



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Psicología

“INFLUENCIA DEL ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL EN LAS DINÁMICAS DE INTERACCIÓN SOBRE UNA TAREA DE COOPERACIÓN”

TESIS

Que para obtener el grado de

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

Presenta:

Gabriela Lizbeth Franco Olivares

Director:

Oscar Zamora Arévalo

Revisor:

Oscar Vladimir Orduña Trujillo

Comité sinodal:

Fructuoso Ayala Guerrero.

Hugo Sánchez Castillo.

Alejandro Segura Beltrán.

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

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.

Agradecimientos

A la UNAM y todos los profesores que contribuyeron en mi formación.

Al Dr. Oscar Zamora, por darme un espacio en el laboratorio, por el tiempo brindado, el conocimiento, la libertad y el apoyo incondicional, lo quiero y admiro como profesor, científico y humano fuera del laboratorio.

Al Dr. Vladimir, por la precisión en sus preguntas y sugerencias durante la realización del trabajo, gracias por aceptar compartir esta experiencia.

Al Dr. Segura, por el tiempo y conocimiento compartido desde el inicio, por prestarme sus instrumentos y su espacio de trabajo.

Al Dr. Ayala, porque fue un honor haber estado en su clase y tenerlo en mi comité, agradezco toda su disposición.

Al Dr. Sánchez, por todo el conocimiento que pudo compartir conmigo, no sólo en esta etapa, sino desde los seminarios en el laboratorio, por la formación en ciencia y los consejos personales que llegó a brindarme, gracias por todo.

A mis abuelos, por ser la base de una gran familia y enseñarme que el trabajo es la clave de cualquier logro.

A Male, por ser la mejor madre, por la educación y todo lo brindado desde el inicio de mis días, no hay palabra que logre expresar toda la gratitud que tengo contigo, te amo.

A tío Gil, por ser la mejor figura paterna, gracias por todas tus atenciones, por alentarme, por el apoyo y el amor, te adoro.

A Gustavo, por el apoyo brindado, por la confianza, por ser un gran ejemplo y el mejor hermano mayor, por darme a la sobrinita más linda. Te amo.

A Pony, por todas las demostraciones de afecto, por acompañarme despierto hasta que culminara mis deberes, por despertar mi curiosidad de entender la conducta de los animales no humanos, siempre te amaré.

A los NETs primera generación y refuerzos: Diana, Jesús, Israel, Nuria, María, Aline, Paulina, Diego, Ingrid, Arely, Octavia y Rodrigo, por todo el aprendizaje, logros y amistad que prevalece, aunque ya no estemos en el laboratorio. Mención especial merece Anita, por todos los momentos vividos desde primer semestre y por los futuros, gracias por todas las pláticas, los consejos, el cariño, gracias por ser mi complemento, te quiero muchísimo.

A los humanos que colaboran en el ECI: Mario, Manuel, Mayra, Roxana, Gustavo Ortiz, Gustavo del Valle, Analí, Fernanda, Angélica y Liliana, por las pláticas, los libros, las recomendaciones, la ayuda y la divulgación de la ciencia... Especialmente me gustaría agradecer a Sol y Perla, por la retroalimentación, las pláticas, los consejos personales, por su cariño y amistad, espero contar con sus hermosos seres por más tiempo... A Nestor por todos los momentos que elegiste compartir conmigo: la buena música, series, películas, pláticas, conocimiento, caminatas nocturnas, etcétera. Porque contigo hasta los silencios se disfrutaban, siempre desearé más instantes... Gracias Diandra y Eduardo, porque siempre pensé que mis sujetos de tesis iban a ser los más lindos en todo sentido y sin su ayuda no habría sido posible. Gracias por darme un equipo en el cual apoyarme, por el cuidado empleado en el experimento, por su tiempo, por soportar mis manías, por las pláticas, consejos, la confianza, por permitirme conocerlos en otros aspectos, por los momentos de dispersión, por su amistad, los adoro y quiero totalmente.

A todos los sujetos que me moldearon para llegar mejor preparada con mis ratas de tesis. Gracias a las 34 ratas por su trabajo, por ser las mejores y más hermosas hasta el último momento.

Índice

Resumen.	6
Introducción.	7
Marco Teórico.	8
Enriquecimiento ambiental (EA).	8
Definición.	9
Componentes del protocolo.	9
¿Cómo actúa el enriquecimiento ambiental?	10
Efectos del EA a diferentes niveles del organismo:	10
Cambios neuroanatómicos.	10
Cambios neuroquímicos.	11
Cambios conductuales.	12
Cooperación.	13
Conducta social y cooperación.	13
Cooperación.	14
Justificación.	17
Objetivos	19
Objetivo general.	19
Objetivos secundarios.	19
Hipótesis.	20
Materiales y metodología.	21
Sujetos experimentales.	21
Instrumentos.	21
Procedimiento experimental.	25
Primera y segunda fase.	25
Tercera fase.	28

Análisis de datos.	30
Resultados	33
Fase de adquisición:	33
Número de reforzadores obtenidos en el moldeamiento.	33
Fase experimental:	37
Tasa Relativa de Respuestas (TRR).	37
Tasa Relativa de reforzadores (TRr).	40
Latencias.	43
Efectividad.	46
Tasa Relativa de Tiempo de Contacto en la Sesión (TRTCS).	49
Discusión.	52
Limitaciones y ventanas de investigación futuras.	58
Conclusiones.	61
Referencias.	62
Anexos.	71
Anexo 1. Diferencias conceptuales en el uso del término cooperación.	
Anexo 2. Gráficas de ejecución individual de la Tasa Relativa de Respuestas (TRR).	
Anexo 3. Gráficas de ejecución individual de la Tasa Relativa de reforzadores (TRr).	
Anexo 4. Gráficas de ejecución individual de las Latencias.	
Anexo 5. Gráficas de ejecución individual del índice de Efectividad.	
Anexo 6. Gráficas de ejecución individual de la Tasa Relativa de Tiempo de Contacto Durante el Recorrido Acumulado (TRTCRA).	
Anexo 7. Gráficas de ejecución individual de la Tasa Relativa de Tiempo de Contacto en la Sesión (TRTCS).	

Resumen

La perspectiva contemporánea de cooperación, se formula como un tipo de conducta social que se da a partir de la sensibilidad a la interacción entre individuos, en la que las consecuencias individuales dependen de las propias conductas y las emitidas por otros; lo que ha generado la necesidad de caracterizar los componentes que proporcionen una explicación integral de cómo se desarrolla dicho fenómeno.

En la actualidad existen protocolos de investigación que han estudiado las consecuencias neurobiológicas a corto y largo plazo de experiencias tempranas, esto se ha conseguido a partir de la exploración de los modelos animales de enriquecimiento ambiental (EA). Se ha observado de manera global que EA es eficaz aumentando significativamente el rendimiento en tareas con un compromiso en aprendizaje espacial, por ejemplo, protocolos de laberintos. Lamentablemente, respecto a tareas relacionadas a conducta social se han reportado solamente resultados significativos en muy pocas tareas.

De tal manera, el objetivo de esta investigación es observar si las condiciones de crianza, en ambientes enriquecidos o condiciones control de laboratorio, modifican la ejecución de los sujetos respecto a la interacción dentro de una tarea de cooperación, y si esto a la vez se puede ver influenciado por la cepa y sus respectivas características fisiológicas, ya que utilizamos ratas Wistar y Long Evans ($n=12$ y $n=12$, respectivamente; 21 días de edad y 35-50 g al inicio del experimento).

Los resultados obtenidos fueron con base a diferentes parámetros, número de reforzadores, tasa relativa de respuestas, tasa relativa de reforzadores, latencias, efectividad y tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión. Los cuales arrojaron diferencias estadísticamente significativas para algunos de nuestros grupos en número de reforzadores y latencias.

Introducción

Desde la implementación del protocolo de enriquecimiento ambiental (EA) en los años 40's, varios grupos de investigación lo han utilizado con diferente propósito, además de que han tratado de poner a prueba los cambios producidos por el mismo a través de su evaluación con varias tareas, de lo anterior se desprenden muchos datos significativos en su mayoría sobre tareas referentes a aprendizaje espacial dependiente de hipocampo, dejando de lado la evaluación de otro tipo de conducta de importancia para el organismo, como lo es la conducta social.

Debido a lo anterior, se deduce la necesidad de implementar la evaluación de una tarea de conducta social tras el tratamiento de EA. Adicionalmente, se necesitaba una tarea que realmente abordara con mayor sensibilidad conducta social, puesto que los reportes anteriores lo realizaban con tareas referentes a reconocimiento o memoria social.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se decidió implementar un protocolo en el que primero se daba un tratamiento en condiciones de enriquecimiento ambiental complejo o condiciones control y posteriormente se evaluara su impacto con un protocolo de cooperación. Además, también decidimos preguntarnos sobre otro factor, en este caso, si el tipo de cepa de los sujetos que se empleó dadas sus características y las del protocolo per se, podría generar una diferencia en nuestros resultados.

Marco teórico

Enriquecimiento ambiental (EA)

Hay dos fuentes principales de variabilidad en la naturaleza: las genéticas y las ambientales. Los fenómenos genéticos elementales en esta tarea son las mutaciones y la recombinación genética. La otra fuente de variabilidad es la ambiental (Delgado, 2014). El desarrollo del cerebro mamífero está sujeto a influencias genéticas y ambientales, específicamente los efectos ambientales resultan de diversos estímulos motores, cognitivos, auditivos, etcétera, que el organismo encuentra diariamente o a los que el organismo ha estado expuesto prenatalmente. Dicha estimulación ambiental, consigue tener un impacto a través de mecanismos epigenéticos, es decir, mediante mecanismos no explicables debido a la secuencia genética, pero que alteran la expresión o silenciación de genes. En este sentido, las consecuencias neurobiológicas a largo plazo de experiencias tempranas ya han sido exploradas en modelos animales, por ejemplo, el incremento de estimulación como ocurre en la exposición a un paradigma de enriquecimiento ambiental (EA) causa dramáticos cambios cerebrales y conductuales (Caporali et al., 2014). Al respecto, diversos estudios han demostrado que cambios en la metilación del ADN, como un tipo de mecanismo epigenético, pueden ser provocados por el ambiente (Waterland; Jaenisch y Bird. citado en: Champagne y Curley, 2009).

El primer estudio sobre EA en el contexto neurocientífico fue el ejecutado por Donald Hebb en la época de los 40's, donde describió cómo ratas criadas como animales mascota, tenían superioridad en ejecución en tareas de resolución de problemas en comparación a ratas en condiciones de laboratorio (Hebb, 1947; García, 2014). Otro estudio importante fue el de Cooper y Zubek, en este nos exponen la interacción entre genes y entorno, ya que nos muestran que ambientes tempranos enriquecidos y restringidos tienen efectos diferenciales

sobre las habilidades de aprendizaje de ratas “listas” y “tontas” (Cooper y Zubek, 1958). Finalmente, otros estudios pioneros han sido los realizados por el equipo de Rosenzweig (Rosenzweig, Bennett, Hebert y Morimoto, 1978; Rosenzweig, 1966), en los cuales se hace claro que si colocas a animales en grupos en cajas de laboratorio grandes, permites cambios cerebrales en comparación con los enjaulados individualmente en cajas pequeñas, y se producen específicamente más efectos a niveles anatómicos y de bioquímica cerebral significativos por presentarles un ambiente enriquecido complejo.

Definición.

El protocolo de enriquecimiento ambiental refiere a condiciones de caja hogar o cabinas exploratorias temporales, que facilitan el incremento de estimulación sensorial, cognitiva, motora y social relativa a las condiciones estándar de jaulas hogar (Nithianantharajah y Hannan, 2006). De esta manera se les proporciona a los sujetos oportunidades más ricas y variadas de interacción, lo cual ejerce efectos significativamente beneficiosos a diferentes niveles: neuroanatómico, neuroquímico y conductual.

Componentes del protocolo de EA.

Entre los principales componentes incluidos en el protocolo de EA, se encuentran: a) estimulación física/motora, lo cual implica mayor territorio espacial proporcionado por cajas o jaulas de mayor tamaño, además de otros objetos dentro de la jaula, por ejemplo, las ruedas de actividad, columpios, rampas, entre otros objetos, los cuales proporcionan mayor actividad y exploración a su microambiente; b) estimulación cognitiva, proporcionada a través de algunos objetos, el patrón de acomodo o el cambio constante, lo cual genera circunstancias de aprendizaje y motivación a la exploración; c) estimulación social, conseguida a través del incremento de interacciones sociales gracias al mayor número de individuos en grupo compartiendo el mismo espacio; y d) estimulación somatosensorial

gracias a los diferentes juguetes y objetos de diferentes tamaños, formas, colores y texturas introducidos a las jaulas.

¿Cómo actúa el enriquecimiento ambiental?

Hay varias teorías propuestas que tratan de explicar cómo el enriquecimiento ambiental ejerce sus efectos en el cerebro. Entre estas están la hipótesis de “respuesta de arousal” o “inoculación del estrés” de los animales, refiriéndose a la forma de afrontarse a la novedad y complejidad de los estímulos provistos en el ambiente, ya que el exponer a estrés ligero crónico desde vivir en ambientes enriquecidos e interactuar no agresivamente con conespecíficos inocula (desarrolla resiliencia) a las ratas contra estresores futuros (Crofton, Zhang, y Green, 2015), y la hipótesis de “aprendizaje y memoria”, en la cual la mediación de los cambios es visto en mecanismos celulares subyaciendo a los procesos de aprendizaje (van Praag, Kempermann y Gage, 2000).

Efectos del EA a diferentes niveles del organismo.

Se ha descrito que el enriquecimiento ambiental causa modificaciones a diferentes niveles del organismo comparado a organismos controles. Con el objetivo de describirlos, los dividiremos en neuroanatómicos (macroestructurales y microestructurales), neuroquímicos (moleculares y de neurotransmisión) y conductuales.

Cambios Neuroanatómicos. Se puede clasificar el nivel neuroanatómico en macroestructural y microestructural. El nivel macroestructural será dividido a su vez en cambios a nivel cortical y subcortical. A nivel cortical, existe un incremento en el peso y volumen cortical especialmente en la corteza visual, somatosensorial y occipital. Mientras que los cambios en regiones subcorticales se encuentran relacionados a regiones como el hipocampo, estriado, tubérculo cuadrigémino superior y en el incremento en la longitud del cuerpo calloso. Dentro de los cambios microestructurales se ha descrito un incremento en

longitud y arborización dendrítica, ramificación, densidad (cx somatosensorial, en neuronas parietales) y número de espinas dendríticas, aumento en el número de células gliales, cambio en el tamaño del espacio sináptico e incremento en la formación de sinapsis, cambio en la mielinización de los axones, incremento en la neurogénesis (hipocampo), mayor inducción de LTP (CA1 hipocampo) (como se ha tratado de especificar en algunos casos, unos cambios se han demostrado de manera específica a ciertas regiones cerebrales) (Nithianantharajah y Hannan, 2006; Petrosini, et al., 2009; Baroncelli, et al., 2010; Simpson y Kelly, 2011; van Praag, et al., 2000; Rosenzweig, 1966; Rosenzweig, et al., 1978).

Cambios neuroquímicos. Las modificaciones neuroquímicas se pueden dividir en moleculares y de neurotransmisión; respecto a los cambios moleculares se han encontrado dos tipos de cambios, en la expresión de genes, por ejemplo, un incremento en la expresión del gen para el receptor de serotonina 5HT_{1A} (en el hipocampo); y en el incremento de factores neurotróficos (ampliamente expresados en el hipocampo), como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), el cual se ha observado presenta niveles altos en hipocampo, cerebro anterior basal, cerebro posterior y cx cerebral; factor de crecimiento neural (NGF), se ha mostrado elevado en el cerebro anterior basal, hipocampo y cerebro posterior, corteza visual y entorrinal; y la neurotrofina-3 (NT-3), incrementada en cerebro basal anterior y corteza, sobre todo en corteza visual y formación hipocampal. Por otra parte, respecto a los sistemas de neurotransmisión, se encontró un aumento en los niveles de GABA y glutamato en el CA3 del hipocampo, específicamente se ha observado un incremento en el receptor AMPA(hipocampo), incremento en NMDA en la subunidad del receptor 2a mRNA (hipocampo derecho); respecto al glutamato, también se ha reportado una reducción del transportador EAAC1; aumento de noradrenalina y dopamina en corteza y una disminución en áreas subcorticales; específicamente en la dopamina, se ha reportado reducción de la

densidad del receptor D1 (CPF), además de un decremento en la recaptura (PFC); incremento de NA (hipocampo y estriado ventral); incremento en los niveles de 5HT (hipocampo y cx frontal); reduce la liberación de ACh (Nithianantharajah y Hannan, 2006; Petrosini, et al., 2009; Baroncelli, et al., 2010; Simpson y Kelly, 2011; van Praag, et al., 2000; Rosenzweig, 1966; Rosenzweigh, et al., 1978).

Cambios conductuales. Los efectos significativos del EA evaluados a través de protocolos conductuales han sido demostrados a través de la ejecución de los sujetos en diversas tareas como laberinto acuático de Morris (Escorihuela, Tobena y Fernandez-Teruel, 1995b), laberinto Hebb-Williams (Peña, 2007; Cooper y Zubek, 1958; Hebb, 1947), laberinto radial (Juraska, Henderson y Muller, 1984) y laberinto en T (Bernstein, 1973), además de la prueba de reconocimiento de objetos (Bruel-Jungerman, Laroche y Rampon, 2005). En general podemos mencionar que EA es eficaz aumentando significativamente el rendimiento en tareas que tienen un compromiso en aprendizaje espacial y por ende en la ejecución de los sujetos en procedimientos dependientes de hipocampo. También se ha observado que el EA ejerce un incremento significativo en actividad espontánea evaluado a partir de campo abierto (Larsson, Windblad y Mohammed, 2002) y tabla de agujeros (Peña, 2007). Por otro lado, en tareas de aprendizaje básicas como condicionamiento aversivo al sabor, habituación a estímulos acústicos o tareas de discriminación visual, no se hallaron diferencias. Finalmente, hay muy pocas tareas que han retomado la valoración de conducta social, por ejemplo, se han reportado resultados significativos en tareas de discriminación o memoria social (Peña, 2007).

Cooperación

Conducta social y cooperación.

En todas las especies animales, la conducta social juega un rol crucial para la vida. Entendemos como conducta social, la interacción entre dos o más individuos. Una definición neutral nos dice que un comportamiento es social siempre y cuando tenga como receptor a otro individuo de la misma especie (Colmenares, 2014).

Existen varias formas de conducta social por lo menos en los mamíferos, ya que están determinadas a partir de la complejidad social, flexibilidad conductual, talla cerebral y habilidades cognitivas de los organismos (Kappeler, Barrett, Blumstein y Clutton-Brock, 2013), por lo que la temprana adquisición y experiencia en habilidades de conducta social afectará sus interacciones futuras y en varias especies les permite maximizar su eficacia biológica, es decir su supervivencia y reproducción. En esta clase taxonómica, la primera interacción social envuelve cuidado parental del recién nacido, en esta fase el neonato tendrá su primer acercamiento para aprender a ajustar sus conductas y cogniciones. Subsecuentemente, los animales extenderán sus conductas exploratorias hacia otros conespecíficos, por ejemplo en el juego social, donde aprenderán y entrenarán estrategias de interacción, incluyendo la percepción e interpretación de conductas de otros y la expresión de apropiadas respuestas (Kiser, SteemerS, Branchi y Homberg, 2012). Todo lo anterior será usado posteriormente, para formar coaliciones, aprender de otros, aplicar más estrategias de interacción, defenderse, adaptarse a los cambios ambientales, encontrar pareja, criar su descendencia, entre otras cosas (Duckworth; Sih, Stamps, Yang, McElreath y Ramenofsky, citado en: Kappeler et al., 2013).

El comportamiento social, se ha categorizado en agonístico, amistoso, lúdico y cooperativo, estas cuatro herramientas elementales que los individuos de especies sociales

usan para interactuar se han categorizado de acuerdo a la incorporación de criterios motivacionales que dan cuenta de la naturaleza causal de las conductas implicadas, y criterios funcionales que reseñan el efecto observado o previsible de la conducta sobre sí mismo o un receptor (Colmenares, 2014).

Cooperación.

De forma específica la cooperación se ha abordado de diferentes formas, consistentemente y de manera simple desde una perspectiva de teoría de juego, donde existe una ausencia completa de interacción social (ya que en la mayoría de los experimentos los sujetos son anónimos y aislados), se ha definido como que un individuo pague un costo para que otro reciba cierto beneficio (Rand y Nowak, 2013), e incluso se han descrito 5 mecanismos mediante los cuales emerge la cooperación: 1) reciprocidad directa: surge si hay encuentros reiterados entre individuos y estos usan estrategias condicionales mediante las cuales la conducta depende de resultados de previas interacciones; 2) reciprocidad indirecta: se da tras repetidos encuentros y al observar o averiguar resultados de interacciones por otros sujetos, es decir, se aprende de la experiencia de otros sujetos, a partir de la reputación; 3) selección espacial: se genera gracias a que las estructuras de la población (representada a través de distribución geográfica o redes sociales) afectan los resultados y pueden permitir evolución de cooperación; 4) selección multinivel o selección de grupo: se da al haber competición entre grupos y no sólo en el interior del mismo; 5) selección parental: opera al haber estrategias de actuación cooperativa condicionada basada en reconocimiento parental, con la finalidad de que el número de nuestros genes se incremente en una siguiente generación (Nowak y Highfield, 2012).

La visión clásica abordada anteriormente deja de lado que cooperación es parte de la categoría de conducta social y que se da a partir de la sensibilidad a la interacción que puede

haber entre los individuos y que en el ambiente natural la cooperación de los individuos puede coordinar acciones hacia objetivos complejos, fomentar la interacción y comunicación, entonces podemos conceptualizarlo más precisamente como una situación en la que resultados individuales dependen de las propias conductas y de las emitidas por otros. Por lo que la anterior definición destacaría una necesidad por caracterizar dimensiones o componentes de la explicación a cómo se desarrolla dicho fenómeno de cooperación (Tsoory, Youdim y Schuster, 2012; Catania, 1992).

Existen tradicionalmente varias formas en las que se ha tratado de definir, abordar y evaluar cooperación en los organismos (Noë, 2006), ya que muchas veces esto se da a partir de la formación que tienen los investigadores, por ejemplo, si son psicólogos comparados, etólogos, ecólogos, economistas conductuales, entre otros. Lo anterior podría ser un problema, ya que aunque en primera instancia la cooperación es lo esencial para todos, en ocasiones las definiciones no concuerdan, hay confusión o uso de algunos de los términos por otros y por consiguiente los objetivos y los métodos para conducir sus experimentos tienen diferencias fundamentales (Ver Anexo 1).

Además de la marcada confusión terminológica que nos permite observar la tabla presentada en el anexo, otra cuestión en la que podemos profundizar es que es difícil que se apeguen a la idea de que cooperación permite la evolución de ecosistemas e individuos versátiles, complejos y competitivos (Leigh, 2013) y que es una forma de conducta social, por lo que al dejar de lado esta cuestión se cae en el reduccionismo de que sólo importe el resultado y no la forma en cómo se genera el mismo, es decir, importan las consecuencias económicas o beneficio últimos obtenido de la interacción cooperativa, costos y beneficios vistos en términos de éxito en reproducción, pero no la forma de interacción que ocurrió entre los organismos para que se generara dicho resultado, lo anterior se ve ejemplificado en la

perspectiva contemporánea de cooperación con raíces desde una perspectiva económica, lo cierto es que en ambientes no controlados el cómo se da la interacción entre los organismos, sí tiene relevancia, por lo que las aproximaciones tradicionales perderían a mi entender validez externa.

Lo que nos permitiría apoyar el uso de definiciones (como las que nos presenta: Noë (2006, 2010), Bronstein (1998), Boesch y Boesch (1989), Dugatkin (1997a, 1997b, 2002), Tomasello (2010), Segura (2006, 2010, 2014), Schuster (2004, 2012), Bermüler, Russell, Johnstone y Bshary (2007) y Stephens y Anderson (1997), las cuales fueron señaladas en la tabla presentada en el Anexo 1, por medio de tres asteriscos colocados en la parte inferior de los autores) y herramientas de evaluación que presentan un mayor contacto con este tipo de entender, como es el caso de la que utilizamos en esta investigación ya que permite que los sujetos interactúen de forma más directa, teniendo contacto visual y olfativo, también le permite al sujeto ser sensible a la discriminación de la conducta emitida por otro sujeto y por otra parte elegir cómo desea emitir su conducta al tener disponibilidad de alternativas, si de manera individual o en cooperación con otro individuo (para una comprensión más a fondo sobre este tipo de evaluaciones véase: Segura, 2010; Segura, 2014; Schuster y Perelberg, 2004; Tsoory, et al., 2012), es decir adaptándose a restricciones interdependientes, lo cual conducirá a patrones de comportamiento compuestos por actividades similares (concentran acciones similares sobre lo mismo, sin una relación espacial o temporal; por lo menos dos actúan simultáneamente), sincrónicas (concentra acciones similares sobre lo mismo e intenta relacionarse en tiempo a cada acción de los otros), coordinadas (concentra acciones similares sobre lo mismo e intenta relacionarse en tiempo y espacio a las acciones de otros) y de colaboración (ejecutan acciones complementarias diferentes, todas dirigidas hacia lo mismo)

(Boesch y Boesch, 1989, desde un contexto de caza en grupo; Drea y Carter, 2009; Segura y Bouzas, 2013; Segura, 2014; Tan y Hackenberg, 2016).

Justificación

Como ya vimos en el apartado anterior, la crianza en ambientes enriquecidos es una de las experiencias con más efectos descritos sobre el desarrollo del SNC y con más repercusiones en la conducta de los animales de laboratorio. Sin embargo, existen varias formas para realizar el paradigma de enriquecimiento ambiental, por lo que no existe un consenso sobre cuál es el protocolo ideal o el que ejerce mayores efectos sobre el cerebro y la conducta de los organismos, por lo que la utilización de un protocolo de un grupo experimental que ha reportado en la literatura resultados significativos en su utilización (Nithianantharajah y Hannan, 2006; Cutuli, et al., 2011; Foti, et al., 2011; Petrosini, et al., 2009), ayudaría a seguir contribuyendo con datos que podrían en un futuro apoyar a su futura estandarización como protocolo base.

