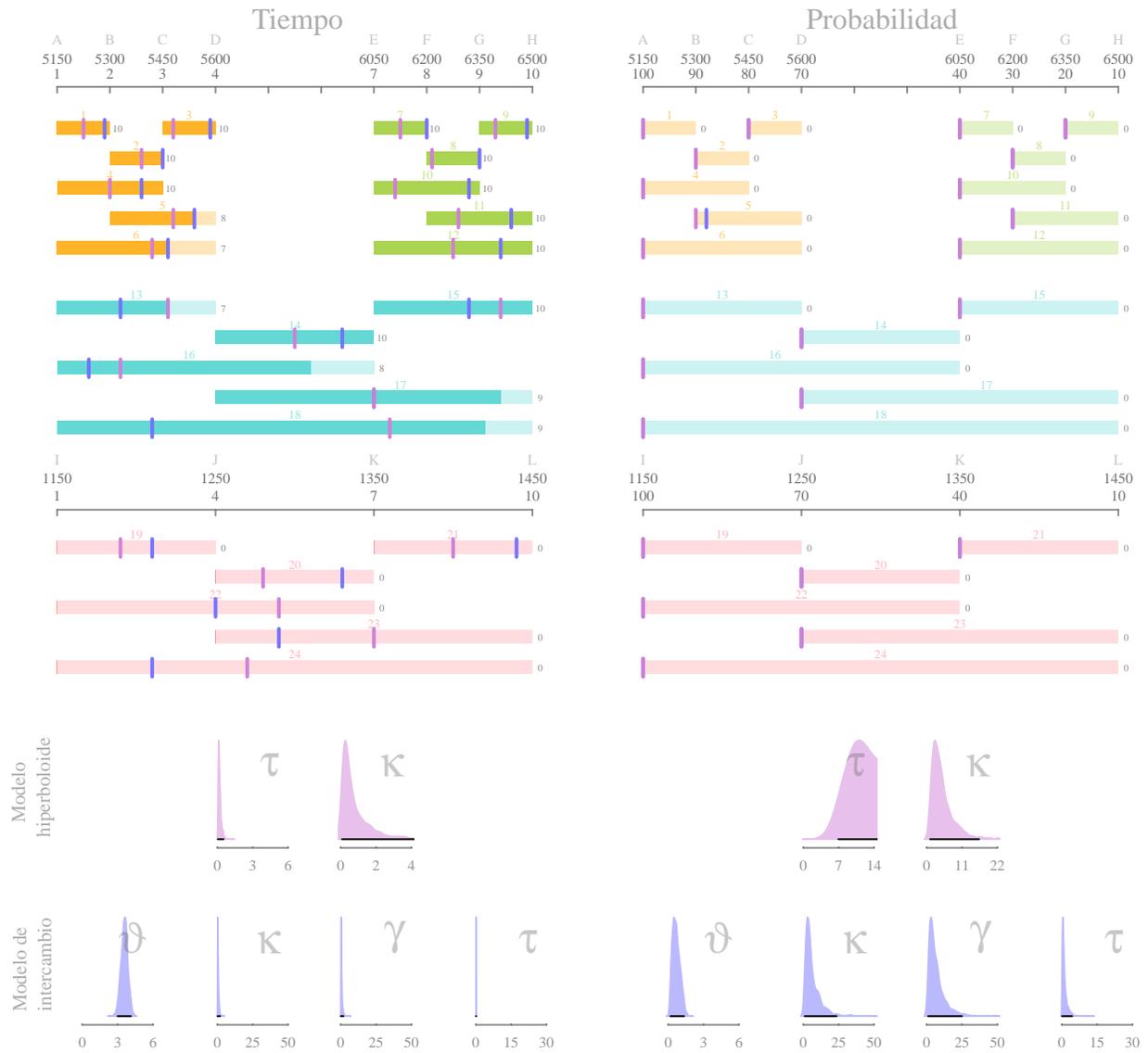


Figura 5-5: Elecciones, predicciones y densidades posteriores de los dos modelos, para las s de tiempo y probabilidad del participante representativo 1.

