

194
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGIA



**CONDUCTA DE ELECCION BAJO RIESGO EN
PICHONES: EL PAPEL DE LA DENSIDAD DE
REFORZAMIENTO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A :
OSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO

MEXICO, D. F.

MAYO 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

"NO RECHAZO LA PSICOLOGIA COMO CONOCIMIENTO DE LA VIDA MENTAL DEL HOMBRE. NI RECUSO NINGUNA DE LAS TENDENCIAS MAS PODEROSAS DEL ESPIRITU HUMANO. ME LIMITO A DEFENDER Y AFIRMAR EL DERECHO INCONTESTABLE QUE TIENE EL PENSAMIENTO CIENTIFICO A MANIFESTAR SU PODER EN TODOS LOS SITIOS QUE PUEDA Y TENGA POSIBILIDAD DE HACERLO. ¿QUIEN SABE DONDE SE DETIENE ESTA POSIBILIDAD?"

IVAN PAVLOV
REFLEJOS CONDICIONADOS
E INHIBICIONES. 1923

DEDICO ESTE TRABAJO A MIS PADRES, CARLOS ORDUÑA Y ENRIQUETA TRUJILLO POR SUS ENSEÑANZAS Y POR EL APOYO INCOMPARABLE BRINDADO EN TODO MOMENTO, Y A MIS HERMANOS JOAQUIN, EVA LETICIA, ITZEL, Y ESPECIALMENTE A CARLOS ENRIQUE

AGRADEZCO AL DR. DAVID VELAZQUEZ POR HABER
DESPERTADO EN MI EL INTERES EN EL ANALISIS
EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTA. Y AL DR. ARTURO BOUZAS
POR REAFIRMARLO CONSTANTEMENTE.

AGRADEZCO TAMBIEN LA AYUDA PRESTADA POR OSCAR
ZAMORA EN LA PROGRAMACION DEL EXPERIMENTO Y EN
GRAN CANTIDAD DE DETALLES.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	8
METODO.....	28
RESULTADOS.....	32
DISCUSION.....	38
REFERENCIAS.....	44

RESUMEN.

El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de 2 modelos de elección bajo riesgo provenientes de diferentes áreas: el modelo de puntajes-Z (Stephens y Charnov, 1982), desarrollado dentro del área de Ecología Conductual, y el modelo de distancia mínima (Staddon, 1979) aplicado a elección bajo riesgo (Staddon y Reid, 1987), producto de la investigación en Psicología Operante. Se describen brevemente los antecedentes de las dos áreas mencionadas para posteriormente describir los modelos y sus predicciones para el presente trabajo. La mayoría de los trabajos de ecología conductual predicen aversión al riesgo cuando la media de la cantidad de los recursos alimenticios es mayor que los requerimientos, y propensión al riesgo en el caso contrario; el modelo desarrollado en el área de Psicología predice disminución de la aversión al riesgo teniendo como límite el punto de indiferencia, es decir, sin llegar nunca a propensión al riesgo. Se emplearon pichones para determinar el papel de la densidad de reforzamiento sobre la aversión al riesgo; el riesgo quedó determinado por la cantidad de reforzamiento obtenida en la opción riesgosa. El resultado observado en todas las condiciones fue aversión al riesgo, la cual disminuyó como función directa de la densidad de reforzamiento. Los datos apoyan al modelo desarrollado en Psicología por Staddon y Reid, (1987). Se discuten las diferencias entre modelos con base en las diferentes especies que se han estudiado y la historia evolutiva de éstas.

INTRODUCCIÓN

El ambiente en el que se desarrolla la mayoría de los animales es generalmente incierto y variable; una de las características ambientales más ampliamente estudiada es la variabilidad en la disponibilidad de alimento. Dado que la teoría de forrajeo óptimo asume que aquellos organismos que más éxito tienen con sus estrategias de forrajeo disponen de más tiempo para dedicar a la satisfacción de otras necesidades básicas como son escape de predadores, búsqueda de refugio, etc., estudiar la conducta de alimentación es indicativo de los procesos involucrados en cualquiera de las otras conductas (Davey, 1989). Algunos aspectos de la incertidumbre de los sitios de alimentación pueden ser eliminados o al menos reducidos por medio del aprendizaje, ya que éste permite adquirir información acerca de algunas características como calidad, cantidad y tamaño de las presas, y depleción del sitio de alimentación. A pesar de esto, los organismos se enfrentan a un tipo de incertidumbre que el aprendizaje no puede resolver, y en este caso se genera el problema denominado elección bajo riesgo. En él, el resultado de una decisión de forrajeo depende de eventos sobre los cuales el individuo no tiene control, por lo que se le considera una *variable aleatoria* (Kagel, Battalio, Green, 1995). Estos eventos son conocidos como estados de la naturaleza y han sido simulados en el laboratorio simplemente mediante el resultado de un "volado". En elección bajo riesgo, el estado efectivo es desconocido en el momento en que la elección es hecha, por lo menos para una de las opciones; aunque se asume que el sujeto tiene expectativas bien formadas acerca de la distribución de probabilidad de los diferentes estados. Al investigar elección bajo riesgo se ha empleado como *variable aleatoria* el tamaño o cantidad de recompensa entregado como resultado de la decisión, el trabajo requerido para acceder al resultado, la cantidad de consecuencias aversivas, o la demora entre la elección y la obtención del resultado.

La teoría de forrajeo óptimo asume que un individuo que enfrenta variación ambiental, tiene preferencias que han sido seleccionadas naturalmente acerca de que sitios (con su media y varianza) elegir en determinado momento para forrajear (Shettleworth, 1988) . Por lo tanto, se espera que las preferencias reflejen las ventajas que la media y la varianza de las recompensas tienen para la supervivencia y la reproducción. Elegir un sitio variable implica tanto la posibilidad de obtener muy poca energía, como la de adquirir el valor más grande de la recompensa energética aleatoria.

Dada la similitud entre los problemas enfrentados por los animales forrajecedores, y aquellos afrontados por cualquier consumidor económico, se ha utilizado la teoría económica (en especial la teoría de utilidad esperada) para el análisis de los problemas de forrajeo.

En economía, todos los atributos medibles de los objetos son combinados en un solo índice de valor, el cual tiene la propiedad de que los objetos cuyos atributos generan valores mayores son preferidos a aquellos objetos que generan valores menores; este índice es la utilidad. Cuando se aplica teoría de utilidad a la conducta de forrajeo, se supone que los animales toman decisiones racionales y consistentes, por lo que se pueden usar funciones de utilidad para describir sus preferencias. Diferentes funciones de utilidad dan lugar a diferentes respuestas ante el riesgo. En una función de utilidad lineal, la utilidad incrementa a la misma tasa que la recompensa, sin importar la cantidad de la recompensa ya obtenida. Para un organismo con una función de este tipo, se observa que no existe preferencia entre una opción segura y una variable (con la misma media). Es decir, indiferencia ante el riesgo.

Cuando la función de utilidad no es lineal, se necesita saber la forma de la función que describe la preferencia del sujeto, y con base en ella, poder predecir la

decisión del forrajeador en el caso de que tenga la opción de elegir entre dos opciones con la misma media, pero diferente varianza. Una función de utilidad negativamente acelerada valora cada vez menos la última unidad ganada de recompensa por lo que un organismo con una función de utilidad de este tipo sería adverso al riesgo, es decir preferiría la opción segura. Una función de utilidad positivamente acelerada valora cada vez más las unidades de recompensa ganadas. El animal que posea una función de utilidad de este tipo, sería propenso al riesgo, lo que significa que preferiría un valor aleatorio de la opción variable a la media de esa opción con seguridad. Se puede observar gráficamente este efecto en la figura 1 (pag. 4). En esta figura en el eje de las abscisas tenemos cantidad de reforzamiento, y en el de la ordenada la utilidad asignada. En el panel de la izquierda tenemos el caso de una función positivamente acelerada; si la opción segura es 10 unidades de reforzamiento, la utilidad asignada es 25.12, y si la opción riesgosa la mitad de las veces da 5 unidades y la otra mitad 15 (media = 10), podemos observar que el promedio de las utilidades de la opción riesgosa (26.9) es mayor a la utilidad de la opción segura, por lo que se predice propensión al riesgo. En el panel de la izquierda tenemos el caso inverso, el promedio de las utilidades de 5 y 15 es 3.84, que es menor a la utilidad de 10 (4) en este caso se predice aversión al riesgo.

El nombrar a un individuo como adverso o propenso al riesgo no es suficientemente adecuado, ya que existen grados de aversión o propensión. Como ejemplo, se considerará el caso de aversión: suponiendo que dos individuos adversos al riesgo enfrenten una elección entre: a) una lotería en la que las probabilidades de obtener 0 ó 20 calorías son iguales y exhaustivas $p(0) + p(20) = 1.0$, y b) la media de dicha lotería con certidumbre $p(10) = 1.0$. Dado que las funciones de utilidad para ambos individuos son negativamente aceleradas, los dos elegirán la opción segura. Sin embargo, es posible que uno de ellos sea más

adverso al riesgo que el otro, lo que se puede verificar buscando el *equivalente con certidumbre* de la lotería para cada sujeto.

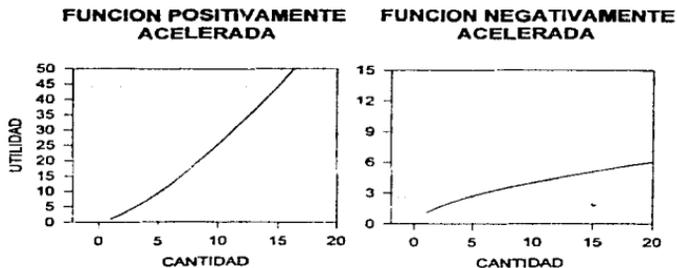


FIG. 1 AVERSIÓN Y PROPENSIÓN AL RIESGO EN RELACIÓN A LA FUNCION CON QUE LA UTILIDAD ES ASIGNADA A LA CANTIDAD DE UN BIEN. VER DETALLES EN EL TEXTO

El equivalente con certidumbre de una lotería es la cantidad más pequeña obtenida con certeza que un individuo está dispuesto a intercambiar por una lotería; entre más aversión al riesgo haya, el equivalente con certidumbre será menor. La diferencia entre el equivalente con certidumbre y la media de la distribución de probabilidad es una medida de aversión al riesgo llamada *premio por riesgo*, que representa la cantidad que un individuo adverso al riesgo pagará por tener certidumbre. Si el premio por riesgo es positivo, el individuo es adverso al riesgo; si es negativo, el individuo es propenso al riesgo. Entre mayor sea el premio por riesgo, mayor es la aversión al riesgo

Si el premio por riesgo es positivo, y disminuye conforme la media de la lotería es incrementada (manteniendo la varianza constante), se dice que el individuo presenta aversión decreciente al riesgo (Kagel et al, 1995), lo que indica que el animal pagará mucho por reducir la varianza cuando la media es baja, pero será casi indiferente al riesgo cuando la media de la recompensas a elegir es alta. Cuando el premio por riesgo es positivo e independiente de la media de las recompensas, se dice que el individuo presenta aversión constante al riesgo, lo que provoca que se pague la misma suma para reducir la varianza sin importar si la media de las recompensas es alta o baja.