Por otra parte, la rata también presenta un ciclo de vida que se han contextualizado en etapas, por ejemplo del día 0 al 5 se considera recién nacida, del 5 al 10 es infantes, del 11 a aproximadamente el día 70 es juvenil y después ya se considera adulta (Alberts; Panksepp y Beatty, citado en: Segura, 2010), y por esto como todo mamífero tiene periodos de desarrollo en los cuales se haría más proclive el impacto de los estímulos, por lo que la exposición a un ambiente enriquecido tendría resultados diferenciales dependiendo de la etapa que se elija para aplicarlo, investigadores se han preguntado al respecto y ya existen algunos experimentos en los cuales se ha intentado responder a la pregunta de en qué tiempo es más eficaz la exposición a este protocolo (Kobayashi, Ohashi y Ando, citado en: Peña, 2007; Renner y Rosenzweig, citado en: Peña, 2007; Simpson y Kelly, 2011), sin embargo, no existe un consenso claro. Por lo que nuestro protocolo realizado después del periodo de

destete y hasta la adultez, podría aportar información sobre si este tiempo de aplicación pudiera ser un periodo crítico de desarrollo en donde el enriquecimiento ambiental pudiera estar generando algún efecto.

El enriquecimiento ambiental ha sido aplicado en diferentes especies, sin embargo hablando de roedores, la rata Wistar es la que ha tenido más utilización en dichos protocolos, pero existen cepas que podrían dar más información respecto al paradigma metodológico empleado, es por eso que se utilizarán ratas de la cepa Long Evans, ya que se ha reportado que tiene una mejor agudeza visual (Prusky y Douglas, 2005) y dado que estamos trabajando con diferentes tipos de estimulación por medio del EA, su utilización en nuestro protocolo podría alterar su desempeño en este paradigma y por ende generar datos diferenciales o sobre las mismas características de la cepa a nivel conductual.

Otro aspecto de importancia es que la mayoría de los protocolos para evaluar el impacto que ha tenido el EA, se ejecutan inmediatamente terminado el tratamiento, por lo que casi no hay literatura que evalúe los efectos que realiza el EA a largo plazo, y dado que la segunda fase del protocolo experimental tiene una alejada contigüidad con la finalización de la primer fase del protocolo, debido a que los sujetos regularmente tienen una preparación pre experimental larga, nos permitiría explorar un poco sobre la ventana temporal a largo plazo en que se seguirían presentando los efectos producto del enriquecimiento ambiental.

Se ha evaluado el impacto que tiene el enriquecimiento ambiental sobre diversas tareas, sin embargo hay pocos reportes sobre tareas relacionadas al desempeño en conducta social, por ejemplo en tareas de discriminación y memoria social (Peña, 2007). Al respecto de la conducta social, éste protocolo experimental en sus dos fases permitiría derivar un poco de información al respecto, ya que nos permitiría detectar diferencias más sutiles de comportamiento respecto a interacción y características.

En relación con los diversos componentes que conforman el protocolo de enriquecimiento ambiental, es decir el que los sujetos estén dispuestos en comunidad, el que estén relacionados genéticamente, que tengan una historia de crianza en condiciones enriquecidas o en condiciones estándar dentro del laboratorio, y por último el cambio de fase y condiciones, nos podrían dar más información con respecto de cómo podrían emerger o cambiar mecanismos de cooperación mencionados en algunas de las perspectivas clásicas, ya que gracias a la metodología empleada podríamos tener interacción de varios mecanismos a la vez, lo cual podría modificar resultados y podría dar paso a promisorias investigaciones.

Finalmente, dado que el instrumento utilizado para la segunda fase en la tarea de cooperación es relativamente nuevo, nos podría permitir aportar más datos para su instauración como una herramienta exitosa para la evaluación de patrones de interacción social y por otro lado también podría permitir la optimización de la misma.

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general de esta investigación será observar si las experiencias en condiciones de crianza, en ambientes enriquecidos o condiciones control de laboratorio, que se ha demostrado repercuten en el SNC, también pueden repercutir en la conducta de los animales en etapas posteriores de desarrollo, específicamente modificando la ejecución en dinámicas de interacción dentro de una tarea de cooperación.

Objetivos secundarios

Como objetivos secundarios tenemos el determinar patrones de elección de los sujetos. Es decir, ver si se generan diferencias significativas entre las dos cepas a estudiar, Wistar y Long Evans. Además, aportar más información respecto a la utilización de la

herramienta metodológica que elegimos que pueda contribuir a darle más validez en su utilidad para la valoración de la conducta social de interacción en ambientes de laboratorio.

Hipótesis

Respecto al uso de las diferentes cepas: dado que se ha reportado que la cepa Long Evans, tiene diferencias fisiológicas que le permiten tener una mejor visión, podríamos esperar encontrar un mayor efecto en dicha cepa debido a que podrían ser más susceptibles/reactivas al protocolo utilizado de EA, en las que se ocupa diferentes tipos de estimulación, entre ella la visual, gracias a la variedad de objetos y colores empleados.

A la vez, respecto a la variable que ocupamos como tratamiento experimental: dado que se han descrito ampliamente los efectos del EA a diferentes niveles del organismo y en diferentes tareas, podríamos esperar que hubiera un efecto también positivo respecto a nuestra tarea de conducta social. Ya sea respecto al tiempo de adquisición de la tarea en los organismos expuestos a EA contra los sujetos controles; o respecto al decidir actuar de forma interdependiente. Esto debido a que dentro del protocolo de enriquecimiento ambiental habrá un incremento en la interacción social, entonces podríamos esperar que hubiera una mayor ejecución en la tarea de cooperación, ya que cooperación es asumida como una forma de conducta social.

Finalmente, respecto a la herramienta metodológica: dado que se han encontrado diferencias significativas en tareas conductuales de diversos tipos después de la inserción en ambientes enriquecidos, esperamos hallar un efecto significativo que nos conduzca a soportar con mayor validez el protocolo. Debido a su sensibilidad para evaluar conducta social, dada a través de sus características, por ejemplo, tratar de emular el cómo se da la conducta cooperativa en entornos naturales, tomando en cuenta las características de la especie y los ajustes conductuales que ejecutan los sujetos.

Materiales y Metodología

Sujetos experimentales

Se utilizaron 12 ratas macho de la cepa Wistar y 12 ratas macho de la cepa Long Evans (procedentes de BIOINVERT), eran experimentalmente ingenuas, tenían 21 días de edad y un peso de 35-50 g al inicio del experimento. Mantenidos en condiciones estándar de laboratorio, un ciclo de luz-oscuridad de 12-12 horas (iniciando la luz a las 7:30 a.m. y finalizando a las 7:30 p.m.) y temperatura de $21\pm 2^{\circ}\text{C}$. Los sujetos tenían acceso libre al agua y alimento en la primera y segunda fase del experimento y en la tercera fase fueron restringidos a 1 hora por día.

Todo el experimento fue conducido bajo la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-Z00-1999).

Instrumentos

Para la primera y segunda fase del experimento se requirieron cuatro cajas de policarbonato comunales de laboratorio con las siguientes dimensiones: 40cm x 51cm de base y 21 cm de altura, para el alojamiento de los grupos controles.

Dos jaulas fabricadas de alambre bajo carbón con acabado tropicalizado ácido (marca Consuno López Hermanos S de R.L. de C.V.; ver Figura 1) de las siguientes dimensiones: 90 cm x 60 cm de base y 79 cm de altura. Cada jaula con 3 pequeños niveles extra de 60 x 12.5 cm, interconectados a través de tres rampas de diferentes dimensiones, dos puertas y un apartado en la parte inferior de la jaula que alberga una lámina cuya función es colectar los desechos. Dichas jaulas fueron forradas con malla metálica hexagonal para evitar el escape de los sujetos.



Figura 1. *Jaula de Enriquecimiento Ambiental.*

Imagen de la jaula habitación, donde se alojaron a los diferentes grupos experimentales bajo el tratamiento de enriquecimiento ambiental (WEA y LEEA).

Para el aditamento de las condiciones de Enriquecimiento Ambiental se requirieron: dos ruedas de actividad de material plástico de 19 cm de diámetro. Dos bases de madera (40 cm x 60 cm de base y 1 cm de altura). Dos albergues de madera. Juguetes de diversas texturas y colores (plástico, madera y metal; café, rojo, azul marino, azul petróleo, amarillo, rosa, rojo y verde fosforescente, respectivamente) y objetos (cubos, pelotas que producían sonido, túneles, una casita en forma de iglú, columpios).

Para la tercera fase del experimento, se requirieron cuatro cajas de policarbonato comunales de laboratorio de 40 cm x 51 cm de base x 21 cm de altura, para el alojamiento de los diversos grupos en condiciones experimentales.

Además, una caja experimental de interacción, diseñada y construida en la UNAM, en la Facultad de Psicología en la unidad de redes, informática y desarrollo de sistemas

(URIDES), de las siguientes dimensiones 90 cm de largo, 40 cm de ancho y 30 cm de alto (fue una modificación de una herramienta presentada en: Segura y Gutiérrez, 2006; Segura, 2010). El piso era de acrílico negro y tenía encima dos placas de acero por cada compartimento (seis en total), estas contaban con circuitos para detectar la movilidad; además tenía dos grandes paredes frontales negras, dos laterales, tres paneles para el techo y dos divisiones centrales (los tres últimos conjuntos eran transparentes y deslizables) fueron confeccionadas en acrílico de calibre 4 y 5 milímetros (dichas divisiones, permitían que la caja estuviera parcialmente dividida en tres compartimentos de 30 cm X 40 cm de base x 30 cm de altura cada uno y que a la vez permitiera contacto o comunicación visual y olfativa entre los sujetos). En el piso hay cuatro canales de aluminio de 22 cm de largo y 3 cm de ancho, dos en cada compartimento, uno para trabajo individual y el otro para trabajo interdependiente, éste último estaba colocado en el centro entre dos compartimentos, para permitir la emisión de respuestas conjuntas o interdependientes. Cada canal tenía detectores a base de foto celdas de luz infra-roja (dos por canal; ocho en total), que permitían identificar la posición del operando. En los canales, se colocaba un balón en acero de 2.54 cm de diámetro y 55 gramos de peso, el cual tendría que ser deslizado por la rata. Cada uno de los compartimentos cuenta con 4 dispensadores de pellets de 45 mg (12 en total) (en las sesiones de moldeamiento se utilizaron 0.0588 ml de una solución de leche con azúcar y agua como reforzador). Asimismo, cada compartimento contaba con 4 pequeños comederos de acrílico de 5 cm x 4 cm de base x 2 cm de altura, donde caía el reforzador para que fuera consumido por el sujeto. Además, cada uno de los tres espacios tenía dos luces generales ubicadas en la parte superior y central que se mantenían encendidas a lo largo de la sesión experimental, pero cuando el sujeto obtenía el reforzador parpadeaban (Ver Figura 2 y 3).



Figura 2. *Caja experimental de interacción social.*

Imagen de la vista lateral de la caja experimental de interacción social, donde se pueden observar los dispensadores de líquidos.



Figura 3. *Caja experimental de interacción social.*

Vista superior de la caja experimental de interacción social, donde se puede apreciar los tres compartimentos en los que se divide, así como los carriles individuales y centrales, los comederos y las luces generales.

Finalmente, el control y programación de la caja se obtenía mediante dos interfaces, una que permitía la comunicación con la computadora por medio de un puerto USB, la otra era gráfica de usuario y fue programada en JAVA.

Procedimiento Experimental

El estudio se dividió en tres fases, la primera denominada “Habitación”, se conformó por dos etapas: el destete de los animales y la adaptación al bioterio. La segunda fase “Enriquecimiento Ambiental”, incluyó las etapas de asignación a grupos de los sujetos y el inicio del tratamiento de enriquecimiento ambiental o tratamiento control. Así mismo, la tercera fase “Cooperación” también estuvo conformada por etapas: privación de alimento y la ejecución en la tarea de cooperación (Ver Tabla 1).

Tabla 1. *Secuencia experimental.*

FASE EXPERIMENTAL	ETAPA EXPERIMENTAL	SEMANA DE APLICACIÓN
Primera Fase: Habitación	Destete	3 (21 días)
	Adaptación a Bioterio	4 (22-28 días)
Segunda Fase: Enriquecimiento Ambiental	Asignación de Grupos	4 (día 28)
	Enriquecimiento Ambiental	4-12 (28-84 días)
Tercera Fase: Cooperación	Privación de Alimento	12-14 (84-98 días)
	Tarea de Cooperación	14- adelante (99- adelante)

Tabla que muestra la secuencia experimental que se siguió en el transcurso total del experimento.

Primera y segunda fase.

Posterior al destete (día postnatal 21), desde el día 22 hasta el 28, que correspondía al periodo de adaptación en el bioterio de los animales, se alojaron por cepa en cajas comunales de policarbonato, en ésta etapa se manipuló a todos los sujetos, con el objetivo de habituarlos al contacto humano. El día 28, se dio inicio a la tercera etapa experimental de la segunda fase, en la cual los animales de ambas cepas, Wistar o Long Evans, fueron manipulados,

pesados y asignados aleatoriamente a uno de los dos grupos, experimental y control, generando un total de cuatro grupos: Long Evans en enriquecimiento ambiental (LEEA; n=6), Long Evans control (LEC; n=6), Wistar en enriquecimiento ambiental (WEA; n=6), y Wistar control (WC; n=6) (Ver Tabla 2).

Tabla 2. *Grupos de experimentación.*

		Tratamiento	
		Enriquecimiento Ambiental	Control
Cepa	Wistar	WEA n=6	WC n=6
	Long Evans	LEEA n=6	LEC n=6

Tabla que muestra la asignación de los diferentes grupos de experimentación, así como la cantidad de sujetos empleados (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control).

Las ratas de ambas cepas asignadas al grupo experimental (LEAE y WAE), y por ende bajo el tratamiento de enriquecimiento ambiental, fueron alojadas en una de las jaulas. Cada jaula habitación fue implementada con una rueda de actividad, una base de madera a la cual se le puso encima sustrato, un albergue de madera, juguetes y objetos. Durante el periodo designado al tratamiento de enriquecimiento ambiental, tanto la rueda de actividad, la base de madera y el albergue permanecieron estáticos, mientras que los juguetes y objetos fueron modificados por otros, dos veces por semana, con el fin de crear un ambiente de novedad en

los estímulos y manipular la sensopercepción de los sujetos. Los sujetos tuvieron libre acceso a alimento y agua; tanto las botellas de agua y los comederos dentro de la jaula de alojamiento (dos de cada uno), se modificaron de ubicación una vez a la semana, todo esto con la finalidad de motivar las conductas exploratorias de los sujetos. Además, a cada animal se le dedicó un periodo de manipulación de 10 minutos diarios. El procedimiento fue adaptado de condiciones previamente reportadas en la literatura (Cutuli et al., 2011; Caporali et al., 2014; Petrosini et al., 2009). Además, las jaulas fueron cambiadas de ubicación espacial con el objetivo de que no repercutieran las condiciones microambientales (temperatura, humedad, aire, iluminación y ruido) del bioterio específicamente en una de nuestras jaulas (Ver figura 4). Al finalizar el periodo de tratamiento, los animales se instalaron en cajas de policarbonato comunales de laboratorio, en grupos de cuatro o cinco sujetos por caja.

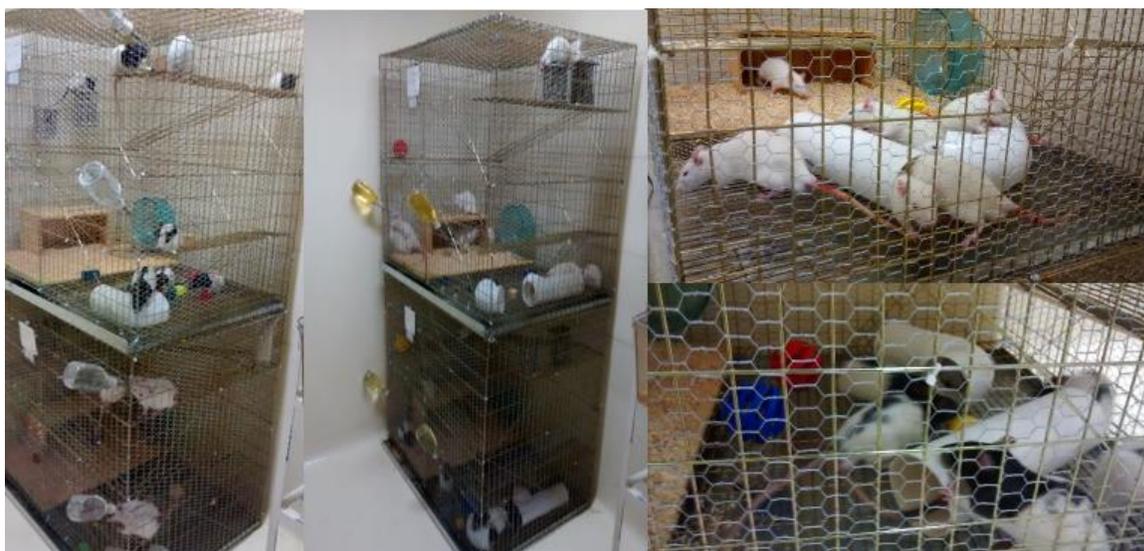


Figura 4. *Sujetos en EA complejo.*

Muestra a los sujetos de las diferentes cepas inmersos en el tratamiento de enriquecimiento ambiental, donde se pueden apreciar las jaulas y los diversos objetos que les tocaban en esa ocasión.

Los sujetos que pertenecían a los grupos controles de ambas cepas (LEC y WC), se alojaron en cajas de policarbonato comunales de laboratorio. Tenían acceso libre de alimento

y agua, pero a diferencia de los grupos experimentales, dichos contenedores de alimento y las botellas no se reubicaban durante todo el periodo del experimento. Sólo recibieron el cuidado habitual que se les debe dar a los animales de laboratorio, lo anterior aunado a la manipulación que recibieron en la etapa de adaptación al bioterio, aseguran que los sujetos estuvieran habituados al contacto humano (Ver figura 5).



Figura 5. *Condiciones control.*

Muestra a los sujetos de las diferentes cepas inmersos en el tratamiento control, donde se pueden apreciar el tipo de cajas empleadas y los pellets que consumían.

Tercera fase.

Para la tercera fase experimental, se procedió a la privación de alimento de los sujetos a 1 hora diaria por un periodo de dos semanas, con el objetivo de prepararlos para la siguiente etapa que correspondía a la tarea de cooperación ya que el entrenamiento era con refuerzo a través de pellets, en dicha etapa se les redujo a 45 minutos el tiempo de acceso a pellets regulares.

Finalmente, se continuó con la etapa denominada “tarea de cooperación”, en la cual primero se moldeó a través de aproximaciones sucesivas a los sujetos, para que aprendieran la respuesta objetivo que consistía en desplazar con continuidad por medio de las patas delanteras un balón de un extremo a otro de los canales. La respuesta de desplazamiento del

balín se entrenó en el canal individual de derecha a izquierda y después de izquierda a derecha (se tomó en consideración lo descrito por Segura y Gutiérrez, 2006), o al revés, según el lado de preferencia para el sujeto, además es importante aclarar que se trabajó un criterio por cuartos hasta completar el recorrido, dicho juicio fue aplicado de un lado y otro del canal, esto con la finalidad de asegurar que el balín no fuera aventado por el sujeto.

Una vez que los sujetos aprendieron la operante, se dio inicio a la fase experimental, en la cual se hizo una asignación aleatoria de los sujetos por ternas, sin embargo, se tuvo en cuenta dos factores principales, la cepa y el tratamiento en el cuál fueron criados. En total se obtuvieron 8 triadas, las primeras cuatro fueron tomando como base a la cepa Long Evans, de éstas, en las primeras dos triadas se quiso observar el factor tratamiento, en las otras dos se quiso observar el factor cepa. Las cuatro sucesivas triadas siguieron la misma lógica de aleatorización, pero fueron teniendo como base la cepa Wistar. Es importante aclarar que ninguno de los sujetos podía pertenecer a dos triadas a la vez y los sujetos no cambiaban de compartimento en la caja durante las 40 sesiones experimentales. Además, también tuvimos muerte experimental de uno de los sujetos, perteneciente a la cepa Long Evans que era de ambiente enriquecido, había corrido 17 sesiones, por lo que sus datos no se muestran.

Los sujetos durante cada una de las sesiones experimentales estuvieron expuestos a ensayos forzados y ensayos de elección libre. Los ensayos forzados tienen una duración de 1 minuto en cada canal y se presentaron al inicio de la sesión experimental, en éstos los sujetos están expuestos a ensayos en el carril individual y ensayos en el carril central en el caso de las ratas de los compartimentos extremos, y en el caso de las ratas centrales, se exponen a sus dos canales de alternativas interdependientes, dichos ensayos se realizan uno por uno y el ensayo inicia cuando se posiciona el balín en medio del canal a trabajar, esto con la finalidad de exponerlos a las contingencias. En contraste, los ensayos de elección libre, permiten

observar la dinámica de distribución de respuestas que generarán los sujetos y tenían una duración de 10 minutos.

Es necesario aclarar que gracias a la exposición a los dos canales se tendrán dos categorías de respuestas: a) se tomó como respuesta individual, la ejecución que el sujeto hizo en el canal individual, al conducir el balón de un extremo al otro y por lo cual recibe un pellet de reforzador y b) se tomó como respuesta social de cooperación la ejecución que se da por los dos sujetos en el canal central entre los compartimentos, siempre que realizaran la misma acción en similitud espacio temporal, es decir, para ser reforzados en esta alternativa, la distribución relativa de tiempo de contacto de un sujeto, con respecto a la distribución del otro sujeto debería de estar en un rango de .4 a .6 y por dicha acción cada uno recibió 4 pellets de reforzador.

Finalmente, es necesario mencionar que para ambas categorías de respuesta obtenidas, una vez que transcurrían 10 segundos de haber iniciado un recorrido y no se completaba, se reiniciaba el tiempo y se registraba como una no operación de la conducta, esto también sucedía si el sujeto hacía tres interrupciones consecutivas durante el recorrido en un lado del canal.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 21.0; mientras que para la realización de las gráficas, se utilizó el software Sigma Plot versión 12.3.

Para la fase de moldeamiento se hicieron gráficas de adquisición de los sujetos, dicha fase tuvo una duración de 78 sesiones.

Para los datos obtenidos desde la tarea de cooperación en sus 40 sesiones, se calcularon diversos parámetros a partir de varios registros que se puede obtener de la caja, entre los que se encuentran: intentos, llevar a cabo la conducta, no operación de la conducta,

número de pellets, tiempo de contacto del balón durante la sesión, tiempo de contacto durante el recorrido acumulado, recorridos acumulados, errores acumulados, latencias acumuladas, duración del recorrido, duración del error, entre otros.

Es necesario tomar en cuenta que cada sujeto arrojó al finalizar la fase experimental 80 datos para cada parámetro analizado, 40 correspondientes a la alternativa individual y 40 a la alternativa social de cooperación, en caso de las ratas centrales (es decir, las ratas que sólo estaban expuestas a alternativas interdependientes), 40 datos respectivos a la alternativa interdependiente a y 40 de la alternativa interdependiente b. Además, todos los parámetros analizados fueron agrupados dependiendo el grupo para la realización de las gráficas y estas se presentan con desviación estándar y error estándar, sin embargo, las ejecuciones individuales se encontrarán en los anexos (Ver Anexos 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

El primer parámetro calculado fue la tasa relativa de respuestas (TRR) para las dos alternativas de elección que tenían los sujetos, es decir, para la opción en el canal de respuesta individual (a) y para la opción de respuesta al canal cooperativo (b), mediante la siguiente fórmula:

$$TRRa = Ra / (Ra + Rb) \text{ o } TRRb = Rb / (Rb + Ra)$$

Donde Ra representa la tasa de respuestas en el canal individual, Rb la tasa de respuestas en el canal cooperativo.

También se calcularon la tasa relativa de reforzamiento (TRr) para cada alternativa de respuesta a la que estuvieron expuestos los sujetos, tanto para el canal individual (a), como para el cooperativo (b), mediante la siguiente fórmula:

$$TRra = ra / (ra + rb) \text{ o } TRrb = rb / (rb + ra)$$

Donde ra refiere a la tasa de reforzamiento en el canal individual y rb a la tasa de reforzamiento para el canal cooperativo.

También se transformó la latencia en el recorrido de milisegundos a segundos para la alternativa individual y la de interdependencia.

Se calculó un índice de efectividad para la ejecución en cada alternativa a las que estaba expuesto el sujeto, es decir, para el canal de trabajo individual (a) y para el interdependiente (b), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Efectividad} = Ya / (Ya + NYa) \text{ o } Yb = Yb / (Yb + NYb)$$

Donde Ya refiere a las veces en que el sujeto hizo la conducta en el canal individual, NYa a las veces en las que la conducta no operó en el carril individual, Yb a las veces en que ejecutó la conducta en el canal cooperativo y NYb a las veces en las que la conducta no operó en el carril cooperativo.

Además, se calculó la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión ($TRTCS$) para cada alternativa de respuesta a la que estuvieron expuestos los sujetos, es decir para el canal individual (a), o para el canal cooperativo/interdependencia (b), mediante la fórmula:

$$TRTCSa = TCSa / (TCSa + TCSb) \text{ o } TRTCSb = TCSb / (TCSb + TCSa)$$

Donde $TCSa$ refiere al tiempo de contacto durante la sesión que el sujeto prefiere pasar del lado del carril de trabajo individual y $TCSb$ al tiempo de contacto durante la sesión pasado del lado del canal de interdependencia.

Todos los datos se analizaron para normalidad con el test de Shapiro-Will y para homocedasticidad con el test de Levene. Con base en los resultados de las dos pruebas anteriores, se realizaron ANOVAs de una vía o Kruskal Wallis. En caso de haber utilizado ANOVAs, para analizar las diferencias se recurrió a la prueba post-hoc Tukey. Para todos los análisis, se requirió una $p < 0.05$ para considerar los resultados estadísticamente significativos.

Resultados

Fase de adquisición

Número de reforzadores obtenidos en el moldeamiento.

Los grupos LEEA y WC no pasaron las pruebas de normalidad con el test de Shapiro Will, además nuestros datos tampoco pasaron la prueba de homocedasticidad con el test de Levene, pese a los resultados de las pruebas anteriores, al hacer y observar gráficas que nos permiten ver la dispersión de nuestros datos y sabiendo que nuestros datos provienen de observaciones independientes y que tenemos equivalencia de grupos, se tomó la decisión de correr un ANOVA de una vía.