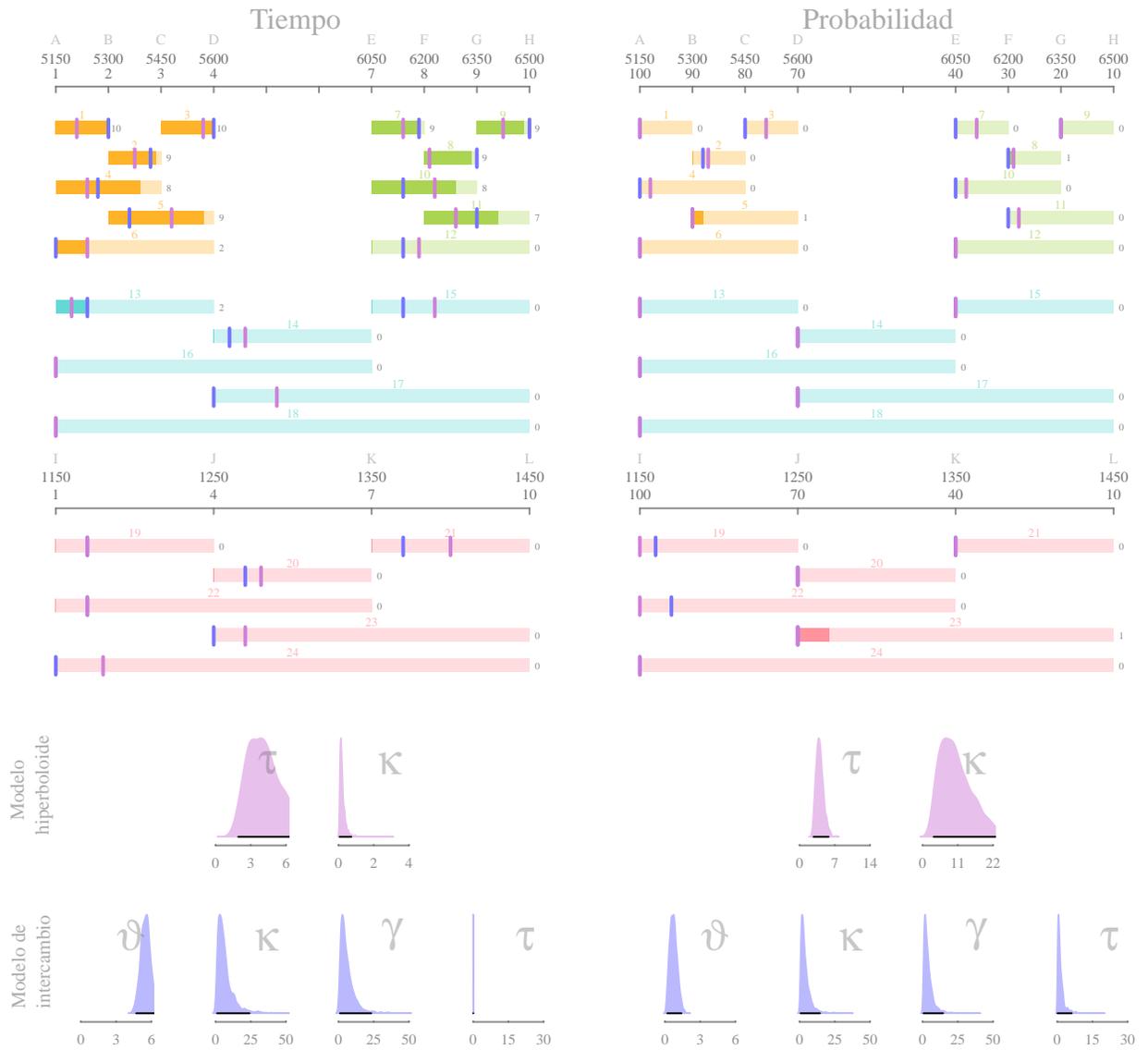


Figura 5-6: Elecciones, predicciones y densidades posteriores de los dos modelos, para las tareas de tiempo y probabilidad del participante representativo 2.

