

Resumen

Como dice Daniel Dennett, en *La Evolución de la Libertad*, la teoría evolutiva de los juegos nos brinda conceptos que son imprescindibles para entender cómo pudo haber evolucionado la moral en los animales. Tal vez pueda ayudar a poner en cuestión la ideología de género, pensar si en realidad existe algo como el patriarcado y porque las políticas de género muestran ser tan ineficaces. La teoría evolutiva de los juegos fue creada por John Maynard Smith y se hizo muy conocida con el libro *El Gen Egoísta* de Richard Dawkins.

En este trabajo implementa varios de los juegos de la teoría evolutiva de los juegos. Siguiendo el libro *Evolución y Teoría de los Juegos* de John Maynard Smith, empiezo simulando una población donde todos los individuos son iguales y existen solo 2 estrategias para resolver conflictos, compartir y pelear. Luego agregaremos una diferencia arbitraria entre los individuos, por ejemplo, individuos que son residente e individuos que son intrusos. Luego usaremos esa diferencia arbitraria entre los individuos para definir estrategias condicionales. Una estrategia condicional es una estrategia del tipo 'si tu oponente es intruso pelea en caso contrario comparte'. Después veremos qué sucede cuando convertimos la diferencia arbitraria en diferencias que influyen en el resultado de una pelea, por ejemplo, hay individuos que se diferencian en tamaño y fuerza, y estrategias condicionales del tipo pelea solo si mi oponente es más grande y fuerte. Por últimos consideremos una población formada por individuos distintos, por ejemplo machos y hembras, pero donde cada tipo de individuo tiene diferente conjunto de estrategias, por ejemplo, los machos no pueden usar las estrategias fieles y atorrantes, mientras que las hembras sólo pueden usar las estrategias fáciles y esquivas.

En la implementación nos encontramos con una serie de dificultades, por ejemplo si los individuos más aptos tienen 2 o más descendientes el crecimiento es exponencial y en pocas generaciones nos quedamos sin recursos. Analizamos cuales son las capacidades cognitivas mínimas que tienen que tener los organismos simulados, cómo influye la distancia mínima que tienen que estar dos individuos para que surja un conflicto, juego de halcones y palomas, el dilema del prisionero repetido, algunas condiciones para que pueda surgir la cooperación en individuos que no están relacionados genéticamente, guerra de desgaste, carrera armamentística, juegos asimétricos y simétricos.

Si la mitad de la población comparte y la otra mitad pelea ¿qué sucederá si se deja evolucionar la población? Si la población está formada inicialmente por n individuos chicos que pelean solo si su oponente es más grande y por k individuos grandes que pelean solo si su oponente es más chico ¿porque individuos estará formada la población luego de varias generaciones de evolución? Nos preguntamos qué sucede con distintas poblaciones a las que se las deja evolucionar. Realizo varias simulaciones y analizo los resultados obtenidos..

Introducción



Al igual que nosotros, los animales también necesitan determinados recursos para vivir y reproducirse. Por ejemplo, un animal no puede vivir sin agua ni comida. Para nosotros todas las cosas tienen un precio. El precio depende de la oferta y la demanda. El kilogramo de naranja vale más caro en verano que en invierno porque es menor la oferta que la demanda.

Una pregunta interesante es cómo poder asignar valor a los recursos que los animales necesitan. Podríamos asignar a un recurso un valor equivalente al aumento en aptitud darwiniana. Maynard Smith dice, supongamos que en promedio un animal que vive en un ambiente favorable tiene 5 crías mientras que si el mismo animal viviera en un ambiente desfavorable tendría en promedio 3 crías, entonces podríamos asignar al ambiente favorable un valor de 2 pagos, la diferencia entre 5 crías del ambiente favorable y las 3 crías del ambiente desfavorable.

Esta forma de definir el valor que un recurso tiene para un animal no es perfecta. En nuestra especie las personas pobres y sin estudios tienen muchos más hijos que las personas ricas. Esto no significa que los pobres tengan una mayor aptitud darwiniana que los ricos, ni que una villa miseria es un ambiente favorable y un barrio privado es un ambiente desfavorable. Se puede decir que nuestra especie es un caso particular, atípico, ninguna otra especie pudo construir un estado benefactor.

Otro argumento por el cual definir el valor del recurso como la diferencia entre cantidades de crías no es perfecto. Un animal puede tener muchas más crías que otro y no necesariamente ser más apto. Por ejemplo un animal puede tener 20 crías y otro solo 3 crías. Puede ser que todas las crías del que tuvo 20 se mueran al mes porque los padres no puedan alimentar a todas las crías o no puedan decidir a qué cría dejar morir, mientras que el animal que tuvo solo 3 crías se convirtió en abuelo de varios nietos. Para que sea correcto hay que completar la frase de la siguiente manera, un animal en un ambiente favorable tiene más crías que llegan a la edad adulta, y a su vez estas crías tienen crías.

En los modelos que presentamos vamos a suponer que los recursos son divisibles y que a los animales les conviene tener la mitad del recurso antes que quedarse sin nada, o que buscar un recurso de menor valor. En la vida real no solamente hay recursos que no se pueden dividir, sino que también hay situaciones en las cuales a ningún animal le conviene compartir un recurso. Por ejemplo, supongamos que el recurso es un ambiente favorable y al animal le da 10 pagos, mientras que el animal que se queda con el ambiente desfavorable obtiene 8 pagos. En esta situación a nadie le conviene compartir y tener 5 puntos, ya que si se fuera al ambiente desfavorable obtendría 8 puntos que es mayor que los 5 puntos obtenidos al compartir el ambiente favorable.

Las plantas y otros animales son recursos que sirven como alimentos. Las plantas producen sabores desagradables, las gacelas corren más rápido que los leones, la vista de los pájaros mejora para ver a insectos que se camuflan cada vez mejor. En este modelo no vamos a considerar la carrera armamentística entre presa y depredador. Vamos a suponer que en cada posición del tablero, el ambiente donde se desarrolla la simulación, hay recursos que los animales necesitan.

Cuando dos o más individuos quieren el mismo recurso no sube el precio, como sucede en una subasta. En el modelo el valor del recurso está fijo, como vimos al principio, está en relación con la diferencia entre la cantidad de crías del individuo que obtuvo el recurso y el que se quedó sin el recurso. Cuando dos individuos quieren el mismo recurso se produce un conflicto que se puede resolver de diferentes formas. El recurso se puede compartir o los animales pueden pelear por el recurso. Solo si los dos animales están dispuestos a compartir el recurso se comparte. Si solo uno está dispuesto a compartir y el otro quiere pelear, entonces el que estaba dispuesto a pelear se queda con el recurso. Si los dos animales están dispuestos a pelear, entonces el ganador se queda con el recurso mientras que el perdedor sufre una penalidad. Se puede pensar como el tiempo de reposo para recuperarse, porque perder un combate no afecta el desempeño del individuo en futuros combates.

En la vida real, cuando dos animales deciden pelear, ambos pagan un costo, no sólo el perdedor. Por ejemplo, si el costo está dado por el tiempo que duró la pelea, tanto el ganador como el perdedor perdieron el mismo tiempo en la pelea. En los juegos de guerra de desgaste el ganador obtiene el recurso, pero ambos pagan el mismo costo, el costo que estaba dispuesto a pagar el que perdió. Siguiendo el libro de Maynard Smith, Evolución y Teoría de los Juegos, yo implemente modelos donde sólo el perdedor paga el costo y comparé la simulación con los resultados analíticos deducidos en el libro. ¿Por qué los animales no son siempre agresivos? ¿Habrá situaciones en las que a los animales no le convenga pelear? ¿En qué situaciones conviene compartir? Lo natural es el aumento de la entropía, es más fácil romper que construir, lo que hay que explicar es porque los animales en vez de pelear algunas veces prefieren compartir. Estas son preguntas que se intentará responder con un modelo simple.

No es fácil saber qué valor tiene un recurso para un animal, ni asignar el costo que tiene una pelea perdida. Además, como dijimos al principio, el valor del recurso está dado por diferencia entre cantidades de crías, mientras que el costo está dado en tiempo perdido o lesiones recibidas. Hay un problema con los tipos, faltan factores

de conversión, que convierten diferencia de crías, tiempo perdido y lesiones recibidas en puntos. Tampoco es fácil encontrar una función que convierta puntos en cantidad de descendientes. Las predicciones en biología ni tienen la misma precisión que en física o astronomía. Por ejemplo. Tenemos 2 especies muy emparentadas genéticamente, una vive en un ambiente hostil mientras que la otra vive en un ambiente donde sobre el alimento, el alimento va a tener un mayor valor para la especie que vive en un ambiente hostil y por lo tanto se va a esperar que sea más agresiva, que las peleas entre los miembros sean más duras, mientras que la otra especie no sería raro que compartieran el alimento. En una especie donde los machos viven en harenes, con muchas hembras, el valor del recurso, muchas hembras, tiene un valor muy alto y se esperaría peleas muy agresivas entre machos.

Los individuos suman puntos con cada recurso ganado, o compartido, y restan puntos con las peleas perdidas. Cuando un individuo llega a una determinada edad se reproduce asexualmente, creando copias de sí mismo, y luego muere. La cantidad de copias que se crean del individuo dependen de la cantidad de puntos que tenga. Mientras más puntos tengan más copias crea. Los hijos son clones de sus padres, tienen la misma forma de resolución de conflictos. Si los padres resolvían los conflictos peleando, los hijos van a resolver los conflictos peleando. Si los padres resolvían los conflictos compartiendo, los hijos van a resolver los conflictos compartiendo.

¿Cuáles son las capacidades cognitivas que el modelo supone que tienen los organismos? ¿Para poder usar el modelo será necesario que los organismos puedan reconocerse individualmente, que tengan memoria, que puedan recordar cómo les fue en peleas que hayan tendido? Por ejemplo. Modelos para el altruismo suponen que los organismos se puedan reconocer individualmente, que puedan reconocer a individuos altruistas y ayudar a los que son altruistas, como dice Dawkins, si un individuo con el gen para el altruismo se tira al río para salvar a 10 individuos con genes de altruismo, no importa si el individuo que se tiró al río muera, si se salvaron 10 individuos el gen para el altruismo tendrá una ventaja evolutiva. De igual manera modelos para la cooperación suponen que los organismos están jugando el dilema del prisionero repetido, que son mayoría los que están cooperando y entonces la mejor estrategia es empezar cooperando y después hacer lo que hizo el otro jugador en el pasado.

		What you do	
		Cooperate	Defect
What I do	Cooperate	Fairly good REWARD I get blood on my unlucky nights, which saves me from starving. I have to give blood on my lucky nights, which doesn't cost me too much.	Very bad SUCKER'S PAYOFF I pay the cost of saving your life on my good night. But on my bad night you don't feed me and I run a real risk of starving to death.
	Defect	Very good TEMPTATION You save my life on my poor night. But then I get the added benefit of not having to pay the slight cost of feeding you on my good night.	Fairly bad PUNISHMENT I don't have to pay the slight costs of feeding you on my good nights. But I run a real risk of starving on my poor nights.

En el modelo que implementó no hay reconocimiento individual, los organismos no saben si se encontraron anteriormente con el mismo individuo, no tienen memoria y el resultado de las luchas pasadas influye sobre futuras peleas. Aunque el modelo supone que no hay reconocimiento individual, ni memoria del pasado, en ciertas circunstancias se puede aplicar a organismos superiores. Por ejemplo, en una pelea de tránsito, con alguien desconocido, hay muy baja probabilidad de volver a encontrarse a la misma persona en el futuro. El costo de una pelea puede ser tiempo en cárcel o desaprobación social mientras que el valor del recurso un lugar donde estacionar el vehículo.