El ANOVA de una vía arrojó resultados significativos ($F_{3,1868}=77.382$; $p<0.05$), posteriormente, para observar las diferencias específicas de nuestros grupos, se corrió una prueba post hoc.

El test de Tukey mostró que existen diferencias entre el grupo LEEA y el LEC ($p<0.05$), en dicho efecto podemos observar que la diferencia de medias es menor para el grupo enriquecido (-8.823), respecto a su control. Hay diferencias significativas del grupo LEEA respecto al grupo WC ($p<0.05$), existe una diferencia de medias menor para el grupo de enriquecimiento Long Evans en comparación al control Wistar (-15.859). También existen diferencias entre el grupo LEC y el WEA ($p<0.05$), siendo la diferencia de medias mayor para el grupo LEC (6.306). Además, se presentan diferencias del grupo LEC contra el WC ($p<0.05$) y las diferencias de medias son menores para los Controles Long Evans (-7.036). Finalmente, hay diferencias significativas de grupo WEA respecto a su control WC ($p<0.05$), siendo menor la diferencia de medias para el grupo enriquecido (-13.342).

Podemos resumir que los grupos controles de ambas cepas tienen una mayor ganancia de reforzadores durante el periodo de adquisición, comparados con sus respectivos grupos

que estuvieron bajo el tratamiento de enriquecimiento ambiental; además, cuando se comparan los dos grupos controles de ambas cepas (LEC y WC), las ratas cepa Wistar tienen una ganancia más grande de reforzadores.

En nuestras gráficas (Ver figura 6), podemos observar que la mayoría de las ratas de la cepa Wistar iniciaron ejecutando primero la operante de derecha a izquierda, además datos descriptivos muestran que la media del grupo WEA fue de 65.598, con una desviación típica de 16.853, un mínimo de 16 y un máximo de 130 reforzadores. Además, la media del grupo WC fue de 78.940, con una desviación típica de 17.407, un mínimo de 20 y un máximo de 125 reforzadores.

Finalmente, los sujetos de la cepa Long Evans (Ver figura 7) en su mayoría también prefirieron iniciar a ejecutar la respuesta objetivo de derecha a izquierda. Datos descriptivos muestran que la media para el grupo Long Evan EA fue de 63.081, con una desviación típica de 16.828, un mínimo de 16 y un máximo de 110 reforzadores. Mientras que la media para el grupo LEC fue de 71.904, con una desviación típica de 18.583, un mínimo de 20 y un máximo de 142 reforzadores.

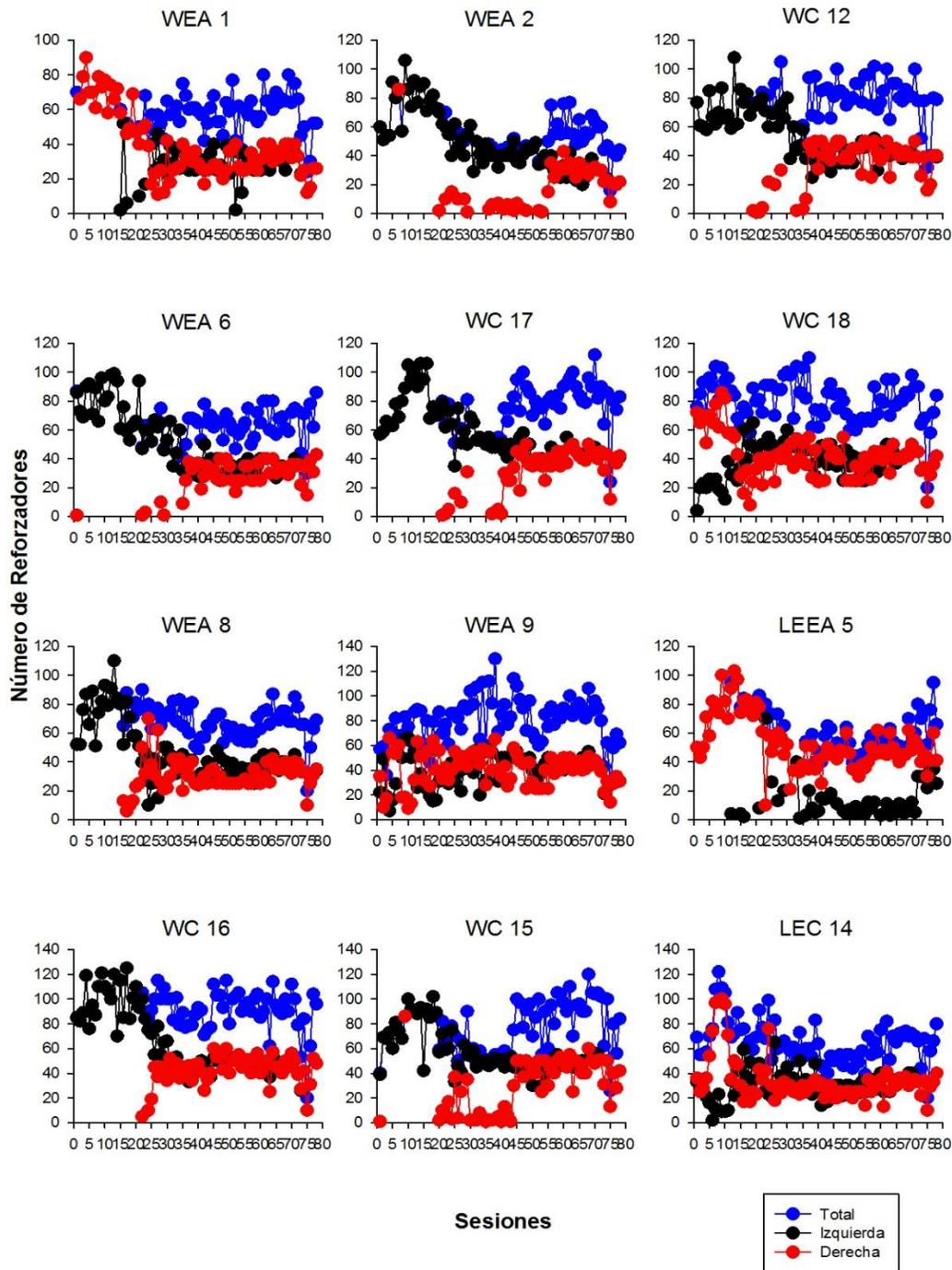


Figura 6. Gráficas de adquisición teniendo como base a la cepa Wistar.

Número de reforzadores obtenidos individualmente a través de las sesiones durante la adquisición de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control). El panel se presenta en triadas así como serán acomodadas para su ejecución en la siguiente fase.

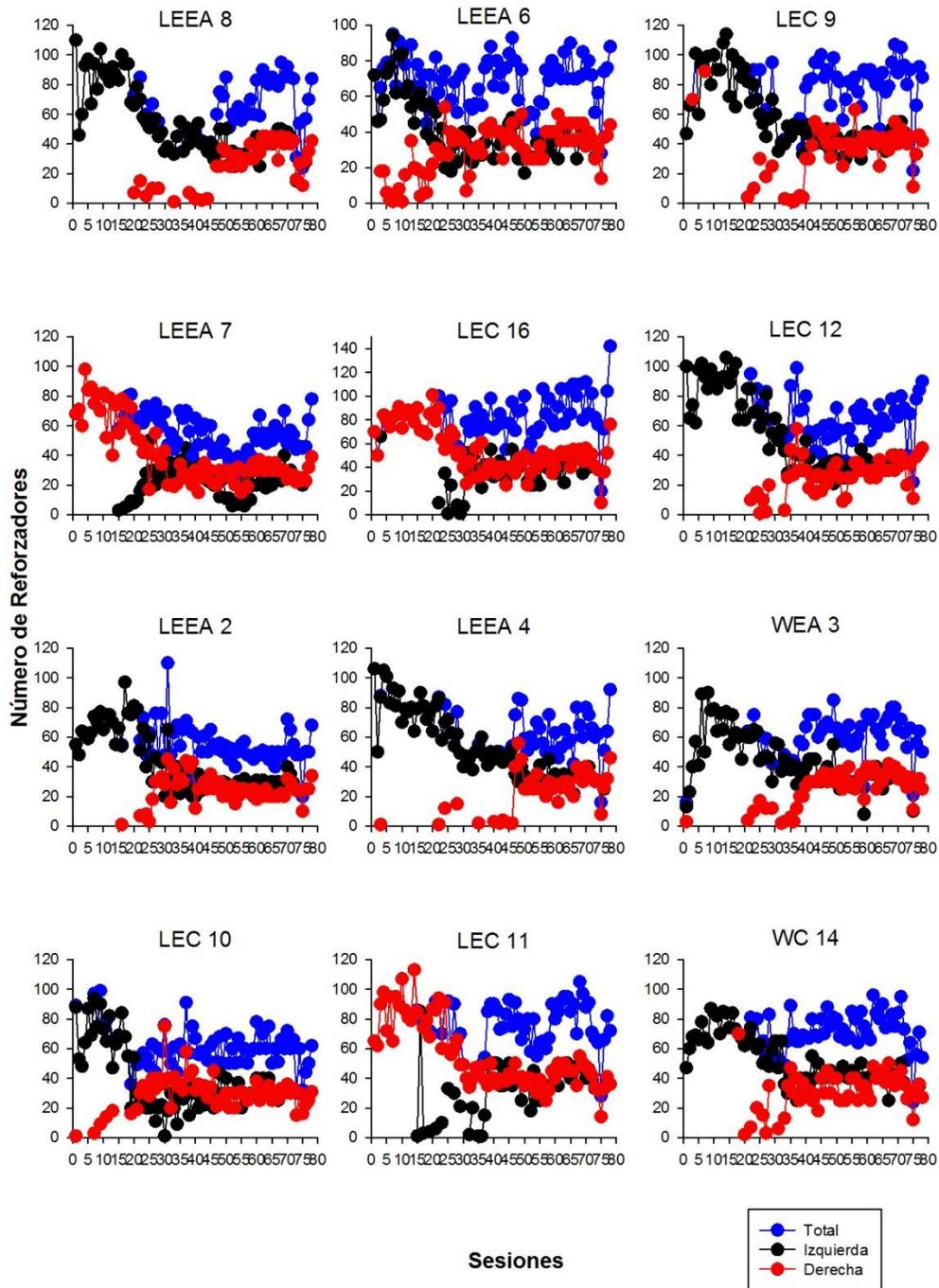


Figura 7. Gráficas de adquisición teniendo como base a la cepa Long Evans.

Número de reforzadores obtenidos individualmente a través de las sesiones durante la adquisición de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control). El panel se presenta en triadas así como serán acomodadas para su ejecución en la siguiente fase.

Fase experimental

Para todos los resultados de los diferentes parámetros que se presentarán, se mostrarán dos gráficas, una presenta cuatro paneles de gráficas en las cuales se agruparán las ratas pertenecientes a cada uno de nuestros grupos: Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEA), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC); y otra exhibe dos paneles con la ejecución de los grupos en la alternativa individual e interdependiente.

Tasa Relativa de Respuestas (TRR).

Ninguno de nuestros cuatro grupos pasó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, ni la prueba de homogeneidad de varianzas para éste parámetro.

Dados los resultados anteriores, se recurrió a la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y los resultados arrojados por esta prueba no mostraron significancia para dicho parámetro ($X^2= 2.329$, $p>.05$).

Las gráficas nos permiten observar que nuestra cepa LEEA, presenta una mayor tasa relativa de respuestas en la alternativa interdependiente comparado a los otros tres grupos, así mismo, su tasa relativa de respuestas a la alternativa individual también es menor a la de los otros grupos, incluso si tomáramos el .5 como un puntaje clave, podríamos decir que los sujetos en dicho grupo se mostraron indecisos hacia qué alternativa responder. Su control, el grupo LEC, de manera global presenta una mayor tasa a la alternativa individual, sin embargo, su tasa a la alternativa interdependiente visualmente se muestra mayor a su contra parte control, el grupo WC, podemos especificar que la tasa interdependiente del grupo anteriormente mencionado se nota constantemente menor a lo largo de las sesiones comparándolo con la de los otros grupos y dicho grupo también presenta una tasa de elección mayor hacia lo individual, al igual que los sujetos enriquecidos de su misma cepa, el grupo

WEA, sin embargo, podemos resaltar que la gráfica de este grupo se nota con mayor constancia respecto a los datos a lo largo del tiempo y la tasa hacia la alternativa interdependiente luce por encima a la de su control (Ver Figura 8 y 9).

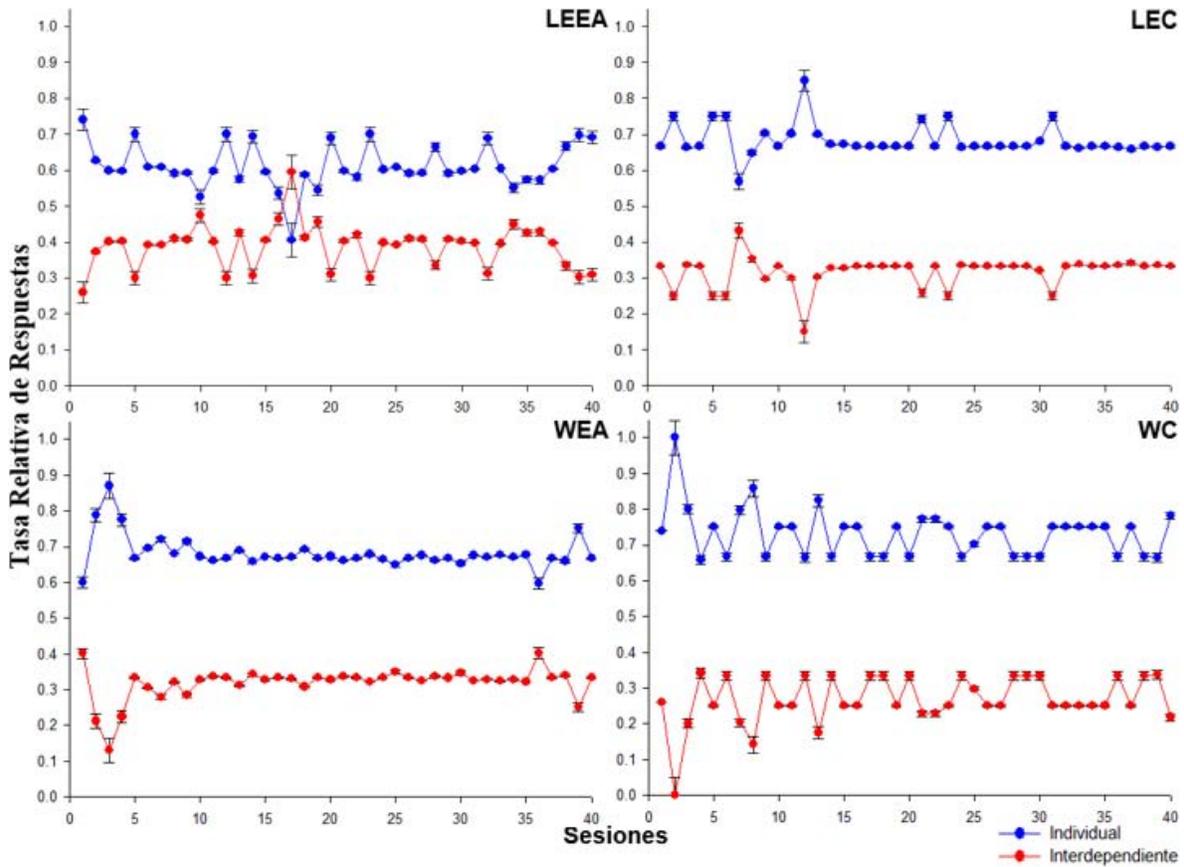


Figura 8. *TRR de los diferentes grupos.*

Figura que muestra medias y errores estándar en la tasa relativa de respuestas (TRR) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEAA, panel superior izquierdo), Long Evans control (LEC, panel superior derecho), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA, panel inferior izquierdo) y Wistar control (WC, panel inferior derecho), respecto a las dos alternativas de elección, individual e interdependiente.

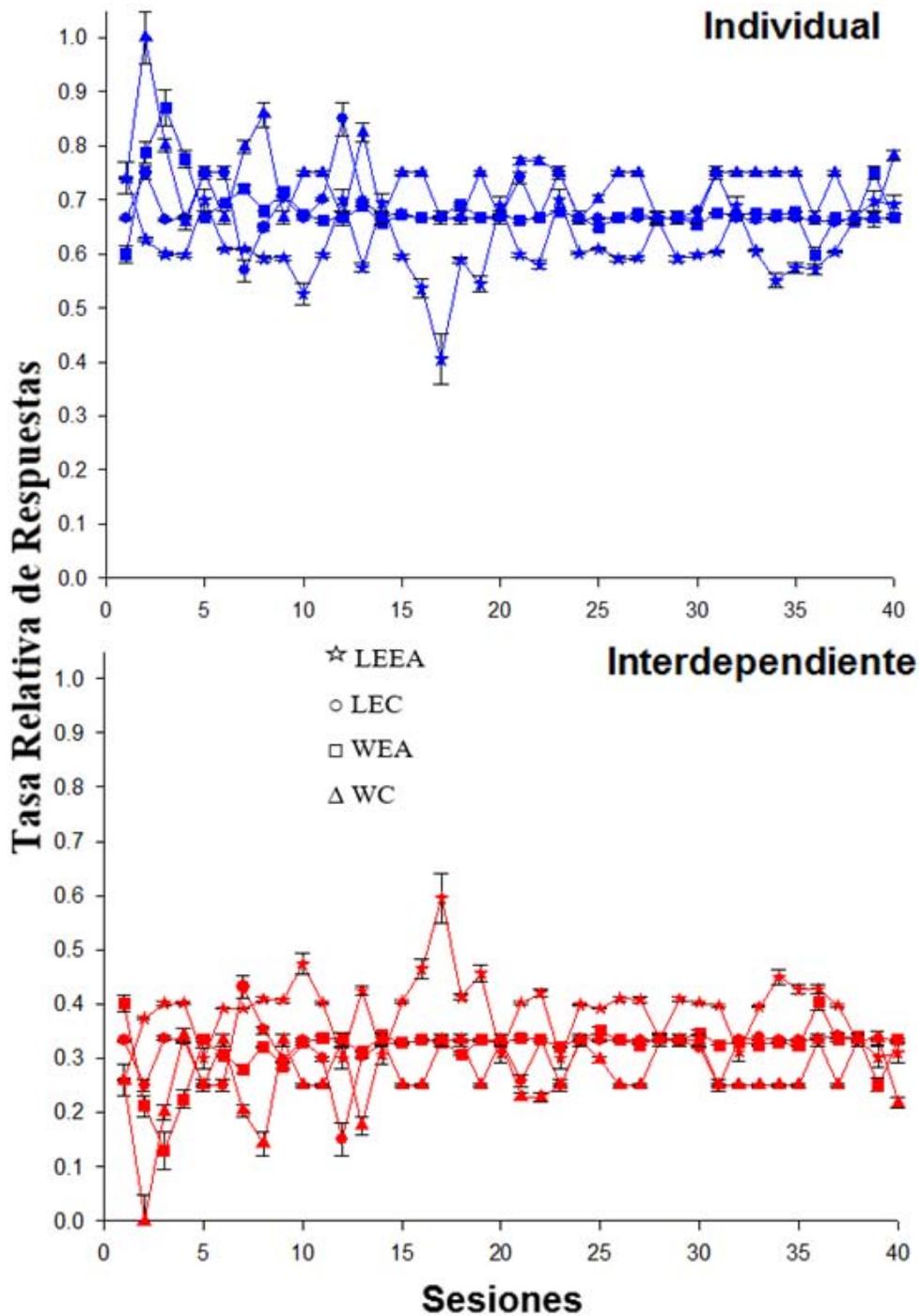


Figura 9. TRR de los diferentes grupos respecto a alternativas.

Figura que muestra medias y errores estándar en la tasa relativa de respuestas (TRR) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEAA), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC), respecto a las dos alternativas de elección, individual (panel superior) e interdependiente (panel inferior).

Tasa Relativa de reforzadores (TRr).

Nuestros datos no pasaron las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk, ni la de homogeneidad de varianzas. Por lo anterior se realizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, sin embargo, ésta tampoco arrojó resultados significativos ($X^2=2.329$, $p>.05$).

La TRr está muy asociada al parámetro anterior TRR, sin embargo, tenemos que recordar que en nuestro protocolo cada canal proporciona cantidades diferenciales de reforzamiento, es decir, los reforzadores que los sujetos obtienen cuando ejecutan de manera correcta en la alternativa interdependiente son más (4 pellets), en comparación a los obtenidos para la ejecución individual (1 pellet).

Podemos observar que la tasa relativa de reforzadores para todos los grupos es superior en la alternativa independiente, sin embargo, específicamente el grupo LEEA sigue manteniendo una tasa relativa de reforzamiento menor comparada con los otros grupos hacia la alternativa individual y complementariamente más alta en la opción interdependiente comparado a los otros grupos y se ve más clara la indiferencia que se había señalado hacia el .5. Por otra parte, el grupo WEA también sigue mostrando una mayor tasa en la alternativa interdependiente en comparación a su respectivo control, el grupo WC, también podemos señalar que la ejecución del grupo WEA y el LEC se muestra similar en ambas alternativas, ligeramente más alta para algunas sesiones a lo individual para el grupo LEC. Finalmente, la ejecución del grupo WC muestra una tasa relativa de reforzadores más baja a la alternativa interdependiente en comparación a los otros grupos (Ver Figura 10 y 11).

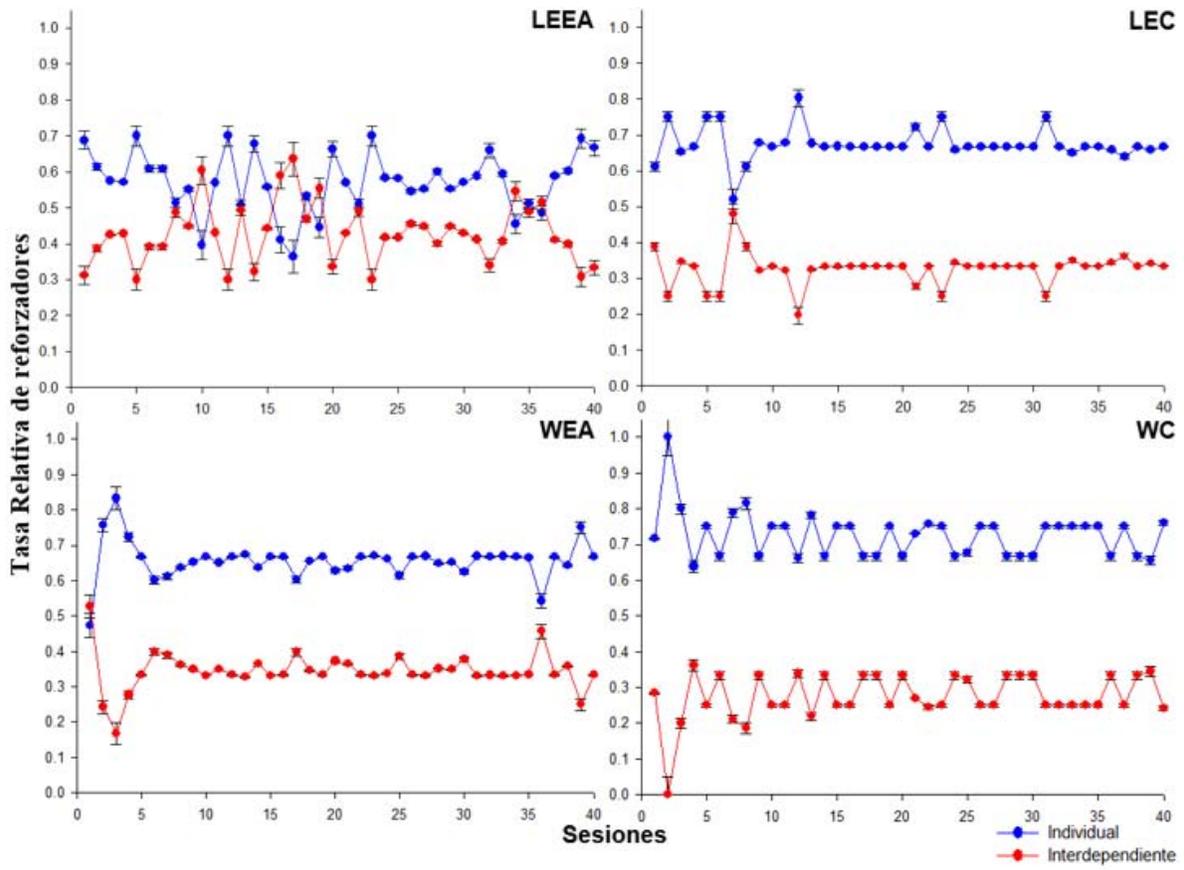


Figura 10. TRr de los diferentes grupos.

Figura que muestra medias y errores estándar en la tasa relativa de reforzadores (TRr) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEA, panel superior izquierdo), Long Evans control (LEC, panel superior derecho), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA, panel inferior izquierdo) y Wistar control (WC, panel inferior derecho), respecto a las dos alternativas de elección, individual e interdependiente.