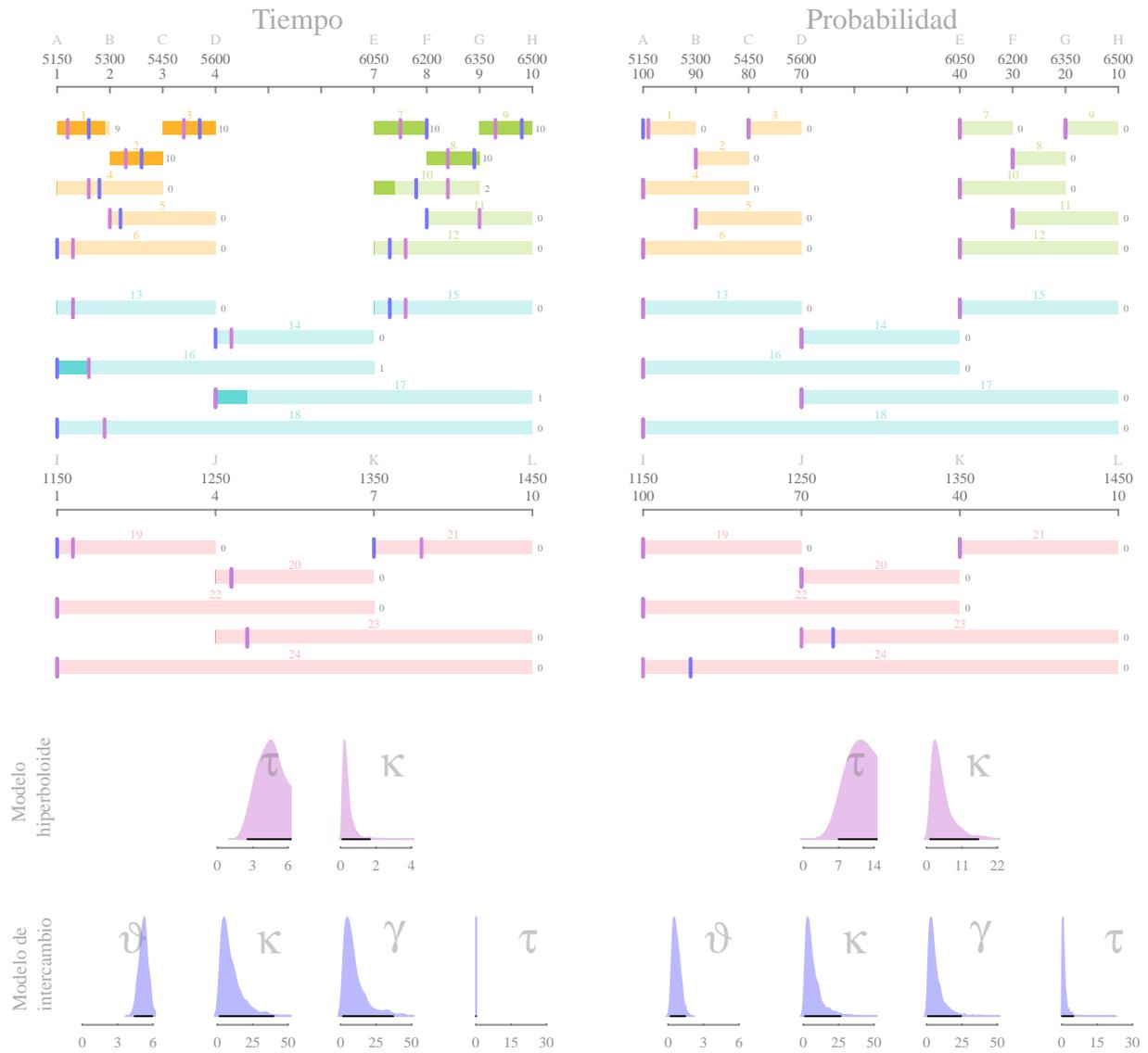


Figura 5-7: Elecciones, predicciones y densidades posteriores de los dos modelos, para las tareas de tiempo y probabilidad del participante representativo 3.

La siguiente figura (5-8) son las densidades posteriores del parámetro de superaditividad (ϑ) de cada uno de los participantes en la tarea de tiempo y en la de probabilidad. La línea representa el intervalo de credibilidad y el punto la media posterior de cada densidad; las azules son para la tarea de tiempo y las rojas para la de probabilidad. Cabe de recordar que entre más alto sea el valor de ϑ , hay mayor superaditividad. De manera general, las densidades de la tarea de tiempo son más altas que las de probabilidad, lo cual concuerda con que en tiempo se observaron patrones superaditivos y en probabilidad no. Sólo cinco participantes tienen traslapadas sus densidades posteriores y sucede cuando ambas tienen valores cercanos a cero. En la tarea de tiempo seis participantes tienen sus densidades menores a tres y todos los demás tienen valores más altos que tres. Para probabilidad, todos los participantes tienen valores menores que tres. Esto habla de las diferencias en superaditividad entre la tarea de tiempo y probabilidad, que de hecho coinciden con el conteo presentado en la Tabla 4-1, donde se colocaron los participantes que presentaron por lo menos un patrón intransitivo.

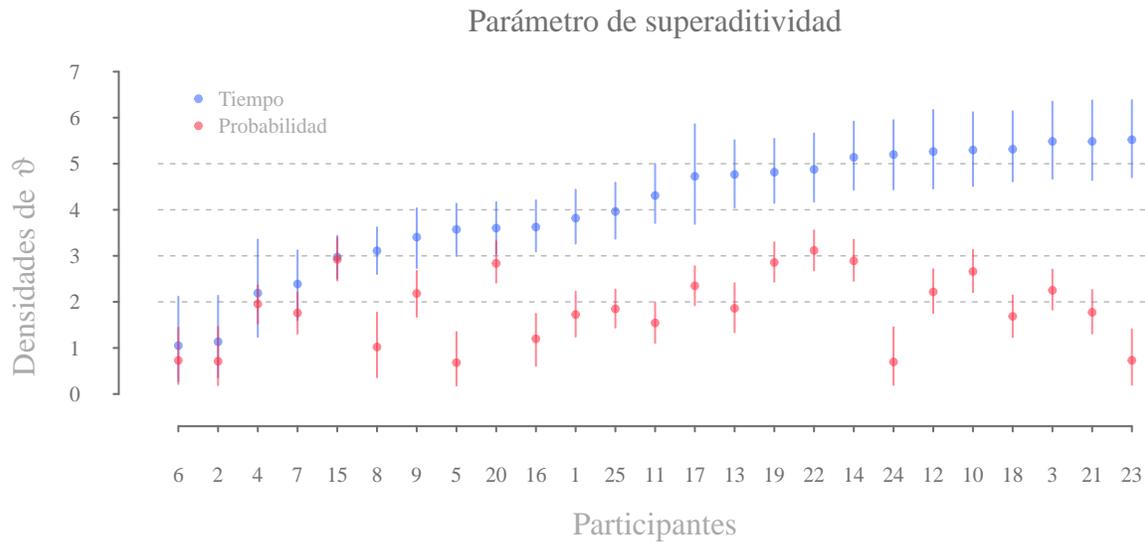


Figura 5-8: Densidades posteriores del parámetro de superaditividad (ϑ) de todos los participantes para la tarea de tiempo y la de probabilidad. Las densidades están ordenadas de mayor a menor con respecto a las medias de las densidades de la tarea de tiempo.