¿A qué distancia tienen que estar dos animales para que tengan un conflicto? No es necesario que estén en la misma celda del tablero, pueden estar en casilleros adyacentes o pueden estar más lejos, puede estar uno en una punta del tablero y el otro en la otra punta. La vecindad es un parámetro de la simulación. Si ponemos que todos los agentes sean vecinos de todos encontramos que los resultados obtenidos en la simulación son muy similares a los deducidos analíticamente. Hay modelos donde la vecindad afecta muchísimo más los resultados que se obtienen. Anteriormente hablamos de modelos para el altruismo y la cooperación. Dijimos que solo cuando la mayoría de la población está cooperando, cooperar es la mejor estrategia. Si la mayoría de la población no está cooperando entonces desertar, la estrategia no cooperativa, es la mejor estrategia. Ahora bien, cooperar tiene la propiedad de que cuando se encuentra con copias de sí mismo les va muy bien, les va mucho mejor que cuando copias que desertan se encuentran entre sí. Por lo tanto si para considerarse vecinos tienen que estar muy cerca y los descendientes nacen cerca de sus padres, la población de los que cooperan crecen mucho más rápido que los que desertan y en pocos pasos cooperar se hacen mayoría, condición para que cooperar sea la mejor estrategia en toda la población.

La explosión demográfica es un problema en nuestra especie y en la simulación. Si la mitad de la población con mayor puntaje, los más aptos, tienen 2, o más

descendientes, el crecimiento es exponencial. Si tan solo el 10% de la población con mayor puntaje tiene 2 o más descendientes y el resto de la población solo un descendiente el crecimiento sigue siendo exponencial. En cambio, si los individuos más aptos tienen un solo descendiente y el resto no tiene ningún descendiente, en cada generación la población se va reduciendo. En la naturaleza, son raros los casos de poblaciones de animales que crecieron hasta agotar todos los recursos. Biólogos como Lorenz pensaron en selección de grupo, por el bien de la especie los animales reducen la tasa de natalidad cuando se van quedando sin recursos. La explicación de Dawkins es otra: Tener un hijo tiene un costo y solo se obtiene una ganancia cuando el hijo llega sano y salvo a la edad adulta y da nietos. Podemos suponer que en la población hay individuos que, independientemente de su aptitud, están genéticamente programados para tener una camada de 20 crías y hay individuos que están programados para tener 3 crías. Si el individuo que tuvo 20 crías no pudo alimentarlos, murieron todos sus hijos y, entonces, dejó menos descendiente que alguien que solo tuvo 3 crías, que pudo alimentar a las 3 crías y que todos llegaron sanos y salvos a la edad adulta dejando nietos. Esto da como resultado una regulación dinámica de la cantidad óptima de hijos. La solución al problema de la sobrepoblación implementada en la simulación fue la siguiente: Si la cantidad de individuos que hay población es menor que N , el 20% de los individuos más aptos tienen 2 descendiente y el resto un solo descendiente. Si la cantidad de individuos es mayor, eliminé aleatoriamente individuos de la población, cual deriva genética, quedándome con una población de la mitad del tamaño original.

En vez de decir que luego de varias generaciones la población va a estar compuesta por un porcentaje programado genéticamente para responder pelear y otro porcentaje para responder compartir, puedo decir que una población de individuos, genéticamente iguales, luego de varias experiencias de aprendizaje, un porcentaje de las veces va a responder peleando y otro porcentaje de las veces va responder compartiendo. Esto es, tener una población formada por un porcentaje de individuos programados para responder pelear y otro porcentaje programado para responder compartir es equivalente a tener una población formada por individuos iguales donde un porcentaje de las veces responde pelear y otro porcentaje de las veces responde compartir. Lo que varía es el porcentaje del tiempo que los individuos le dedican a realizar cada una de las estrategias y no el porcentaje de individuos de la población que realizan cada una de las estrategias puras. En vez de convertir los puntos en descendientes, se altera la frecuencia de emisión de las distintas conductas de acuerdo a puntos conseguidos. De esta forma, así como los descendientes alteraban la proporción de individuos que había en la población, los puntos que los individuos consiguen refuerzan la emisión de las distintas conductas.

Los modelos simples pueden volverse gradualmente más complejos. Esperamos que medida que se vuelven más complejos se asemejen más al mundo real.

Primero supondremos una población donde todos los individuos son exactamente iguales, son todos clones. Luego, un gen mutado da como resultado una diferencia en la forma de resolución de conflictos, unos van a resolver los conflictos peleando mientras que otros van a resolver los conflictos compartiendo. La única diferencia que va a producir la mutación es la forma de resolver conflictos, en el resto siguen siendo exactamente iguales, no hay ninguna diferencia física entre los individuos.

Después, otra mutación, o las condiciones de existencia, produce una diferencia arbitraria. Por ejemplo, unos son residentes y los otros intrusos, unos son viejos otros jóvenes, unos muy gordos otros muy flacos, unos tienen barba verde y los otros son lampiños. Esta diferencia no influye en la fuerza física, ni en la capacidad de lucha. En una pelea tienen la misma probabilidad de ganar. Usando esta diferencia arbitraria entre los individuos podemos introducir estrategias condicionales, por ejemplo, pelear solo si mi oponente es un intruso o, pelear solo si mi oponente tiene barba verde y compartir en caso contrario.

Luego, otra mutación produce diferencia entre los individuos pero ahora la diferencia no es arbitraria, la diferencia influyen en la fuerza o en la capacidad de lucha. Veremos qué pasa cuando los individuos se diferencian en atributo que influye en la fuerza o en la capacidad de lucha. Individuos grandes que ganan la mayoría de las peleas contra los chicos. Nos preguntaremos si puede haber situaciones en las que sea una buena idea usar estrategia condicional paradójica, esto es, pelear con oponentes que son de mayor tamaño y cuando el oponente es de menor tamaño huir.

Por último realizaremos simulaciones en una población formada por individuos de distinto tipo, por ejemplo, machos y hembras. Cada tipo de individuo tiene distintas estrategias, por ejemplo, los machos tienen las estrategias fiel y atorrante y las hembras las estrategias fáciles y esquivas.

Nota: Si bien el juego se conoce como el juego de Halcones y Palomas yo voy a llamar individuos que usan la estrategia pelear a los halcones e individuos que usan la estrategia compartir a las palomas. Cuando yo intente explicar el juego note que la gente suponía que los halcones eran más grandes físicamente que las palomas. Maynard Smith dice que cuando dos palomas se enfrentan el recurso se comparte de manera equitativa entre los dos participantes. Mientras que Dawkins dice cuando una paloma se enfrenta a otra paloma nadie saldrá lesionado; se limitarán a asumir una postura, una frente a la otra, durante un largo tiempo hasta que una de ellas se canse o decida no molestarse más y, por lo tanto, ceda. Más allá de las palabras, el juego tiene la misma tabla de pagos que es lo único que importa.

1. ¿En ambientes desfavorables las luchas serán más crueles?

En el primer modelo que implementamos suponemos que todos los individuos son exactamente iguales, no se diferencian en nada, hasta que surge un conflicto. Unos resuelven los conflictos compartiendo y otros peleando. No sabe qué estrategia va a usar el oponente hasta que empiece el combate. No hay discriminación individual, no sé si tuve un conflicto anterior con el mismo oponente, ni se cómo se comportó en disputas anteriores.

Todo individuo de la población se clasifica según el tipo de estrategia. Una de las estrategias es compartir, la otra estrategia es pelear. Si alguien que usa la estrategia pelear tiene un conflicto con alguien que usa la estrategia compartir, ésta se alejará rápidamente, así no resultará dañada, cediendo el recurso al violento. Si alguien que usa la estrategia pelear tiene un conflicto con otro que usa la estrategia pelear, continuarán la lucha hasta que uno de ellos resulte gravemente herido. Si alguien que usa la estrategia compartir se enfrenta a otra que use la estrategia compartir nadie saldrá lesionado; el recurso se comparte de manera equitativa entre los dos participantes.

1.1.Matriz de pagos del juego

	<i>H</i>	<i>D</i>
<i>H</i>	$\frac{1}{2}(V-C)$	<i>V</i>
<i>D</i>	0	<i>V/2</i>

H (hawk), son los que pelean, la D (dove), son los que comparten. E(H, D) pago de un individuo que adopta H contra un oponente que adopta D. V es el valor del recurso y la C es el costo de perder una pelea.

Cuando se enfrenta compartir con pelear, pelea obtiene el recurso y compartir no suma nada. V, el valor del recurso, en el casillero (H, D) y 0 en el casillero (D, H).

Cuando se enfrentan dos que comparten, cada uno obtiene la mitad del recurso. V/2 en el casillero (D, D).

¿Qué pasa cuando se enfrentan dos que pelean? Tenemos que usar la hipótesis de que son físicamente iguales. Cómo son físicamente iguales tienen la misma probabilidad de ganar que de perder. Esto es, la mitad de las veces va a ganar y la otra mitad de las veces va a perder. V/2 - C/2, que es igual a (V - C)/2, en el casillero (H, H).

	H	D
H	(1/2)(V-C), (1/2)(V-C)	V,0
D	0,V	V/2,V/2

¿Qué es una estrategia evolutiva estable (ESS)? Supongamos que tenemos dos estrategias I y J. Consideremos una población de individuos con estrategia I a la que se agrega una pequeña fracción de individuos con estrategia J. Decimos que I es una

estrategia estable, si cuando la aptitud de los individuos que adoptan I es mayor que la aptitud de los individuos que usan la estrategia J, esto es, los mutantes no pueden invadir la población.

Definimos la aptitud darwiniana como el valor esperado de los pagos de la estrategia. La aptitud darwiniana de la estrategia I es la probabilidad de que el oponente use la estrategia I por el pago de enfrentarme con alguien que usa la estrategia I más la probabilidad de que el oponente use la estrategia J por el pago que da enfrentarse con alguien que usa la estrategia J.

$W(I)$, la aptitud darwiniana de los individuos que adoptan I, es

$$W(I) = (1 - p) * E(I, I) + p * E(I, J)$$

Y la aptitud de la estrategia J

$$W(J) = (1 - p) * E(J, I) + p * E(J, J)$$

Luego, I es evolutivamente estable si se cumple para todo valor suficientemente pequeño de $p > 0$, la inecuación siguiente:

$$W(I) > W(J)$$

Por definicion de W :

$$(1 - p) * E(I, I) + pE(I, J) > (1-p) * E(J, I) + p * E(J, J)$$

Dado que p es menor de 1 y muy pequeño tenemos que, $pE(I, J)$ y $pE(J, J)$ también son muy pequeños. De esto podemos sacar una condición simple para estrategia evolutivamente estable:

$$E(I, I) > E(J, I) \text{ o}$$

$$E(I, I) = E(J, I) \text{ y } E(I, J) > E(J, J)$$

Para que I sea evolutivamente estable, el pago usando la estrategia I contra I debe ser mas grande que los pagos usando la estrategia J contra I.

Si las estrategias I y J son igualmente buenos cuando se enfrenta contra alguien que usa la estrategia I, entonces I es evolutivamente estable, los jugadores de I deben hacerlo mejor en sus interacciones que los jugadores J con jugadores J entre sí.

Volviendo al modelo simple, el juego de individuos iguales que comparten y pelean, la estrategia compartir no es ESS, porque $E(D, D) < E(H, D)$. Esto significa que una población de individuos que usan la estrategia compartir puede ser invadida por un mutante que use la estrategia pelear.

La estrategia pelear es ESS si $(1/2) * (V - C) > 0$, simplificando, es ESS cuando $V > C$

Si el valor del recurso es mayor que el coste de las lesiones producida por la pelea al cabo de un par de generaciones todos los individuos pelearan.