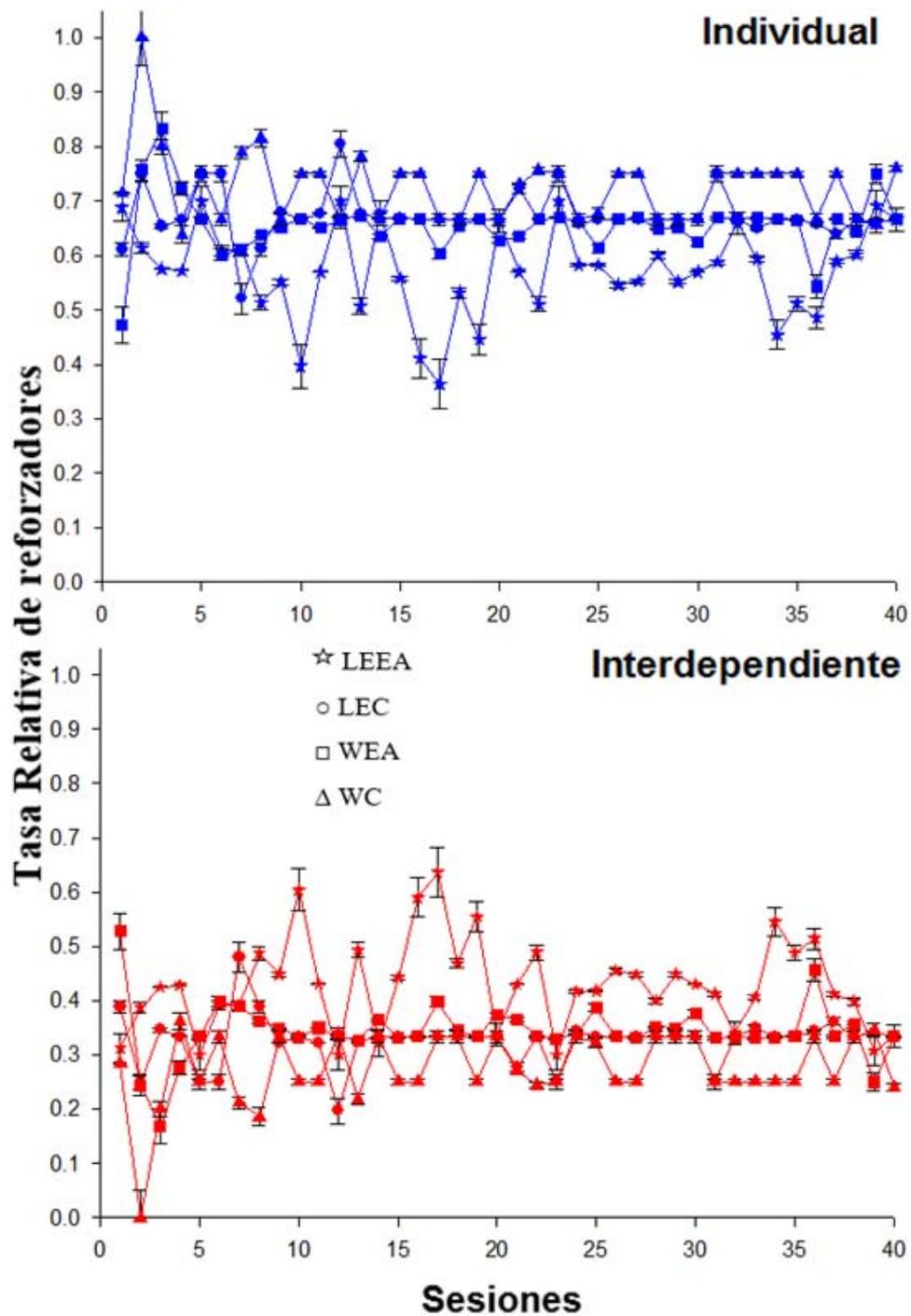


Figura 11. *TRr de los diferentes grupos respecto a alternativas.*

Figura que muestra medias y errores estándar en la tasa relativa de reforzadores (TRR) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEAA), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC), respecto a las dos alternativas de elección, individual (panel superior) e interdependiente (panel inferior).

Latencias.

Este parámetro no aprobó los estándares de las pruebas de normalidad, ni la de homogeneidad de varianzas, así mismo, se condujo la prueba no paramétrica correspondiente que sí resultó significativa ($X^2= 28.595$, $p<.05$), por lo que se tomó la decisión de correr una prueba ANOVA de un factor y su respectivo post hoc de tukey para observar en qué grupos se obtenían las diferencias.

Los resultados del ANOVA nos indican que existen diferencias significativas ($F_{3,1836}=3.141$; $p<0.05$).

Los resultados de la prueba post hoc de tukey nos indican que existe una diferencia significativa entre el grupo Long Evans de enriquecimiento ambiental y las ratas Long Evans de tratamiento control ($p<.05$), dicha prueba de comparaciones múltiples nos muestra que la diferencia de medias es mayor para el grupo LEEA en comparación al control LEC (61.914).

En resumen, podemos indicar que las ratas de la cepa Long Evans que estuvieron bajo el tratamiento de enriquecimiento ambiental presentan latencias más grandes, es decir, tardan más tiempo en el trayecto de conducir el balón de un lado a otro de un canal, en comparación a las ratas de la misma cepa pero que estuvieron bajo un tratamiento control.

La latencia en segundos, nos indica el tiempo tomado por los sujetos para conducir el balón de manera correcta de un extremo a otro del canal, de cierta manera, nos podría dar un indicio de la facilidad en tanto a habilidad motora con la que los sujetos ejecutan la operante.

Pudimos observar que el grupo LEEA presentó latencias visualmente similares tanto en la alternativa independiente, como en la alternativa interdependiente, sin embargo, en varias de las sesiones de la última alternativa mencionada existen latencias mayores, esto puede deberse al trabajo que requiere el coordinar con otro sujeto. Por otra parte, el grupo WEA también mostró latencias similares en ambas alternativas, al igual que el grupo

anteriormente mencionado, en varias sesiones en la alternativa interdependiente se observan latencias superiores, aunque como lo corroboraron las comparaciones, esto no es significativo. Respecto al grupo LEC, podemos destacar que existen varias sesiones en las que las latencias de la alternativa individual sobrepasan a las latencias obtenidas para la interdependiente. Mientras que el grupo WC muestra de forma general mucha similitud en las latencias para ambas alternativas (Ver Figura 12 y 13).

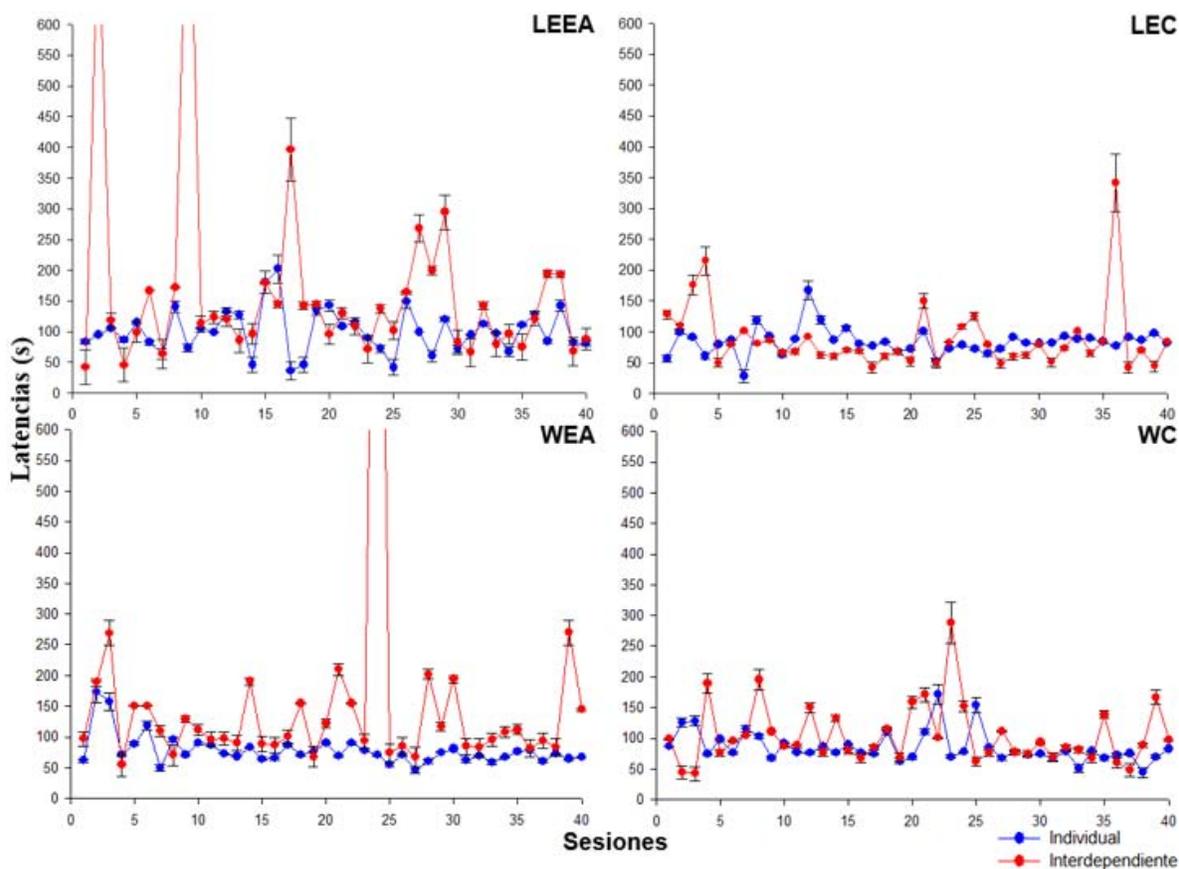


Figura 12. *Latencias de los diferentes grupos.*

Figura que muestra medias y errores estándar en las latencias en segundos a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEA, panel superior izquierdo), Long Evans control (LEC, panel superior derecho), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA, panel inferior izquierdo) y Wistar control (WC, panel inferior derecho), respecto a las dos alternativas de elección, individual e interdependiente.

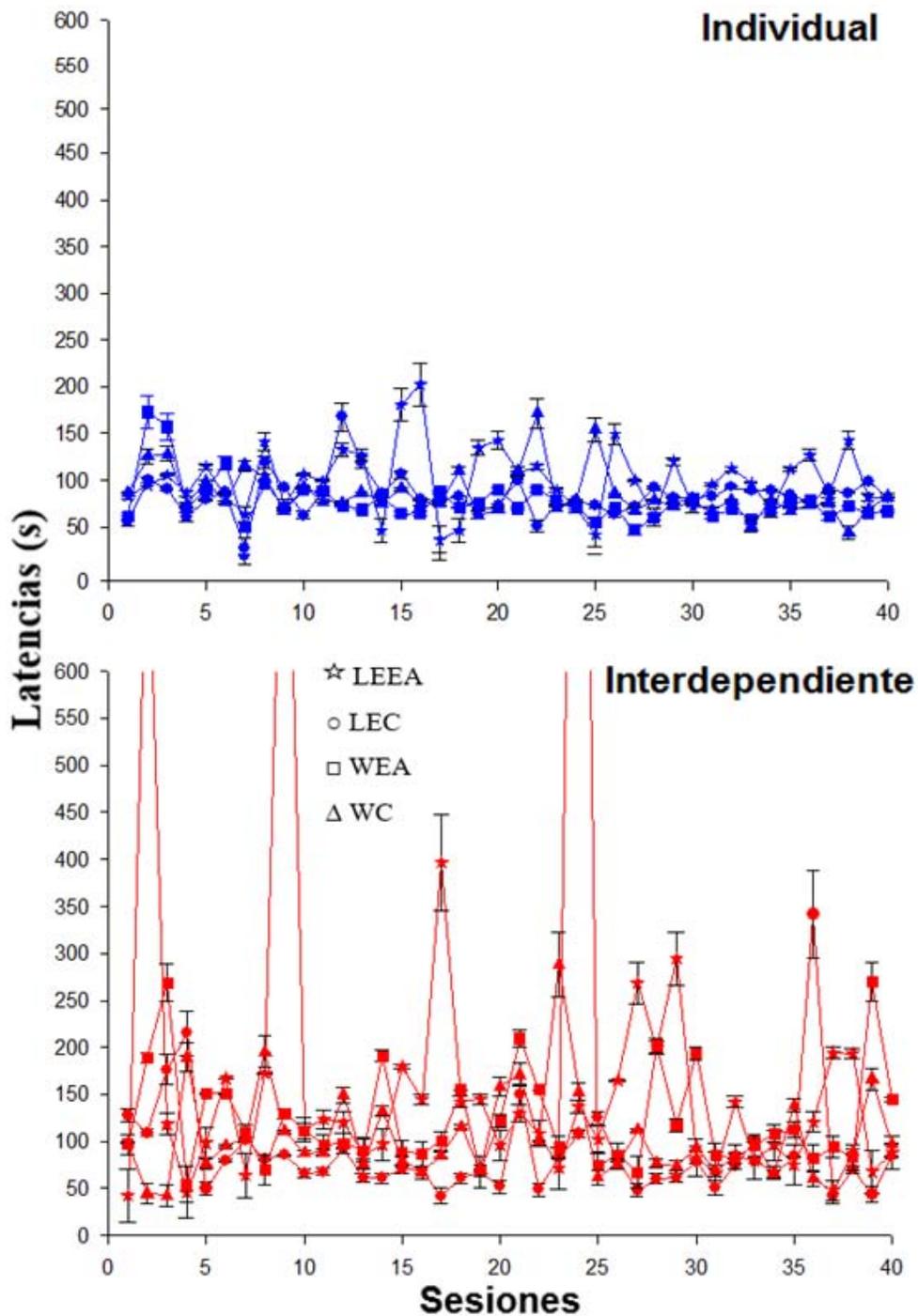


Figura 13. Latencias de los diferentes grupos respecto a alternativas.

Figura que muestra medias y errores estándar en las latencias en segundos a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEА), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC), respecto a las dos alternativas de elección, individual (panel superior) e interdependiente (panel inferior).

Efectividad.

Nuestro parámetro no pasó las pruebas de normalidad, ni la prueba de homogeneidad de varianzas, por lo que se llevó a cabo la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y tampoco resultó tener significancia ($X^2=3.228$, $p>.05$).

El índice de efectividad de trabajo, ya sea en la alternativa individual o de interdependencia, nos indica la proporción de éxito de explotación de una alternativa a partir de ponderar el número total de intentos que el sujeto realizó y el número de veces en que el sujeto la realiza de manera exitosa.

Podemos notar que de forma general todos nuestros grupos tuvieron mayor efectividad hacia el trabajo realizado de forma individual. De forma específica, hablando de la alternativa interdependiente, los grupos enriquecidos de ambas cepas mostraron mayores índices de efectividad en comparación a sus respectivos controles, sin embargo, este puntaje se ve más alto para el grupo LEEA en comparación al WEA, por lo que de forma complementaria el índice del grupo enriquecido Long Evans es inferior en la alternativa de trabajo individual comparado a los demás grupos. En el panel del grupo WEA de la primera gráfica podemos observar especialmente cómo va mejorando a lo largo de las sesiones el desempeño para la alternativa de trabajo interdependiente. Se puede notar un efecto similar pero mucho más sutil para el grupo LEC. Finalmente, el grupo WC con excepción a unos datos, muestra constancia en los puntajes obtenidos para ambas alternativas a lo largo de las sesiones (Ver Figura 14 y 15).

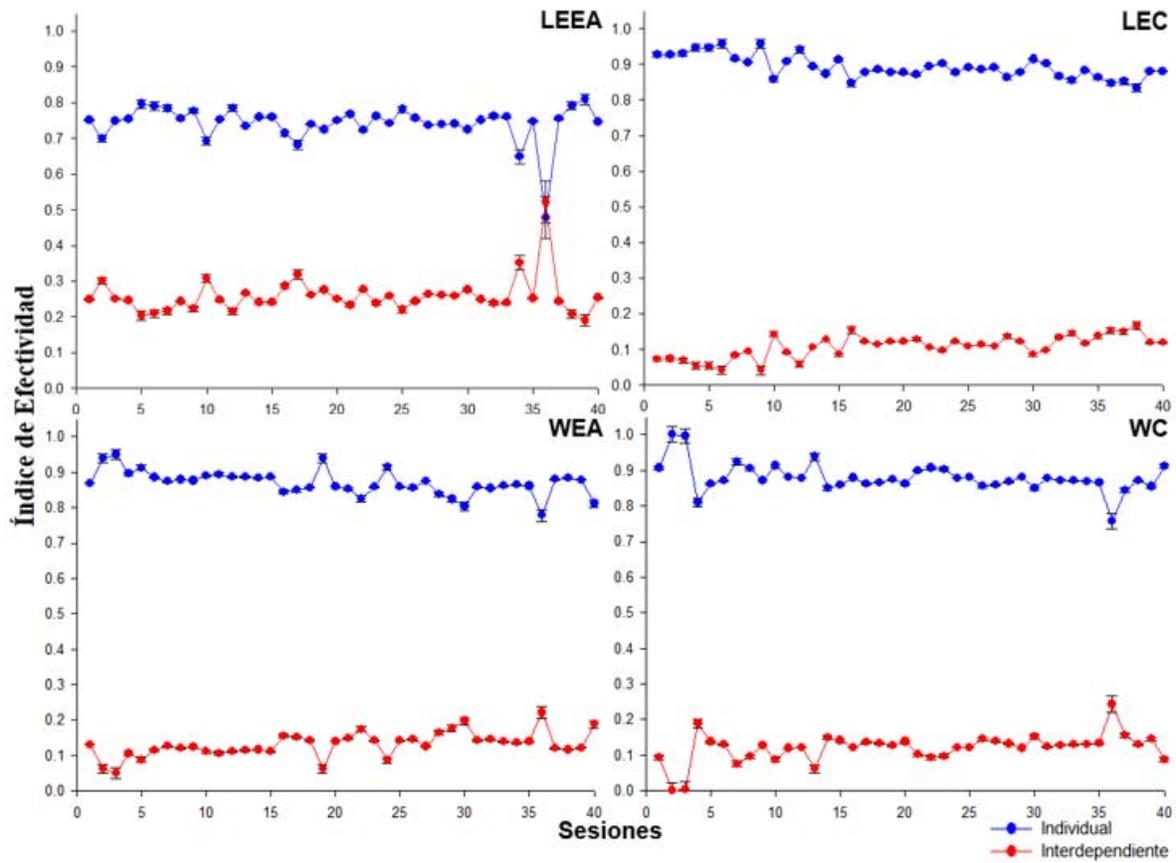


Figura 14. *Efectividad de los diferentes grupos.*

Figura que muestra medias y errores estándar en el índice de efectividad de trabajo a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEa, panel superior izquierdo), Long Evans control (LEC, panel superior derecho), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA, panel inferior izquierdo) y Wistar control (WC, panel inferior derecho), respecto a las dos alternativas de elección, individual e interdependiente.

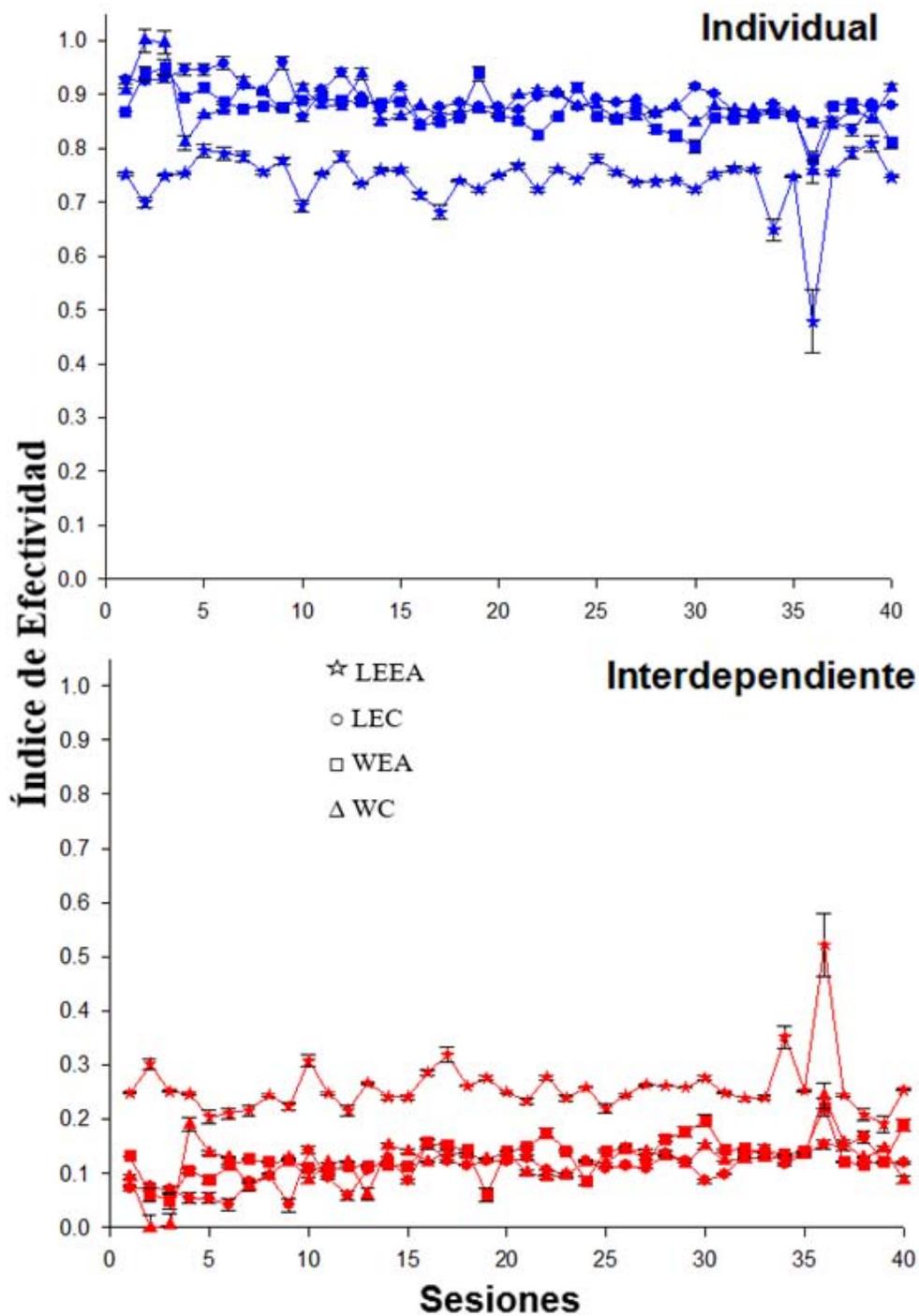


Figura 15. Efectividad de los diferentes grupos respecto a alternativas.

Figura que muestra medias y errores estándar en el índice de efectividad de trabajo a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEE), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC), respecto a las dos alternativas de elección, individual (panel superior) e interdependiente (panel inferior).

Tasa Relativa de Tiempo de Contacto en la Sesión (TRTCS).

La TRTCS no aprobó las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk, tampoco paso la prueba de homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene y no se obtuvo significancia en la pertinente prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($X^2=.000$, $p>.05$).

La sensibilidad de este parámetro nos permite observar el tiempo que los sujetos permanecen a cada lado de las plataformas asociadas a los canales.

Podemos ver que el grupo LEEA presenta una tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión (TRTCS) en la mayoría de las sesiones superior hacia la alternativa de ejecución interdependiente, lo cual quiere decir que tomaban tiempo para estar del lado de la plataforma asociada al canal de ejecución en el cual trabajaban con otro sujeto, aunado a lo anterior, podemos notar que en varias sesiones se observa una ejecución cercana hacia el .5 en ambas alternativas y respecto a la alternativa individual su tasa de tiempo de contacto en la sesión es inferior comparada con los otros. La misma indecisión o cercanía hacia el .5, se puede notar en muchas de las sesiones en el grupo WEA, aunque podemos rescatar que a diferencia del grupo anterior, en muy pocas sesiones lograron tener una mayor tasa hacia lo interdependiente. Respecto a los controles de ambas cepas, los grupos LEC y WC, se puede notar que para ambos se ve más marcada y separada la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión para ambas alternativas a comparación de los grupos enriquecidos, sin embargo, el grupo LEC presenta una tasa hacia lo interdependiente bastante cercana al .5. (Ver Figura 16 y 17).

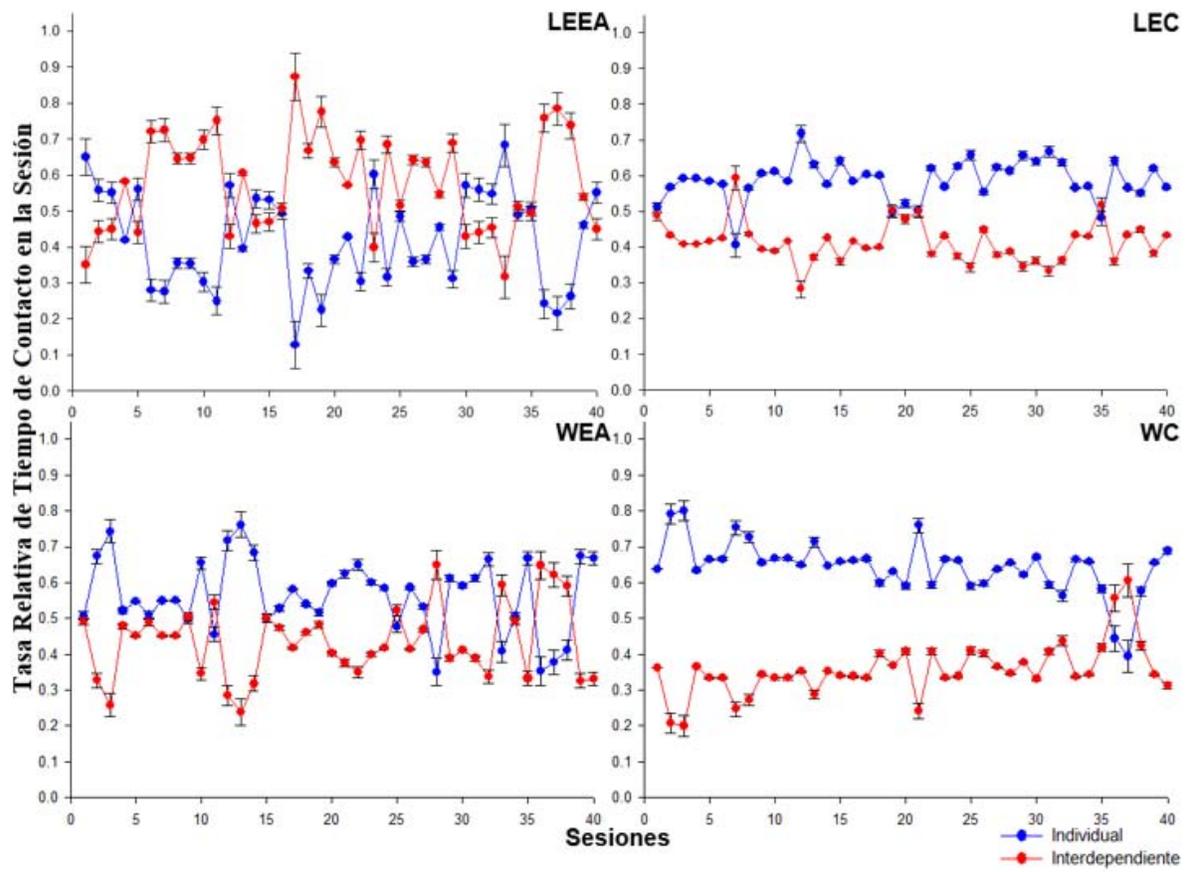


Figura 16. TRTCS de los diferentes grupos.