Para resumir los resultados a nivel individual del modelamiento bayesiano, se encontraron tres aspectos principales. El primero es que el modelo hiperboloide falla en predecir casi todos

los patrones de respuesta en la tarea de tiempo y en probabilidad. El segundo es que el modelo de intercambio predice bien las respuestas de los participantes 2 y 3, pero falla en respuestas del participante 1. El tercer aspecto es que en la tarea de probabilidad, los dos modelos predicen bien las respuestas donde se elige consistentemente la recompensa pequeña más probable; sin embargo, la variabilidad en los parámetros de ambos modelos es muy alta.

5.3. Resultados a nivel grupal

Para evaluar los resultados a nivel grupal se utilizaron las predicciones de los modelos para todas las respuestas de todos los participantes (Figura 5-9). Los gráficos que analizan las predicciones tienen la siguiente estructura: los cuatro modelos tienen cuatro gráficos de dispersión, correspondientes a los conjuntos de color naranja, verde, turquesa y salmón. Todos los gráficos de dispersión tienen en las abscisas la proporción de elección por la recompensa grande de todos los participantes, y en las ordenadas la predicción del modelo para dicha proporción de elección. Adicionalmente, los tamaños de los cuadros corresponden a la proporción de personas que presentaron las mismas elecciones y predicciones; por lo tanto, los cuadros más grandes indican que un mayor número de personas tuvieron esa combinación de predicción y elección. La línea roja diagonal sirve como referencia de buena predicción.

En el modelo hiperboloide, para la tarea de tiempo, hay subestimación en los conjuntos naranja y verde, debido a que se predice proporción de elección de 0.5 a las elecciones en las que los participantes tienen 1 de proporción. En cuanto al conjunto turquesa, se observa que el modelo predice bien las elecciones de proporción 0, pero subestima las otras proporciones. Para el conjunto color salmón hay sobrestimación, en la cual, los participantes eligen consistentemente la recompensa pequeña inmediata pero el modelo predice que dicha recompensa será seleccionada sólo 50% de las veces.

El modelo hiperboloide para la tarea de probabilidad, tiene un comportamiento similar en los conjuntos naranja y verde. En éstos, la mayoría de las elecciones que son por la recompensa pequeña segura, se predicen bien; sin embargo, cuando la proporción de elección de los participantes cambia a la recompensa grande menos probable, el modelo tiende a predecir 0.5 de proporción. Para los conjuntos turquesa y salmón, la mayoría de las elecciones y predicciones se

concentran en cero.

En la predicción del modelo de intercambio para las recompensas temporales, se observa que en los conjuntos naranja y verde, la mayoría de los cuadros están alrededor de la diagonal roja, indicando que para este tipo de elecciones, las predicciones son cercanas a lo observado. Por otro lado, en el conjunto turquesa hay subestimación, excepto cuando los participantes eligen la recompensa pequeña inmediata. Para el conjunto salmón hay sobreestimación, pero de igual manera que en el conjunto turquesa, las elecciones por la recompensa pequeña inmediata se predicen bien.

En el modelo de intercambio para probabilidad, el conjunto naranja tiene las predicciones y elecciones alrededor de la línea roja, por lo que la predicción es relativamente buena. El conjunto verde tiene subestimación, excepto cuando se elige cero veces la recompensa grande probable. Para los conjuntos turquesa y salmón, hay buena predicción siendo que la mayoría de las elecciones son por la recompensa pequeña segura; aunque en el conjunto salmón hay ciertas proporciones de elección que se sobreestiman.

De manera general, en los resultados grupales del modelamiento bayesiano se encontró que el modelo hiperboloide funciona bien sólo cuando las proporciones de elección son consistentes con la recompensa pequeña inmediata o pequeña segura. En cuanto al modelo de intercambio, se observa mejor predicción en los conjuntos naranja y verde que son intervalos pequeños y medianos, sin embargo, la predicción falla en los otros dos conjuntos donde los intervalos son más grandes (conjunto turquesa) o las cantidades más pequeñas (conjunto salmón). Para probabilidad se predicen bien las elecciones por la recompensa pequeña segura.