Si $V < C$, ninguna de las estrategia puras, compartir o pelear, es un ESS

Si el valor del recurso es menor que el costo de perder una pelea entonces hay una estrategia mixta que es ESS.

Una estrategia mixta es una estrategia que elige con una probabilidad p una de las estrategias y con una probabilidad $(1 - p)$ la otra estrategia.

Si I es una estrategia mixta ESS, se puede demostrar que el pago del enfrentamiento de dos individuos que usen la estrategia mixta es igual el pago de un individuo que use la estrategia mixta contra un individuo que use la estrategia compartir y a si vez es igual al pago del enfrentamiento entre alguien que use estrategia mixta contra alguien que use pelear. Esto es:

$$E(I, I) = E(H, I) = E(D, I)$$

Usando esta propiedad podemos deducir cual es la probabilidad. Sea P la frecuencia relativa de individuos que adoptan la estrategia pelear en la población.

$$E(H, I) = E(D, I)$$

$$P * E(H, H) + (1 - P) * E(H, D) = P * E(D, H) + (1 - P) * E(D, D)$$

$$(1/2) * (V-C) * P + V * (1-P) = (1/2) * V * (1-P)$$

$$P = V/C$$

Si el valor del recurso es menor que el costo de lesión, obtenemos que el porcentaje de la población que va a compartir va a ser V/C .

La otra interpretación de la estrategia mixta es que los individuos van a usar la estrategia compartir un V/C de las veces y el resto de las veces va a pelear.

Dawkins dice que en los elefantes marinos, el premio por obtener una victoria puede estar cercano a obtener derechos casi monopolistas sobre un numeroso harén de hembras. El resultado final por el triunfo debe estar, en consecuencia, calificado bastante alto. No es de extrañar que las luchas sean crueles. El costo de perder el tiempo para un pájaro pequeño en un clima frío, por otra parte, puede ser gigantesco. Un gran paro, cuando se encuentra alimentando a sus polluelos necesita atrapar una presa cada treinta segundos por término medio.

Mientras más recursos menos violencia. Vale en términos muy generales. Puede explicar a muy grandes rasgos la evolución de la especie humana. Steven Pinker, en el libro En Defensa de la Ilustración, muestra con estadísticas, como ha ido disminuyendo la violencia y aumentado la riqueza a lo largo del tiempo. Hay que tener cuidado de sacar conclusiones a lo bestia. Hay que verificar que se cumplan las hipótesis del modelo. No se puede decir que los pobres sean más violentos que los

ricos. Puede ser que los ricos cometan delitos y no paguen un costo, alguien con plata puede matar y no ir preso. Mientras que a un pobre lo pare la policía para pedirle documento porque anda vestido a lo croto.

Veremos qué pasa en la simulación. ¿Al final de los juegos hay más individuos que resuelven sus conflictos a los golpes o deciden compartir? ¿Qué pasa si en una población donde todos comparten se agrega un violento? ¿Puede invadir la población? ¿Qué pasa con una población donde todos son violentos y se agrega uno que comparte?

1.2.Simulación del juego

Simulación: compartir o pelear en población donde todos los individuos son iguales

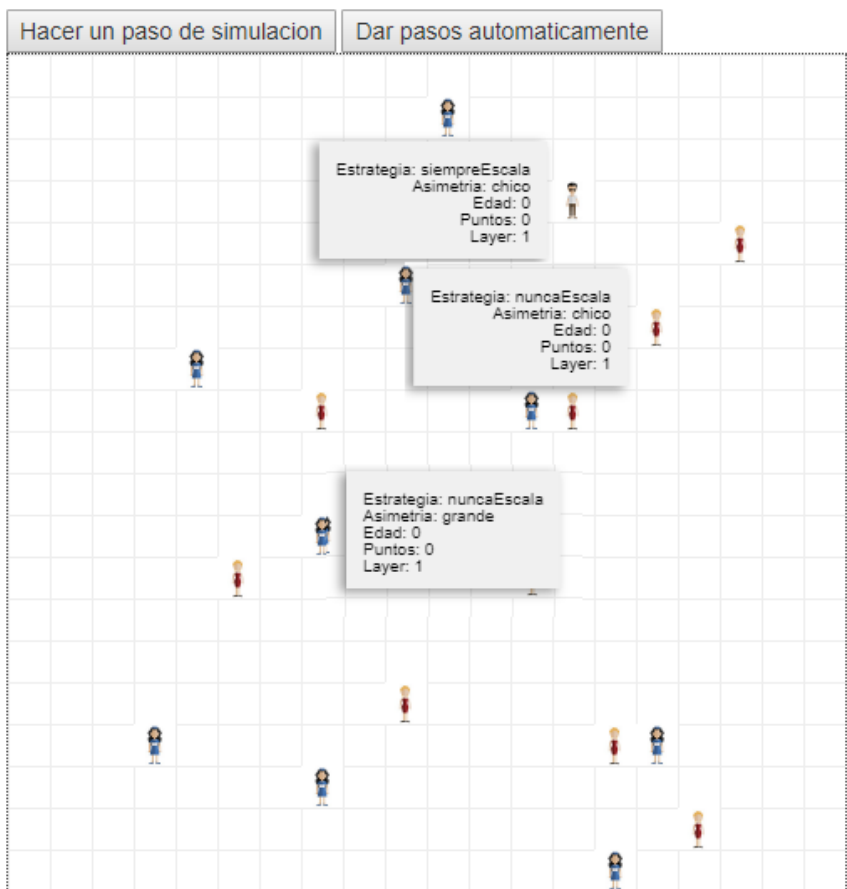
En la población todos los individuos son físicamente iguales, tienen la misma fuerza, el mismo tamaño y la probabilidad de que individuo cualquiera gane una pelea es del 0.50. Además los individuos no ven ninguna diferencia entre ellos, esto es, no puede haber estrategias condicionales del tipo “si mi oponente es un individuo grande (pequeño) entonces pelea (comparte)”.

El primer subcaso son de poblaciones donde el valor del recurso es mayor que el coste de lesión, el segundo subcaso el valor del recurso es menor que el coste de lesión

a- Valor del recurso mayor que costo de lesión

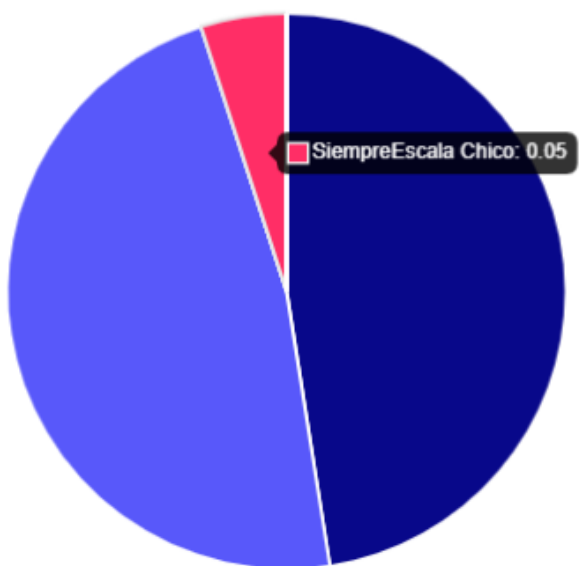
En la primera simulación todos los individuos de la población usan la estrategia de compartir, el valor del recurso es de 10 puntos, el costo de lesión es de 5 puntos, la vecindad es de 30 pasos y veremos qué pasa cuando agregamos un individuo que use la estrategia pelear.

El estado inicial de la población es el siguiente:

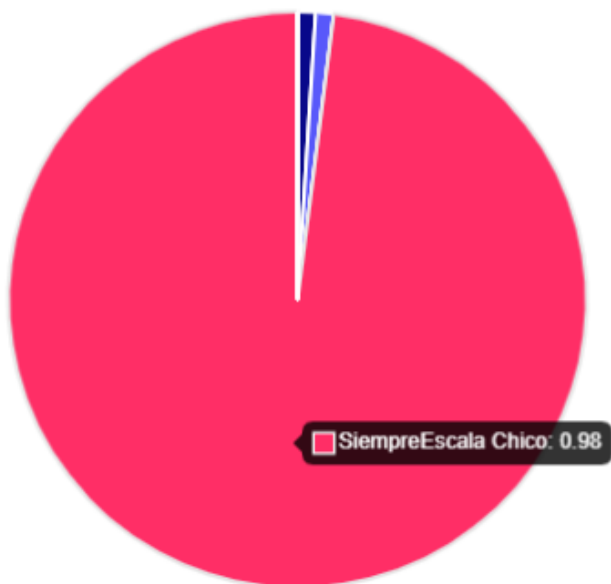


Luego de 5 generaciones todos los individuos pelean

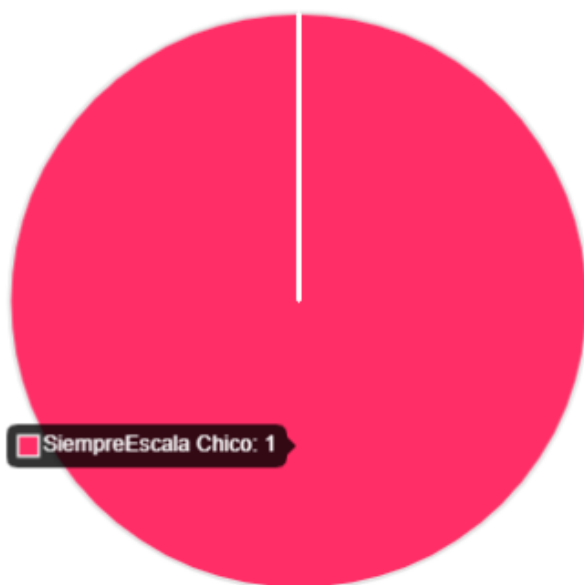
Los porcentajes iniciales son:



Porcentaje luego de 62 generaciones

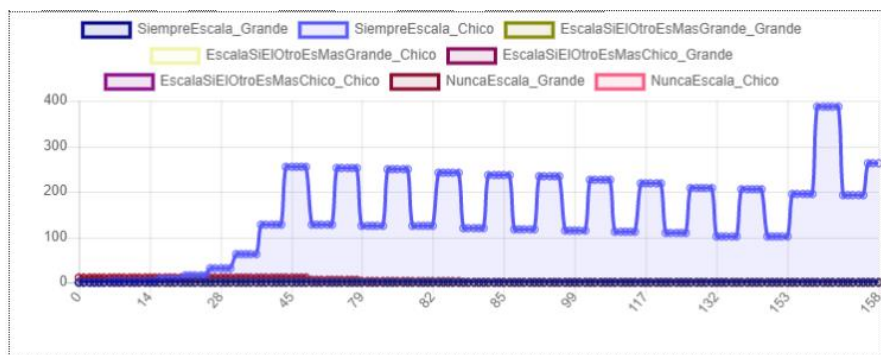


Luego de 160 generaciones los porcentajes son:

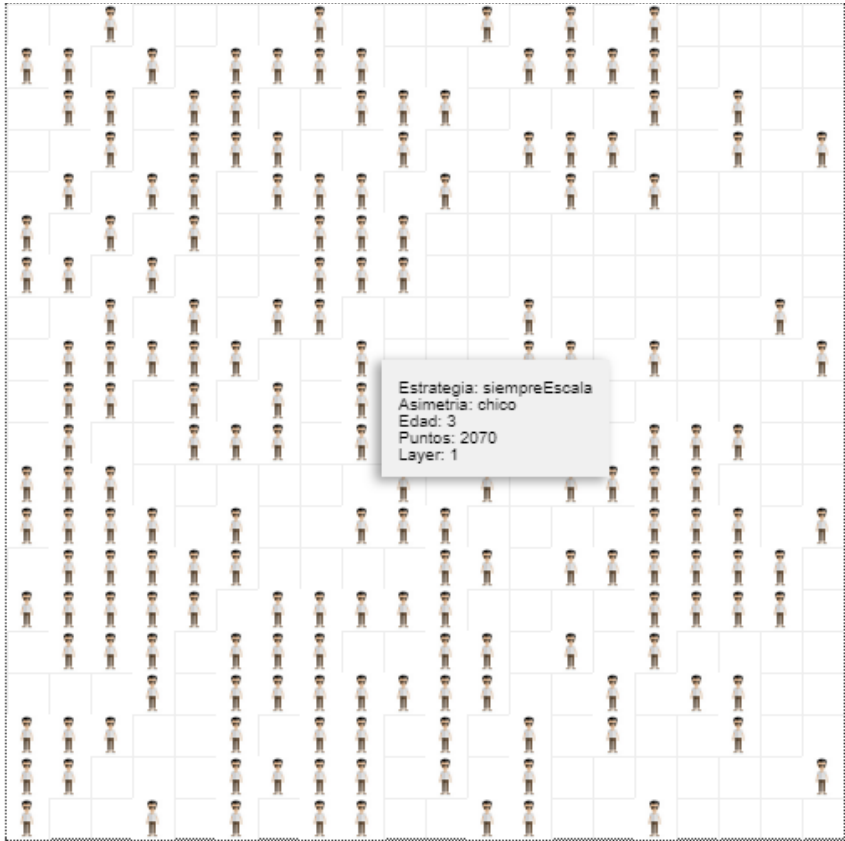


Como es lógico, si el valor del recurso es mayor que el costo de pelea todos los individuos van a pelear.

La evolución del sistema fue la siguiente:



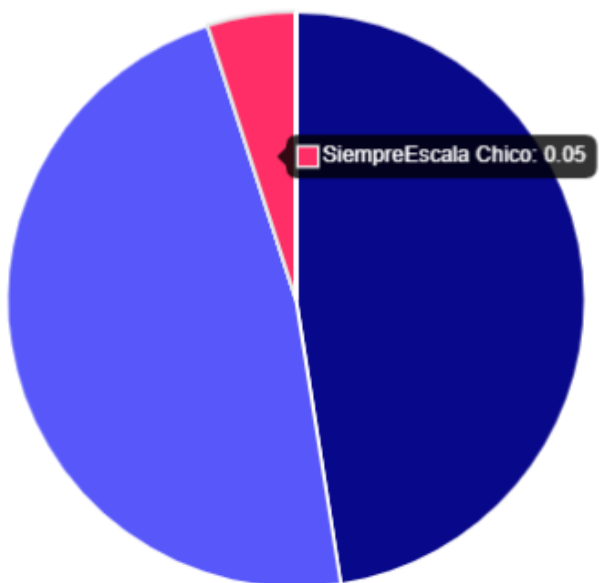
En el estado final todos pelean



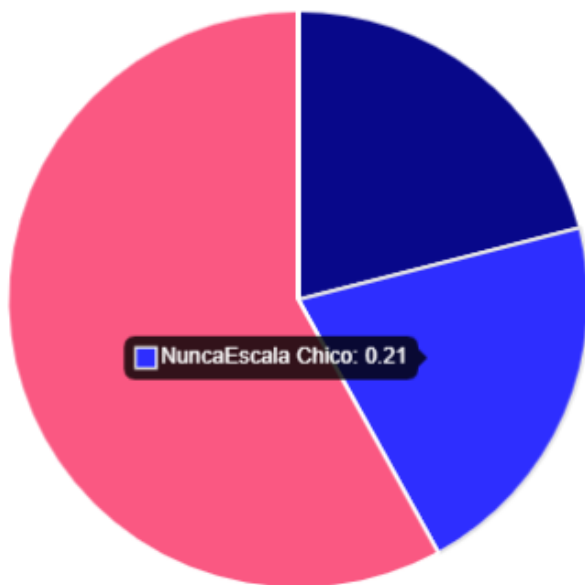
b- Valor recurso menor que el costo de lesión

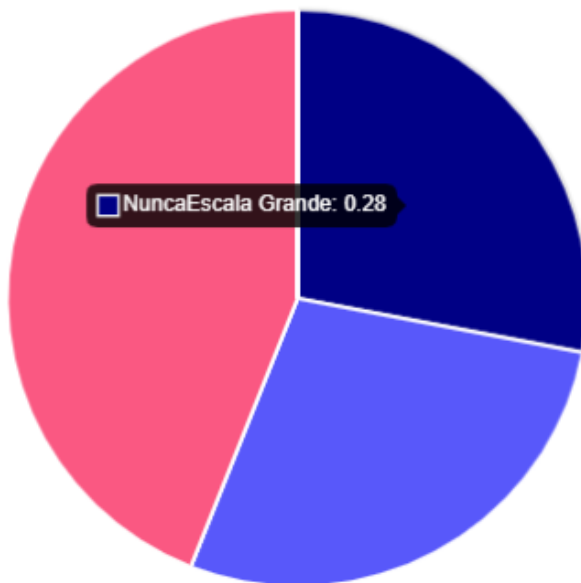
Ahora, en la población en la que todos pelean, cambiamos el valor del recurso de 10 puntos a 5 puntos, el coste de lesión de 5 puntos a 10 puntos y agregamos un individuo que comparte.

Luego de 5 generaciones tenemos el siguiente estado



Los porcentajes luego de 5 generaciones son:

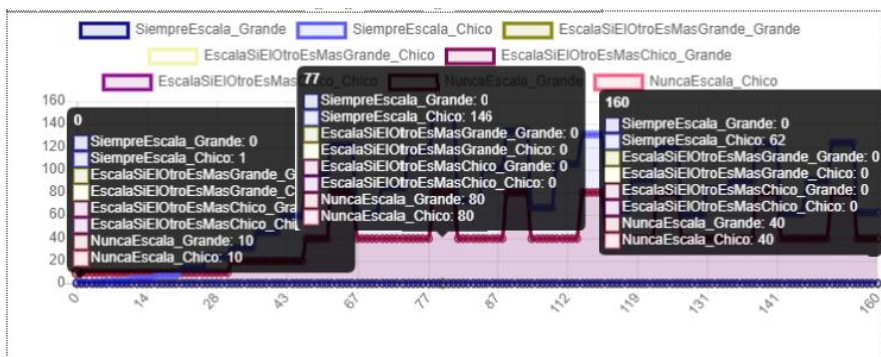


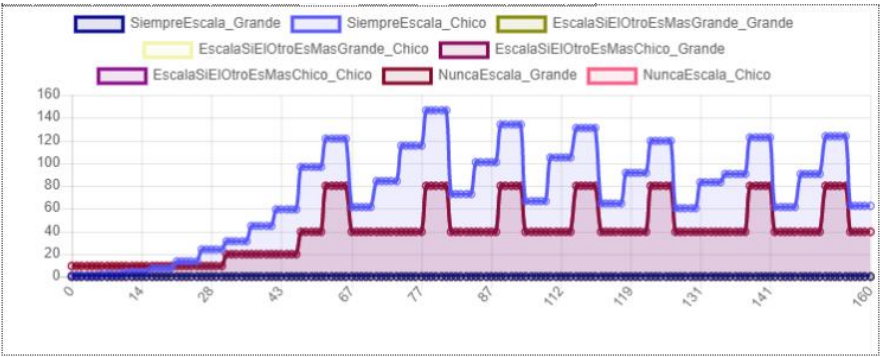


Dado que el valor del recurso, (V), es de 5 puntos y el costo de lesión, (P), es de 10 puntos el porcentaje tendría que ser, (V/C), 0.50, muy próximo a lo que se observa en la simulación.

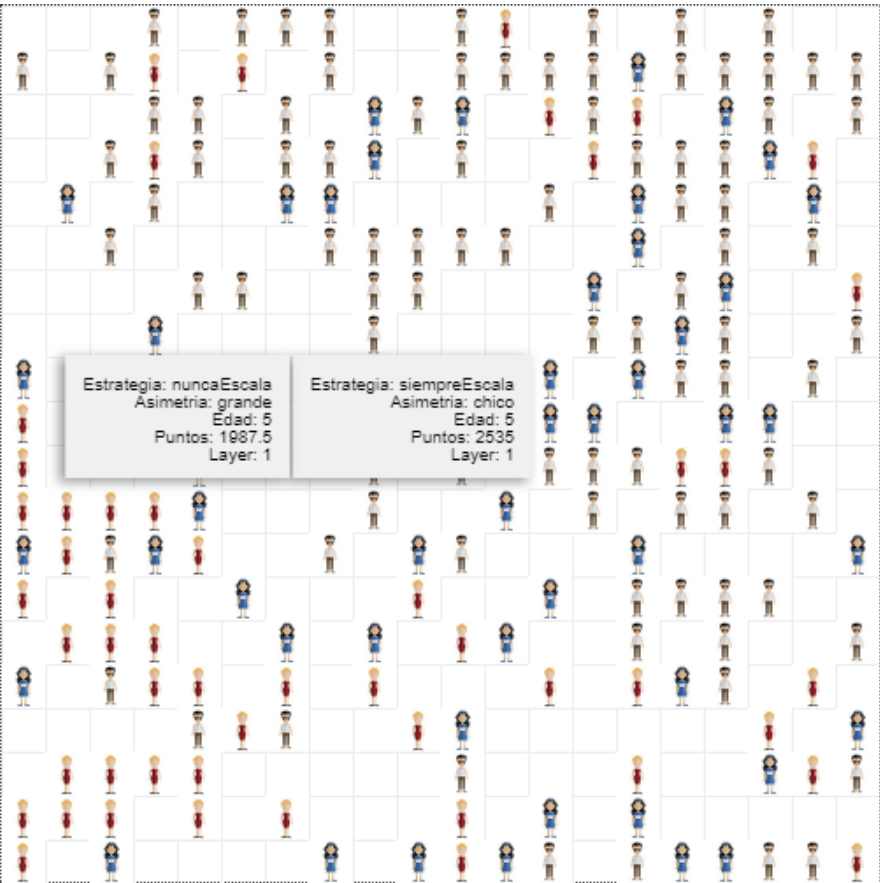
Los porcentajes encontrados simulando están cerca de los que se deducen matemáticamente.

La evolución del sistema fue la siguiente:





El estado final:



2. Si vas a roma haz como los romanos

En la vida real no somos clones, no somos todos iguales, además de la diferencia en resolución de conflictos, hay diferencias arbitrarias, como el color de pelo, joven- viejo, intruso-local que no influyen en el resultado de una pelea y hay diferencias

entre los individuos, como fuerza física o tamaño que sí influye en resultado de un conflicto. Primero vamos a considerar diferencias en atributos no influyen en el resultado de un conflicto, como tener barba verde, ser viejo-joven, residente-intruso, cabello oscuro, piel clara. Luego vamos a considerar diferencias que sí influyen en el resultado de una pelea, como ser más grande y más fuerte.

Supongamos una población con una diferencia arbitraria, puede ser individuos jóvenes o individuos viejos, individuos que son intrusos e individuos locales, además suponemos que cada individuo sabe si él es local o intruso, viejo o joven, sabe que su oponente es local o es el intruso, viejo o joven, pero no puede saber si su oponente va a estar dispuesto a compartir el recurso o pelear.