Figura que muestra medias y errores estándar de la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión (TRTCS) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEA, panel superior izquierdo), Long Evans control (LEC, panel superior derecho), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA, panel inferior izquierdo) y Wistar control (WC, panel inferior derecho), respecto a las dos alternativas de elección, individual e interdependiente.

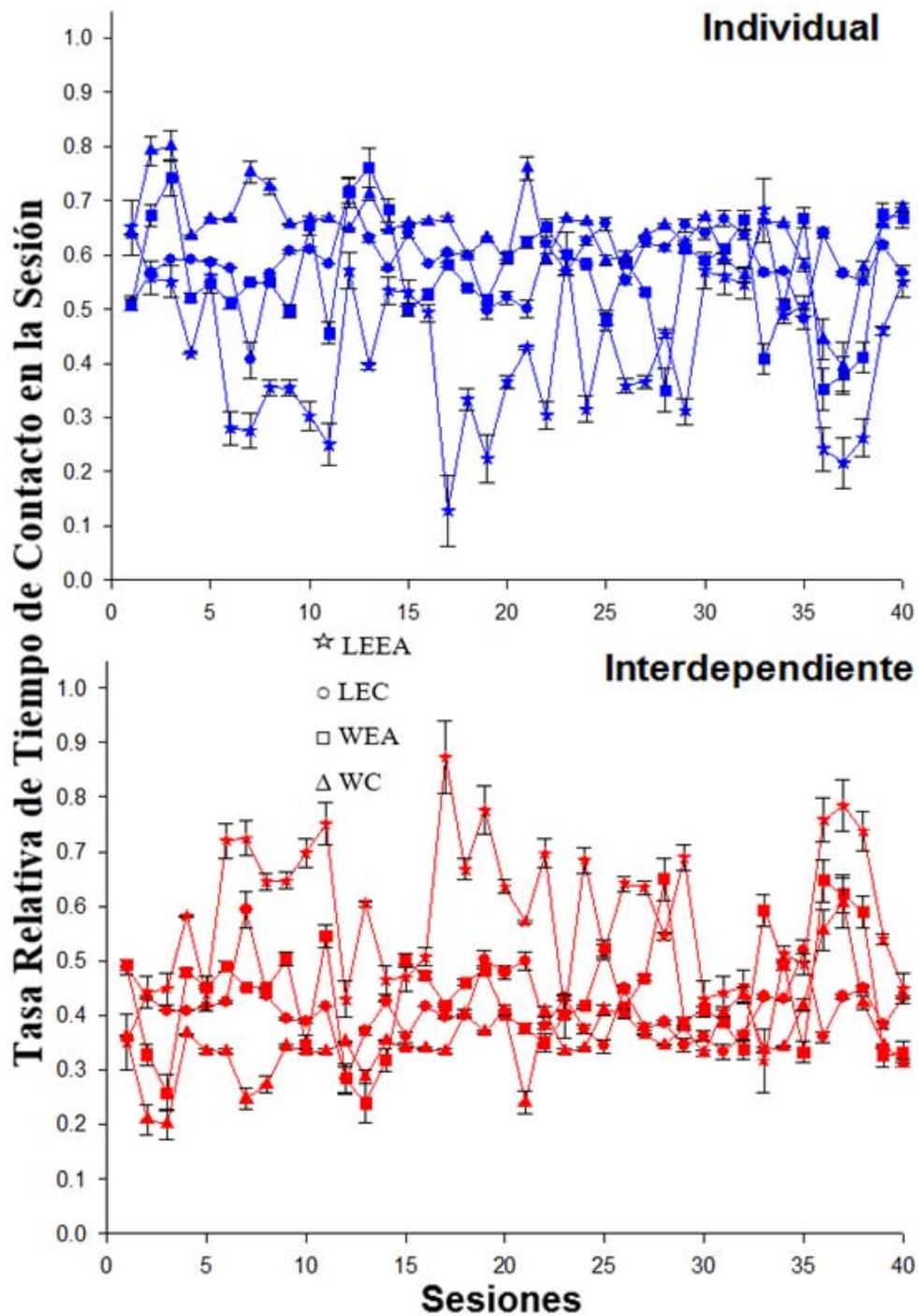


Figura 17. *TRTCS de los diferentes grupos respecto a alternativas.*

Figura que muestra medias y errores estándar de la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión (TRTCS) a lo largo de las sesiones de los grupos Long Evans enriquecimiento ambiental (LEEA), Long Evans control (LEC), Wistar enriquecimiento ambiental (WEA) y Wistar control (WC), respecto a las dos alternativas de elección, individual (panel superior) e interdependiente (panel inferior).

Discusión

Una de las cuestiones por las que se quería realizar este experimento, era para explorar un poco sobre la ventana temporal a largo plazo en que se seguirían presentando los efectos producto del enriquecimiento ambiental. Al respecto, desde la preparación para la tarea, es decir el moldeamiento, el aprendizaje de la operante entre las ratas con enriquecimiento y las ratas control presentó diferencias que pudimos visualizar, tal vez no en el tiempo o latencia de adquisición, pero sí respecto a la cualidad de precisión de la conducción del balón. Sin embargo, como ya observamos en los resultados de la fase de experimentación no existen diferencias estadísticamente significativas dadas a través de los grupos. Así mismo, al finalizar éste protocolo, se decidió moldear a dichas ratas en cajas operantes para entrenarlas en otra tarea y adquirieron la conducta de presión de la palanca en una sesión y la mayoría de los sujetos obtuvieron el máximo de reforzadores, sin embargo, no sabemos si existen resultados significativos entre los sujetos respecto a cepas y tratamientos, no obstante esto nos podría permitir vislumbrar la ventana temporal.

Dado los diversos cambios que produce en el organismo el protocolo de EA, sumado a la amplia evidencia literaria que encontramos respecto a la ejecución en diversos tipos de laberintos tras dicho protocolo y los efectos diferenciales que se han hallado dependiendo de la edad, nos hacen querer contrastar con la tarea empleada en este protocolo, por lo que podríamos hipotetizar que tal vez esté ocurriendo un efecto diferencial del EA dependiendo de la complejidad del protocolo empleado para su evaluación, de forma específica el EA podría estar haciendo efecto anatómica y neuroquímicamente hablando en sustratos que no tengan que ver con conducta social cooperativa, por otra parte, desde un punto de vista funcional, aunque la cooperación se ha reportado en varios niveles de organización, es una forma de interacción bastante compleja evolutivamente hablando, además no se ha logrado

definir bajo qué principios opera, cómo se da esa interacción, entre otras cosas, por lo que tal vez esto pudo haber sido un factor clave para que no pudiéramos observar cooperación en más de nuestros sujetos tras nuestro tratamiento de enriquecimiento ambiental.

A fin de concluir con la discusión sobre el tema de EA, en la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales del laboratorio (NOM-062-Z00-1999), hay un apartado de manejo de conducta, en el que se habla específicamente de la estructura del medio ambiente, ambiente social y actividad de los animales, en éste menciona que se debe brindar oportunidades para la expresión de posturas y actividades características de la especie y bienestar; así mismo se debe tomar en cuenta las necesidades sociales de los animales dependiendo de la especie para el desarrollo normal del organismo; se debe considerar la actividad física y cognoscitiva para exhibir patrones típicos de su especie, lo que menciona se puede conseguir con objetos, juguetes, etcétera, que brinde complejidad al entorno; lo que lleva a considerar que si todos nos apejáramos totalmente a esta norma, que sería lo ideal, ya que el uso de sujetos en un ambiente adecuado y sanos favorece a la calidad de los datos científicos, se dejaría un tanto el objetivo de llegar a una estandarización del protocolo de EA y cambiaría la visión de su finalidad en el ámbito de la investigación básica.

Adicionalmente, con respecto a la tarea de cooperación, en trabajos previos hechos por Segura (2014) y Segura y Gutiérrez (2006), se observa de manera general que las ratas prefieren el trabajo individual sobre el trabajo interdependiente, aunque en el último trabajo (Segura y Gutiérrez, 2006), se puede observar como ratas criadas en condiciones de empobrecimiento alimenticio, versus ratas en condiciones ricas, prefieren cooperar, al estar expuestas a una fase dentro del protocolo donde se cambia la tasa de reforzamiento experimentada, sin embargo, ambos trabajos hacen un análisis respecto a diadas y retomando índices (en el caso del primer trabajo citado anteriormente) o tasas de respuesta (segundo

trabajo) asociados a la elección del sujeto, pero no hacen reporte de algún análisis o prueba estadística hecha a los mismos. Tomando en cuenta lo anterior, podemos destacar que aunque no tuvimos significancia estadística, en varias de nuestras triadas las ratas prefirieron coordinar sus respuestas, incluso en la penúltima sesión dos de nuestros sujetos que presentaban ejecución en el canal interdependiente, se quedaron sin reforzamiento por un problema de detección del aparato y pese a ello siguieron ejecutando en ese carril hasta finalizar la sesión. Finalmente, una de las cuestiones que se trató de abordar de manera diferente a los estudios antes mencionados de Segura, fue el cuidado y uso de los animales dentro de nuestro experimento, el acomodo de los sujetos por triadas dentro de la caja experimental, el número total de sesiones empleadas durante el protocolo, la forma de graficar los resultados arrojados y la interpretación de los mismos a través del correspondiente análisis estadístico.

El que los sujetos prefieran actuar interdependientemente puede ser resultado de varios factores que a continuación se tratarán de abordar brevemente. De forma muy general, asumiendo que cooperación es una forma de conducta social y que esta se da a partir de la relaciones de dos o más organismos, el investigador Josep Call (2014), menciona que hay dos ingredientes para que este tipo de relaciones suceda, el primero es que los individuos deben ser capaces de reconocer a los otros como individuos, por ejemplo, algunos pueden distinguir a individuos conocidos de los desconocidos y el segundo es que deben ser capaces de recordar las interacciones pasadas porque a partir de ellas se determina la formación de las nuevas, es decir, son un fruto de la información recolectada en interacciones repetidas entre los organismos en un periodo de tiempo (Call, 2014). De forma más específica, también podríamos mencionar su crianza bajo alguno de los tratamientos empleados (EA o control). Finalmente, podríamos tener los fenómenos descritos en biología como kin recognition, la

cual es descrita como la habilidad de los organismos para identificar aspectos de un congénere o identificar a los animales que les son familiares, lo cual puede ser a través de familiarización directa, familiarización indirecta o distribución espacial y kin discrimination (Hepper, 1991; Nakagawa y Waas, 2004); también puede justificarse a través de la ley de Hamilton en la cual los individuos tienden a cooperar más con organismos que les son familiares (Smith, 2014; Hamilton, 1964); y a través de la tolerancia que los sujetos muestren al ejecutar dentro del protocolo, ya que esta es piedra angular de la relación entre los sujetos (Melis, Hare y Tomasello, 2006).

Por otro lado, en las gráficas de ejecución individual mostradas en los anexos podemos observar en el parámetro de índice de efectividad en algunos de nuestros sujetos, cómo llegaron a cooperar con sus compañeros a través de la repetida exposición de las sesiones, lo cual apoya lo mencionado por Josep Call (2014), gracias a esto podemos decir que la cooperación más que ser un mecanismo, como es visto por las aproximaciones más famosas, por ejemplo la de Martin Nowak (Nowak y Highfield, 2012; Nowak, 2012; Nowak, 2006), podíamos tomarlo como un resultado que se da a partir de las restricciones del entorno en general, lo cual incluye la dinámica de aprendizaje a través de la interacción con otro organismo y el ajuste de la propia conducta, esto es una ventaja de la herramienta experimental que utilizamos.

De manera general, podemos observar que el parámetro de TRTCS nos da mucha información, ya que se puede notar mejor el cómo llevaban a cabo la conducta los sujetos, tal vez no respecto a un resultado final, pero sí en la forma en que se aproximaban a su alternativa de lado de preferencia para poder ejecutar, sin embargo, a partir de los datos podríamos esperar que pudieron pasar muchas cosas para que no se llevara a cabo la ejecución en la mayoría de los sujetos en la alternativa interdependiente, por ejemplo el

tiempo que les tomaría hacerlo de ese lado, que sería de cierta forma un tiempo mayor y de costo que le tendrían que restar a la totalidad de la sesión, además de lo que involucra el ser sensible a la ejecución de otro compañero para ajustarse temporo-espacialmente y emitir una conducta, es decir la coordinación que implica.

En contra parte, aunque no en todas nuestras triadas, pudimos observar que los organismos no siempre elegían la alternativa de respuestas que era más probable los reforzara de manera inmediata (maximización molecular), ya que implicaba sólo el control de su propia conducta, como era en la alternativa individual; sino que también se obtuvieron conductas cooperativas en dicho ambiente de laboratorio y en esas condiciones que podrían de cierta forma restringir el que los sujetos optimizaran, ya que las respuestas interdependientes en la mayoría de los casos implican latencias mayores y una alta coordinación con el compañero, lo que dificulta la obtención de los reforzadores.

Respecto a la utilización de los dos tipos de cepas debido a sus características y diferencias (Webb, Gowribai y Muir, 2003; Prusky y Douglas, 2005) para observar si esto ejercía algún efecto, podemos decir que además de las diferencias significativas notadas en los resultados en la fase de adquisición donde se observó que hubo diferencias respecto al número de reforzadores conseguidos, de forma general haciendo más efectivas a las Wistar y de forma específica a las Wistar control, y en la fase experimental donde se observaron diferencias en el parámetro de latencias. También logramos visualizar gráficamente que nuestras ratas del grupo LEEA en comparación a los otros grupos, presentaban lo que podríamos denominar indecisión hacia las alternativas de trabajo individual e interdependiente en nuestros parámetros TRR y TRr, mientras que mostraban una notable preferencia por la alternativa interdependiente en nuestro parámetro de TRTCS, lo cual nos permite deducir que tal vez dichos sujetos debido a sus diferencias orgánicas en visión

(Prusky y Douglas, 2005), podrían haber estado siendo más sensibles al tratamiento de EA al cual estuvieron expuestos y a la vez esto habría ejercido dichas diferencias en los parámetros mencionados. Adicionalmente pudimos observar y prestar atención a partir del cuidado y contacto diario de los sujetos a otro tipo de diferencias, por ejemplo, la exaltación y reactividad a los estímulos presentes, el estrés que podían llegar a provocar el entorno, la ganancia rápida de peso y la zancada mayor que daban los sujetos (lo cual tal vez provoco que en varias ocasiones y en diferentes sujetos, se presentara hinchazón en la parte correspondiente al tarso y metatarso, hablando de las extremidades traseras y del carpo y metacarpo hablando de las delanteras) de la cepa Long Evans contra las Wistar.

Por otra parte, es de real importancia descartar la “nobleza” de la herramienta experimental que se empleó, ya que permite obtener una mayor validez externa debido a que en un ambiente de laboratorio nos permite estudiar un fenómeno de conducta social tan complejo como es la cooperación, otra de las fortalezas es que la sesión se realiza en un lapso de tiempo en donde se les permite a los sujetos acceder a ensayos continuos, lo que hace posible que distribuyan su conducta a libre elección, lo que hace al protocolo en parte similar a condiciones que se desarrollan en un ambiente natural. Además de otorgarles a los organismos la posibilidad de tener comunicación visual y olfativa que de cierta forma pudiera repercutir en la interacción social y podría facilitar el acercamiento y ajuste conductual de los sujetos para llegar a un nivel de coordinación, lo cual cabe resaltar se observa de manera notable en las gráficas de eficacia de los anexos para algunas de las triadas a lo largo de las sesiones y lo hace aún más interesante el que los organismos inmersos no comparten operando, ni se moldea la respuesta para obtener cooperación, es decir, la conducta social de cooperación surge como un resultado del ajuste conductual y trabajo conjunto de los sujetos al contexto del entorno en el cual están inmersos espacio-temporalmente.

Finalmente, relacionado a lo anterior, en uno de sus artículos Ronald Noë (2006) hace mención de algunas características que tendría que cumplir una herramienta o paradigma que intenta valorar cooperación siendo sensible de su naturaleza dinámica, para que brindara más información, dichos parámetros son: la comunicación, un ensayo único durante el experimento, que exista la opción de elegir un compañero y cambiar al mismo y que los intentos sean para cuantificar toda inversión. Los anteriores parámetros, más los criterios propuestos por Richard Schuster y Amir Perelberg para evaluar la validez de un modelo de conducta social (Schuster y Perelberg, 2004), hacen concluir que la herramienta experimental que utilizamos es sensible a cubrir dichos parámetros, por lo que valdría la pena seguir con esa línea de investigación si nos interesa dicha perspectiva.

Limitaciones y ventanas de investigación futuras

Algunas de las limitaciones que tuvimos en el estudio fue la videograbación de la parte de enriquecimiento ambiental y las sesiones de moldeamiento correspondientes a la tarea de cooperación. Consideramos que el analizar de forma más cualitativa o rescatando procedimientos etológicos nos podría conducir al fortalecimiento de nuestro estudio, ya que esto nos podría llevar a observar de forma más puntual patrones conductuales emergentes de dichos entornos y más adelante poder observar paralelismos o símiles intra y entre especies, lo cual finalmente nos conduciría a una perspectiva comparada y una visión holística del fenómeno.

Además, al tener sólo una caja de evaluación, no se pudieron tener más sujetos con diferente aleatorización para hacer más comparaciones, lo que tal vez habría fortalecido nuestro protocolo.

Uno de los retos futuros sería observar y evaluar la contribución específica de cada uno de los componentes del protocolo de enriquecimiento ambiental, y ver si existe un efecto tipo sinergista.

También nos gustaría aportar más información precisa acerca de qué tipo de control es el adecuado para el contraste de nuestros grupos dentro de este tipo de experimentos, ya que ha habido mucha controversia (Simpson y Kelly, 2011), pues unos apuestan a las ratas aisladas, ya que éstas presentan ausencia de todo tipo de estimulación, sin embargo el aislamiento es un estresor; otros a los sujetos en pares, pero se menciona que sería como tener un porcentaje de enriquecimiento; otros apuestan por los grupos para ser un buen control para una situación de enriquecimiento complejo, lo cual es debido a que lo normal en los entornos naturales es encontrarlas agrupadas (Crofton, et al., 2015). Aunque autores como Van Praag, et al. (2000) mencionan que ninguna variable simple, como sería el agrupamiento, puede dar cuenta de los efectos totales de enriquecimiento, hubiera sido deseable poder tener los tres tipos de controles.

Como se ha mencionado existe una interacción del EA con respecto a varios sistemas de neurotransmisión, lo cual podría ser un factor de interés futuro para considerarse al tratar de investigar algunos agentes farmacológicos.

Además, como lo menciona Mesa (2014), respecto a la parte de enriquecimiento, sería necesario hacer más estudios que nos permitan determinar con mayor precisión si el estilo de vida que se les da a las ratas con EA debería ser mantenido durante todo su ciclo con el fin de obtener mayores beneficios cognitivos o conservar los ya adquiridos o si por el contrario con ser expuestos a los periodos críticos sería suficiente.

Otro de los campos de interés futuros dentro de la investigación en cooperación son la identificación de los procesos conductuales y los sustratos materiales que pueden subyacer a la conducta social cooperativa.

Hacer investigación que pueda sentar mayor sustento con respecto a bajo qué condiciones los sujetos pueden optar por elegir el trabajo de cooperación y llegando a este, cómo se puede lograr mantenerlo.

Observar qué ocurre con otras cepas, incluso lugares diferentes de procedencia, además de otras especies en entornos similares, lo cual nos permitiría generar datos y contribuir a una perspectiva comparativa más grande, ya que tal vez podríamos hallar la implementación de estrategias o herramientas diferentes por parte de los sujetos para llegar al mismo resultado.

En lo que respecta al tema farmacológico, pero ahora en cooperación, sería interesante probar la inoculación de oxitocina, debido a sus características (Štefánik, Olexová y Kršková, 2015; Insel, 1992; Onaka, Takayanagi y Yoshida, 2012), en nuestros sujetos y consecuentemente evaluarlos a través de la tarea de cooperación, con el objetivo de observar si ejerce cambios en las dinámicas de interacción de los sujetos.

Respecto a la evaluación en la caja, algunas de las implementaciones que podríamos probar serían, ver si el que los compañeros sean visibles o no durante las sesiones podría ejercer algún cambio o diferencia en la ejecución de la tarea, esto se podría lograr mediante la implementación de acrílicos opacos, así como se ha llevado a cabo en la evaluación de otro tipo de tareas (Yamamoto, Humle y Tanaka, 2012; Lopuch y Popik, 2011).

También podríamos observar qué ocurre en las dinámicas de interacción cuando se modifican a los compañeros entre las diferentes sesiones, es decir, cuando se cambia el lugar de compartimento e incluso el sujeto entre sesiones.

Además, sería interesante observar si existen llamadas de voces de altas o bajas frecuencias en kHz durante la ejecución de los individuos que puedan ser relacionadas a su desempeño en la tarea, así como lo hizo Lopuch y Popik (2011).

Finalmente, podríamos ver si el uso diferencial de reforzadores no en tanto cantidad, sino en saliencia para los sujetos, podrían modificar su ejecución hacia la alternativa interdependiente, es decir, se podrían probar un tipo de reforzador hacia la ejecución en el canal individual y otro para el reforzamiento respecto al trabajo en el carril asociado a trabajo interdependiente.

Conclusiones

Aunque respecto a la fase enriquecimiento ambiental no tenemos algún sustrato material que compruebe la efectividad de nuestro tratamiento, consideramos que sí se ejerció una respuesta significativa en nuestros sujetos, debido a los resultados del grupo de investigación en los que se basó esta parte de nuestro protocolo y que han demostrado tener impacto a diferentes niveles del organismo.

Respecto a la determinación de la elección de alternativas de los sujetos, la mayoría de los individuos ejecutó efectivamente en la alternativa individual, independientemente de la cepa (Wistar o Long Evans) o tratamiento empleado (enriquecimiento ambiental o control).

La conducta social de cooperación se conforma de más de un individuo interactuando y coordinando sus conductas, lo cual incluye la incorporación de señales desde los otros individuos y el adecuar las conductas individuales para compartir los resultados. Por lo que podríamos afirmar que la herramienta experimental usada dentro de este protocolo es una buena aproximación, ya que muestra ventajas al tratar de incluir las dimensiones irreducibles asociadas a cooperación que han sido mostradas en el ambiente natural.

Referencias

- Alberts, J. Infancy. En: Segura, A. (2010). Conductas cooperativas, altruistas y de competencia: formas de interacción social que emergen bajo exposición a diferentes relaciones de contingencia (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Bogotá.
- Baroncelli, L., Braschi, C., Spolidoro, M., Begenisic, T., Sale, A. & Maffei, L. (2010). Nurturing brain plasticity: impact of environmental enrichment. *Cell Death & Differentiation*, 17, 1092–1103.
- Bergmüller, R., Russell, A., Johnstone, R. & Bshary, R. (2007). On the further integration of cooperative breeding and cooperation theory. *Behavioural Processes*, 76, 170-181.
- Bernstein, L. (1973). A study of some enriching variables in a free-environment for rats. *Journal of Psychosomatic Research*, 17, 85-88.
- Boesch, C. & Boesch, H. (1989). Hunting behavior of wild chimpanzees in the Tai national park. *American Journal of Physical Anthropology*, 78, 547-573.
- Bowles, S. & Gintis, H. (2002). The Origins of human cooperation. En: Genetic and cultural evolution of cooperation, pp. 429-443. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Bronstein, J. (1998). The contribution of ant-plant protection studies to our understanding of mutualism. *Biotropica*, 30(2), 150-161.
- Bruel-Jungerman, E., Laroche, S. & Rampon, C. (2005). New neurons in the dentate gyrus are involved in the expression of enhanced long-term memory following environmental enrichment. *European Journal of Neuroscience*, 21, 513-521.
- Call, J. (2014). Etología cognitiva. En: Sánchez, S. (Coord.), *Etología: la ciencia del comportamiento animal* (pp. 479-516). Barcelona, España: UOC.

- Caporali, P., Cutuli, D., Gelfo, F., Laricchiuta, D., Foti, F., De Bartolo, P., Mancini, L., Angelucci, F. & Petrosini, L. (2014). Pre-reproductive maternal enrichment influences offspring developmental trajectories: motor behavior and neurotrophin expression. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 1-14.
- Catania, A. (1992). *Learning*. New Jersey: Prentice Hall.
- Colmenares, F. (2014). Socioecología. En: Sánchez, S. (Coord.), *Etología: la ciencia del comportamiento animal* (pp. 295-443). Barcelona, España: UOC.
- Cooper, R & Zubek, J. (1958). Effects of enriched and restricted early environments on the learning ability of bright and dull rats. *Journal of Psychology*, 12(3), 159-164.
- Crofton, E., Zhang, Y. & Green T. (2015). Inoculation stress hypothesis of environmental enrichment. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 49, 19-31.
- Cutuli, D., Rossi, S., Burello, L., Laricchiuta, D., De Chiara, V., Foti, F., De Bartolo, P., Musella, A., Gelfo, F., Centonze, D. & Petrosini, L. (2011). Before or after does it matter? Different protocols of environmental enrichment differently influence motor, synaptic and structural deficits of cerebellar origin. *Neurobiology of Disease*, 42, 9-20.
- De Waal, F. (2000). Attitudinal reciprocity in food sharing among brown capuchin monkeys. *Animal Behavior*, 60, 253-261.
- Delgado, J. (2014). Breve introducción a la teoría de la evolución. En: Sánchez, S. (Coord.), *Etología: la ciencia del comportamiento animal* (pp. 109-138). Barcelona, España: UOC.
- Drea, C. & Carter, A. (2009). Cooperative problem solving in a social carnivore. *Animal Behaviour*. 78, 967-977.