La prueba más directa de la sensibilidad al riesgo utilizada comúnmente para conocer estas preferencias, sugiere poner a un organismo a elegir entre 2 fuentes de alimento; una de ellas se mantiene constante, mientras que la otra se hace variar aleatoriamente ya sea en demora o cantidad, conservando un valor esperado equivalente al de la fuente constante. El organismo selecciona entonces la cantidad de tiempo, respuestas o esfuerzo que le dedica a cada una de las opciones. La hipótesis nula es indiferencia, y cualquier desviación significativa de la elección por igual de las 2 fuentes indica sensibilidad al riesgo. Esta sensibilidad al riesgo puede manifestarse de dos maneras: si el organismo selecciona en mayor medida la opción con resultados constantes, su preferencia es llamada **aversión al riesgo**; pero si selecciona la mayoría de las veces la opción aleatoria (que en algunas ocasiones le da más que la media, pero a veces menos), entonces su preferencia es llamada **propensión al riesgo** (Real y Caraco, 1986).

El estudio de las preferencias puede abordarse desde diferentes puntos de vista; el normativo, el descriptivo y el prescriptivo; la teoría de utilidad esperada, desarrollada en el área económica, es un ejemplo de una teoría normativa de decisión y ha sido el punto de vista dominante en el problema de decisión bajo

condiciones de riesgo en humanos (Kahneman y Tversky, 1979, Tversky y Kahneman, 1984). También es punto de partida para modelos más sofisticados de elección, como la teoría de prospectos (Kahneman y Tversky, 1979). Por esta razón, describiré brevemente los supuestos más importantes de esta teoría y los problemas encontrados en ella.

TEORÍA DE UTILIDAD ESPERADA.

Cuando se aplica teoría de utilidad esperada a elección bajo riesgo, se asume que se cumplen los siguientes principios:

a) Expectativa; $U(x_1, p_1; x_2, p_2; \dots; x_n, p_n) = p_1 U(x_1) + p_2 U(x_2) + \dots + p_n U(x_n)$.

donde U es la utilidad de la lotería, p es la probabilidad de obtener cierto resultado, y x es el resultado potencial.

La utilidad de una lotería es igual a la suma de las utilidades esperadas de sus componentes.

b) Integración de ganancias. $U(w + x_1, p_1; \dots; x_n, p_n) > u(w)$. Donde w representa las posesiones actuales

Una lotería es aceptable si la utilidad resultante de integrar la lotería con las posesiones es mayor a la utilidad de las posesiones solas.

c) Aversión al riesgo. $U = f(x)$ es cóncava

CRITICAS A TEORÍA DE UTILIDAD ESPERADA.

Actualmente hay acuerdo en que la teoría de utilidad esperada no describe adecuadamente la conducta de elección individual, ya que se ha encontrado que las personas enfrentadas a decisiones violan sistemáticamente los principios básicos de la teoría. Kahneman y Tversky (1979) proponen una teoría alternativa denominada teoría de prospectos, y describen las violaciones más importantes que se han hecho evidentes planteando a los sujetos problemas hipotéticos.

a) En teoría de utilidad esperada, las utilidades de los resultados son ponderadas por sus probabilidades y es elegida la opción con mayor utilidad. Se ha demostrado que los humanos violan consistentemente este principio ya que sobrevaloran los resultados que son considerados seguros, relativos a aquellos que son considerados probables.

b) Efecto de reflexión. El efecto de reflexión implica que la aversión al riesgo observada en el dominio de las ganancias, se transforma en propensión al riesgo en el dominio de las pérdidas. Este efecto es descrito por Kahneman y Tversky (1979) con problemas del siguiente tipo:

PROBLEMA 1.

OPCIÓN A

UNA GANANCIA DE

4 000

CON PROBABILIDAD .80

OPCIÓN B

UNA GANANCIA DE

3 000

CON PROBABILIDAD 1.0

PROBLEMA 2.

OPCIÓN A

UNA PÉRDIDA DE

4 000

CON PROBABILIDAD .80

OPCIÓN B

UNA PÉRDIDA DE

3000

CON PROBABILIDAD 1.0

El 80 % prefirió la opción B en el problema 1, y el 65 % eligió la opción A en el problema 2: esta reversión de preferencias en base al marco de referencia no está explicada por teoría de utilidad esperada, por que dicha teoría asume aversión al riesgo. En estos problemas puede ser observado que el mismo principio psicológico (efecto de certidumbre) contribuye a preferencias adversas al riesgo entre una ganancia segura y una probable, y a preferencias propensas al riesgo entre una pérdida segura y una probable.

La demostración de Kahneman y Tversky de reversión de preferencias de acuerdo al marco de referencia, confluye con los resultados de otras dos teorías descriptivas de elección bajo riesgo desarrolladas en diferentes áreas; una de ellas es el campo de estudio denominado forrajeo óptimo y la otra es la Psicología operante. En la primera se ha encontrado que las funciones de valor pueden cambiar de positivamente aceleradas a negativamente aceleradas para un mismo sujeto (Caraco *et al*, 1980); mientras que en la segunda se ha encontrado aversión al riesgo cuando la variable utilizada es cantidad de comida ganada en un ensayo, pero propensión al riesgo cuando se manipula el tiempo entre reforzadores¹.

ANTECEDENTES.

A. ECOLOGÍA CONDUCTUAL.

Los primeros modelos desarrollados en el área de forrajeo óptimo, suponían como unidad a maximizar la tasa de alimentación obtenida a largo plazo; de ser este el caso, los animales forrajeadores deberían ser indiferentes entre dos fuentes de alimentación que a largo plazo le dan la misma tasa, sin importar la variación a corto plazo de dichas fuentes. En el caso de que la varianza de las fuentes influya en su valor, se asume que existe sensibilidad al riesgo. Desde el punto de vista de la ecología conductual, el problema de elección bajo riesgo surge como prueba de esta hipótesis. Uno de los primeros trabajos que reportan sensibilidad al riesgo, es el realizado por Caraco, Martindale y Whittam (1980); en él, pequeños pájaros granívoros, Juncos de ojos amarillos (*Junco Phaenotus*), eran confinados en aviarios grandes en los que había dos fuentes posibles de alimentación separadas por una división de madera de un metro de alto que impedía decisiones ambiguas; una de las fuentes tenía un número fijo de hojas de pasto, mientras que la otra podía

¹Staddon y Reid (1987) proponen que cuando se manipula el tiempo entre reforzadores, dado que el metabolismo no es interrumpido mientras no hay reforzador, el marco de referencia es de pérdida, ya que tiempo sin reforzador es equivalente a pérdida de energía

darle números variables, con una media igual a la de la opción constante. La variable aleatoria en este estudio fue el número de hojas de pasto. Con los resultados se calcularon las funciones mediante las cuales los pájaros asignaban utilidad al número de hojas otorgado en cada ensayo. A continuación se expone parte del procedimiento, y los resultados más importantes.

Un junco de aproximadamente 20 gramos fue sometido a una temperatura ambiente constante de 10 grados centígrados y un período de luz de 10 horas (7:30-17:30), se contó el número de hojas que los juncos comían durante cada media hora. La privación previa al experimento comenzaba siempre a las 9:00 del mismo día. Durante la primera hora y media del día (7:30 - 9:00), el número promedio de hojas consumido fue 171.2 ± 7.72 (Caraco y Lima, 1987). Durante las diez horas del día, el promedio de consumo era 771.6 ± 34.2 ; entonces, se asumía que una vez comenzada la privación, un junco necesitaba 600.4 hojas para satisfacer su requerimiento diario.

El presupuesto energético esperado de los juncos podía ser manipulado mediante la duración de la privación previa al experimento, D , y el promedio de la tasa de alimentación f , (hojas de pasto/hora) durante el experimento. Si $(8.5-D)f > 600.4$, el junco tiene un presupuesto energético *esperado* positivo, para esto, D se fijó en 1.5 y f en 120; si $(8.5 - D)f < 600.4$, el presupuesto energético esperado es negativo, para esto, D se fijó en 4 y f en 60.

El hallazgo más importante de este experimento es que los juncos con presupuestos energéticos esperados positivos fueron adversos al riesgo, mientras que aquellos con presupuestos energéticos esperados negativos, fueron propensos al riesgo. También fueron medidas las funciones de utilidad de los juncos en ambos estados, encontrando que los juncos con presupuesto energético esperado positivo, tenían funciones de valor negativamente aceleradas, y los que tenían

presupuesto energético esperado negativo, tenían funciones de valor positivamente aceleradas.

En otro trabajo presentado por Caraco (1981), se sometió a un procedimiento similar a otra especie de Juncos llamada de ojos oscuros (*Junco hyemalis*). Los resultados encontrados replicaron el hallazgo anterior, y además indicaron que en presupuestos energéticos balanceados (la tasa de alimentación durante el experimento era apenas suficiente para contrarrestar los costos de todo el tiempo de forrajeo), los animales son indiferentes entre las dos opciones. En esencia, la aversión al riesgo disminuyó conforme iba decrementando el consumo diario esperado, hasta que prefirieron el resultado variable cuando era esperado un déficit

Estos resultados fueron confirmados una vez más (Caraco,1982,1983) en la especie Gorriónes corona blanca (*Zonotrichia leucophrys*), que pesa 50% más que los juncos, sin encontrar diferencias inter-especies significativas en cuanto a la aversión al riesgo. De estos resultados surgió la idea que el tamaño del cuerpo sólo es una variable independiente de interés para predecir sensibilidad al riesgo cuando es lo suficientemente grande para influir en el horizonte temporal en el que los forrajeadores regulan su ingreso de energía (Real y Caraco, 1986).