En un punto anterior se explicó el altruismo, un individuo se arroja al río y muere pero logra salvar a 10 individuos altruistas, con individuos que pueden reconocer a individuos altruistas y tienen una estrategia condicional del tipo “si el que se está ahogando es un individuo altruista tirarse al río e intentar salvarlo. En este caso no podemos tener una estrategia del tipo “comparto solo con los individuos que comparten” porque no hay indicios de si comparte o pelea, solo sé que el que se está ahogando tiene tal color de cabello, no sé si es de los que ante un conflicto pelea o comparte.

En un punto anterior también se explicó que puede surgir la cooperación en un dilema del prisionero repetido, cuando hay reconocimiento individual, memoria de encuentros anteriores y una estrategia condicional del tipo “compartir si en oportunidades anteriores el individuo compartió y desertar en caso contrario”. En el juego que estamos considerando no hay reconocimiento individual, ni memoria de conflictos pasados. Esto se puede deber a que no tengan memoria, o a que sea muy raro que dos individuos se vuelvan a encontrar en el futuro, como pueden ser un conflicto entre dos desconocidos en una gran ciudad.

Como los individuos son diferentes en algún aspecto podemos ahora agregar estrategias condicionales. Además de las estrategias simples, siempre compartir, siempre pelear, vamos a agregar una tercera estrategia, una estrategia condicional, “pelear solo si mi contrincante tiene el cabello más oscuro que mi color de cabello y compartir en caso contrario”. ¿Qué sucederá en este caso? ¿Qué estrategia me conviene a mí adoptar para ganar más puntos? ¿Si vas a roma has le de los romanos, si todos están usando la estrategia condicional me conviene hacer lo que todos hacen?

Sabemos que si el recurso vale más que el costo de una lesión conviene pelear y que si el costo de una lesión es mayor de que valor del recurso lo que conviene hacer depende de lo que está haciendo la población, va a haber un porcentaje de la población que comparte y otro que pelee, el porcentaje depende del valor del recurso y del costo de lesión, a mayor costo de lesión menor cantidad de individuos van pelear. Ahora veremos qué pasa con estrategia condicional que depende de una diferencia arbitraria que hay entre los individuos.

2.1. Matriz de pagos del juego

	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
<i>H</i>	$\frac{1}{2}(V-C)$	V	$\frac{3}{4}V - \frac{1}{4}C$
<i>D</i>	0	$\frac{1}{2}V$	$\frac{1}{4}V$
<i>B</i>	$\frac{1}{4}(V-C)$	$\frac{3}{4}V$	$\frac{1}{2}V$

Dawkins dice Supongamos que todos los individuos representen «el residente gana, el intruso huye». Ello significa que ganarían la mitad de sus batallas y perderían el resto. Nunca resultan heridos y nunca perderían el tiempo, ya que todas las disputas quedarían inmediatamente zanjadas por una convención arbitraria. Consideremos ahora a un nuevo mutante rebelde. Supongamos que él juega la estrategia del halcón, siempre atacando y nunca retirándose. Ganará cuando su adversario sea un intruso. Cuando su adversario sea un residente, correrá un grave riesgo de resultar herido. Como promedio obtendrá un resultado menor que los individuos que aceptan las reglas arbitrarias de la EEE. Una mera asimetría arbitraria y aparentemente irrelevante pueda dar origen a una EEE, ya que puede ser utilizada para arreglar rápidamente las contiendas. Pongamos un ejemplo: se dará a menudo el caso de que un contendiente llegue primero al lugar de la contienda que el otro. Denominarlos «residente» e «intruso», respectivamente. Lo que dice Dawkins no es estrictamente.

Cómo será una simulación si tengo una población de individuos grandes o residentes e individuos chicos o intrusos que siguen la siguiente estrategia condicional “si eres residente pelea, en caso contrario comparte o huye” y agrego un individuo grande o residente que sigue la estrategia siempre pelear, este individuo va a tener el mismo desempeño que si sigue la estrategia condicional y al cabo de cualquier número de generaciones la población va tener el mismo porcentaje de individuos que agregue. Si agrego a la población un 10% de individuos grandes que siempre pelean, al cabo de mil generaciones voy a seguir teniendo un 10% individuos grandes que siempre pelean.

Los individuos grandes tienen hijos grandes, los individuos que siempre pelean tienen hijos que siempre pelean, los individuos grandes y que siempre pelean tiene hijos grandes y que siempre pelean. Los individuos que tienen un mejor desempeño tienen mayor cantidad de hijos. Los individuos grandes que siempre pelean tienen igual desempeño que los individuos que siguen la estrategia si eres grande pelea, en caso contrario comparte, por lo tanto tienen igual cantidad de descendiente y las proporciones se mantienen, no invade la población, ni desaparecen.

Lo mismo pasa si agrego individuos chicos que siempre comparten a una población donde todos los individuos usan la estrategia condicional pelear solo con individuos chicos. No hay individuos más chicos que los individuos chicos, los

individuos chicos que siempre comparten son indistinguibles en la población de individuos que usan estrategia condicional de sentido común

Se puede ver en la simulación que si todos los individuos están usando la estrategia condicional “si mi oponente tiene el cabello más oscuro que el mío entonces pelear, en caso contrario compartir” y el valor del recurso es menor que el costo de una lesión, ninguna otra estrategia puede invadir esa población.

2.2. Simulación del juego

Simulación: estrategias condicionales usando diferencias arbitrarias entre los individuos

En la población los individuos son distintos pero la diferencia no influye en el resultado de un combate, esto es, la probabilidad de que gane un individuo grande es de 0.50 y la probabilidad de que gane un individuo chico es de 0.50. Ahora, a diferencia del caso anterior, los individuos se pueden distinguir, un individuo sabe a qué clase pertenece y a qué clase pertenece su oponente. Esto da como resultado que pueda haber individuos que usen estrategias condicionales del tipo “si mi oponente es un individuo grande (pequeño) entonces pelea (comparte)”

Las diferencias que hay entre los individuos son arbitrarias, esto es, las diferencias entre los individuos no influyen en el resultado de una pelea. Por lo tanto las probabilidades de que gane el individuo llamado grande es 0.50 y la probabilidad de que gane el individuo llamado chico es de 0.50.

Primero veremos qué sucede cuando en la población hay igual cantidad de individuos que usan la estrategia “pelean solo si su contrincante es mayor” e “individuos que usan la estrategia pelear solo si su contrincante es menor”. Luego veremos lo que pasa cuando hay más individuos que siguen la estrategia “pelear solo si su contrincante es mayor”. Por último consideramos población donde la mayoría de los individuos siguen la estrategia “pelear solo si su contrincante es menor”

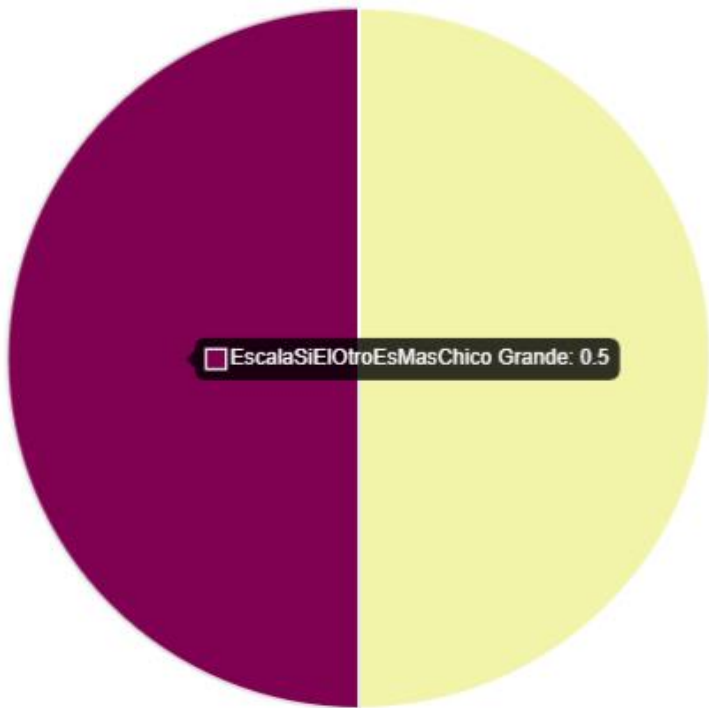
a- La mitad de la población usa una de las estrategias condicionales y la otra mitad usa la otra estrategia condicional

En la población hay igual cantidad de individuos con estrategia condicional de sentido común e individuo con estrategia condicional paradójico, esto es igual cantidad de individuo que solo pelean si el contrincante es de menor tamaño e individuo que solo pelean si su contrincante es de mayor tamaño entonces luego de varias generaciones todos los individuos de la población van a seguir una estrategia condicional de sentido común o todos los individuos de la población van a seguir una estrategia condicional paradójico, con una probabilidad de 0.50 todos los individuos van a seguir la estrategia condicional de sentido común y con una probabilidad de 0.50 todos los individuos van a seguir una estrategia condicional paradójico.

El valor del recurso es de 5 puntos, el coste de lesión es de 10 puntos, 10 individuos chicos que pelean si su oponente es mayor y comparten en caso contrario,

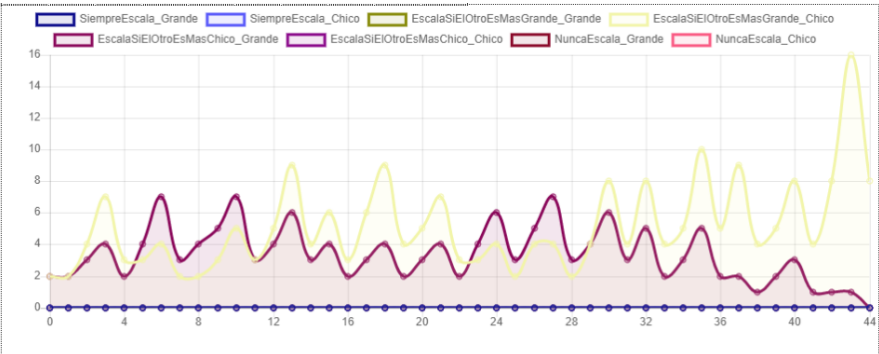
10 individuos grandes que pelean si su oponente es menor y la probabilidades de que gane un individuo chico es igual a la probabilidad de que gane el individuo grande, igual a 0.50.

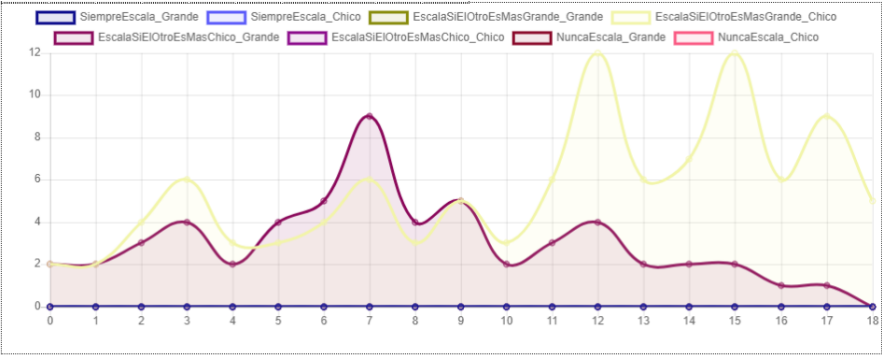
Los porcentajes iniciales son:



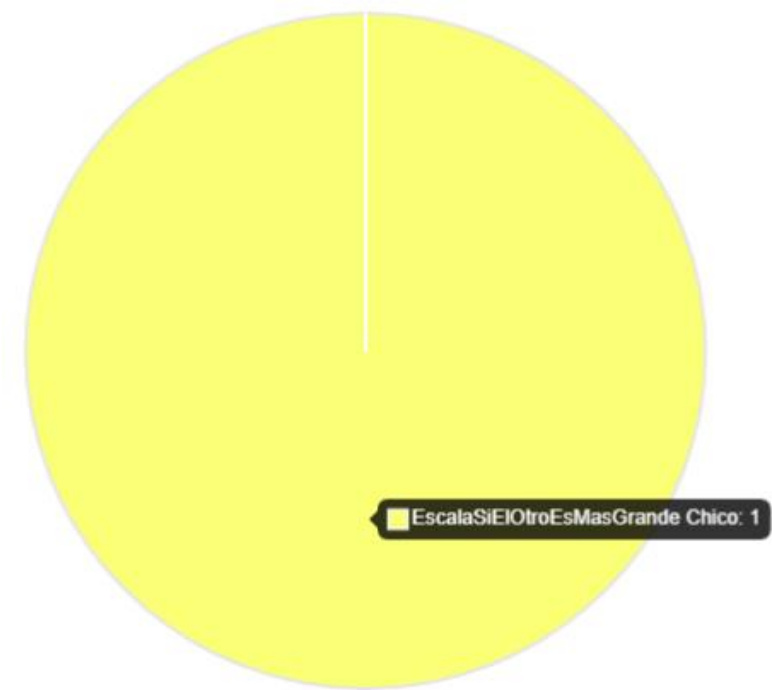
Luego de varias generaciones encontramos que todos los individuos de la población usan estrategia condicional paradoja.