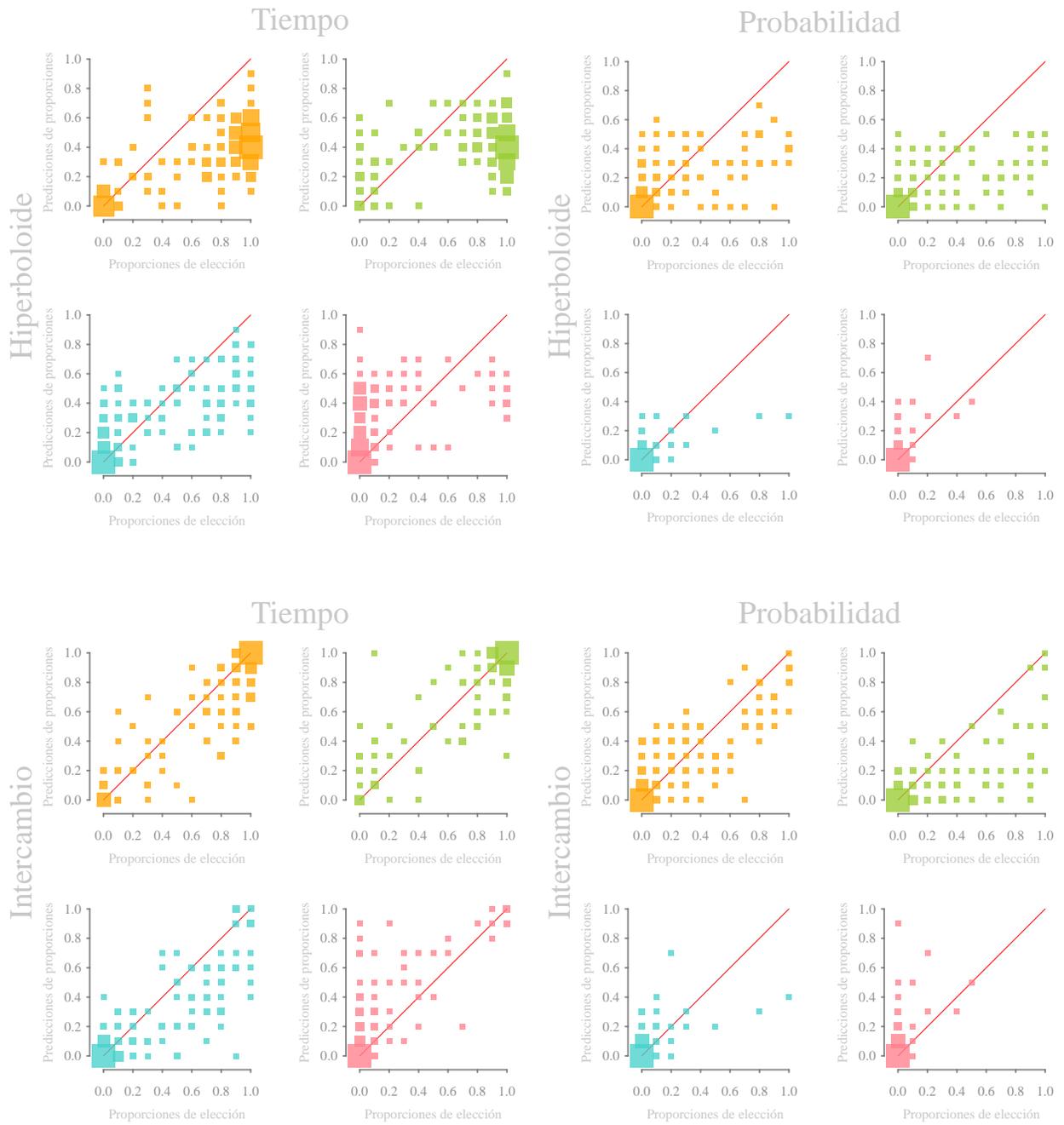


Figura 5-9: Predicciones de todos los modelos para todos los participantes. Cada modelo tiene cuatro gráficos de dispersión del color que corresponde a un conjunto.

Capítulo 6

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue observar, en los mismos individuos, el impacto de dividir en subintervalos e intervalos recompensas temporales y probabilísticas. En los resultados generales se encontró que los efectos de intervalo e intransitividad no son similares, en los mismos individuos, en recompensas temporales y probabilísticas. En otras palabras, los participantes tuvieron diferentes patrones de respuesta en la tarea de tiempo y probabilidad con respecto a los efectos de intervalo. Sólo un individuo presentó efectos de intervalo en ambas tareas. Por otro lado, la mayoría de participantes mostró efectos de intervalo en la tarea de tiempo y muy pocos en la tarea de probabilidad. Esto puede ser indicio de que utilizar subintervalos o intervalos afecta de diferente manera la elección intertemporal y la elección bajo riesgo.

En elección intertemporal, se observó que 64% de la muestra presentó por lo menos algún patrón superaditivo. El patrón superaditivo que exhibieron fue aquel en el cual eligieron la recompensa grande demorada en los subintervalos de una semana pero la recompensa pequeña inmediata en el intervalo más grande (10 semanas). Los demás participantes mostraron patrones sin efectos de intervalo, donde siempre elegían la recompensa grande/pequeña tanto en los intervalos como en los subintervalos. De manera general, el hallazgo más destacable fue que hay menor variabilidad en las elecciones cuando los intervalos son o muy pequeños (subintervalos de 1) o muy grandes (intervalo de 10 semanas), es decir, las elecciones parecen estar mejor definidas en los extremos o parece más fácil decidir sobre estas preguntas. En contraste, en los intervalos de longitud mediana (2, 3, y 6 semanas) se encuentra mayor variabilidad intra y entre sujeto, donde varios participantes eligieron la mitad de las veces la RPI y la otra mitad la RGD, lo cual puede ser indicio de que las preferencias no están bien definidas o son más susceptibles al

contexto.