Existe una explicación alterna para los resultados encontrados en los experimentos mencionados anteriormente; Staddon y Reid (1987) y Battalio, Kagel y MacDonald (1985) , hacen notar que el intervalo entre ensayos variaba de acuerdo al resultado obtenido en la opción variable, de manera que los ensayos en donde no obtenían recompensa eran muy cortos, lo que en parte compensaba el resultado; por lo cual la aversión al riesgo encontrada bajo condiciones de presupuesto energético positivo podría ser una respuesta a lo estocástico del tamaño de la recompensa,

mientras que la propensión al riesgo encontrada en presupuestos energéticos negativos, podría ser reacción a la variación en la demora.

Con la intención de probar esta explicación, Caraco, Blanckenhorn, Gregory, Newman, Recer y Zwicker (1990), condujeron un nuevo experimento en el que se mantuvieron constantes tanto el intervalo entre ensayos como la hora del día en que los juncos eran evaluados; se controlaron los presupuestos energéticos mediante la manipulación de la temperatura ambiental; temperaturas cálidas (19 grados centígrados) llevaban a presupuestos energéticos positivos; las temperaturas frías (1 grado centígrado), llevaban a presupuestos energéticos negativos. El patrón de resultados encontrado replica los datos generales en el área (Barnard y Brown, 1985; Caraco, 1982, 1983; Caraco *et al* 1980), es decir, que con presupuestos energéticos positivos, los sujetos evitaron la opción variable en la mayoría de los casos (62%), mientras que en presupuestos energéticos negativos, lo común fue elegir la opción variable.

Estos importantes resultados han sido replicados mediante el uso de diferentes procedimientos. Por ejemplo, el trabajo de Barnard y Brown (1985) usando "musarañas" (*Sorex araneous*), una especie de roedores pequeños, reporta también la transición de aversión a prepensión al riesgo. Estos animales fueron encerrados en tanques de plástico con dos estaciones de alimentación; una estación daba recompensas constantes, mientras que la otra daba recompensas variables. Cuando las musarañas fueron alimentadas a una tasa por debajo de su requerimiento fisiológico, prefirieron variabilidad en la recompensa, pero en presupuestos energéticos positivos, escogieron la recompensa constante el 74% de las veces. Barnard y Brown (1985), señalan que estos animales tienen demandas energéticas inusualmente altas, ya que es probable que mueran después de tan solo unas horas

de no haber ingerido alimento, por lo tanto, es de esperar que la sensibilidad al riesgo observada haya sido seleccionada naturalmente.

La regla del presupuesto energético esperado (Stephens y Krebs,1986) resume estos resultados; si el presupuesto energético esperado es positivo, se debe ser adverso al riesgo, y si el presupuesto energético esperado es negativo, entonces se debe ser propenso al riesgo.

Una forma de modelar los resultados de Caraco et al (1980) , y otros similares (Barnard y Brown, 1985; Caraco, 1981,1982,1983), es tomar como cantidad a minimizar la probabilidad de un déficit energético; el modelo de puntajes-Z (Stephens y Charnov, 1982, Stephens y Paton,1986) supone que lo que un forrajeador eficiente debe minimizar es la probabilidad de inanición (obtener menos de determinada cantidad de calorías necesaria para sobrevivir una noche). El argumento central de este modelo es que: a) existe la cantidad de energía consumida durante el día, X , la cual es adquirida a lo largo de n oportunidades de forrajeo; para n suficientemente grandes, X se aproxima a la normalidad por el Teorema del limite central; La esperanza de X es igual a la media (μ), y la varianza de X es igual a la varianza poblacional (σ^2); b) también existe una cantidad de energía, R , la cual permite al animal sobrevivir la noche sin peligro de morir de hambre; de aquí, la probabilidad de que X sea menor que R $pr(X \leq R)$, es tomada como la probabilidad de muerte por hambre. El modelo de puntajes Z (Stephens y Charnov, 1982; Stephens y Paton,1986), supone que la selección natural actúa minimizando esta probabilidad. Minimizar Z es equivalente a maximizar la probabilidad de sobrevivir la noche:

$$Z = \frac{\mu - R}{\sigma} \quad (1)$$

La suposición principal del modelo es que los animales pueden ejercer control sobre la media y la varianza de la distribución de comida mediante la elección de su sitio de alimentación; de acuerdo a la ecuación (1), la reacción que tendrán ante diferentes varianzas, depende de la cantidad esperada, μ en relación a los requerimientos energéticos, R ; si la cantidad esperada excede el requerimiento, la varianza debe ser reducida, porque disminuyendo la varianza disminuye Z ; pero si la cantidad esperada es menor que el requerimiento, la varianza debe ser incrementada, ya que así disminuye Z .

Este modelo es consistente con la regla del presupuesto energético, pero más específico, pues predice que la menor varianza posible debe ser elegida cuando $\mu > R$, y que la mayor varianza posible debe ser elegida cuando $\mu < R$.

A pesar de la generalidad de los trabajos que apoyan la regla del presupuesto energético esperado, se han realizado trabajos cuyos resultados no concuerdan con ella (Lawes y Perrin, 1995; Wunderle, Castro y Fetcher, 1987). En el primero de estos trabajos, la especie musaraña elefante de orejas redondas (*Macroscelides proboscideus*), no se adapta a dicha regla, los autores citan como posibles causas de los resultados a la habilidad de estos animales para cambiar de dieta (de insectos a hierba, la cual es menos variable), y un gran control fisiológico sobre el balance de energía. Por lo tanto, esta especie no se ve forzada a cambiar estrategias de forrajeo como resultado de cambios en la disponibilidad de alimentos, ya que puede sobrevivir con alimentos cuyas fuentes no se depletan. No obstante estos trabajos, es clara la relación existente entre el presupuesto energético esperado y la reacción ante el riesgo, por lo menos en animales que no pueden almacenar gran cantidad de

energía en sus cuerpos y cuya supervivencia está fuertemente determinada por sus requerimientos energéticos a corto plazo.

Otra importante serie de trabajos ha sido realizada con abejas. Real (1981) impuso a individuos de esta especie (*Bombus Sandersoni*) un patch artificial con flores de dos distintos colores que fueron colocadas aleatoriamente en el espacio experimental. Las flores de un color siempre daban 2 ml. de néctar, y las del otro color daban cantidades variables, un tercio de ellas daba 6 ml. mientras que los dos tercios restantes no daban nada. Las abejas prefirieron la opción constante el 85% de las veces, demostrando clara aversión al riesgo. En otro experimento el tipo variable de flores contenía al menos .5 ml de néctar para evitar que las abejas estuvieran evitando el tipo de flores que ocasionalmente no le daba recompensa; también se encontró fuerte aversión al riesgo, aunque ligeramente inferior al anterior experimento (70%). En un experimento con avispa (*Vespa maculifrons*) (Real, 1981), también se encontró aversión al riesgo cuando estaban en las mismas condiciones que las abejas, aunque la aversión al riesgo fue un poco menor. La posible causa de esta pequeña diferencia que da la autora es que las avispas, a diferencia de las abejas, son carnívoras y no necesitan del néctar para su reproducción, lo que sugiere que los animales son sensibles a la varianza de las fuentes más cercanamente ligadas a la reproducción.

Waddington, Allen, y Heinrich (1981) también encontraron aversión al riesgo en otra especie de abejas (*Bombus edwardsii*); las abejas de su experimento prefirieron la opción constante en aproximadamente 75% de los casos. También encontraron que después de periodos prolongados de forrajeo se observan las mismas preferencias que al inicio, y que conforme el promedio de recompensa se incrementa, se eleva también la tasa de visitas a las flores, lo cual puede acelerar la formación de preferencias.

Real, Ott y Silverfine (1982), realizaron un experimento en el que tanto la media como la varianza de una de las opciones fue manipulada con la intención de detectar sensibilidad al riesgo y de encontrar varias combinaciones de media y varianza ante las cuales las abejas muestran indiferencia entre una opción constante y una variable. Encontraron que incrementar la incertidumbre de una opción (varianza), puede ser compensado mediante un incremento en la media de la opción.

Estos resultados son la base para el modelo de descuento de varianza propuesto por Real (1981, Real *et al.* 1982); la lógica de este modelo es que mientras maximizar la recompensa esperada puede ser ventajoso, también lo es la minimización de la incertidumbre de que determinada conducta en realidad dará la recompensa. La minimización de la incertidumbre hace menor la probabilidad de obtener muy poco alimento durante el forrajeo. Si hay dos conductas que difieren en la recompensa esperada, puede elegirse la de menor cantidad esperada, si ésta es compensada por un alto nivel de certidumbre. El modelo propone que los forrajeadores deben maximizar:

$$\mu - K\sigma^2$$

En donde μ es la media, σ^2 es la varianza y K es asumida como una constante que mide el grado en que la varianza (incertidumbre) es evolutivamente indeseable; siguiendo el modelo, dada una elección entre dos fuentes con el mismo valor esperado, el forrajeador elegirá aquella con la varianza menor.

Los dos modelos revisados difieren en que el modelo de descuento de varianza predice aversión constante al riesgo, mientras que el modelo de puntajes-Z predice aversión decreciente al riesgo.

En un trabajo que contrasta éstos dos modelos (puntajes-Z y descuento de varianza), Stephens y Paton (1986) presentan a una especie de pájaros (*Selaphorous rufus*) la elección entre dos alternativas, una de ellas con mayor media y mayor varianza que la otra; después de medir la preferencia, incrementaron la media de ambas opciones aumentando la misma cantidad a todos los posibles resultados, es decir, sin cambiar la varianza; el modelo de descuento de varianza predice que las preferencias no deberían cambiar, pero el modelo de puntajes-Z predice cambios, en el experimento se encuentran cambios en la preferencia mediante esta manipulación, apoyando al modelo de puntajes-Z.

A pesar de estas diferencias, es importante señalar que ambos modelos coinciden en predecir aversión al riesgo en condiciones de abundancia de recursos; una diferencia clave entre estos modelos es la predicción que hacen en ambientes con escasos recursos alimenticios; el modelo de puntajes-Z predice un cambio en las preferencias hacia la opción variable, mientras que el modelo de descuento de varianza hace la misma predicción que en ambientes ricos.