- Duckworth, R.A. The role of behavior in evolution: a search for mechanisms. En: Kappeler, P., Barrett, L., Blumstein, D. & Clutton-Brock, T.H. (2013). Constraints and flexibility in mammalian social behavior: introduction and synthesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 368, 1-10.
- Dugatkin, L. (1997a). The evolution of cooperation. *Bioscience*, 47(6), 355-366.
- Dugatkin, L. (1997b). *Cooperation among animals. An evolutionary perspective*. New York: OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- Dugatkin, L. (2002). Cooperation in animals: an evolutionary overview. *Biology and Philosophy*, 17, 459-476.
- Escorihuela, R., Tobena, A. & Fernandez-Teruel, A. (1995b). Environmental enrichment and postnatal handling prevent spacial learning deficits in aged hypoemotional (Roman high-avoidance) and hyperemotional (Roman low-avoidance) rats. *Learning & Memory*, 2, 40-48.
- Foti, F., Laricchiuta, D., Cutuli, D., DeBartolo, P., Gelfo, F., Angelucci, F. & Petrosini, L. (2011). Exposure to an enriched environment accelerates recovery from cerebellar lesión. *The Cerebellum*, 10, 104-119.
- García, J. (2014), *Neuroprotección en enfermedades neuro y heredo degenerativas*. Recuperado de: doi: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.41>.
- Hamilton, W. (1964). The genetical evolution of social behavior. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1-16.
- Hebb, D. (1947). The effects of early experience on problem-solving at maturity. *American Psychologist*, 2, 306-307.
- Hepper, P. (Ed.) (1991). *Kin Recognition*. Cambridge, Londres: Cambridge University Press.

- Insel, T. (1992). Oxytocin –a neuropeptide for affiliation: evidence from behavioral, receptor autoradiographic, and comparative studies. *Psychoneuroendocrinology*, *17*(1), 3-35.
- Jaenisch, R. & Bird, A. Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. En: Champagne, F. y Curley, J. (2009). Epigenetic mechanisms mediating the long-term effects of maternal care on development. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*, 593-600.
- Juraska, J. Henderson, C. & Muller, J. (1984). Differential rearing experience, gender, and radial maze performance. *Developmental Psychobiology*, *17*, 209-215.
- Kappeler, P., Barrett, L., Blumstein, D. & Clutton-Brock, T. (2013). Constraints and flexibility in mammalian social behavior: introduction and synthesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, *368*, 1-10.
- Kiser, D., Steimer, S. B., Branchi, I. & Homberg, J. (2012). The reciprocal interaction between serotonin and social behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*, 786-798.
- Kobayashi, S., Ohashi, Y. & Ando, S. Effects of enriched environments with different durations and starting times on learning capacity during aging in rats assessed by a refined procedure of the Hebb-Williams maze task. En: Peña, Y. (2007). El enriquecimiento ambiental en ratas: efectos diferenciales en función del sexo (tesis doctoral). Departamento de biología celular, fisiología e Inmunología. Facultad de Medicina Universidad Autónoma de Barcelona, Ballaterra.
- Larsson, F, Winblad, B. & Mohammed A. (2002). Psychological stress and environmental adaptation in enriched vs. impoverished housed rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, *73*, 193-207.
- Leigh, E. (2013). Evolution of cooperation. *Elsevier*, 320-329.

- Lopuch, S. & Popik, P. (2011). Cooperative behavior of laboratory rats (*rattus norvegicus*) in an instrumental task. *Journal of Comparative Psychology*, *125*(2), 250-253.
- Melis, A., Hare, B. & Tomasello, M. (2006). Engineering cooperation in chimpanzees: tolerance constraints on cooperation. *Animal Behaviour*, *72*, 275-286.
- Mesa, P. (2014). Desarrollo de un paradigma de EA y su potenciación mediante agonistas nicotínicos: efectos conductuales en ratones (tesis de doctorado). Universidad de Valencia, Departamento de psicobiología, Valencia, España.
- Nakagawa, S. & Waas, J. (2004). O sibling, where art thou? – a review of avian sibling recognition with respect to the mammalian literature. *Biological Reviews*, *79*, 101-119.
- Nithianantharajah, J. & Hannan, A. (2006). Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*, 697-709.
- Noë, R. (2006). Cooperation experiments: coordination through communication versus acting apart together. *Animal Behaviour*, *71*, 1-18.
- Noë, R. (2010). Cooperation. En: Koob, G., Le Moal, M. & Thompson, R. (Ed.), *Encyclopedia of behavioral neuroscience* (pp. 345-353). Oxford, Inglaterra: Academic press.
- Nowak, M. & Highfield, R. (2012). *Supercooperadores*. Barcelona, España: Ediciones B.
- Nowak, M. (2006). Five rules for the evolution of cooperation. *Science*, *314*(5805), 1560-1563.
- Nowak, M. (2012). Evolving cooperation. *Journal of Theoretical Biology*, *299*, 1-8.

- Onaka, T., Takayanagi, Y. & Yoshida, M. (2012). Roles of oxytocin neurones in the control of stress, energy metabolism, and social behavior. *Journal of Neuroendocrinology*, 24, 587-598.
- Panksepp, J. & Beatty, W. Social deprivation and play in rats. En: Segura, A. (2010). Conductas cooperativas, altruistas y de competencia: formas de interacción social que emergen bajo exposición a diferentes relaciones de contingencia (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Bogotá.
- Peña, Y. (2007). El enriquecimiento ambiental en ratas: efectos diferenciales en función del sexo (tesis doctoral). Departamento de biología celular, fisiología e Inmunología. Facultad de Medicina Universidad Autónoma de Barcelona, Ballaterra.
- Petrosini, L., De Bartolo, P., Foti, F., Gelfo, F., Cutuli, D. Leggio, M. & Mandolesi, L. (2009). On whether the environmental enrichment may provide cognitive and brain reserves. *Brain Research Reviews*, 61, 221-239.
- Prusky, G. & Douglas, R. (2005). Vision. En: Whishaw, I. & Kolb, B. The behavior of the laboratory rat (49-59). New York: OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- Rand, D. & Nowak, M. (2013). Human cooperation. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 413-425.
- Renner, M. & Rosenzweig, M. Enriched and impoverished environments. Effects on brain and behavior. En: Peña, Y. (2007). El enriquecimiento ambiental en ratas: efectos diferenciales en función del sexo (tesis doctoral). Departamento de biología celular, fisiología e Inmunología. Facultad de Medicina Universidad Autónoma de Barcelona, Ballaterra.
- Rosenzweig, M. (1966). Environmental complexity, cerebral change, and behavior. *American Psychologist*, 21, 4, 321-332.

- Rosenzweig, M., Bennett, E., Hebert M. & Morimoto H. (1978). Social grouping cannot account for cerebral effects of enriched environments. *Brain Research*, 153, 563-576.
- Rutte, C. & Taborsky, M. (2008). The influence of social experience on cooperative behavior of rats (*rattus norvegicus*): direct vs generalized reciprocity. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(4), 499-505.
- Sach, J., Mueller, U., Wilcox, T. & Bull, J. (2004). The evolution of cooperation. *The Quarterly Review of Biology*, 79(2), 135-160.
- Schneeberger, K., Dietz, M. & Taborsky, M. (2012). Reciprocal cooperation between unrelated rats depends on cost to donor and benefit to recipient. *BMC Evolutionary Biology*, 12, 41, 1-7.
- Schuster, R & Perelberg, A. (2004). Why cooperate? An economic perspective is not enough. *Behavioural Processes*, 66, 261-277.
- Segura, A. & Bouzas, A. (2013). Coordinación en ratas: ajuste a restricciones interdependientes. *Revista Colombiana de Psicología*. 22(2), 321-331.
- Segura, A. & Gutiérrez, G. (2006). Cooperación en ratas: efectos de la experiencia temprana. *Revista Interamericana de Psicología*, 40, 241-252.
- Segura, A. (2010). Conductas cooperativas, altruistas y de competencia: formas de interacción social que emergen bajo exposición a diferentes relaciones de contingencia (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Bogotá.
- Segura, A. (2014). Distribución del comportamiento en entornos con pagos interdependientes (tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, México.

- Sih, A., Stamps, J., Yang, L.H., McElreath, R. & Ramenofsky, M. Behavior as a key component of integrative biology in a human-altered world. En: Kappeler, P., Barrett, L., Blumstein, D. & Clutton-Brock, T.H. (2013). Constraints and flexibility in mammalian social behavior: introduction and synthesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 368, 1-10.
- Simpson, J., & Kelly, J. P. (2011). The impact of environmental enrichment in laboratory rats-behavioural and neurochemical aspects. *Behavioural Brain Research*, 222, 246–264.
- Smith, J. (2014). Hamilton's legacy: kinship, cooperation and social tolerance in mammalian groups. *Animal Behaviour*, 92, 291-304.
- Štefánik, P., Olexová, L. & Kršková, L. (2015). Increased sociability and gene expression of oxytocin and its receptor in the brains of rats affected prenatally by valproic acid. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 131, 42-50.
- Stephens, D. & Anderson, J. (1997). Reply to Roberts: cooperation is an outcome, not a mechanism. *Animal Behaviour*, 53, 1363-1364.
- Taborsky, M. (2007). Cooperation built the Tower of Babel. *Behavioural Processes*, 76, 95-99.
- Tan, L. & Hackenberg, T. (2016). Functional analysis of mutual behavior in laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 130(1), 13-23.
- Tomasello, M. (2010). *Por qué cooperamos*. Buenos Aires, Argentina: Katz.
- Tsoory, M., Youdim, M. & Schuster, R. (2012). Social-cooperation differs from individual behavior in hypothalamic and striatal monoamine function: evidence from a laboratory rat model. *Behavioural Brain Research*, 232, 252-263.

- Van Praag, H., Kempermann, G. & Gage, F. (2000). Neural consequences of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience*, *1*, 191-198.
- Waterland, R. Assessing the effects of high methionine intake on DNA methylation. En: Champagne, F. & Curley, J. (2009). Epigenetic mechanisms mediating the long-term effects of maternal care on development. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*, 593-600.
- Webb, A., Gowribai, K. & Muir, G. (2003). Fischer (F-344) rats have different morphology, sensorimotor and locomotor abilities compared to Lewis, Long-Evans, Sprague-Dawley and Wistar rats. *Behavioural Brain Research*, *144*, 143-156.
- West, S., Griffin, A. & Gardner, A. (2006). Social semantics: altruism, cooperation, mutualism, strong reciprocity and group selection. *Journal of Evolutionary Biology*, *20*(2), 415-432.
- Yamamoto, S., Humle, T. & Tanaka, M. (2012). Chimpanzees' flexible targeted helping based on an understanding of conspecifics' goals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(9), 3588-3592.

Anexos

Diferencias conceptuales en el uso del término cooperación.

Tabla 3. *Diferencias conceptuales.*

Autor	Cooperación	Mutualismo	Simbiosis	Altruismo recíproco	Reciprocidad
Ronald Noë 2006 2010 Psicólogo y Etólogo evolutivo ***	Interacciones con beneficios inmediatos para todos los participantes envueltos.	Relaciones similares entre miembros de especies diferentes. Interacciones de corta duración.	Relaciones similares entre miembros de especies diferentes. Interacciones íntimas y de largo plazo.		Término global para una serie de interacciones cooperativas y altruistas que tienen un beneficio neto para todos.
Judith L. Bronstein 1998 Ecologista ***	Interacción benéfica mutuamente entre conespecíficos	Interacción interespecífica con beneficios netos mutuos. Muestran más salud cuando lo hacen juntos a solos.	Relaciones similares entre miembros de especies diferentes.		

<p>Frans De Waal 2000 Primatólogo</p>	<p>La usa como categoría global. Dos mecanismos la permiten estable: “simetría basada en reciprocidad”: cuando, p.e. comparten comida preferencialmente con miembros con quien tienen una relación simétrica, ya que son asociados cerradamente o relativos y “reciprocidad actitudinal”: se da por la variabilidad en predisposiciones sociales, va desde la amistad hacia la hostilidad y una tendencia a ajustarse a la predisposición percibida en otro.</p>	<p>Interacciones benéficas para dos participantes simultáneamente</p>		<p>Interacciones en las cuales los participantes toman turnos en dar y recibir beneficios. Forma más compleja de cooperación.</p>	
<p>Christophe Boesch, & Hedwige Boesch. 1989 Biólogos ***</p>	<p>En caza, es la conducta de dos o más individuos actuando juntos para lograr una meta común. Distinguen categorías complejas de conducta de caza cooperativa: similaridad, sincronía, coordinación y colaboración.</p>				

Dugatkin 1997a 1997b 2002 Ecologista Conductual ***	Resultado que pese a los costos relativos individuales es bueno para los miembros de un grupo y requiere acción colectiva.				Mecanismo que puede permitir cooperación
Samuel Bowles & Herber Gintis 2002 Economistas	Conducta individual que tiene costos personales para participar en una actividad conjunta, que confiere beneficios superiores a los costos para otro miembro de un grupo.				
Joel Sachs, Ulrich Mueller, Thomas Wilcox & James Bull. 2004 Ecólogos Evolutivos	Interacciones de uno o más actos que son costosos para uno mismo y benéficos para uno o más de otros individuos. Basados sobre estrategias conductuales individuales.				

<p>William Hamilton 1964 Biólogo Evolutivo</p>	<p>En la conducta individual, un animal actúa cooperativamente si hace cosas que benefician la salud (supervivencia y reproducción) de ambos, sí mismo y el recipiente de sus acciones.</p> <p>La conducta individual en un grupo cooperativo se clasifica por cuatro categorías que propuso: altruistas, rencorosos, egoístas y cooperativo.</p>				
<p>Silvia Lopuch y Pior Popik, 2011 Biólogos</p>	<p>Acción conjunta voluntaria de dos o más individuos que beneficia a un receptor (s).</p> <p>Envuelve más a sujetos relacionados, sugiriendo selección parental. Requiere habilidades cognitivas avanzadas, como reconocimiento individual, aprendizaje social y memoria, descuento temporal, gratificación retrasada, entre otras.</p>				

<p>Martin Nowak 2006 2012 Nowak y Highfield 2012 Bioquímico y matemático</p>	<p>Un cooperador paga un costo c, para que otro reciba un beneficio. Costos y beneficios evaluados en términos de salud.</p> <p>Uno paga individualmente un coste para que otro reciba un beneficio.</p> <p>Abundante en la naturaleza y es envuelta en los grandes pasos constructivos de la vida sobre la tierra</p>				
--	---	--	--	--	--

<p>Claudia Rutte y Michael Taborsky 2008</p> <p>Bióloga y Fisiólogo Conductual</p> <p>Taborsky, M., 2007</p> <p>Schneeberger, Dietz y Taborsky, 2012</p>	<p>“Actuar juntos” o “operación conjunta”</p> <p>Es basada sobre la experiencia social anónima, donde la identidad de los compañeros es irrelevante.</p> <p>Extensa entre animales. Los modelos incluyen costos para donador y beneficios al receptor para su desarrollo.</p>	<p>Acciones tomadas para beneficio de uno y un compañero</p>		<p>La decisión para pagar un costo para el beneficio de otro individuo se basa sobre la expectativa futura de ayuda, la cual puede ser juzgada de interacciones pasadas.</p>	
--	---	--	--	--	--

<p>Michael Tomasello 2010 Psicólogo ***</p>	<p>Basada en “intencionalidad compartida”, meta conjunta que crea una interdependencia. Las características fundamentales son: 1) tienen una meta común, en el sentido de nosotros (reconociéndolo mutuamente); 2) coordinan sus roles, que son interdependientes, incluyen ayuda al compañero según sea necesario.</p>	<p>Abarca actos en que todos nos beneficiamos con cooperación, pero sólo si trabajamos juntos, si colaboramos. El esfuerzo de cada uno es imprescindible para alcanzar el objetivo</p>			
<p>Alejandro Segura 2010 2014 Psicólogo ***</p>	<p>Interacciones que involucran dos o más organismos actuando conjuntamente para obtener un bien común. Puede estar en función de los pagos, si hay patrones de actividad conjuntas (coordinación) que permitan el acceso a consecuencias poco probables y demoradas.</p>				

<p>Richard Schuster 2004 2012 Psicólogo ***</p>	<p>Acto social lo cual incluye componentes interactivos no expresados en conductas individuales. Por lo que consideran dimensiones sociales, para describir los fenómenos y explicar por qué ocurre.</p> <p>Situación en la que resultados individuales dependen no únicamente de nuestras conductas sino también de las conductas de otros. Los resultados son usualmente tangibles y eventos benéficos.</p> <p>La cooperación social consiste de dos animales que usan a cada uno de los otros para coordinar sus movimientos en el espacio.</p>				
---	--	--	--	--	--

<p>Stuart West, Ashleigh Griffin y Andy Gardner. 2006 Biologos Evolutivos</p>	<p>Es cooperación si es seleccionada por sus efectos benéficos sobre el recipiente. Su definición incluye todas las conductas altruistas y algunos beneficios mutuos. Conducta cooperativa es asumida para ser costosa para los individuos que la ejecutan, pero da beneficio a todos los miembros en el grupo</p>	<p>Refieren a cooperación entre especies; ellos piensan que es mejor reservado para el uso ecológico.</p>		<p>Es uno de los muchos mecanismos por los cuales la cooperación entre individuos no relacionados puede ser favorecida.</p>	
<p>Ralph Bermüller, Andrew Russell, Rufus Johnstone & Redouan Bshary, 2007 Ecologos Conductuales ***</p>	<p>Interacción que cede el paso a un beneficio de salud para ambas partes. Acto cooperativo: conducta que beneficia a otro. No creen que cooperación esté restringida a interacciones que envuelvan inversiones.</p>	<p>Acción que tiene consecuencias positivas para ambos.</p>			

<p>David Stephens & J Anderson. 1997</p> <p>Biólogo</p> <p>Matemático</p> <p>Biomédico</p> <p>***</p>	<p>Estudiantes de conducta animal usan cooperación en dos vías. Cuando hablan de “caza cooperativa”, “crianza cooperativa” o “territorialidad cooperativa”, toman puramente fenómenos conductuales.</p> <p>Otro uso lo dan a acciones si son vistas para ser elaboradamente coordinadas o si los individuos son especialmente sensitivos a las acciones de otros.</p> <p>El resultado de cooperación puede ser logrado por diferentes mecanismos: como selección parental, reciprocidad o mutualismo.</p>				
---	---	--	--	--	--

Tabla que muestra las diversas definiciones empleadas y términos que han sido confundidos con cooperación.

Los siguientes anexos nos muestran ejecuciones más específicas de nuestros sujetos para todos los parámetros abordados en nuestra investigación. Para lo cual se realizaron gráficas de ejecución individual y para su presentación se acomodaron en paneles por triadas, cada triada representa el orden en el que fueron aleatorizados y acomodados los sujetos para ejecutar en la caja en cada uno de los tres compartimentos durante el total de las sesiones.

Gráficas de ejecución individual de la tasa relativa de respuestas (TRR)

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9 podemos observar que la TRR en la totalidad de las sesiones para ambos sujetos es hacia los carriles de ejecución individual. Debemos recordar que como se mencionó anteriormente, el sujeto LEEA 8 murió, por lo que sus datos no se presentan.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12 podemos ver que el sujeto central se quedó la mayor parte del tiempo sin recibir reforzador, a reserva de las ocasiones en que el sujeto LEEA 7 decidió coordinar con él, ya que los sujetos de los extremos preferían la ejecución individual, por lo que su TRR es mayor para este canal.

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3 se observa que los sujetos de los extremos prefirieron la ejecución individual, por lo que su TRR era mayor para dicho canal asociado, dejando al sujeto central casi sin reforzamiento, aunque en contadas sesiones los sujetos de los extremos trabajaban con dicho sujeto, lo que hacía que dicho sujeto se mantuviera respondiendo.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14 podemos ver que la TRR de los primeros dos sujetos fue casi en su totalidad mayor para el carril de trabajo interdependiente. Mientras que el sujeto WC 14 tenía una total TRR hacia el carril individual.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12, los primeros dos sujetos mencionados tenían una TRR más alta en la mayoría de las sesiones mayor para los canales

de interdependencia, aunque el sujeto WEA 1 en casi todas las sesiones también tuvo una mínima TRR en el trabajo individual. Respecto al sujeto WC 12, su TRR era totalmente asociada al canal individual.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18, podemos observar que los sujetos de los extremos presentan una TRR mucho mayor hacia el trabajo individual, en el caso del sujeto WC 18, casi total, por lo que el sujeto central tuvo una TRR mayor hacia el carril de interdependencia a, únicamente cuando el sujeto WEA 6 le ayudó, lo cual fue en pocas ocasiones, pero esto hizo que el sujeto central respondiera hacia ese lado.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5 podemos observar una total TRR de los tres individuos por algún tipo de canal. El sujeto WEA 8 tiene una TRR mayor hacia el trabajo individual, mientras que los otros dos sujetos una TRR hacia el trabajo interdependiente, sin embargo, en la penúltima sesión podemos observar que ambos tuvieron un decaimiento y es porque hubo un problema con el registro de nuestra herramienta.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, se puede mostrar que los primeros dos sujetos tuvieron una TRR mayor para la alternativa interdependiente, mientras que el sujeto LEC 14 presenta una TRR casi total, salvo algunas sesiones, hacia la alternativa individual.

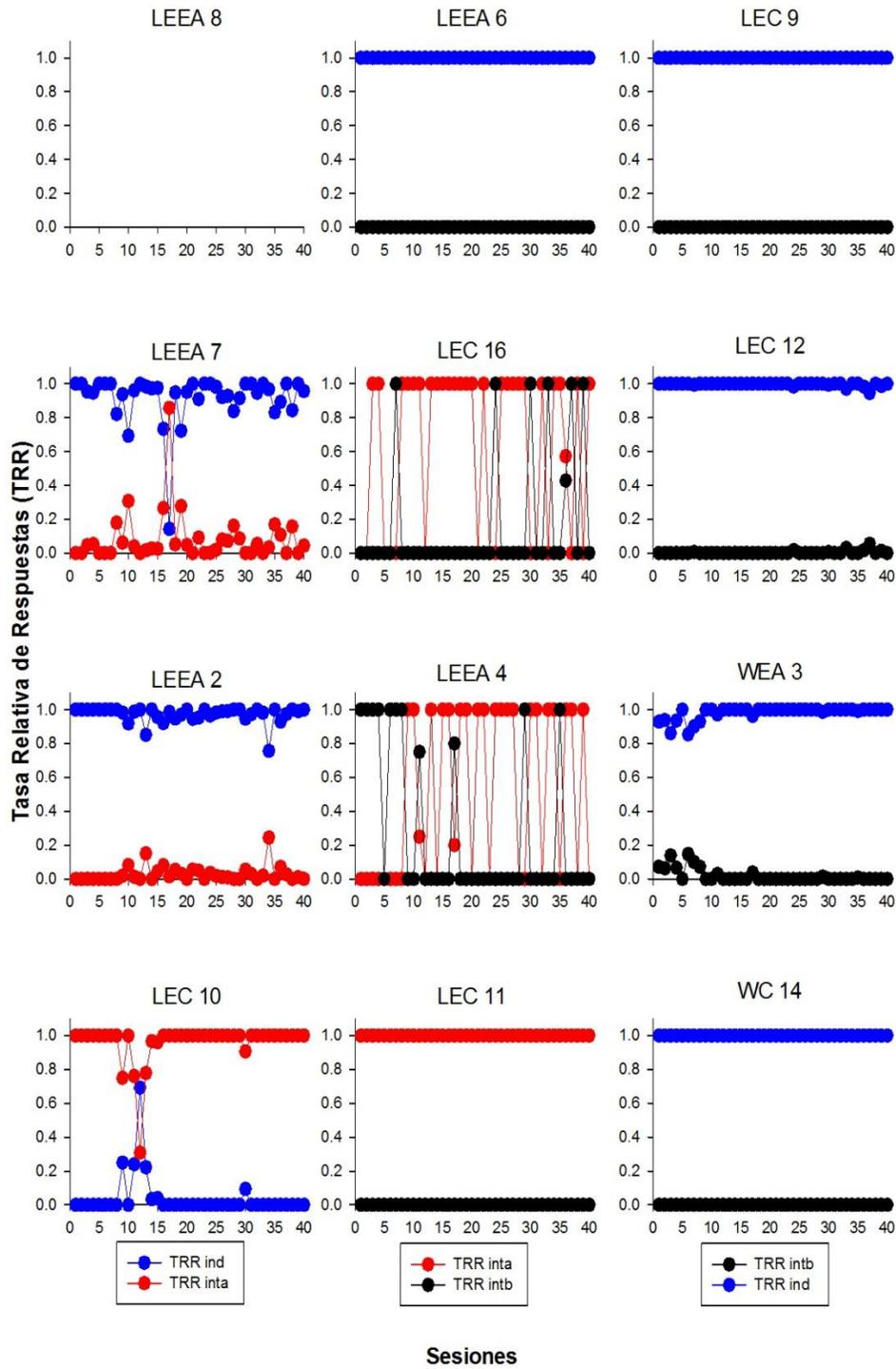


Figura 18. *Ejecución individual en la TRR teniendo como base a la cepa LE.*

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de respuestas de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

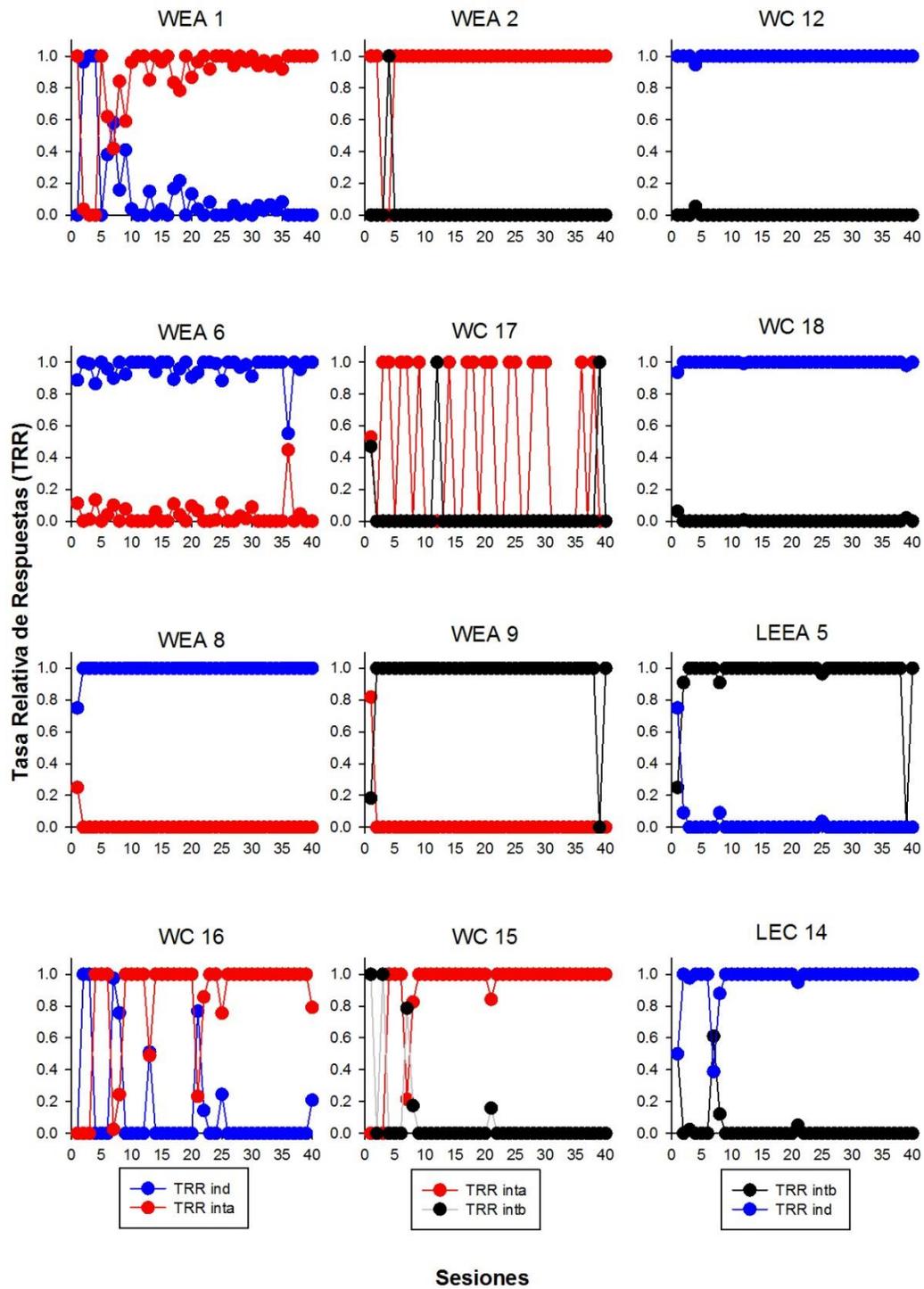


Figura 19. Ejecución individual en la TRR teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de respuestas de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

Gráficas de ejecución individual de la tasa relativa de reforzadores (TRr)

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9 podemos ver que la tasa relativa de reforzamiento de ambos sujetos fue superior para la alternativa individual.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12 podemos observar que la TRr para el sujeto LEC 12 era mayor para la alternativa individual. Para el sujeto LEC 16, la TRr es mayor hacia la alternativa interdependiente a. Mientras que la TRr para el sujeto LEEA 7 es bastante variable, aunque mayor hacia la alternativa individual.