Por otro lado, en elección bajo riesgo sólo 24% de los participantes presentaron intransitividad. Además en todas las preguntas, el nivel de variabilidad es mucho menor comparado con la tarea de tiempo. La mayoría de los participantes, en todas sus preguntas, eligieron consistentemente la recompensa pequeña más probable. Tanto en elección intertemporal y elección bajo riesgo estas proporciones se confirmaron con el análisis del parámetro de superaditividad que coincidió con el número de personas que presentaron o no patrones intransitivos.

Una cuestión importante del presente trabajo es que a pesar de que se consideró la variabilidad en la elección y se evaluaron los datos a nivel individual, más de la mitad de los participantes presentó efectos de intervalo en la tarea de tiempo. Estos resultados difieren a lo que Dai (2016) encontró en su estudio de transitividad en elección intertemporal. Su principal hallazgo fue que muy pocos participantes presentaron efectos de intervalo si se tomaba en cuenta la variabilidad de la elección y se analizaban los datos a nivel individual. Sin embargo, en el presente trabajo se tomaron en cuenta ambos factores y aún así se encontraron sujetos con efectos de intervalo. Los resultados opuestos en el presente estudio y en el de Dai se pueden deber 1) a la representación gráfica utilizada que permite observar los datos de manera clara y sin hacer alguna modificación estadística. Mientras que los resultados de Dai se hacen conclusiones a partir de la estimación de modelos que miden intransitividad. 2) Él obtuvo puntos de indiferencia por participante para generar las magnitudes de recompensa que fueran más atractivas individualmente, mientras que en el presente trabajo se utilizaron cantidades e intervalos fijos para todos los participantes.

En los presentes datos se puede entender porqué si se considera la muestra total se observan efectos de intervalo (Figura 4-4). Si tomáramos en cuenta los datos de manera global, se podría concluir que los participantes presentan efectos de intervalo, pues la mayoría elige la recompensa grande demorada en los intervalos pequeños y la recompensa pequeña cercana sobre los intervalos grandes. Sin embargo, esto solo sucede a nivel global puesto que al analizar los datos individualmente se encontró que varios participantes no presentaban ningún efecto de intervalo. Esto muestra la importancia de analizar los datos a nivel grupal e individual, para poder realizar conclusiones más adecuadas sobre el fenómeno de interés.

En el modelamiento bayesiano se evaluaron el modelo hiperboloide y el de intercambio. Lo que se encontró fue que el modelo de intercambio tiene mejor predicción de las elecciones que

el modelo hiperboloide. Más específicamente, el modelo hiperboloide no es capaz de predecir casi todos los tipos de patrones de elección observados, incluyendo los efectos de intervalo. En la mayoría de las preguntas de casi todos los participantes, el modelo predecía que era igual de probable elegir cualquiera de las dos alternativas, aún cuando las elecciones reales eran por la recompensa grande demorada en todas las repeticiones. El motivo por el cual el modelo falla rotundamente es por el supuesto de aditividad que asume. Este supuesto hace que se genere un orden débil estricto en las utilidades/valores subjetivos de todas las alternativas, por lo que matemáticamente no puede predecir efectos de intervalo.

Por otro lado, el modelo de intercambio se adecuó mucho mejor a los datos que el modelo hiperboloide. De hecho, predijo bien los patrones de elección con y sin efectos de intervalo, tanto para la tarea de tiempo como para la de probabilidad. Sobre todo en la tarea de tiempo, el modelo tuvo mejor predicción a nivel individual y grupal. Sin embargo, el modelo tuvo una falla importante en predecir un patrón específico de respuestas. Esta falla radica en que no puede predecir elecciones que provienen de preguntas que difieren en cantidad pero que tienen la misma longitud de intervalos.

El problema del modelo de intercambio parece estar relacionado con las diferencias en intervalos, pues éstas son similares en los conjuntos turquesa (intervalos largos, cantidades grandes) y salmón (intervalos largos, cantidades pequeñas). Lo que el modelo estimó fue que si el participante empezaba a elegir la recompensa grande demorada en los intervalos medianos de las cantidades grandes, sucedería lo mismo para los intervalos de la misma longitud pero en las cantidades pequeñas. Esto está relacionado con la estructura matemática del modelo, pues para observar superaditividad (valores de ϑ grandes), se necesitan valores altos de γ . Recordemos que el parámetro γ habla de la disminución de la sensibilidad absoluta, por lo tanto, con valores altos de este parámetro las cantidades grandes perderán mucho valor subjetivo, haciendo que en algún punto las diferencias de valores subjetivos de cantidades grandes sean casi equivalentes a las diferencias en cantidades pequeñas. Debido a esto, se harán las mismas predicciones en los intervalos de longitud similar, sin importar el tamaño de la cantidad. El problema es que esto no se observa empíricamente pues parece haber un efecto de magnitud general, donde es más probable elegir la grande demorada en las cantidades grandes que en las cantidades pequeñas.

Los resultados sugieren que la regla utilizada en la familia de modelos basados en atributos

puede ser más adecuada para describir la elección. Primero, porque se encontraron efectos de intervalo en la elección y segundo porque ningún modelo de la familia de alternativas puede describir estos efectos. El modelo de intercambio, tiene la regla de atributos que permite dar cuenta del fenómeno empírico en cuestión, sin embargo es un modelo complejo con muchos parámetros, que además tiene un defecto en predecir cierto patrón de datos. Por lo tanto, se sugiere evaluar otros modelos que utilicen la regla de atributos que sean más parsimoniosos.