B. PSICOLOGÍA OPERANTE.

Otra área de investigación importante sobre elección bajo riesgo ha sido desarrollada en laboratorios de psicología operante. Desde el punto de vista de la psicología, el problema de elección bajo riesgo surge cuando se trata de simular con mayor exactitud el ambiente natural en el que se desarrollan los animales. Por esto, a pesar de que en el inicio de la Psicología operante el interés central fue la conducta en ambientes estables, pronto se vio la necesidad de dar mayor validez ecológica a los estudios realizados. Es necesario mencionar que a pesar de que la gran mayoría de los trabajos realizados en esta área no fueron diseñados explícitamente para responder el problema de elección bajo riesgo, los resultados han sido útiles debido a que las variables empleadas pueden ser interpretadas bajo

esta perspectiva. Los resultados encontrados en estas investigaciones presentan ciertas discrepancias entre sí y con respecto a los resultados obtenidos en ecología conductual, y pueden ser divididos en dos grupos :

a) Tiempo entre reforzadores como variable aleatoria

Uno de los primeros trabajos en esta área fue conducido por Herrnstein (1964). En dicho estudio se midió la elección de pichones privados de alimento mediante un programa concurrente de reforzamiento encadenado de 2 eslabones: en este tipo de programas, los eslabones iniciales de dos programas encadenados están presentes concurrentemente, uno en cada tecla. Cuando el requerimiento de respuesta de uno de los eslabones iniciales es satisfecho, se entra al programa terminal asociado con esa cadena, esto es indicado por un cambio exteroceptivo en la estimulación, al tiempo que la otra tecla se vuelve no operativa; los eslabones iniciales están simultáneamente disponibles, mientras que los eslabones terminales son mutuamente excluyentes. El reforzador primario es otorgado por la terminación del requerimiento del eslabón terminal, y después de esto es reiniciado el ciclo. La tasa relativa de respuesta en los eslabones iniciales de un programa concurrente encadenado es tomada como una medida de la preferencia por el programa asociado al eslabón terminal. En un experimento realizado por Herrnstein (1964), el segundo eslabón de cada programa era asociado con un intervalo entre reforzadores con la misma media aritmética (15 segundos), pero diferente variabilidad; uno de ellos era intervalo variable 15 segundos, y el otro intervalo fijo 15 segundos. Como fue indicado por la tasa de respuesta en programas idénticos de intervalo variable 60 segundos, que eran los eslabones iniciales del programa (fase de elección), los pichones prefirieron por una razón de 3:1 como eslabón terminal al programa IV 15 segundos (la opción riesgosa).

Fantino (1967) empleó un procedimiento de programas concurrentes encadenados, en el que el segundo eslabón de uno de los programas iniciales era un programa razón fija 50 (RF 50), en tanto que el segundo eslabón del otro programa era la mitad de las veces razón fija 1, y la otra mitad razón fija 99 (Programa mixto RF1-RF99). Las respuestas de los pichones en la fase de elección en donde estaban simultáneamente disponibles e independientes dos programas intervalo variable 3 minutos, favorecieron al estímulo asociado con la recompensa variable, esto fue demostrado por una tasa relativa de respuestas de más de 0.7 en el programa intervalo variable que posteriormente daba lugar al programa mixto RF1RF99. Los pichones llegaron a preferir la opción constante solamente cuando el requerimiento de la razón fija de ese programa era bajado a 10 o menos y ni aún en este caso fue notoria la preferencia por el estímulo asociado a razón fija constante (0.55).

Davison (1969, 1972), evaluó la preferencia de pichones estableciendo un programa concurrente encadenado en el que los eslabones finales eran programas intervalo fijo versus intervalo fijo mixto; en su experimento, la tasa relativa de respuesta ante el estímulo que le daría acceso al programa intervalo fijo mixto fue por lo menos 0.63, demostrando clara preferencia hacia la opción variable.

Pubols (1962), en un programa de ensayos discretos arreglado mediante un laberinto en forma de Y, evaluó la preferencia de ratas tomando como variable aleatoria la demora entre la elección y la entrega del reforzador. En un lado del laberinto, la entrega del reforzador ocurría siempre a los 15 segundos, en tanto que en el otro lado podía ocurrir a los 0 segundos (inmediatamente) o a los 30 segundos con igual probabilidad; las ratas prefirieron el lado del laberinto en donde la demora era variable.

En el experimento de Zabudoff, Wecker y Caraco (1988), 4 ratas debían elegir entre una demora constante de t segundos y una opción variable con demoras

equiprobables de 1 y $(2t-1)$ segundos. El valor de t durante las diferentes condiciones fue de 5, 10, 25, 50, 25, 10, y 5. Conforme t incrementaba de 5 a 50, la preferencia de los sujetos cambiaba de la opción constante a la opción variable, resultado consistente con el modelo de presupuesto energético. Sin embargo, en la replicación de estas condiciones, las ratas continuaron prefiriendo la opción variable (como en la condición $t=50$), por lo que el modelo de presupuesto energético no puede explicar los datos. Los autores sugieren que los resultados son más consistentes con el modelo de descuento temporal propuesto por Kagel, Green y Caraco (1986), en el cual, el valor presente de una recompensa disminuye en forma convexa conforme la demora entre elección y consumo se incrementa. La convexidad implica que el disminuir la demora de t a $(t-x)$ unidades de tiempo incrementa el valor presente de una recompensa más de lo que un incremento en demora de las mismas unidades de tiempo disminuyen dicho valor.

Rider (1983), tomó la demora como variable aleatoria, y midió la preferencia de ratas ante programas concurrentes encadenados IV 60-TF 15s. IV 60-TM .2s-30s. Se varió la probabilidad de presentación de la demora corta (.2 s) de 0, .1, .25, .5, .75, .9 y 1.0 a través de diferentes condiciones experimentales; cuando la probabilidad era 0.5, la media aritmética de las demoras de ambos programas fue la misma. En esta condición, el promedio de las tasas relativas de respuesta ante el programa asociado con demora variable, fue de 0.7, replicando los resultados de los experimentos descritos en lo referente a preferencias por programas de reforzamiento variables.²

Case, Nichols y Fantino (1995) usando también programas concurrentes encadenados, imitaron métodos de ecología conductual variando en

²Killeen (1988) sugiere que los resultados encontrados en este tipo de estudios no se debe a la preferencia por resultados variables *per se*, sino a que los animales son sensibles no a la media aritmética de las opciones, sino a la media armónica, la cual le da más peso a valores pequeños de un conjunto, favoreciendo así la preferencia por programas variables que cuenten con valores extremos pequeños.

más del triple la cantidad de agua presentada por reforzador. Ya que se ha descrito que los pichones privados al 80% de su peso (presupuesto energético negativo, en lenguaje de ecología conductual) prefieren resultados variables cuando la variable aleatoria es demora, y que los modelos ecológicos predicen aversión al riesgo en condiciones de presupuesto energético positivo, es lógico esperar un cambio en la respuesta al riesgo cuando el presupuesto energético es manipulado mediante el aumento de la cantidad de agua por reforzador, la privación y la tasa de reforzamiento. Case *et al* encontraron que ni en las condiciones de presupuesto más alto de reforzamiento, las ratas prefirieron la opción constante, demostrando que la elección de la opción riesgosa no dependía del contexto económico.

Datos consistentes con preferencia por riesgo con demora de reforzamiento como variable aleatoria, han sido encontrados en otros estudios (Mazur, 1984, 1985, 1987).

Estos datos nos permiten concluir que la preferencia de pichones por demoras variables es un resultado sólidamente establecido mediante gran cantidad de programas de reforzamiento.

b) cantidad de reforzamiento como variable aleatoria.

A diferencia del resultado anterior, cuando la variable aleatoria empleada es la cantidad de reforzamiento, los resultados son poco claros, ya que se han reportado tantos resultados consistentes con preferencia por variabilidad, como resultados contrarios a ésta.

b1) Estudios que reportan resultados consistentes con propensión al riesgo.

Se han reportado estudios que describen preferencia por variabilidad cuando la variable manipulada es duración ó cantidad de reforzamiento (Essock y Reese, 1974, Young, 1981). En el primer estudio, dos programas RF fueron establecidos en

un programa múltiple; uno de ellos tenía duraciones fijas de reforzamiento, y el otro tenía una duración variable cuya varianza fue manipulada en diferentes condiciones, siendo su media igual a la de la opción constante. Las tasas de respuesta fueron más altas durante la presencia del componente de duración variable de reforzamiento. La ejecución subsiguiente en programas concurrentes con los mismos valores también indicó preferencia por la duración variable.

Young (1981) entrenó a palomas en un programa de ensayos discretos en el que una tecla le daba, con igual probabilidad, ya sea 0 ó 10 pellets, mientras que la otra tecla daba con 1.0 de probabilidad cierto número que variaba entre condiciones: en la condición en que este número era cinco, el valor esperado de ambas opciones era cinco. Los resultados indican que la mayoría de los pichones prefirió la opción variable el 70% de los ensayos.

En un experimento que empleó procedimiento de ensayos discretos (Kaminski y Ator, 1995), se demostró que las ratas se volvían propensas al riesgo si se decrementaba la densidad de reforzamiento mediante el incremento del intervalo entre ensayos. Las ratas elegían entre una opción segura que les daba 3 pellets de 45 mg. y una opción riesgosa que les daba 15 pellets en 1/3 de las veces, y cero pellets en las 2/3 ocasiones restantes. El intervalo entre ensayos duraba 20 seg., 80 seg. ó 120 seg. en las diferentes condiciones y la sesión terminaba después de 106 ensayos, o a los 90 minutos, lo que ocurriera primero. Dadas estas características del procedimiento, el aumentar el intervalo entre ensayos tenía como consecuencia disminuir la densidad de reforzamiento y llevaba el presupuesto energético de positivo a negativo. Cuando el intervalo entre ensayos era 20 seg., el 100% de las ratas eligieron la opción riesgosa menos del 50% de los ensayos; cuando el intervalo entre ensayos era 120 seg., 5 de 6 de las ratas eligieron la opción riesgosa en más del 50% de los ensayos. Es importante destacar que este es el único estudio

realizado en psicología operante en el que se observa la transición de aversión a propensión al riesgo.

b2) Estudios que reportan resultados consistentes con aversión al riesgo

A pesar de los resultados anteriormente descritos, es generalmente aceptado que las ratas se comportan con aversión al riesgo cuando la variable aleatoria usada es cantidad de reforzamiento. Los siguientes estudios ejemplifican los resultados generales del área. Battalio et al (1985), empleando un programa de ensayos discretos encontraron que las ratas preferían resultados constantes a variables. En este estudio, la opción constante consistía en la entrega de 8 pellets con probabilidad 1.0, y la opción variable consistía en la entrega de un pellet con probabilidad 0.75, o la entrega de 29 pellets con probabilidad 0.25; un grupo de ensayos forzados antecedían los ensayos de elección libre. Los ensayos forzados tenían la función de familiarizar a los sujetos con las alternativas, durante estos ensayos solo una de las palancas estaba disponible (lo que era señalado por una luz encendida arriba de ella). En la mitad de estos ensayos se presentaba la palanca asociada a resultados constantes, y en la otra mitad la palanca asociada a resultados variables; cada bloque de cuatro ensayos en esta última palanca otorgaba el valor esperado de la opción. Los ensayos libres empezaban con la iluminación de las luces de ambas palancas, una sola presión de palanca daba lugar a la entrega del reforzador y a la extinción de las luces de las palancas. Posterior a ésto se presentaba un intervalo entre ensayos de 30 segundos en el que todas las luces, incluyendo la general eran apagadas; después de este periodo, comenzaba un nuevo ensayo cuando se encendía la luz general y las luces de cada palanca; estos ensayos servían para medir preferencias. Se varió el nivel de consumo de las ratas mediante el aumento del número de ensayos forzados (siempre en bloques de ocho), con la intención de probar si las preferencias ante el riesgo variaban con los niveles de

consumo, como sugieren los trabajos realizados en ecología conductual (Caraco et al, 1980). Se observa en los resultados de este experimento que la aversión al riesgo se mantiene en todos los niveles de consumo, aún cuando éstos fueran insuficientes para satisfacer los requerimientos energéticos a largo plazo. Battalio et al (1985) propusieron como explicación de la diferencia en resultados, el peso corporal y la velocidad de metabolismo de los pájaros usados en ecología conductual respecto al de las ratas. Esto significa que los requerimientos para sobrevivir de los pájaros pueden ser mucho más intensos que los de las ratas y, consecuentemente, los animales relativamente grandes pueden estar menos predispuestos evolutivamente a cambiar estrategias de forrajeo en respuesta a un deterioro en las fuentes de alimentación. Kagel, MacDonald, Battalio, White y Green, (1986), llegan a similares conclusiones usando agua como reforzador.