La evolución del sistema fue la siguiente:



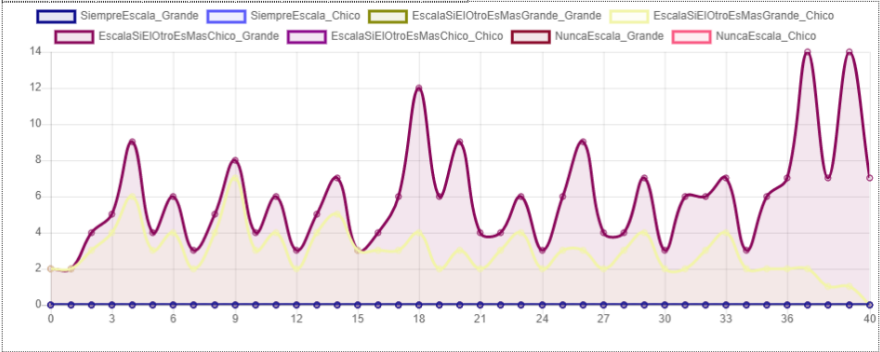
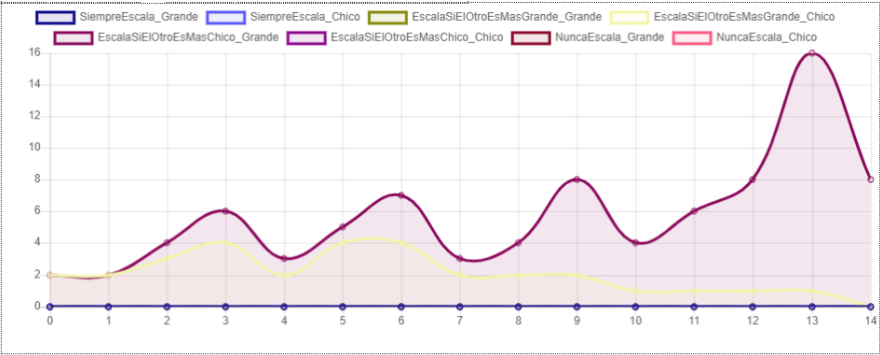


Los porcentajes luego de 5 generaciones son:

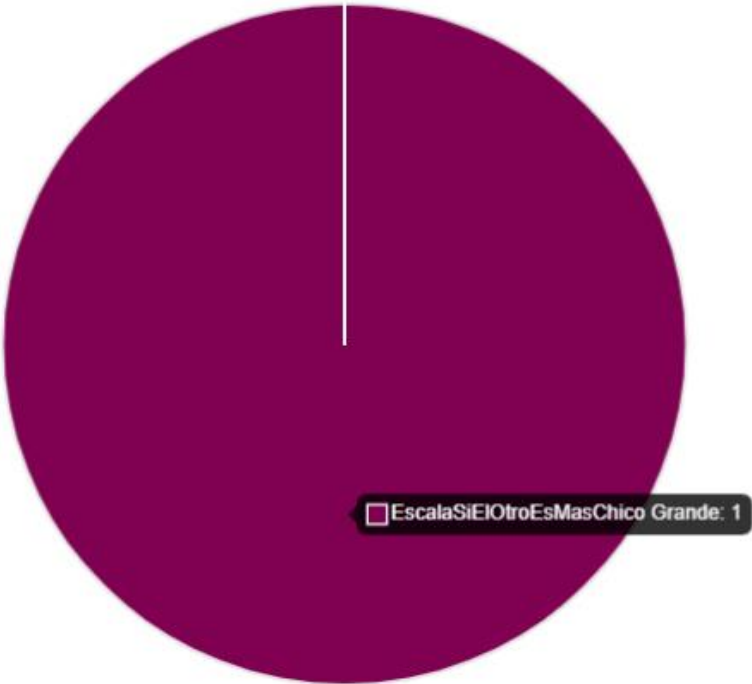


En otra simulación, luego de varias generaciones, encontramos que todos los individuos de la población usan estrategia condicional de sentido común.

Evolución del sistema:



Estado final luego de 40 generaciones:



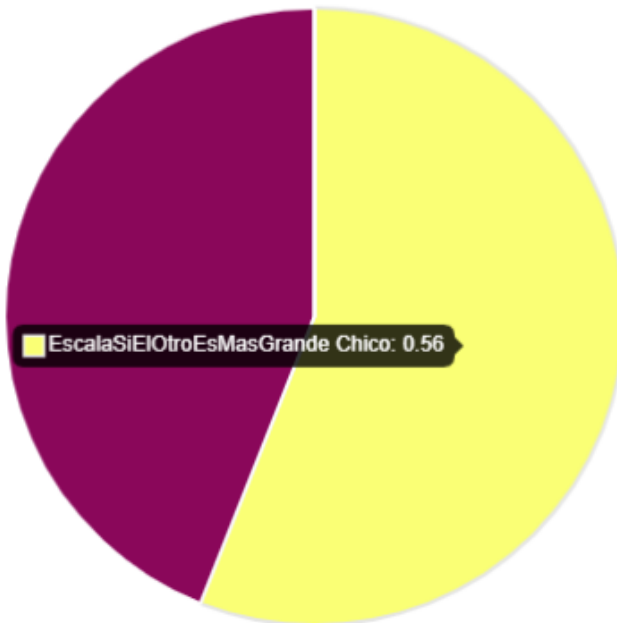
b- Más de la mitad de los individuos usa una de las estrategias condicionales

La probabilidad de que gane el más grande sigue siendo de 0.50 y la probabilidad de que gane el más chico del 0.50 pero ahora en la población hay una mayor cantidad de individuos que siguen una estrategia paradójico que individuos que siguen una estrategia condicional de sentido común. Como vamos a comprobar, luego de varias generaciones todos los individuos de la población van a usar la estrategia condicional paradójica.

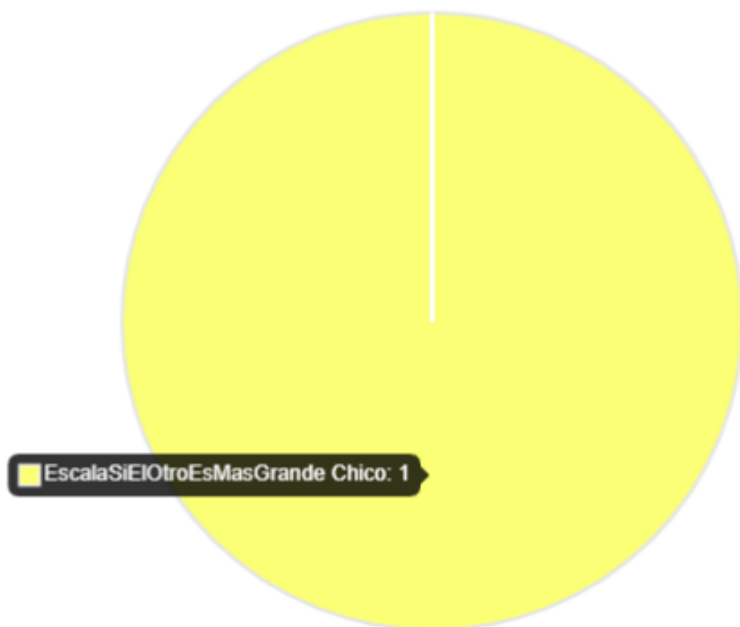
Supongamos que tenemos la siguiente población:

- 10 individuos chicos que pelean si su adversario es grande y comparte si es grande.
- 8 individuos grandes que pelean si su adversario es chico y comparten si es grande.

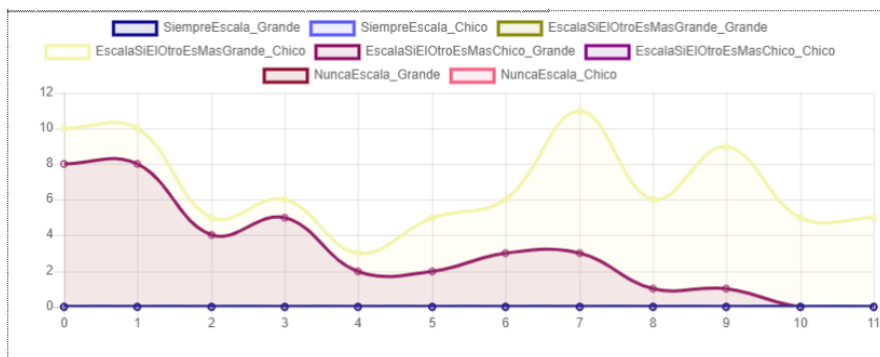
El costo de lesión es de 10 puntos, el valor del recurso es de 5 puntos, tienen la misma probabilidad de ganar un individuo chico que uno grande y hay más individuos chicos que pelean si su adversario es más grande que individuos grandes que pelean si su adversario es menor. ¿A qué evoluciona esta población?



Luego de 10 generaciones todos los individuos son chicos y pelean si su oponente es más grande:



Evolución del sistema:



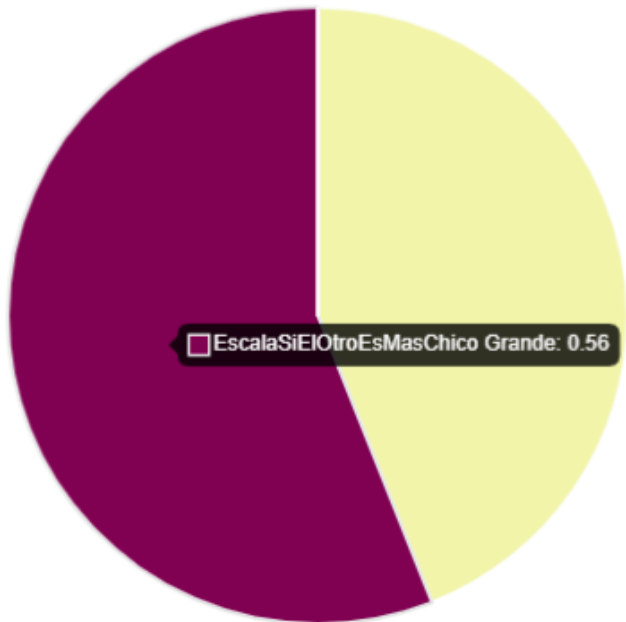
c- Más de la mitad de los individuos usa la otra estrategia condicional

Ahora vemos lo que pasa cuando empezamos con una población donde la mayoría de la población sigue una estrategia de sentido común.