Capítulo 7

Conclusiones

En conclusión, el efecto de subintervalos e intervalos en recompensas temporales y probabilísticas parece estar funcionando de manera diferente. En elección intertemporal, los efectos de intervalo fueron más robustos mientras que en elección bajo riesgo muy pocos participantes los exhibieron.

Un problema con este experimento podría ser que las recompensas probabilísticas no fueron lo suficientemente atractivas para elegir recompensas grandes más probables, pues casi toda la muestra siempre eligió la recompensa pequeña menos probable. Por lo tanto, se sugiere modificar las probabilidades y las cantidades ofrecidas en esta tarea para hacer más atractiva la recompensa grande menos probable, y así observar más patrones de respuesta que ayuden a llegar a una conclusión más precisa con respecto a los efectos de intervalo.

El hecho de que se observaran efectos de intervalo en elección intertemporal y muy pocos en elección bajo riesgo, es un indicio de que la regla basada en atributos puede ser más adecuada para tiempo que para probabilidad. Sin embargo, la ventaja de los modelos de atributos es que pueden dar cuenta tanto de elecciones intransitivas como transitivas, lo cual genera una ventaja sobre los modelos basados en alternativas.

Por otro lado, a pesar de que el modelo de intercambio puede predecir los efectos de intervalo, tiene una estructura matemática compleja con varios parámetros libres que va en contra del criterio de parsimonia, además de que falla en predecir un patrón específico de datos. Por lo que se debería crear un modelo que utilice la regla de atributos, que tenga una estructura matemática más sencilla y que pueda predecir los fenómenos empíricos observados. Otra alternativa sería

hacer modificaciones sobre el modelo de intercambio, donde se asuman diferentes funciones que asignen de diferente manera el valor subjetivo a cada uno de los atributos de las alternativas. Lo anterior, sin olvidar que la regla de atributos tiene indicios de ser la más adecuada para describir el proceso de decisión subyacente en la elección.

Referencias

- Ainslie, G. (2010). Procrastination: The basic impulse. *The thief of time: Philosophical essays on procrastination*, 11-27. New York: Oxford.
- Cavagnaro, D. R & Davis-Stober, P. C. (2014). Transitive in Our Preferences, but Transitive in Different Ways: An Analysis of Choice Variability *Decision*, 1(2), 102-122.
- Chávez, M.E., Villalobos, E., Baroja, J.L. & Bouzas, A. (2017) Hierarchical Bayesian modeling of intertemporal choice. *Judgment and Decision Making*, 12(1), 19-28.
- Cheng, J. & González-Vallejo, C. (2016). Attribute-Wise vs Alternative-Wise Mechanism in Intertemporal Choice: Testing the Proportional Difference, Trade-Off and Hyperbolic Models. *Decision*, 3(3), 190-215.
- Dai, J. (2016). Are Intertemporal Preferences Transitive? A Bayesian Analysis of Repeated Individual Intertemporal Choices *Decision*, 1-24.
- Dai, J. & Busemeyer, J. R. (2014). A Probabilistic, Dynamic and Attribute-Wise Model of Intertemporal Choice *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(4), 1489-1514.
- Estes, W.K. (1956). The problem of inference from curves based on group data *Psychological Bulletin*, 53, 134-140.
- Frederick, S., Lowenstein, G & O'Donoghue, T. (2002). Time Discounting and Time Preference: A Critical Review *Journal of Economic Literature*, 20(2), 351-401.
- Fox, C & Tversky, A. (1998). A Belief-Based Account of Decision Under Uncertainty *Management Science*, 44(7), 879-895.
- Green, L., Fristoe N., & Myerson, J. (1994). Temporal discounting and preference reversals in choice between delayed outcomes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1 (3), 383-389.
- Green, L., Fry A. F., & Myerson, J. (1994). Discounting of Delay Rewards: A Life-Span Comparison. *Psychological science*, 5(1), 33-36.
- Green, L. & Myerson, J. (2004). A Discounting Framework for Choice with Delayed and Probabilistic Rewards *Psychological Bulletin*, 130(5), 769-792.
- Green, L., Myerson, J. & Vanderveldt, A. (2014) Delay and Probability Discounting. In: McSweeney, F. K. & Murphy, E. S. (Eds.). *The Wiley Blackwell handbook of operant and classical conditioning*. John Wiley & Sons, Malden, MA.,307-337.