En un intento de atenuar las diferencias existentes entre los métodos de las dos líneas de investigación hasta ahora mencionadas, Hamm y Shettleworth (1987), llevaron a cabo un estudio empleando una mezcla de ambos métodos; usaron pichones como sujetos y cantidad de reforzamiento como variable aleatoria. El estudio estuvo dividido en dos experimentos; en el primero se usó operante libre en el procedimiento (como en psicología operante) y en el segundo los sujetos fueron sometidos a ensayos discretos (como en ecología conductual). Hamm y Shettleworth (1987, exp 1) midieron la preferencia de pichones privados al 85% de su peso *ad libitum* en programas concurrentes IV-IV. Ante un programa, el reforzador consistía en 2 pellets de 75 mg., en tanto que en el otro, podía ser cuatro o cero pellets (con una media de 2). La preferencia fue medida en distribución de tiempo. En el transcurso de tres condiciones, se varió el valor del programa IV de 20 a 180 segundos, lo que significa, en lenguaje de ecología conductual, mover a los sujetos a condiciones de presupuesto energético negativo. Los pichones prefirieron

el resultado constante en todas las condiciones, pero la aversión al riesgo disminuyó ligeramente conforme el IV incrementaba. Este estudio demostró que los pichones son adversos al riesgo respecto a la varianza en cantidad de reforzamiento, y que esta aversión depende de la frecuencia o densidad de reforzamiento. Los resultados sugieren que los efectos del programa de reforzamiento y de cambios en el presupuesto energético dan lugar a resultados similares. En el otro experimento, Hamm y Shettleworth (1987 exp 2), emplearon ensayos discretos en el procedimiento. Se manipuló la varianza de una opción; el lado constante siempre otorgaba 8 pellets, y el lado variable en la primera condición daba 0 o 16 pellets con igual probabilidad, en tanto que durante la segunda condición daba 2 o 14, con igual probabilidad. Se esperaba que la aversión al riesgo fuera menor ante la menor varianza. Los pichones eligieron la opción constante el 90% de las veces en la primera condición, y el 70% durante la segunda.

Logan(1965) encontró preferencia por un reforzador constante de cinco pellets sobre un reforzador variable que podía ser de uno o nueve pellets.

Menlove, Inden, y Madden (1979), usando un programa concurrente encadenado, y duración de acceso al comedero como variable aleatoria, llegaron a la conclusión de que los animales prefieren duraciones fijas a duraciones variables de acceso a comida. Esto es indicado por una tasa relativa de respuesta de 0.61 para la tecla que posteriormente otorgaría la duración fija de acceso al comedero. El autor hace notar que sus resultados no son concluyentes en cuanto a la preferencia de los pichones por resultados constantes sobre variables, ya que una transformación no lineal entre duración y preferencia, daría lugar a los mismos resultados. Sugiere que si la misma regla de ponderación propuesta por Killeen (1968) para intervalos variables es aplicada a los resultados de este experimento, los

resultados son consistentes, a pesar de la diferencia en los resultados finales (propensión-aversión al riesgo al riesgo, respectivamente).

Staddon y Reid (1987) proponen que las predicciones de un modelo de distancia mínima (Staddon, 1979) concuerdan con los datos obtenidos tanto en lo referente a la generalidad de la aversión al riesgo cuando se involucra la cantidad de reforzamiento como a la propensión al riesgo encontrada cuando se manipula la demora de reforzamiento o el tiempo entre reforzadores.

La función de costo del modelo de distancia mínima, es $C = a(R - R_0)^2$

donde C = costo de desviación del *bliss point*³, a = el costo de desviación de una actividad, R = la tasa de reforzamiento y R_0 = punto elegido de la tasa de reforzamiento sin restricciones. Bajo este supuesto se observa que la función es positivamente acelerada, lo que significa que la función para utilidad es negativamente acelerada, por lo que se predice aversión al riesgo (Fig 1). Al expandir la función, tenemos $C = a(R_0^2 - 2RR_0 + R^2)$; cuando R (la tasa de reforzamiento) es muy pequeña relativa a R_0 , R^2 puede ser ignorada y se tiene $C = a(R_0^2 - 2RR_0)$, función que es lineal, y que por lo tanto predice indiferencia al riesgo. De aquí que entre mas pequeña sea la tasa de reforzamiento, o mas grande el requerimiento, la aversión al riesgo será menor.

Escrita en términos de tiempo la función de costo se vuelve

$C = a(R_0^2 - 2R_0E/t + E^2/t^2)$; donde E es la cantidad de comida en cada entrega, y t el tiempo entre entregas. ($E/t = R$). Esta función predice propensión al riesgo en

³ Tasa de reforzamiento elegida por el organismo cuando no existen restricciones ambientales

animales hambrientos o a tasas de reforzamiento bajas, pero aversión al riesgo cuando la tasa es muy alta, o en animales saciados.

Las predicciones de este modelo en cuanto a tiempo y tasas bajas de reforzamiento se cumplen, ya que a tasas bajas de reforzamiento, pichones hambrientos prefieren un programa intervalo variable a uno de intervalo fijo con la misma media aritmética (Herrnstein, 1964; Davison 1969, 1972, Killeen, 1968), sin embargo, la última predicción, aversión al riesgo cuando se manipula la demora y la tasa de reforzamiento es muy alta o los animales están saciados, no se cumple, ya que palomas saciadas, siguen prefiriendo la opción variable (Case et al, 1995).

La exactitud de las predicciones en cuanto a cantidad de reforzamiento como variable son cuestionables, ya que a pesar de contemplar disminución de la aversión conforme la tasa de reforzamiento disminuye, no predice en ningún caso propensión al riesgo, siendo éste un resultado comúnmente encontrado en trabajos realizados en ecología conductual.

En el presente trabajo se propone un procedimiento para el estudio de la conducta de elección bajo riesgo que permita variaciones en los niveles de consumo con la intención de evaluar la predicción del modelo de distancia mínima (Staddon, 1979; Staddon y Reid, 1987), de que conforme la razón R/R_0 se hace más pequeña, la aversión al riesgo disminuirá, sin cruzar nunca hacia la propensión al riesgo. De aquí surge la hipótesis número 1. **Conforme la densidad de reforzamiento disminuya, la aversión al riesgo disminuirá también, teniendo como límite el punto de indiferencia, después del cual, disminuciones mayores en la densidad de reforzamiento, no tendrán efecto en la aversión al riesgo.** Únicamente se han realizado dos experimentos comparables que explícitamente miden la relación entre aversión al riesgo y niveles de consumo (Battalio et al, 1985,

Kagel et al, 1986), teniendo el inconveniente de que la alternativa riesgosa estaba altamente sesgada (29 pellets .25 probabilidad, 1 pellet .75), por esa razón, el presente experimento consistirá en valores aproximados a aquellos experimentos en los que se encuentra transición de aversión a propensión al riesgo (Barnard y Brown, 1985; Caraco et al. 1980). De los resultados de los trabajos de Battalio *et al* (1985) Kagel *et al* (1986), surge la hipótesis número 2. **La frecuencia de elección de la opción segura permanecerá constante ante cambios en la densidad de reforzamiento.**

Del área de trabajo que más ha estudiado explícitamente el problema de elección bajo riesgo surge la hipótesis número 3. **Si la densidad de reforzamiento (niveles de consumo) es tan baja que la elección de la opción segura resultaría en un presupuesto energético negativo, se observará preferencia por la opción riesgosa, dado que es la única forma que probablemente permitiría alcanzar un presupuesto energético positivo.**

La hipótesis nula es indiferencia entre la opción segura y la opción riesgosa, dado que a largo plazo ambas otorgarán la misma cantidad de reforzamiento.

MÉTODO

Sujetos.

Los sujetos experimentales fueron 4 palomas macho adultos, obtenidos del bioterio del laboratorio de comportamiento y adaptación de la Facultad de Psicología, UNAM, mantenidos al 80% de su peso corporal en alimentación libre y con acceso libre a agua y a grit cárrico. Los sujetos recibieron la mayor parte de su comida durante la sesión experimental, pero se les daba comida adicional en caso de que fuera necesaria para mantenerlos en el peso criterio. Los sujetos tenían experiencia en diversos experimentos con programas múltiples.

Aparatos.

Las dimensiones de las cámaras experimentales fueron 37 cm. de alto, 30 cm. de ancho y 35 cm. de fondo. Tenían una rejilla de 5 cm. de alto colocada en el piso de la caja. En la pared derecha de la cámara, a 21 cm del piso, se encontraban tres teclas de respuesta separadas por 7 cm; cada una con 2.7 cm de diámetro.

Las teclas podían ser iluminadas por una luz roja, verde o amarilla, producidas por uno de tres focos de 2 wt. fijados detrás de cada tecla. Una fuerza de aproximadamente .15N fue requerida para operar cada tecla.