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3, la TRr para los organismos de los extremos es en su mayoría mayor para lo individual, mientras que el sujeto LEEA muestra una TRr más grande hacia el canal de interdependencia a ya que en algunas sesiones su compañero en ese carril actuaba con él.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14 se muestra de manera casi tajante como los sujetos tienen una TRr que tiende únicamente a una alternativa. Los dos primeros sujetos muestran TRr hacia la alternativa interdependiente, mientras que el sujeto WC 14 hacia la alternativa individual.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12 podemos observar que el último sujeto mencionado tiene una TRr mayor hacia la alternativa individual, mientras que los primeros dos sujetos muestran una TRr mayor casi en todas las sesiones hacia la alternativa interdependiente.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18, el sujeto del extremo derecho muestra una TRr casi total hacia la alternativa individual; el sujeto WC 17 mayor hacia la alternativa interdependiente a, ya que el sujeto WEA 6 en algunas ocasiones trabajaba con dicho sujeto, sin embargo, también la TRr del sujeto del canal del extremo izquierdo es superior en el canal de trabajo individual.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5 vemos que la TRr era muy tajante hacia alguna alternativa, para el sujeto WEA 8 hacia lo individual, mientras que para los otros dos sujetos hacia lo interdependiente.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, la TRr para el último sujeto es mayor a lo individual, mientras que de forma general, para los primeros dos sujetos la TRr se invierte hacia la alternativa interdependiente.

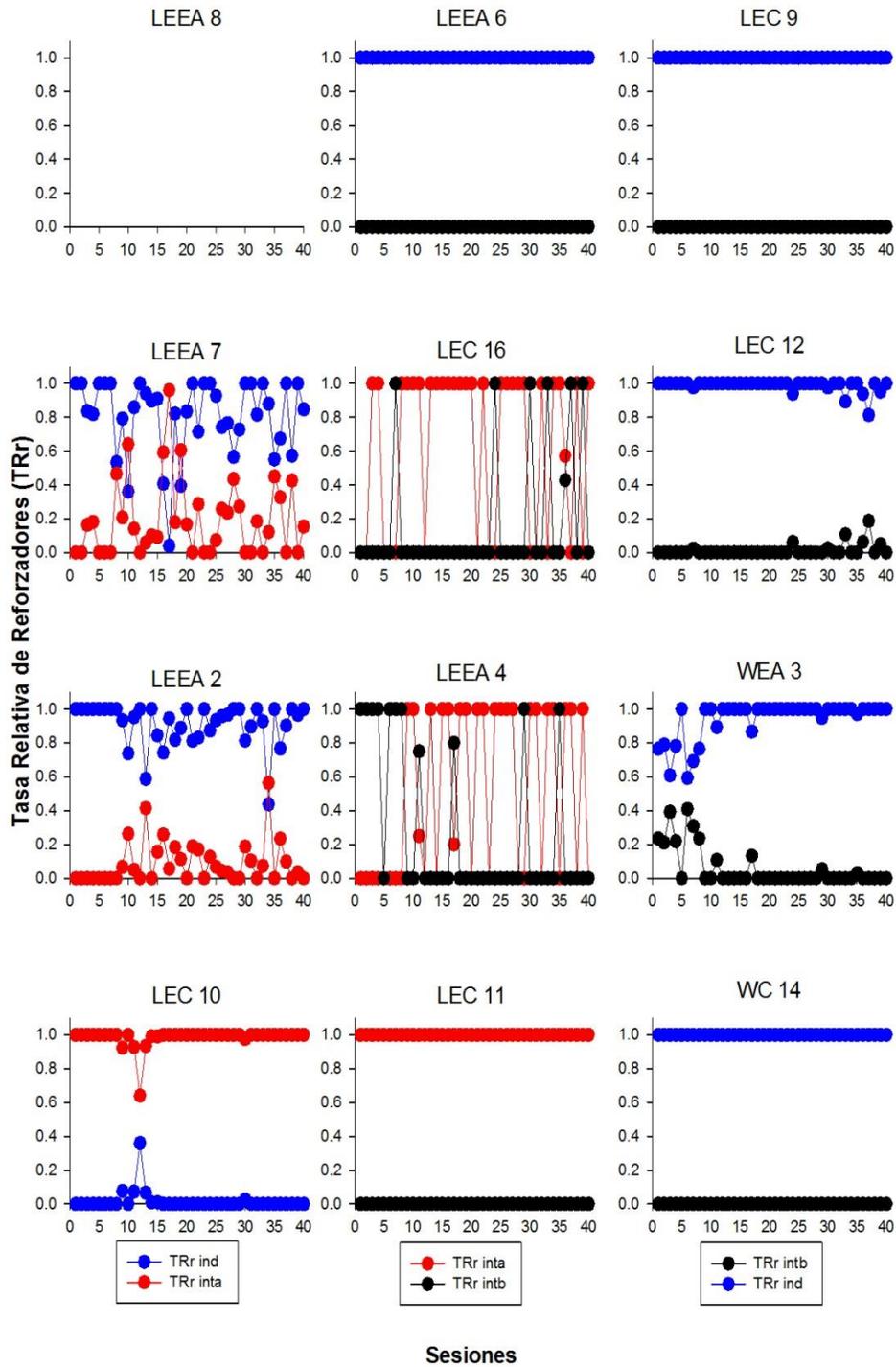


Figura 20. Ejecución individual en la TRr teniendo como base a la cepa LE.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de reforzadores de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

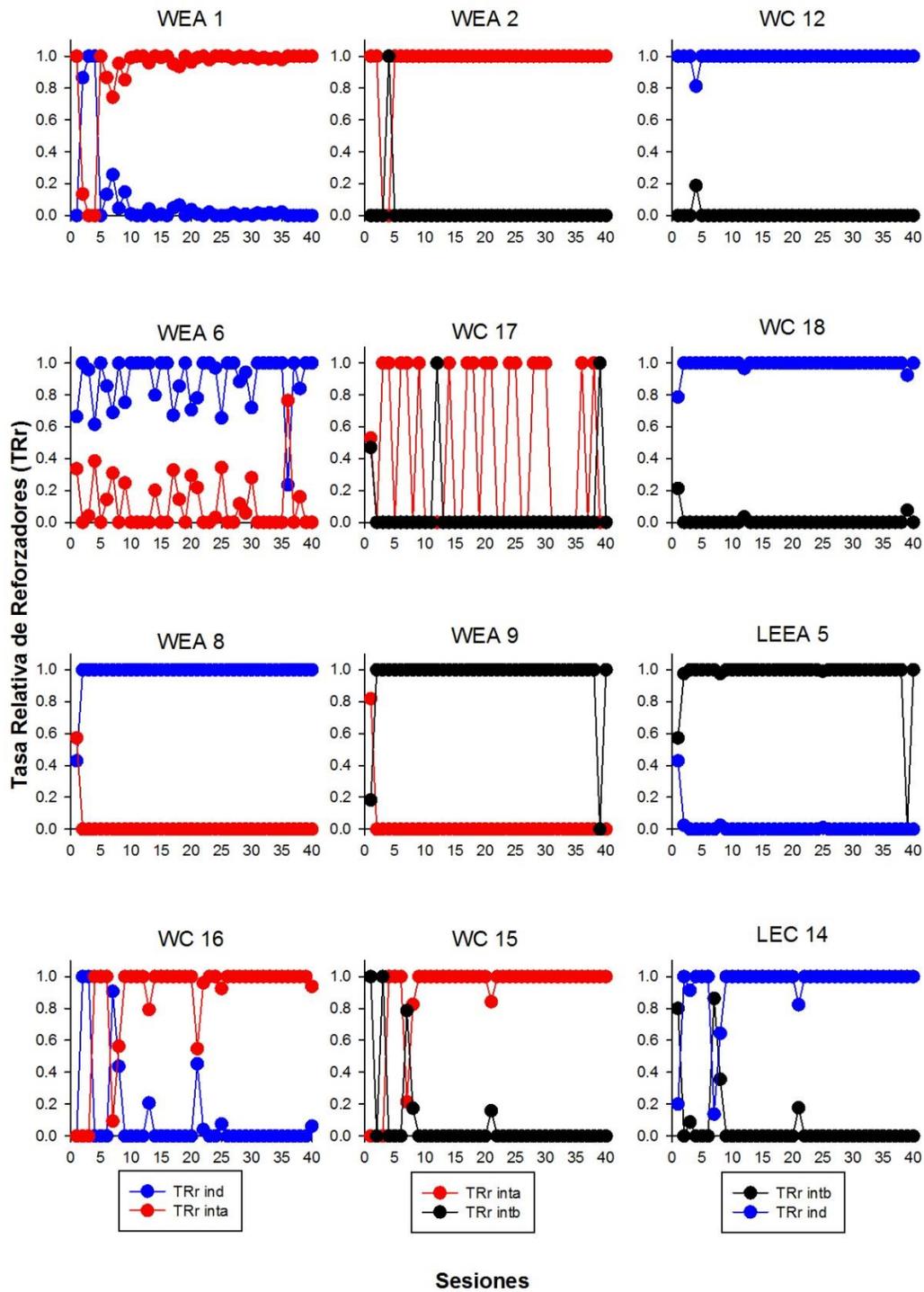


Figura 21. Ejecución individual en la TRr teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de reforzadores de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

Gráficas de ejecución individual de las latencias

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9 observamos que existen latencias y constancias durante todas las sesiones.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12, vemos que el último sujeto presentó latencias constantes alrededor de las sesiones, el sujeto central presenta latencias muy diferentes a lo largo del tiempo y el sujeto LEEA 7 presenta latencias muy dispersas en las dos alternativas.

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3, podemos observar un efecto de ejecución sobre la latencia del sujeto del extremo derecho, mientras que si comparamos las latencias del sujeto LEEA 4, son superiores las de la alternativa interdependiente a, finalmente, respecto al sujeto LEEA 2, podemos ver que las latencias a la alternativa interdependiente a son mayores y menos constantes que las latencias hacia lo individual.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14, podemos ver que para el primer sujeto las latencias en las últimas sesiones son un poco más dispersas, las latencias para el sujeto central son bastante constantes a lo largo del tiempo, mientras que las latencias del sujeto WC 14 hacia la alternativa individual permanecen bastante similares a lo largo del tiempo.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12, para el último organismo mencionado, las latencias a la alternativa individual permanecen bajas y constantes a lo largo de las sesiones. Las latencias para el sujeto central van aumentando paulatinamente, aunque en las sesiones finales disminuye, esto para la alternativa interdependiente a. Finalmente, las latencias para el canal interdependiente del sujeto WEA 1 son variables a lo largo de las sesiones, pero no muy grandes.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18, podemos mencionar que las latencias hacia la alternativa individual permanecen constantes, mientras que en las pocas latencias mostradas en el canal interdependiente se encuentra mucha dispersión. Por otro lado, el sujeto central presenta más latencias hacia el canal interdependiente b. Finalmente, las latencias individuales del sujeto WC 18 son constantes durante las sesiones.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5, la latencia para el primer sujeto fue constante a lo largo del tiempo, mientras que la latencia para el sujeto central disminuyó un poco para el carril interdependiente b, finalmente el efecto descrito para el sujeto anterior, se ve más marcado para el sujeto LEEA 5 en la alternativa interdependiente b.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, podemos observar que los dos primeros sujetos presentan una disminución en sus latencias presentadas en el canal interdependiente a, mientras que el sujeto LEC 14 cuyas latencias presentadas en el canal del trabajo individual se ven constantes.

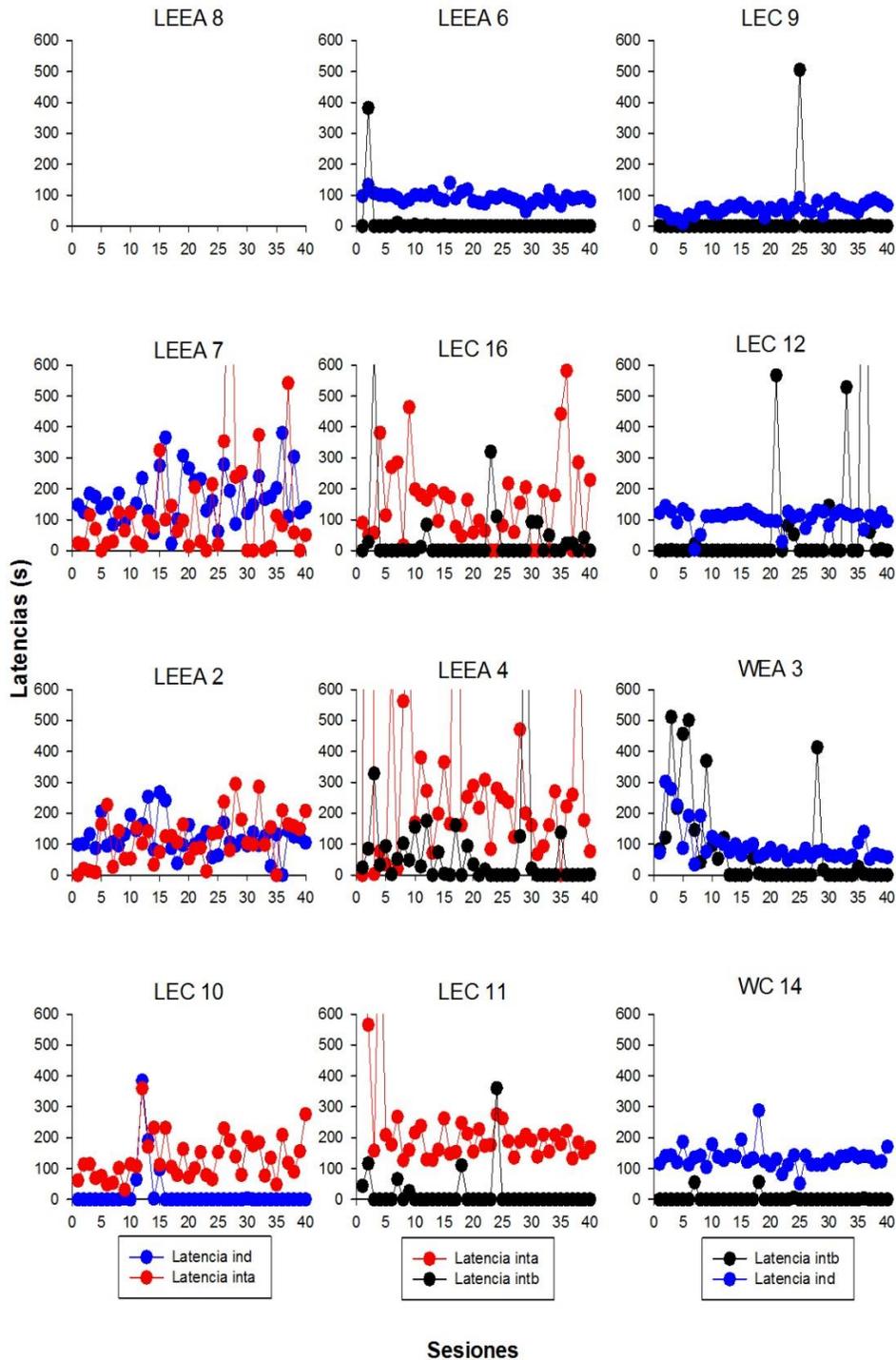


Figura 22. Ejecución individual en las latencias teniendo como base a la cepa LE.

Figura que muestra la ejecución individual en las latencias en segundos de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

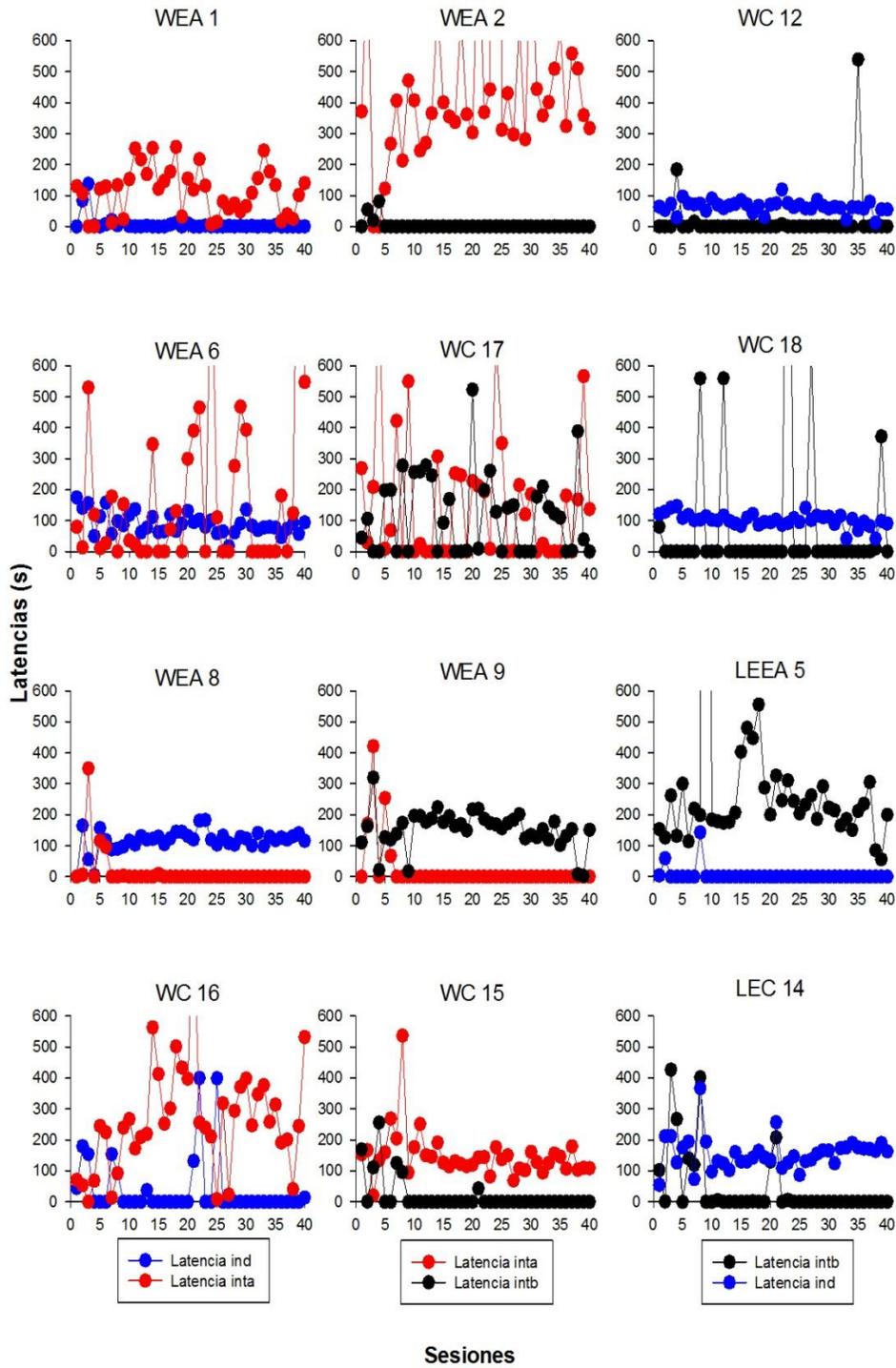


Figura 23. Ejecución individual en las latencias teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en las latencias en segundos de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

Gráficas de ejecución individual del índice de efectividad

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9 podemos observar que el nivel de efectividad de los dos sujetos hacia el canal individual casi fue perfecto.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12, vemos que la rata LEC 12 tiene en general una efectividad perfecta hacia el canal individual. Además, podemos observar que la rata central tiene una efectividad bastante baja ya que casi ninguno de los sujetos de los extremos se acercaba a trabajar con ella. Finalmente, el sujeto LEEA 7 tiene una efectividad más elevada en el canal individual y aunque se mantuvo variante, al final subió y se mantuvo.

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3, podemos ver que el último sujeto podría representar muy bien la ley del efecto, ya que observamos que va subiendo su índice conforme el transcurso de las sesiones llegando a la perfección. El sujeto central tiene un índice casi nulo. Finalmente, el sujeto LEEA 2 presenta un índice muy elevado en la ejecución en el canal individual, además de que subió abruptamente a partir de la tercera sesión.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14, vemos que el índice de efectividad de la rata WC 14 hacia el canal individual era casi perfecto. Mientras que en los dos primeros sujetos se puede ver un gran efecto de adquisición y por consiguiente una mera en el índice de efectividad conforme transcurren las sesiones.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12, observamos que los dos primeros sujetos presentan un buen efecto de incremento conforme al tiempo de la efectividad, mientras que el sujeto WC 12 mostró un índice muy alto desde el inicio de las sesiones.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18, observamos que los índices de los sujetos de los extremos fueron muy altos desde el inicio de la fase experimental, mientras que el sujeto central presentó índices muy bajos, dada su poca oportunidad de actividad.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5 podemos observar como los tres sujetos en sus diferentes alternativas de trabajo presentan una adquisición mayor y paulatina conforme al tiempo de su índice. Los sujetos WEA 9 y LEEA 5 trabajaron en el canal interdependiente b y el sujeto WEA 8 en el canal individual.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, podemos ver un efecto similar a la triada anterior en los tres sujetos, pero dicho efecto se ve de forma más abrupta desde el inicio de las sesiones y más constante hasta el final. Cabe señalar que los sujetos WC 16 y WC 15 trabajaron de manera conjunta, mientras que el sujeto LEC 14 lo hizo en la alternativa individual.

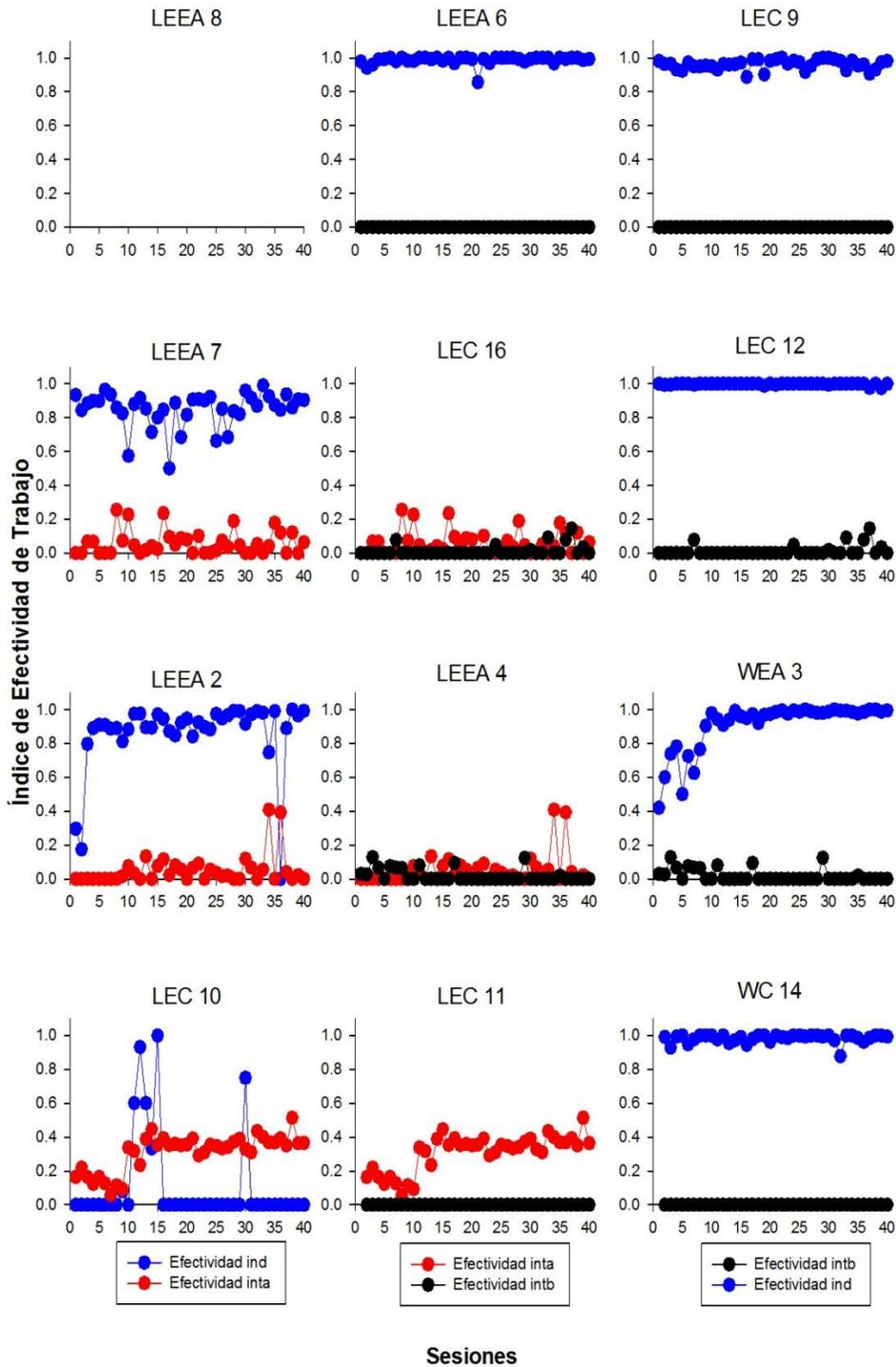


Figura 24. Ejecución individual de efectividad teniendo como base a la cepa LE.