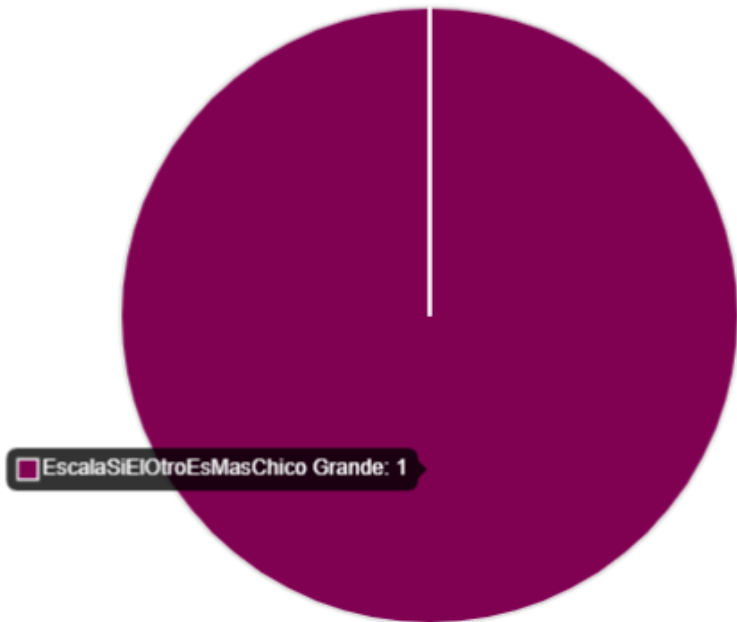
Ahora repitamos las simulaciones viendo lo que pasa cuando el costo de lesión es menor que el valor del recurso. Recordemos la población:

- 8 individuos chicos que pelean si su adversario es grande y comparten en caso contrario.
- 10 individuos grandes que pelean si su adversario es chico y comparten en caso contrario.

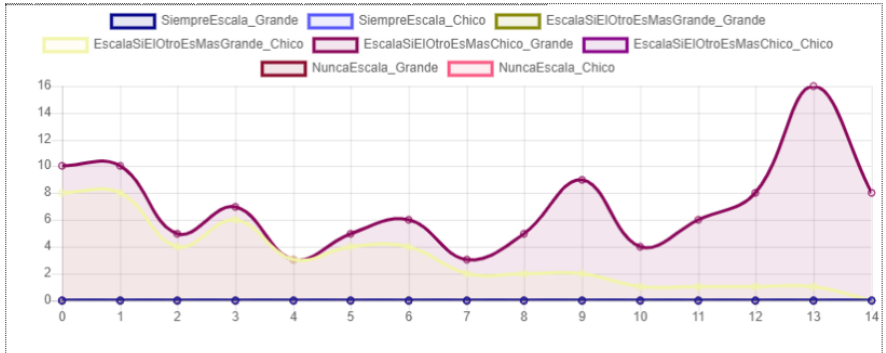
¿Qué sucede en esta población? El costo de lesión es de 5 puntos, el valor del recurso es de 10 puntos, tienen la misma probabilidad de ganar un individuo chico que uno grande y hay más individuos grandes que pelean si su adversario es más chico.



Luego de 15 generaciones todos los individuos van a ser grandes y van a pelear si su oponente es más chico



Evolución del sistema:



Una población donde todos sus individuos usan una estrategia condicional arbitraria no puede ser invadida por individuos que usen otra estrategia condicional arbitraria.

3. ¿Puede ser una buena idea pelear contra los que son más grandes y fuertes?

Ahora consideremos una población donde los individuos son distintos, pero en aspectos que influyen en el resultado de una pelea, por ejemplo la fuerza y el tamaño. En la población hay individuos grandes y fuertes e individuos pequeños y débiles. Al igual que en los casos anteriores, los individuos no saben cómo reaccionara el oponente, si estará dispuesto a compartir o tendrá ganas de pelear. Solo sé que el animal es más grande, o más chico, no sé si está dispuesto a atacarme o podemos compartir el recurso.

Un ejemplo de asimetría puede ser el tamaño, hay individuos grandes e individuos chicos, otro ejemplo puede ser el sexo, hay individuos que son machos y otros que son hembras. Para simplificar asumamos que la asimetría puede tener solo dos valores, por ejemplo grande o chico, no hay individuos más o menos grandes, ni individuos que pesa 62 kg y otros que pesen 75 kg, solo podemos clasificar a los individuos en grandes o chicos. En una pelea entre dos individuos grandes existe la misma probabilidad de que gane uno o de que gane el otro, igualmente una pelea entre individuos chicos tenemos el 50% de probabilidad de que gane uno o de que gane el otro. Pero cuando se enfrenta un individuo grande contra un individuo chico la probabilidad de que gane el más grande es un parámetro del modelo. Si queremos que el más grande siempre gane ponemos un porcentaje de 100. Si en peleas entre grandes y chicos el 80% de las veces gana el más grande ajustamos el parámetro del modelo a 80.

3.1. Matriz de pagos del juego

	H	D	A
H	$\frac{1}{2}(V-C)$	V	$\frac{1}{2}(V-C)$
D	0	$\frac{1}{2}V$	$\frac{1}{4}V$
A	$\frac{1}{2}V$	$\frac{3}{4}V$	$\frac{1}{2}V$

	H	D	A
H	$\frac{1}{2}(V-C)-c$ $\frac{1}{2}(V-C)-c$	0 V	$\frac{1}{2}[Vx-C(1-x)]-c$ $\frac{1}{2}[V(1-x)-Cx]+\frac{V}{2}-c$
D	$\frac{1}{2}(V-C)-c$ 0	V V/2	$\frac{1}{2}[Vx-C(1-x)]-c$ 0
A	$\frac{1}{2}[V(1-x)-Cx]+\frac{V}{2}-c$ $\frac{1}{2}[Vx-C(1-x)]-c$	0 V	$\frac{1}{2}V-c$ $\frac{1}{2}V-c$

En una población asimétrica del tipo que estamos considerando pueden existir cuatro estrategias. Las dos estrategias que teníamos en la población simétrica, Siempre pelear, siempre compartir, y dos estrategias condicionales, una de sentido común, pelear si mi oponente es de menor tamaño y compartir y caso contrario, y una estrategia condicional paradójica, pelear si mi oponente es más grande y compartir en caso contrario.

Fácilmente uno se puede dar cuenta que los costes de lesión son mayores que el valor del recurso una buena estrategia es “pelear con los que son más chicos que vos y compartir el recurso en caso contrario”. En una población donde todos golpean a los más débiles no puede ser invadida por ninguna de las otras dos estrategias, siempre pelear, ni por siempre compartir.

¿Qué pasa una población donde todos los individuos usan estrategia condicional paradójica, esto es, pelean si su oponente es más grande y comparten en caso contrario? ¿Puede ser invadido por alguna de las otras alternativas, por ejemplo por, siempre pelear, siempre compartir, o pelear solo si mi oponente es menor? Si el costo de lesión es superior al valor del recurso, la probabilidad de que el mayor gane es del 0.80 y todos siguen la estrategia paradójica, un individuo que siga la estrategia de sentido común, “pelear solo si el oponente es menor y compartir en caso contrario” no podrá invadir esta población, está en peor situación que alguien que siga una estrategia paradójica. Se pelearía con todos, y con un costo de lesión de más de 8 veces el valor del recurso, una probabilidad de ganar del 80% no compensa.

Si los machos son más fuertes y grandes que las hembras, el 80% de las peleas entre machos y hembras las gana un macho, una estrategia condición paradójica del tipo si sos hembra y tu contrincante es un macho atacar, y si sos macho y tu contendiente es una hembra huir podría ser una estrategia evolutivamente estable. Cualquiera que hiciera algo distinto estaría en desventaja, las estrategias siempre huir, siempre pelear, están en desventaja contra la estrategia condicional paradójica que estaría usando la mayoría de la población. Aunque no es fácil decir cómo podría llegar una población a que todos sus miembros adopten una estrategia condicional paradójica, no hay etapas intermedias que sean evolutivamente estables.

3.2. Simulación del juego

Simulación: diferencias entre individuos en aspectos que influyen en el resultado de una pelea

Realizaremos simulaciones con casos donde los individuos son físicamente distintos, uno es más grande, más fuerte que el otro, y por lo tanto, la probabilidad de que el individuo más grande gane es mayor que la probabilidad de que gane el individuo más chico gane. Los individuos pueden ver el tamaño del oponente y pueden usar estrategias condicionales “si mi oponente es un individuo es grande (pequeño) entonces peleo (comparto) en caso contrario comparto (peleo)”.

Hay individuos que comparten y han individuos que pelean, hay individuos chicos y han individuos grandes, el resultado de una pelea depende del tamaño del individuo. ¿Qué sucederá en esta población?

a- La mitad de la población usa una estrategia condicional la otra mitad de la población usa la otra estrategia condicional pero la probabilidades de ganar una pelea es mayor siendo grande que pequeño

Supongamos que el 90% de las veces que pelean un individuo grande contra un individuo chico gana el individuo más grande. Costo de lesión 10 puntos, valor del recurso 5 puntos, 10 individuos chicos que solo pelean si su oponente es mayor y 10 individuos grandes que pelean si su oponente es más chico y comparten en caso contrario.

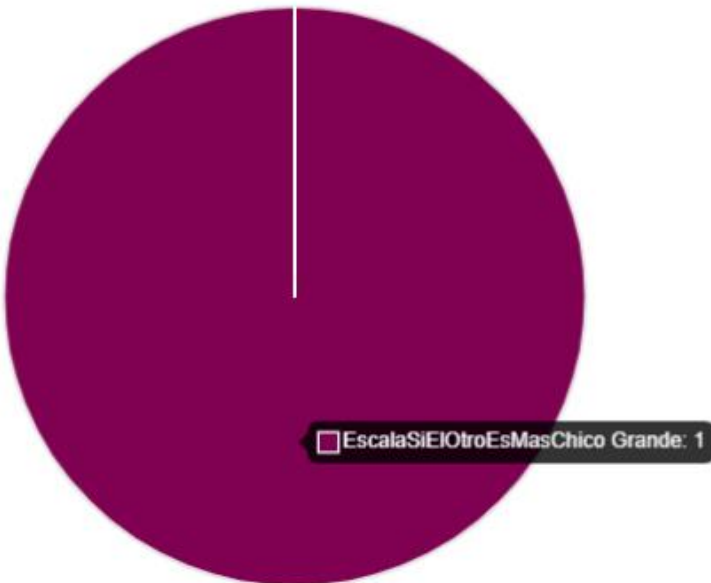
10 individuos chicos usan una estrategia condicional paradójica.

10 individuos usan estrategia condicional de sentido común.

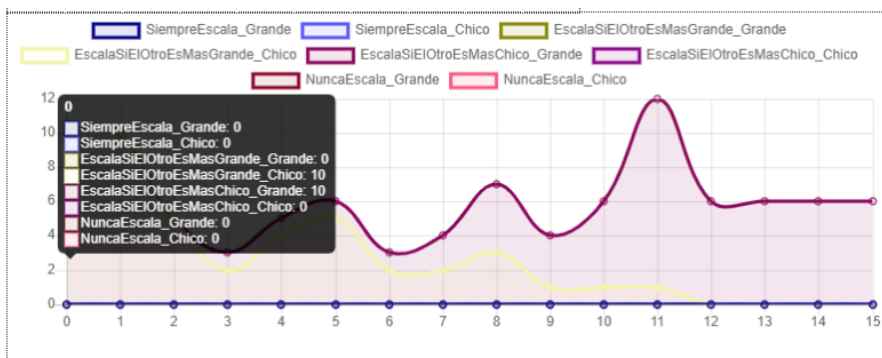
El individuo más grande gana 9 de cada 10 peleas.