El comedero, que podía presentar una mezcla de grano, estaba situado a 5.5 cm del piso y a 10 cm debajo de la tecla central. Cuando el grano era presentado, el comedero se iluminaba por una luz blanca proveniente de los dos focos de 2 wt. fijados sobre éste. Adicionalmente, una luz general de 6 wt. estaba ubicada al centro del techo de la caja. Cada cámara experimental estaba equipada con un extractor de aire que a la vez servía como generador de ruido blanco, para atenuar el sonido proveniente del exterior. Las cámaras experimentales estaban localizadas en un cuarto separado del equipo de control y de registro. El control de los estímulos y el

registro de las respuestas se llevaron a cabo con computadoras personales conectadas a una interfase Med-PC.

Procedimiento.

Los sujetos fueron alojados en jaulas habitación individuales teniendo los primeros 30 días acceso libre tanto al agua como al alimento (mezcla de grano balanceado). Durante este periodo se registró diariamente el peso de los animales, tomando la medida de este registro como punto de comparación posterior. Después de este periodo, se restringió paulatinamente la cantidad de alimento disponible hasta alcanzar el criterio de 80% (5gr.) de peso con respecto al valor *ad libitum*.

Los sujetos que se usaron en este experimento fueron sometidos a un programa de automoldeamiento en cada una de las teclas que fueron usadas en este experimento y a otro programa que involucró simultáneamente a las dos teclas; todo esto con el fin de asegurar respuestas durante las siguientes fases. El criterio para satisfacer esta condición, fue que los sujetos respondieran en el 90% de los ensayos a la tecla correcta, y que las respuestas dadas a la tecla mientras permaneció oscura, no sobrepasara el 10% del total. El orden de entrenamiento en cada una de las teclas se contrabalanceó entre los sujetos.

Debido a que los sujetos empleados no habían sido sometidos a un programa de ensayos discretos, previo a las condiciones experimentales tuvieron un entrenamiento en ensayos discretos en que cada una de las alternativas dio lugar al reforzador con la misma probabilidad (1.0) y al intervalo entre ensayos. Este entrenamiento duró hasta que el animal demostró indiferencia entre las dos alternativas. Este entrenamiento fue tomado también como línea base para las comparaciones.

Para evitar el problema de una relación no lineal entre magnitud de reforzador y valor, un reforzador fue definido por 3 seg. de acceso al comedero,

después de los cuales, el comedero bajaba, y si había otro reforzador programado, subía después de 0.5 segundos; el comedero contenía grano mezclado.

Cada condición duró hasta que la respuesta se estabilizó. Ya que los modelos de forrajeo óptimo suponen una completa información sobre el ambiente, el mínimo de sesiones fue de 10 y podía cambiar a la siguiente, cuando las respuestas hacia alguna opción no variaban del 5 % de la media corrida de las últimas tres sesiones. Con el fin de mantener a los sujetos en el 80% de su peso, se les dio a los sujetos alimento extra después de la sesión en caso de que fuera necesario.

El experimento consistió en 4 condiciones, que diferían únicamente en la media de las dos opciones de reforzamiento, un picotazo en la tecla A daba como consecuencia X reforzadores con probabilidad 1.0; un picotazo a la tecla B daba como consecuencia 2X reforzadores con probabilidad 0.5, y (X - X) reforzadores con probabilidad 0.5; durante las diferentes condiciones X fue 1, 2, 3, ó 4. Los sujetos corrieron en diferente orden las condiciones. Se describen las condiciones, y el orden programado para cada sujeto en la tabla 1.

TABLA 1 Descripción de las condiciones y orden de presentación para cada sujeto

	NUMERO DE REFORZADORES		ORDEN DE PRESENTACIÓN			
	OPCIÓN SEGURA	OPCIÓN RII SGOSA	SUJETOS			
			01	11	28	35
CONDICIÓN 1	1	2 0 0	1	2	2	3
CONDICIÓN 2	2	4 0 0	2	1	1	1
CONDICIÓN 3	3	6 0 0	4	4	3	2
CONDICIÓN 4	4	8 0 0	3	3	4	4

Durante todo el experimento, las sesiones duraron 40 minutos, comenzando siempre con una serie de 8 ensayos forzados; el resto del tiempo hubo ensayos de

elección libre. La figura 2 diagrama la secuencia de eventos en un ensayo de elección libre; cada ensayo estuvo precedido por 60 segundos de intervalo entre ensayos (IEE), durante el cual todos los estímulos estaban apagados.

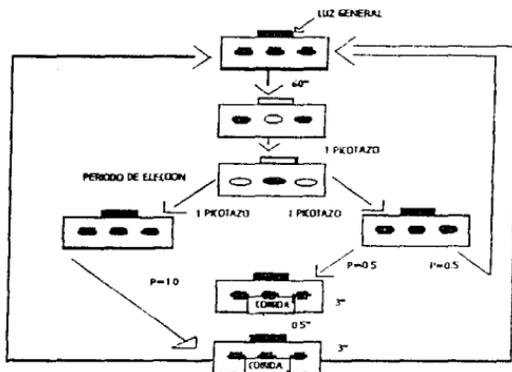


Fig. 2. Secuencia de eventos durante cada una de las sesiones experimentales; ver detalles en el texto.

Al inicio de cada ensayo, la tecla central se iluminaba con luz amarilla, y se requería un solo picotazo para iniciar el periodo de elección. El propósito de la respuesta a esta tecla fue asegurar que la cabeza del sujeto estuviera equidistante de las otras dos teclas cuando el periodo de elección comenzara. El picotazo en esta tecla la oscurecía e iluminaba las otras dos teclas, una con luz verde, y la otra con

luz roja, el lugar de estos dos colores varió aleatoriamente de un ensayo a otro, con el fin de evitar el desarrollo de preferencias de posiciones. La tecla verde fue la opción segura, y la tecla roja la opción riesgosa. Estos colores se invirtieron, siempre que se sospechó algún efecto de preferencias por color. Un picotazo en la tecla verde apagaba ambas teclas y otorgaba el reforzador X con probabilidad 1.0, después del cual el IEE comenzaba y después de él, un nuevo ensayo; un picotazo a la tecla roja apagaba ambas teclas y ya sea 1) el reforzador 2X era presentado seguido del IEE, ó 2) no había reforzador (X-X), y el IEE comenzaba.

El procedimiento para ensayos forzados fue igual que en los ensayos de elección libre, a excepción que solo una de las teclas se encendía, ya sea verde o roja; un picotazo a esa tecla, daba la consecuencia indicada. Un picotazo a la otra tecla, que estaba oscura, no tenía efecto alguno.

De los 8 ensayos forzados, cuatro fueron con la tecla roja encendida, y los otros con la tecla verde; el orden temporal y la localización de los colores fue determinada aleatoriamente.

El dato a analizar fue la proporción de aversión al riesgo (picotazos a la tecla asociada con el resultado seguro entre picotazos totales); se tomaron los datos de las últimas 5 sesiones de cada condición, y los últimos 5 días de la línea base. A estos datos se les aplicó una prueba *t de muestras dependientes* para evaluar la hipótesis de indiferencia al riesgo; en esta prueba se requirió un nivel de significación de .01.

Con los promedios de las condiciones experimentales (sin la línea base) se buscó la línea recta de mejor ajuste por el método de mínimos cuadrados .

RESULTADOS

Se presenta el promedio de la proporción de aversión al riesgo durante los últimos 5 días de cada condición.

De los cuatro sujetos empleados, uno de ellos, sujeto 01, se enfermó durante la primera condición del experimento por lo que no pudo continuar corriéndolo; los datos de la primera condición no llegaron a estabilizarse, por lo que no se utilizaron en el análisis de resultados. Otro sujeto, el 11, mostró un sesgo hacia la tecla derecha, por el cual emitía todas las respuestas de los ensayos libres a dicha tecla, es decir, respondía de acuerdo a la distribución probabilística asignada por el programa. Por lo tanto, sus respuestas no se tomaron en el análisis de resultados.

La tabla 2 muestra el orden en que cada sujeto corrió cada condición y el número de sesiones que fueron necesarias para satisfacer el criterio de estabilidad. Entre paréntesis se muestra el orden en que cada una de las condiciones fue corrida y al lado el número de sesiones corridas.

TABLA 2. Orden de condiciones y número de sesiones de cada condición

SUJETO	COND. 1.	COND. 2	COND. 3	COND. 4
28	(2)85	(1)26	(3)28	(4)16
35	(3)67	(1)27	(2)58	(4)22

La tabla 3 muestra la frecuencia relativa con que la opción segura fue elegida como una función del cambio en los niveles de consumo (densidad de reforzamiento). También se muestra entre paréntesis el resultado de las pruebas-t de la hipótesis nula de indiferencia. La opción segura fue elegida la mayoría del tiempo, por lo menos el 66 % de los ensayos, en las 8 observaciones. La aversión al riesgo se mantuvo en todos los niveles de consumo.

El promedio de la frecuencia de elección de la opción segura disminuyó conforme los niveles de consumo disminuyeron. En la figura 3 se muestran los

TABLA 3 Frecuencia de elección de la opción segura en diferentes densidades de reforzamiento.

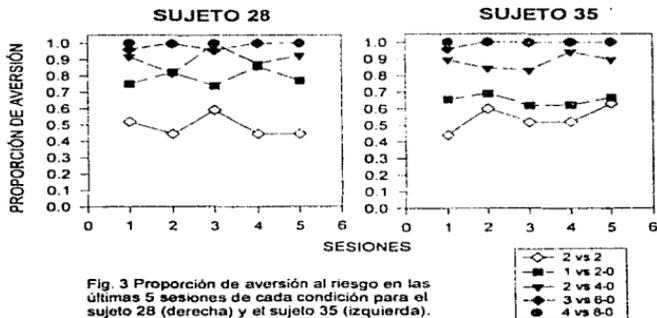
SUJETO	LINEA BASE	COND. 1.	COND. 2	COND. 3	COND. 4	PROMEDIO
28	0.49	0.77	0.9	0.99	1	0.91
e.s.	0.03	0.02	0.02	0	0	
Valor <i>t</i>		(12.55)*	(10.77)*	(24.78)*	(26)*	
35	0.54	0.65	0.88	0.99	1	0.89
e.s.	0.03	0.04	0.02	0.01	0	
valor <i>t</i>		(3.91)*	(8.328)*	(16.8)*	(14.22)*	
Promedio		0.71	0.91	0.99	1	0.85

e.s. error estándar

Valores *t* entre paréntesis

* Prueba-*t* significativa al 1 %

resultados de las últimas 5 sesiones de cada condición para cada sujeto, y en la figura 4 el promedio de los dos sujetos durante cada una de las condiciones.