- Green, L., Myerson, J. & O'Donoghue, T. (1999). Amount of Reward has Opposite Effects on the Discounting of Delayed and Probabilistic Outcomes *Journal of Experimental Psychology*, 25(2), 418-427.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: an analysis of Decision under Risk *Econometrica*, 47(2), 263-292.
- Kirby, K.N., Petry, N.M. & Bickel, W.K. (1999). Heroin Addicts Have Higher Discount Rates for Delayed Rewards than Non-Drug using controls. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(1), 78-87.
- Lee, M.D. (2016). Bayesian methods in cognitive modeling. Submitted for *The Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*. Fourth Edition.
- Lee, M.D. & Wagenmakers, E.-J. (2014). *Bayesian cognitive modeling: A practical course*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Loewenstein, G. & Prelec, D. (1992). Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 573-597.
- Mazur, J. E. (1984) Test of an Equivalence Rule for Fixed and Variable Reinforcer Delay. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, 10(4), 426-436.
- McAlvanah, P. (2010) Subadditivity, patience, and utility: The effects of dividing time intervals. *Economic Behaviour & Organisation*, 325-337.
- McKerchar, T. L., Green, L., Myerson, J., Pickford, S. T., Hill, J. C & Stout, C. S. (2005). A comparison of four models of delay discounting in humans. *Behavioral Processes*, 81, 256-259.
- Myerson, J., Green, L. & Morris, J. (2011) Modeling the Effect of Reward amount on Probability Discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour*, 2(95) 175-187.
- O'Donoghue, T. & Rabin, M. (1999) Doing it now or later. *American Economic Review*, 103-124.
- Pierce, J.W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(2), 8-13.
- Plummer, M (2003). JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing*, 20-22.
- Prelec, D. & Loewenstein, G. (1991). Decision Making over Time and under Uncertainty: A Common Approach *Management Science*, 37(7), 770-786.
- Rachlin, H., & Green, L. (1972). Commitment, Choice and Self-Control. *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour*, 17(1), 15-22.
- Rachlin, H., Raineri, A & Cross, D. (1991). Subjective Probability and Delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour*, 55(2), 233-244.

- Read, D. (2001). Is time-discounting hyperbolic or subadditive?. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(1), 5-32.
- Roelofsma, P. H. M. P. & Read, D. (2000). Intransitive intertemporal choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, 161-177.
- Regenwetter, M. & Davis-Stober, C. P. (2012). Theoretical Note: Behavioral Variability of Choices Versus Structural Inconsistency of Preferences. *Psychological Review*, 119(2), 408-416.
- Regenwetter, M., Jason, D & Davis-Stober, C. P. (2011). Transitivity of Preferences. *Psychological Review*, 118(1), 42-56.
- Samuelson, P.A. (1937) A note on measurement of utility. *The Review of Economic Studies*, 4(2), 155-161.
- Scholten, M. & Read, D. (2006). Discounting by Intervals: A Generalized Model of Intertemporal Choice. *Management Science*, 52(9), 1424-1436.
- Scholten, M. & Read, D. (2010). The Psychology of Intertemporal Tradeoffs. *Psychological Review*, 117(3), 925-944.
- Scholten, M., Read, D., & Sanborn, A. (2014). Weighting outcomes by time of against time? Evaluation rules in inter temporal choice. *Cognitive science*, 38(3), 399-438.
- Takahashi, T. (2009) Theoretical Frameworks for Neuroeconomics of Intertemporal Choice. *Journal of Neuroscience, Psychology and Economics*, 2(2), 75-90.
- Tversky, A. (1969). Intransitivity of preferences. *Psychological Review*, 76, 31-48.
- Tversky, A. & Fox, C. R. (1995). Weighing Risk and Uncertainty. *Psychological Review*, 102(2), 269-283.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1992). Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297-323.
- Urminsky, O., & Zauberman, G. (2014). *The Psychology of Intertemporal Preferences*, Wiley-Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making.
- Vincent, B.J. (2015). Hierarchical Bayesian estimation and hypothesis testing for delay discounting tasks. *Behaviour Research Methods*, 1-13.
- Wagenmakers, E.-J., Lee, M. D., Lodewyckx, T., & Iverson, G (2008). Bayesian versus frequentist inference. In H. Hoijtink, I. Klugkist, & P. A. boelen (Eds.), *Bayesian Evaluation of Informative Hypotheses*, (pp. 181-207). New York: Springer Verlag.

Consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Folio: _____

Estimado participante:

El objetivo del experimento es estudiar cómo la gente toma decisiones. Este experimento consiste en dos fases, cada fase dura aproximadamente 40 minutos. Por lo tanto, se realizará una fase por sesión. Las sesiones estarán diferidas aproximadamente 24 horas.

Al momento del término de las dos fases del experimento se te dará un número que entrará a una rifa donde el premio es una tarjeta de iTunes, Spotify o Netflix de \$300 pesos. En caso de ser ganador podrás elegir una de las tarjetas.

Tienes derecho a renunciar en cualquier momento del experimento. En caso de renuncia, no podrás ser parte de la rifa.

El único factor previsible que puede influenciar tu deseo a renunciar es la fatiga. Sin embargo, tu participación en este experimento es muy importante, por lo tanto se te pide de la manera más atenta que respondas cuidadosamente todas las preguntas.

Por medio de la presente certifico que he sido informado(a) con la claridad y veracidad debidas respecto al ejercicio académico al que la estudiante Elena Villalobos Nolasco me ha invitado a participar; que actúo consecuente, libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo y participando en este procedimiento de forma activa.

Edad _____

Sexo _____

Teléfono de contacto _____

Correo electrónico _____

Nombre y Firma del participante