Figura que muestra la ejecución individual en el índice de efectividad de trabajo de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

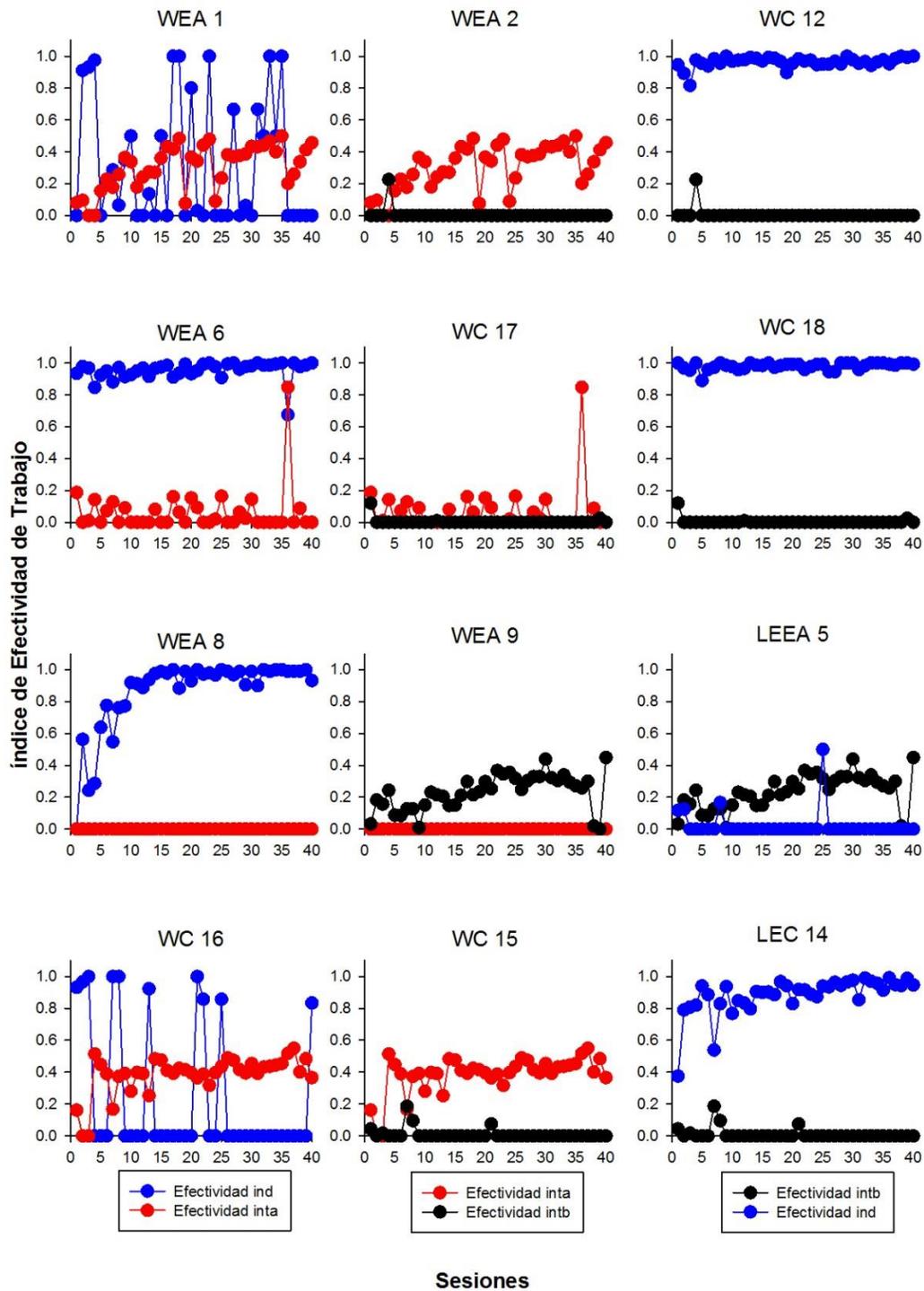


Figura 25. Ejecución individual de efectividad teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en el índice de efectividad de trabajo de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

Gráficas de ejecución individual de la tasa relativa de tiempo de contacto durante el recorrido acumulado (TRTCRA)

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9, vemos que el TRTCRA es mayor para la alternativa individual en ambos sujetos.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12, observamos que el sujeto central tiene una mayor TRTCRA hacia el canal de interdependencia a, podemos notar también que la TRTCRA para el sujeto LEC 12 es mayor hacia el canal individual a lo largo de las sesiones, aunque a partir de la sesión 25 tiene algunas sesiones en las que también invierte trabajo en los canales interdependientes y por consiguiente el tiempo en este canal aumenta, por último,

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3, podemos ver que el sujeto WEA 3 fue aumentando su TRTCRA en el canal individual, hasta llegar a establecerse, mientras que el sujeto central inició invirtiendo su tiempo hacia el canal interdependiente b, pero después de la sesión 10 esto cambió y comenzó a invertir más tiempo en el canal interdependiente a, haciendo que su TRTCRA fuera mayor a esa alternativa, finalmente, respecto al sujeto LEEA 2 podemos ver que existe una TRTCRA muy cambiante hacia las dos alternativas, sin embargo de la sesión 15 a la sesión 30 se ve una TRTCRA bastante similar para ambas alternativas.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14, podemos ver que para los tres sujetos existe una elección de alternativa bastante establecida y por consiguiente las respectivas TRTCRA son casi perfectas hacia su elección, por ejemplo, observamos que los sujetos LEC 10 y LEC 11 son partidarios de tomar tiempo en el canal interdependiente a, mientras que el sujeto WC 14 presenta mayor tiempo en la alternativa WC 14.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12 los sujetos muestran una preferente elección hacia una de las dos alternativas, los sujetos WEA 1 y WEA 2 presentan una TRTCRA hacia la alternativa interdependiente a, mientras que el sujeto del extremo derecho hacia la alternativa individual.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18 se puede observar que el primer sujeto tiene unas TRTCRA hacia ambas alternativas durante lo largo de las sesiones, sin embargo, la mayor es hacia la alternativa individual. El sujeto central tiene TRTCRA gráficamente similares a las dos alternativas. Finalmente, el sujeto del extremo derecho tiene una TRTCRA mayor y constante desde el inicio de las sesiones experimentales hacia la alternativa independiente.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5 se muestra una clara y tajante TRTCRA hacia alguno de las alternativas desde el inicio de la fase experimental. Los dos últimos sujetos mencionados presentaron una mayor TRTCRA hacia la alternativa interdependiente b, mientras que el primer sujeto hacia la individual.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, podemos ver que salvo en contadas sesiones los sujetos tuvieron una TRTCRA hacia una alternativa que no era de su elección comúnmente, los sujetos WC 16 y WC 15 presentaron una TRTCRA hacia el canal interdependiente a, mientras que el sujeto LEC 14 hacia la individual.

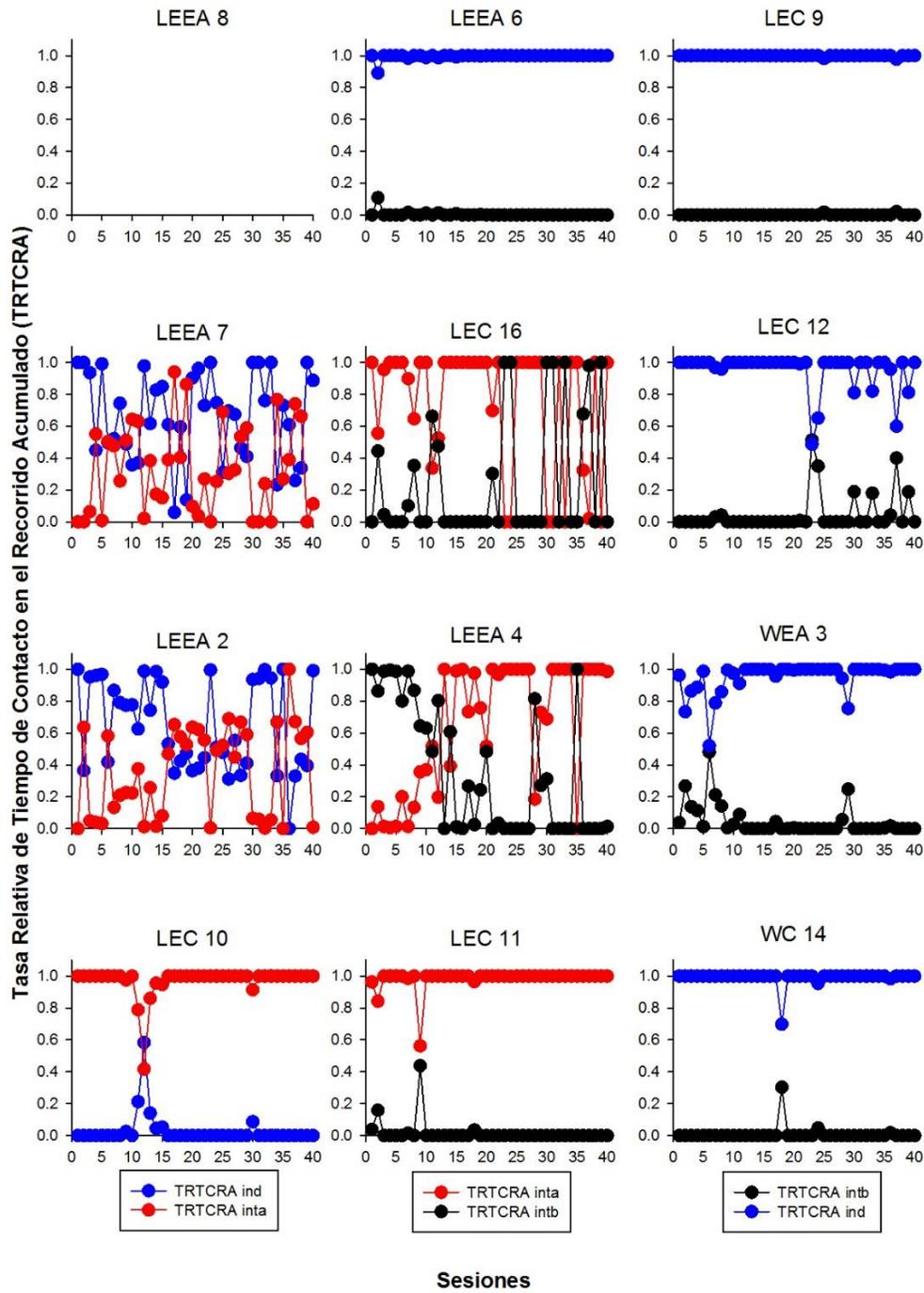


Figura 26. Ejecución individual en la TRTCRA teniendo como base a la cepa LE.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de tiempo de contacto durante el recorrido acumulado de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

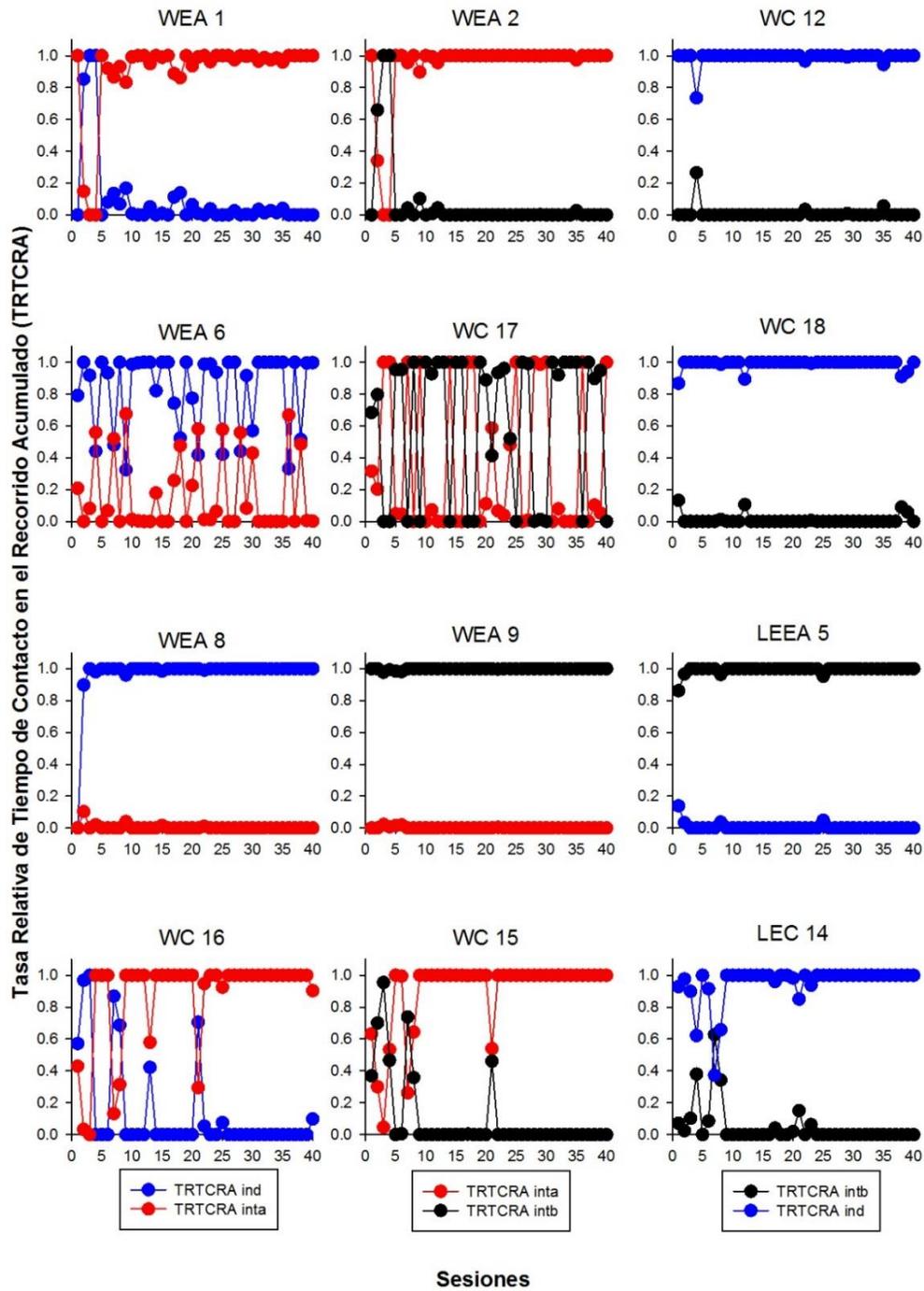


Figura 27. Ejecución individual en la TRTCRA teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de tiempo de contacto durante el recorrido acumulado de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

Gráficas de ejecución individual de la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión (TRTCS)

En la triada de los sujetos LEEA 8, LEEA 6 y LEC 9, podemos observar que los sujetos presentan una TRTCS en las dos alternativas, sin embargo, es superior hacia la alternativa interdependiente b.

En la triada de los sujetos LEEA 7, LEC 16 y LEC 12, podemos ver que la TRTCS para los tres individuos se ve similar hacia las dos alternativas.

En la triada de los sujetos LEEA 2, LEEA 4 y WEA 3, vemos que para los dos primeros sujetos se ven ligeramente mayores las TRTCS hacia las alternativas interdependientes a, mientras que para el sujeto WEA 3 la TRTCS es más grande a lo individual.

En la triada de los sujetos LEC 10, LEC 11 y WC 14, la TRTCS es mayor hacia la alternativa interdependiente a para los dos primeros sujetos, aunque el sujeto central también invirtió tiempo considerable hacia la alternativa contraria. El sujeto WC 14 presenta una TRTCS mayormente hacia la alternativa individual.

En la triada de los sujetos WEA 1, WEA 2 y WC 12, el sujeto del extremo derecho muestra una TRTCS superior para la alternativa individual, el del extremo izquierdo mayor hacia la alternativa interdependiente a y el sujeto central muestra una TRTCS compartida hacia ambas alternativas.

En la triada de los sujetos WEA 6, WC 17 y WC 18, observamos que el último sujeto presenta una TRTCS superior hacia la alternativa individual. La rata central aunque presenta una TRTCS hacia las dos alternativas, la mayoría es hacia la interdependiente b. Finalmente, el sujeto WEA 6 también presenta una TRTCS a las dos alternativas, pero la mayoría es hacia la individual.

En la triada de los sujetos WEA 8, WEA 9 y LEEA 5, el sujeto central y el del extremo derecho muestran una TRTCS superiores hacia la alternativa interdependiente b, mientras que el sujeto del extremo izquierdo aunque presenta una TRTCS en las dos alternativas, la mayoría es hacia la individual.

En la triada de los sujetos WC 16, WC 15 y LEC 14, se muestra que el sujeto mencionado al final presenta una mayor TRTCS hacia la alternativa individual. Mientras que los dos primeros sujetos tienen una TRTCS mayor a la alternativa interdependiente a.

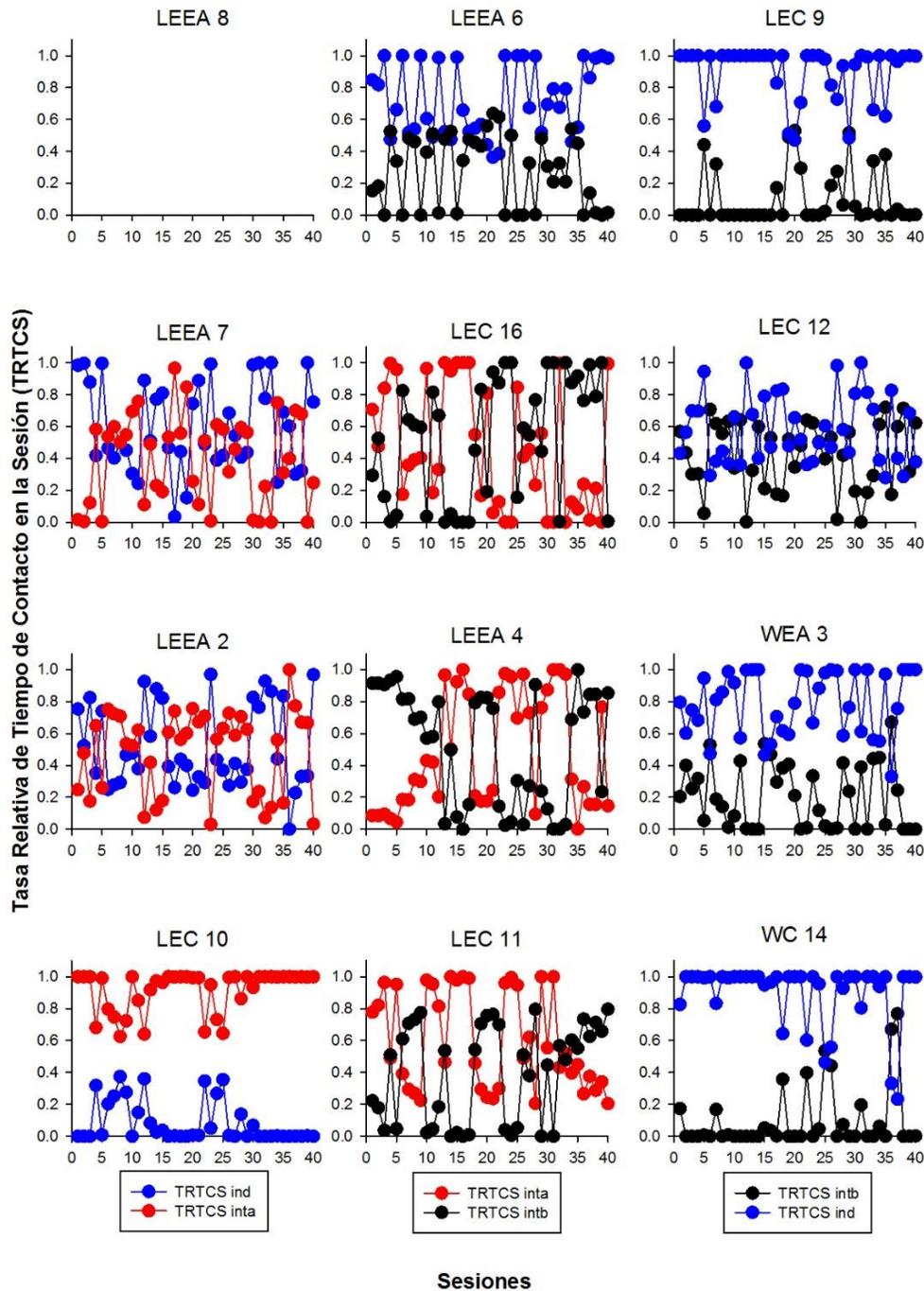


Figura 28. Ejecución individual en la TRTCS teniendo como base a la cepa LE.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.

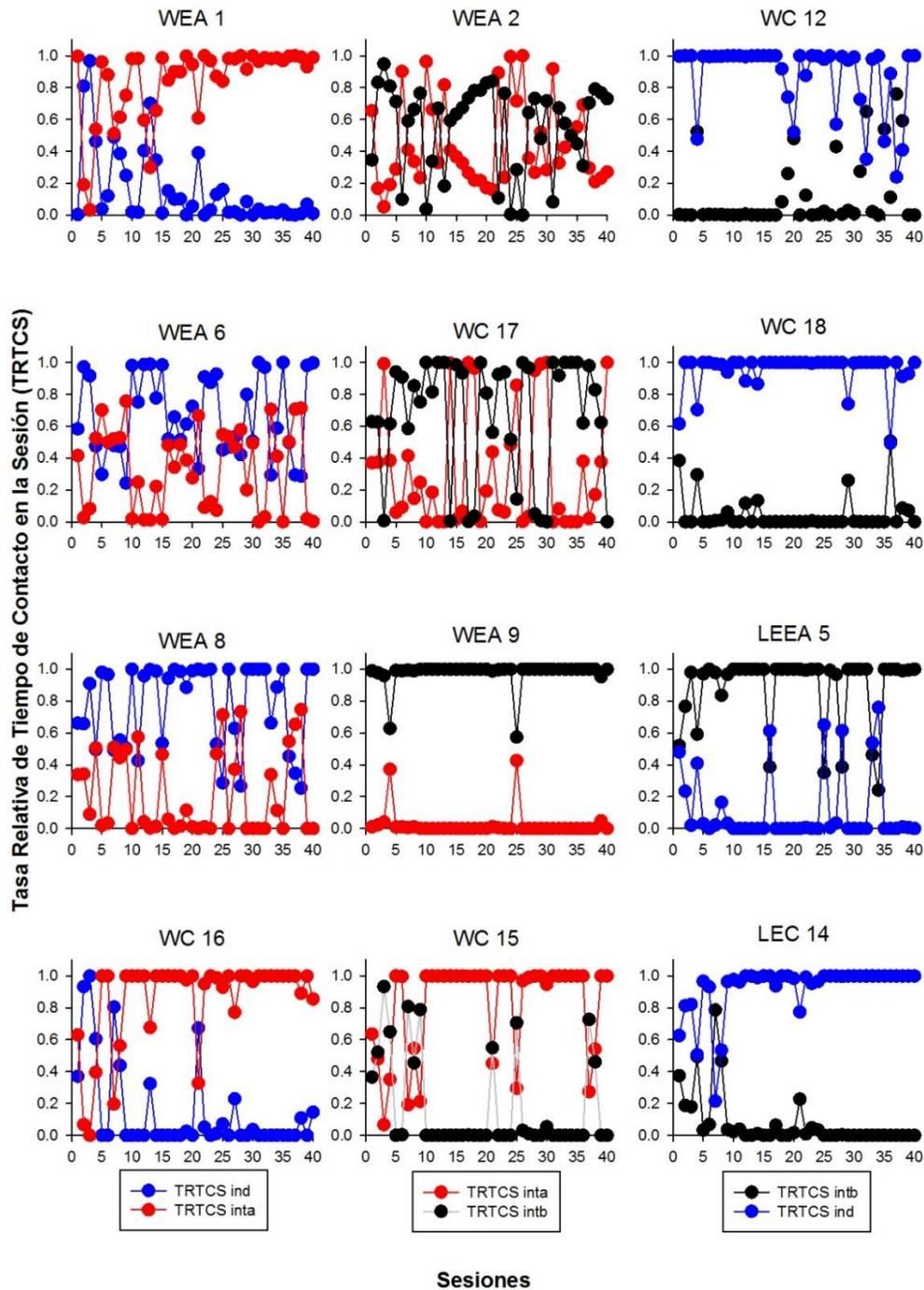


Figura 29. Ejecución individual en la TRTCS teniendo como base a la cepa W.

Figura que muestra la ejecución individual en la tasa relativa de tiempo de contacto en la sesión de nuestros grupos (WEA = Wistar de enriquecimiento ambiental, WC = Wistar control, LEEA = Long Evans de enriquecimiento ambiental, LEC = Long Evans control) respecto a las dos alternativas individual e interdependiente.