Durante todo el experimento se mantuvo el registro de la secuencia de respuestas emitidas durante cada una de las sesiones, los registros de los últimos 5 días de cada condición fueron analizados para determinar si la opción riesgosa era elegida en alguna parte de la sesión en particular, o si estaba uniformemente distribuidas. Los resultados muestran que la preferencia por la opción riesgosa se mantiene constante a través de toda la sesión.

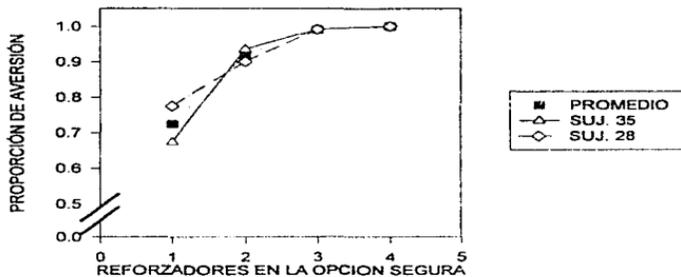


FIG. 4 Se muestra el promedio de los últimos 5 días de cada condición de cada sujeto y el promedio total por condiciones como una función de la densidad de reforzamiento

Se realizó un análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados para evaluar la hipótesis de aversión decreciente al riesgo; se muestran los resultados para cada sujeto en la figura 5.

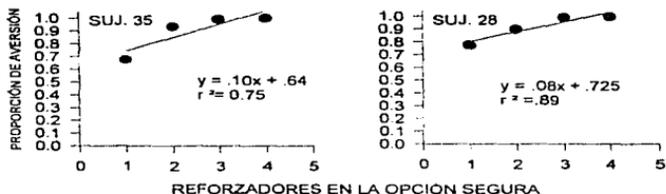


FIG. 5 Se muestra la línea de mejor ajuste por el método de mínimos cuadrados y su ecuación para los datos de los sujetos 35 (izquierda) y 28 (derecha).

Siempre que se tuvieron indicios de que una preferencia por posición o por color pudiera ser la responsable de los resultados obtenidos en una condición, se realizó alguno de los siguientes cambios:

a) Si se pensaba que existía alguna preferencia por color, se realizaba una inversión entre resultados y colores; es decir, si el verde estaba asociado a resultados seguros, y el rojo a resultados variables, en la nueva condición el rojo era ahora el color asociado al resultado seguro. La fig. 6 muestra el resultado típico de este tipo de operaciones para uno de los sujetos

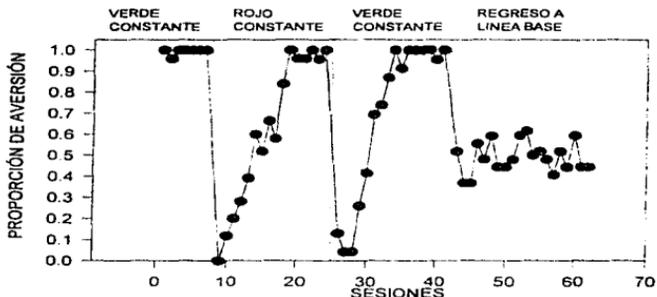


Fig. 6 Procedimiento para evaluar preferencia por colores, las dos primeras líneas punteadas indican cambio en el color asociado a riesgo, y la tercera indica regreso a línea base.

b) Si se pensaba que existía alguna preferencia por posición, se modificaba el procedimiento, evitando ahora lo aleatorio de la posición de los colores, y asignando uno de los colores (es decir, uno de los resultados) a una de las dos posiciones (izquierda o derecha), cuando se observaba estabilidad en esta condición, se realizaba una inversión entre colores y posiciones, y al observar estabilidad, se regresaba a la condición original con posición aleatoria de colores en cada ensayo. La fig. 7 muestra el resultado obtenido cuando un sujeto fue sometido a este procedimiento.

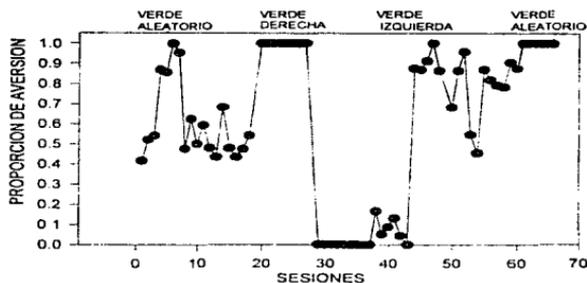


Fig 7. Procedimiento para evaluar preferencia por posición. A partir de la primera línea puntuada se asocia un lado de la caja con un resultado, a partir de la segunda línea puntuada se invierte, y posteriormente (tercera línea puntuada) se reinstala la aleatoriedad de resultados con respecto a posición.

Los sujetos recibieron alimento después de la sesión en caso de que fuera necesario para que al siguiente día se encontraran al 80 % de su peso ad libitum, por esta razón en la condición 1 no perdieron peso, sin embargo, durante las condiciones 3 y 4, dada la alta densidad de reforzamiento, los sujetos llegaron a tener hasta el 90% de su peso ad libitum.

DISCUSIÓN

El presente experimento evaluó los cambios en la aversión al riesgo ante variaciones en la densidad de reforzamiento, concepto equivalente al de presupuesto energético en ecología conductual, o al de niveles de consumo en economía.

La hipótesis nula de indiferencia fue rechazada, puesto que en todas las condiciones los dos sujetos mostraron una preferencia significativa por la opción segura. En este aspecto, este trabajo coincide con todos los trabajos publicados, ya que demuestra que los organismos (en este caso palomas) son sensibles a la variabilidad de las fuentes de alimentación.

El hecho de que preferencia por la opción segura fuera la respuesta dominante en el presente experimento, es parcialmente consistente con los datos encontrados en ecología conductual. Por ejemplo, Real (1981) y Waddington *et al* (1981), reportan en una serie de experimentos preferencia por la opción segura en por lo menos el 70% de los ensayos. Estos datos también son consistentes con las condiciones de presupuesto energético positivo empleadas por Caraco (1982,1983),

Caraco *et al* (1980) y Barnard & Brown (1985) En todos estos experimentos citados cuando los sujetos eran evaluados en estas condiciones mostraban preferencia por la opción segura. Las condiciones 3 y 4 del presente experimento deben ser consideradas como de presupuesto energético positivo, debido a que el alimento obtenido durante cada una de las sesiones (en caso de otorgar sus respuestas a la opción segura), permitía a los sujetos ganar peso entre una sesión y otra, por lo que fácilmente hubieran podido sobrevivir sin necesidad de alimento adicional. Sin embargo, los resultados difieren en las condiciones de presupuesto energético negativo, pues mientras que en los estudios de Caraco *et al.* y Barnard y Brown los sujetos muestran una preferencia consistente por la opción riesgosa, en el presente experimento, durante la condición 1, los sujetos mantienen todavía una ligera aversión al riesgo, distribuyendo por lo menos el 65 por ciento de sus respuestas a la alternativa asociada con el resultado constante. Esta condición se considera presupuesto energético negativo debido a que el alimento otorgado en cada una de las sesiones (en caso de responder siempre a la opción segura) era

insuficiente para mantener la supervivencia a largo plazo, lo cual es indicado por el hecho de que los sujetos perdían entre 3 y 5 gramos de su peso cada día, por lo que, sin alimento adicional, hubieran muerto a los pocos días. De acuerdo al modelo de Caraco, bajo estas condiciones se debe observar propensión al riesgo, ya que esta es la única estrategia que permitiría a los animales sobrevivir.

Sin embargo, estos datos no representan problema para el modelo de puntajes- Z, debido a que se asume que la sensibilidad a la variancia de las fuentes de alimentación ha sido seleccionada naturalmente. Así, es muy probable que las especies que no han estado sometidas a esta contingencia ambiental, no hayan desarrollado esta capacidad. Como apoyo a esta idea podemos encontrar el hecho de que los pájaros con los que Caraco et al trabajaron pesaban entre 20 y 60 gramos, y no podían sobrevivir más de tres días sin consumir alimento. Igualmente, las musarañas de los trabajos de Barnard y Brown tenían demandas energéticas inusualmente altas, por lo que era muy probable que murieran después de tan solo unas horas de no consumir alimento. Otro apoyo a esta idea se encuentra en el trabajo de Lawes y Perrin (1995), quienes encuentran que los sujetos con los que trabajan no se adaptan a la regla del presupuesto energético, y dan como explicación que estos animales tienen la capacidad de cambiar de fuente de alimentación (de insectos a hierba, la cual es menos variable). De acuerdo a estos datos, es posible postular como variable importante la correlación que ha existido durante la historia de la especie entre la variabilidad de la fuente de alimentación y la supervivencia.

Es muy probable que las palomas y otros animales mayores como las ratas no muestren conducta propensa al riesgo aún con niveles bajos de consumo debido a que en términos de historia evolutiva, la predisposición a cambiar estrategias de forrajeo debe ser mucho más débil en estos organismos que en los pájaros pequeños, porque la frecuencia con la que un organismo mayor se ha enfrentado a

situaciones en que una decisión de forrajeo que involucre variabilidad afecta la supervivencia, ha sido mucho menor a la de los pajaros pequeños con los que Caraco et al trabajaron. En este aspecto los resultados apoyan los resultados de Kagel *et al* (1986) y de Battalio *et al* (1985), ya que ellos encuentran que las ratas se comportan adversas al riesgo con niveles bajos de consumo de comida y agua. Sin embargo, los resultados del experimento son parcialmente inconsistentes con los reportados por Kagel *et al*, y Battalio *et al*, ya que mientras en éstos se encontró una aversión constante al riesgo no correlacionada con los niveles de consumo, en el presente experimento se observa una relación clara entre aumentos en la aversión al riesgo y aumentos en la densidad de reforzamiento.

Los resultados de este experimento son consistentes con el modelo propuesto por Staddon y Reid (1987), ya que según el modelo se debe observar aversión al riesgo en densidades altas de reforzamiento. Según el modelo dicha aversión al riesgo es el resultado de una función de valor negativamente acelerada provocada por que el requerimiento de alimentación es satisfecho completamente por el alimento otorgado durante la sesión. Staddon y Reid proponen que cuando la densidad de reforzamiento es muy pequeña en relación al requerimiento, dicha función de valor se vuelve prácticamente lineal, lo que da como resultado que se observe indiferencia ante el riesgo.

Aunque es cierto que en el presente experimento no se observó indiferencia, sí se observa la tendencia de la aversión al riesgo a disminuir de la manera predicha por el modelo, sin alcanzar una propensión al riesgo, tal como es propuesto por el modelo de distancia mínima (Staddon, 1979).

Es importante señalar una diferencia entre los presentes resultados y todos los publicados con anterioridad. En este experimento se encontró preferencia exclusiva por el resultado seguro en dos condiciones, dato que nunca antes se había

presentado, a pesar de que otros experimentos han usado ensayos forzados antes de los libres. Es probable que la omisión de reforzadores condicionados como la luz del comedero en los ensayos con resultado negativo de la opción riesgosa haya influido en la formación de esta preferencia exclusiva. En otros experimentos se había utilizado la misma duración de la luz del comedero independientemente de la opción elegida o del resultado obtenido (Battalio *et al* 1985), o una duración corta de la luz de 1 segundo en los ensayos en que estaban programados cero pellets (Hamm y Shettleworth, 1987), de manera que era más difícil discriminar las ocasiones de no reforzamiento.

En varios experimentos publicados con anterioridad (Hastjarjo *et al* 1990, Hamm y Shettleworth, 1986) se ha encontrado que se desarrolla un sesgo por la posición en que se presentó el resultado seguro la primera vez, debido a que un color de tecla se asociaba con una posición por toda una condición y posteriormente se invertía. El presente procedimiento de posición de color aleatoria demostró ser una alternativa eficiente para minimizar el sesgo por posición.

Como una posible explicación a la permanencia de la aversión al riesgo en la condición 1, al igual que en el trabajo de Kagel *et al* (1986), queda la posibilidad que los déficits alimenticios no hayan sido mantenidos por el suficiente tiempo para llegar a causar reversión de preferencias. A pesar de la evidencia de que las ratas pueden llegar a estar en riesgo de muerte por malnutrición debido al bajo peso alcanzado (Battalio *et al* 1985), y ni aún así comportarse propensas al riesgo, hace falta una prueba semejante en pichones. Dado lo complicado del problema debido a cuestiones de salud de los sujetos, se podría abordar el mismo problema bajo condiciones diferentes. Kagel *et al* (1988, citado en Kagel *et al*, 1995) fortalece el argumento de Staddon y Reid (1987) de considerar a la demora como consecuencia aversiva tomando como variable aleatoria el número de choques eléctricos aplicados

a ratas como consecuencia de la palanca elegida, y encuentra propensión al riesgo. Si extendemos los resultados de Caraco a consecuencias aversivas, sería lógico esperar que la propensión al riesgo fuera disminuyendo conforme la cantidad de choques eléctricos promedio disminuye, aunque es difícil imaginar una situación en que la selección natural sensibilizara a los organismos a esta variabilidad. Esta hipótesis no ha sido probada hasta ahora.

Si aversión al riesgo es la respuesta dominante en condiciones de presupuesto energético negativo (Caraco *et al.*, 1980), ante marcos de referencia de pérdida (Kahneman y Tversky, 1979), y ante consecuencias aversivas (revisadas en Staddon y Reid, 1987), y si propensión al riesgo es la respuesta dominante en presupuestos energéticos positivos, ante marcos de referencia de ganancias y ante consecuencias apetitivas, probablemente la investigación en elección bajo riesgo debería centrarse en investigar la reversión de preferencias ante procedimientos que involucren en sí mismos ambos tipos de resultados; un ejemplo de lo anterior fue realizado por Bateson y Kacelnik (1995) arrojando resultados acordes con la idea de aversión al riesgo cuando se involucra variabilidad en la cantidad de alimento, y propensión al riesgo cuando se involucra variabilidad en la demora entre la elección y la presentación del resultado. Probablemente más resultados de este tipo fortalecerían la conclusión anteriormente mencionada.

REFERENCIAS

- Bateson, M y Kacelnik, A. (1995). Preferences for fixed and variable food sources: Variability in amount and delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 63: 313-329.
- Battalio, R. C., Kagel, J.H., y MacDonald, D. N. (1985). Animals' choices over uncertain outcomes: some initial experimental results. *The American Economic Review*. 75:597-613.
- Barnard, C. J., y Brown, C. A. (1985). Risk sensitive foraging in common shrews (*Sorex araneus* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 16: 161-164.
- Caraco, T. (1981). Energy budgets, risk and foraging preferences in dark-eyed juncos. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 8:213-17
- Caraco, T. (1982). Aspects of risk aversion in foraging white crowned sparrows. *Animal Behaviour*. 30: 719-727
- Caraco, T. (1983). White crowned sparrows (*zonotrichia leucophrys*): foraging preferences in a risky environment. *Behavioural Ecology and Sociobiology*. 12: 63-69.
- Caraco, T., Blanckenhorn, W. U., Gregory, G. M., Newman, J. A., Recer, G. M. y Zwicker, S. M. (1990). Risk sensitivity: Ambient temperature affects foraging choice. *Animal Behaviour*. 39: 338-345.
- Caraco, T., y Lima, S. (1987). Survival, Energy budget and Foraging Risk. En Commons, J. E. Kacelnik, A. y Shettleworth, S. (eds). *Quantitative Analyses of Behavior: vol 6 Foraging*. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey.
- Caraco, T., Martindale, S., Whittam, T. (1980). An empirical demonstration of risk-sensitive foraging preferences. *Animal Behaviour*. 28: 820-830.

Case, D., Nichols, P. y Fantino, E. (1995). Pigeon's preference for variable-interval water reinforcement under widely varied water budgets. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 64: 299-311.

Davey, G. (1989). Behavioral ecology. En G. Davey *Ecological learning theory*. pp 2236-254. Garland Press. N.Y.

Davison, M. C. (1969). Preference for mixed interval versus fixed interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 12: 247-252.

Davison, M. C. (1972). Preference for mixed interval versus fixed interval schedules: Number of component intervals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 17: 169-176.

Essock, S., y Reese, E. (1974). Preference for and effects of variable as opposed to fixed-reinforcer duration. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21, 89-97.

Fantino, E. (1967). Preference for mixed- versus fixed-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 10: 35-43.

Hamm, S.L., Shettleworth, S.J.(1987). Risk aversion in pigeons. *Journal of experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 13(4): 376-383.

Hastjarjo, T., Silberberg, A., y Hursh, S.R.(1990). Risky choice as a function of amount and variance in food supply. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 53: 155-161.

Herrnstein, R.J. (1964). Aperiodicity as a factor in choice. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*. 7: 179-182.

Kahneman, D., y Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*. 47: 263-291.

Kagel, H., Battalio, R. C., y Green, L. (1995). *Economic Choice Theory: An Experimental Analysis of Animal Behavior*. Cambridge University Press. N.Y.

Kagel, H.J., Green, L. y Caraco, T. (1986). When foragers discount the future: constraint or adaptation?. *Animal Behaviour*. 34: 271-283.

Kagel, H.J., MacDonald, D.N., Battalio, R.C., White, S., Green, L. (1986). Risk aversion in rats (*Rattus Norvegicus*) under varying levels of resource availability. *Journal of Comparative Psychology*. 100: 95-100.

Kaminsky, B.J., y Ator, N.A. (1995). "Risky choice" in rats as a function of intertrial-interval length. Poster presentado en el congreso de la Association for Behavior Analysis, Washington D.C., mayo, 1995.

Killeen, P. (1968). On the measurement of reinforcement frequency in the study of preference. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*. 11: 263-269.

Logan, F. A. (1965). Decision making by rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 59: 284-287.

Lawes, M.J., Perrin, M.R., (1995). Risk-sensitive foraging behaviour of the round-eared elephant shrew (*Macroscelides proboscideus*). *Behavioural Ecology and Sociobiology*. 37:31-37.

Mazur, J. E. (1984). Tests of an equivalence rule for fixed and variable reinforcer delays. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 10: 426-436.

Mazur, J. E. (1985). Probability and delay of reinforcement as factors in discrete trial choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 43: 341-351.

Mazur, J. E. (1987). An adjusting schedule for studying delayed reinforcement. En M.L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin, y H. Rachlin (eds), *Quantitative analyses of behavior: vol 5 Reinforcer value: the effect of delay and intervening events* pp 55-73. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey.

- Menlove, R. L. , Inden, H. M. y Madden, E. G. (1979). Preference for fixed over variable acces to food. *Animal learning & Behavior*. 7: 499-503.
- Pubols, B. H. (1962). Constant versus variable delay of reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 55: 52-56.
- Real, L.A. (1981). Uncertainty and pollinator-plant interactions: the foraging behavior of bees and wasps on artificial flowers. *Ecology*. 62:20-26.
- Real, L. Y Caraco, T. (1986). Risk and foraging in stochastic environments. *Annual Review of Ecology and Systemics*. 17:371-390.
- Real, L.A., Ott, J. Y Silverfine, E. (1982). On the tradeoff between mean and variance in foraging: an experimental analysis with bumblebees. *Ecology*. 63:1617-1623.
- Rider, P. (1983). Preference for mixed versus constant delays of reinforcement: Effect of probability of the short, mixed delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*.39: 257-266.
- Shettleworth, S. (1988). Foraging as operant behavior and operant behavior as foraging: what have we learned?. *The Psychology of learning and motivation*, 22, 1-49.
- Staddon, J. E. R. (1979). Operant Behavior as Adaptation to Constraint. *Journal of Experimental Psychology: General*. 108, 48-67.
- Staddon, J. E. R. y Ettinger R. H. (1983). *Learning. An introduction to the principles of adaptive behavior*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Staddon, J. E. R., y Reid, A. K. (1987). *Adaptation to reward*. En A. C. Kamil, J. R.Krebs. y H. R Pulliam (Eds), *Foraging behavior*. Plenum: New York
- Stephens. D.W. y Charnov, E. L.(1982). optimal foraging: some simple stochastic models. *Behavioural Ecology and Sociobiology*. 10: 251-263.

Stephens, D.W., y Krebs, J.R. (1986). Foraging Theory. Princeton University Press, Princeton.

Stephens, D.W., Paton, S.R. (1986). How constant is the constant of risk aversion? *Animal Behaviour*. 34: 1659-1667.

Tversky, A. y Kahneman, D., (1984). Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*. 5: 297-323.

Waddington, K.D., Allen, T., Heinrich, B. (1981). Floral preferences of bumblebees (*bombus edwardsii*) in relation to intermittent versus continuous rewards. *Animal Behaviour*. 29:779-84.

Wunderle, J. M. Jr., Castro, M. S., y Fetcher, N., (1987). Risk-averse foraging by bananaquits on negative energy budgets. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 21: 249-255.

Young, J. S. (1981). Discrete-trial choice in pigeons: effects of reinforcer magnitude. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 35, 23-29.

Zabludoff, S. D., Wecker, J., y Caraco, T. (1988). Foraging choice in laboratory rats: constant vs. variable delay. *Behavioural processes*. 16: 95-110.