Luego de 15 generaciones obtenemos los siguientes porcentajes



Evolución de la población:



b- La mitad de la población usa una estrategia condicional la otra mitad de la población usa la otra estrategia condicional pero la probabilidades de ganar siendo grande es mayor que siendo pequeño

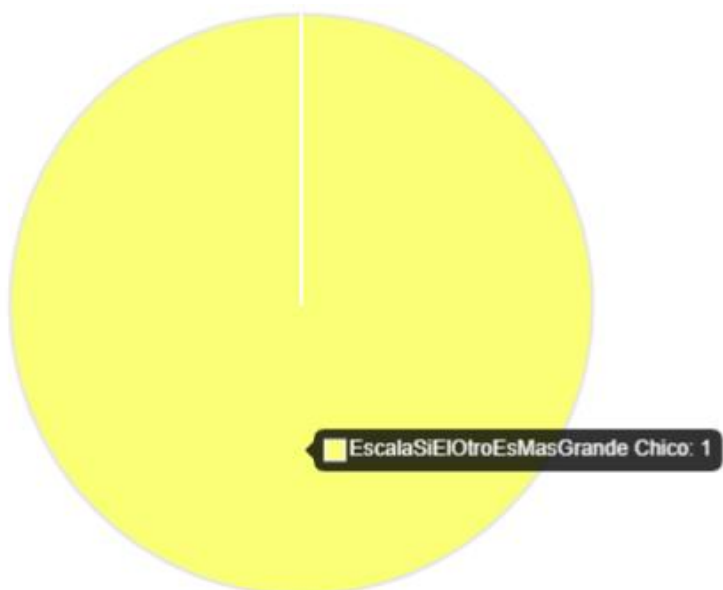
Supongamos que el costo de lesión es de 10, el valor del recurso es de 5 y que el 10% de las veces en que pelea un individuo grande contra un individuo chico la gana el individuo grande. Tenemos una población con 5 individuos grandes que siempre pelean, 5 individuos chicos que siempre pelean y agregamos 2 individuos que solo pelean si su contrincantes es menor, en caso contrario comparten.

Ahora, hacemos que el costo de lesión es de 5, el valor del recurso es de 10

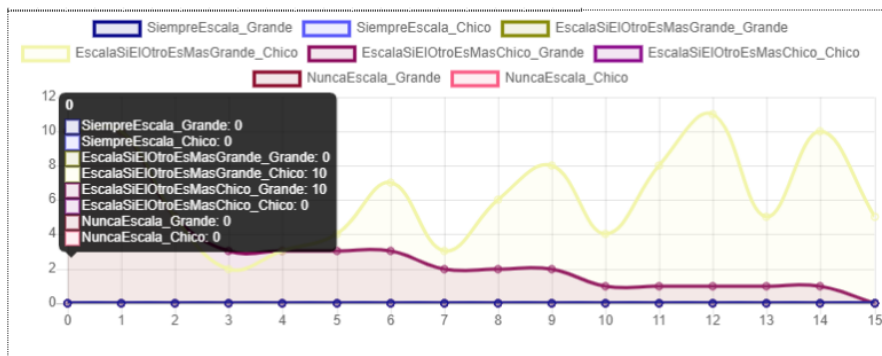
10 individuos chicos usan una estrategia condicional paradójica.

10 individuos usan estrategia condicional de sentido común.

Si solo el 10% de las veces gana el más grande luego de 5 generaciones obtengo lo siguiente



La evolución de la población fue la siguiente



c- La mitad de la población usa una estrategia condicional la otra mitad de la población usa la otra estrategia condicional pero la probabilidades de ganar siendo grande es menor que siendo pequeño

Supongamos que en la población todos pelean solo si el contrincante es más grande y comparten cuando el oponente es más chico. Supongamos que soy un individuo grande que el 80% de las peleas entre un individuo grande y uno chico la gana el individuo grande, que el coste de una lesión es de 9 puntos, el valor del recurso es de 1 punto. ¿Siendo yo un individuo grande y estando en una población de paradójicos, que me conviene hacer? ¿Compartir o pelear?

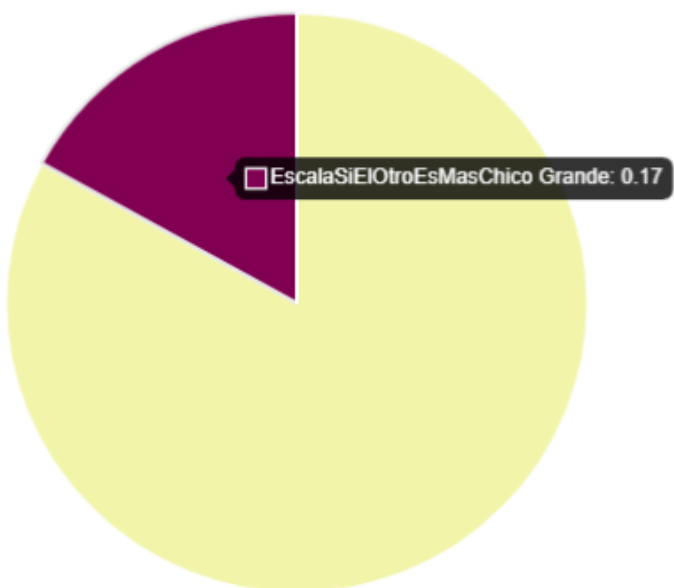
Tenemos una población con 10 individuos paradójicos, esto es, individuos chicos que pelean si su oponente es más grande y comparten en caso contrario. Ahora agregamos un individuo grande que pelea con individuos más chicos y comparten en caso contrario y vemos que sucede en la población, si puede o no puede invadir la población.

Tenemos una población de 10 individuos chicos que usan una estrategia paradójica, esto es pelea con los oponentes que son más grandes y comparte en caso contrario y 8 individuos que usan estrategia condicional de sentido común. ¿A que evoluciona esta población?

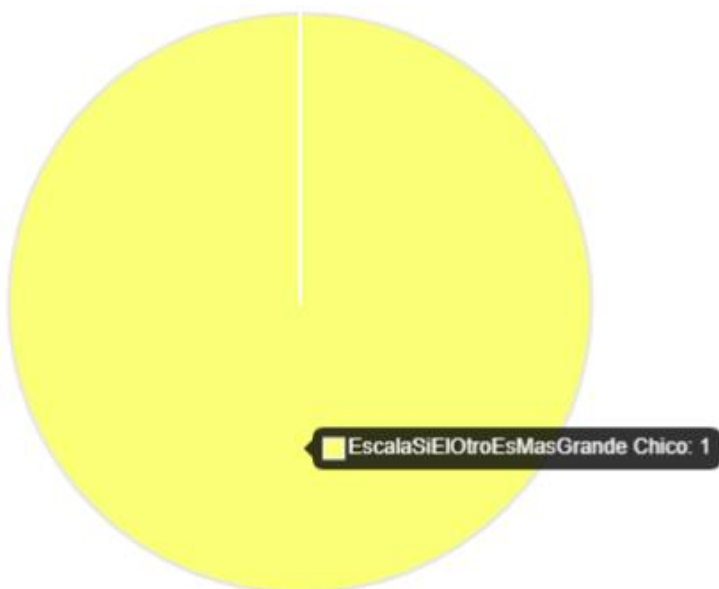
10 individuos chicos usan una estrategia condicional paradójica.

8 individuos usan estrategia condicional de sentido común.

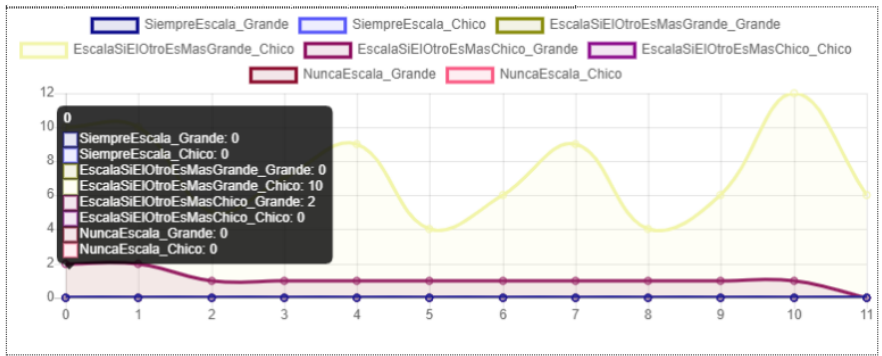
El individuo más grande gana 8 de cada 10 peleas.



Luego de 10 generaciones se obtienen los siguientes porcentajes



Y la evolución fue la siguiente



Como se observa individuos que usen estrategia de sentido común no puede invadir una población con individuos que usen estrategia paradójica.

4. La guerra de los sexos

Como vimos anteriormente, con tema de la sobrepoblación, tener 5 hijos no siempre es evolutivamente mejor que tener 2 hijos. Tener un hijo tiene un costo y se obtiene recompensa cuando el descendiente llega sano y salvo a la edad adulta y puede dar nietos. Una carrera armamentística produjo diferencias entre los sexos. El óvulo es más grande y aporta nutrientes, los espermatozoides son mucho más chicos y tienen movilidad. Hay dimorfismo sexual, los machos son más grandes porque compiten por las hembras, las crías se desarrollan dentro del cuerpo de la madre.

En la reproducción sexual los costos de tener un hijo lo puede pagar uno solo de los progenitores o se pueden compartir entre los dos. No están sobre este planeta las especies donde los machos se marcharon, dejando sola a las hembras, y como venganza las hembras también se marchaban dejando morir a la cría. Pero las hembras tienen una carta en su mano, pueden seleccionar machos con buenos genes o machos que realicen aportes, como construir un nido, antes de copular.

Una hembra puede exigir que el macho le construya un nido antes de copular. La estrategia que se adopte un individuo depende de lo que está haciendo el resto de la población. Un hornero construye un nido porque todas las hembras exigen lo mismo para copular.

Como puede elegir una hembra machos con buenos genes. ¿Cómo puede saber si no le están mintiendo, si solamente aparenta que es el macho más fuerte, pero en realidad los músculos son falsos? Los pavo real macho tienen colas llamativas que les dificulta caminar son atractivos para las hembras, porque son atractivas para las hembras o porque pueden mostrar que aun con una dificultad llegaron a la edad adulta. La explicación que hoy en día se acepta es que las señales son honestas porque son costosas, el principio de la desventaja.

	Resource	
	Transferred	Not transferred
Potential donor	$1 - d$	1
Signaller		
In need	1	$1 - a$
Healthy	1	$1 - b$

En la primer parte se consideraron dos tipos distintos de individuos, individuos grandes y chicos. Ambos individuos tenían las mismas estrategias disponibles. Los individuos grandes podían compartir o pelear, y los individuos chicos también podían compartir y pelear. Ahora consideremos dos tipos de individuos, pero cada individuo tiene distintas estrategias.

Supongamos que los tipos de individuos son machos y hembras. Las estrategias de los machos son fieles o atorrantes y las hembras pueden ser fáciles y esquivas. Supongamos que la ventaja evolutiva por tener una cría le da 15 puntos a cada uno de los padres, supongamos que el coste para tener una criar una cría con éxito es de 20 puntos, este coste se puede repartir entre los padres o lo puede pagar solo la hembra dependiendo del tipo de estrategia, supongamos que en un cortejo se pierden 3 puntos.

-En un encuentro de macho atorrante con una hembra fácil, le da al macho 15 puntos y a la hembra -5 puntos.

-Un encuentro entre un macho fiel y una hembra esquivas, el macho gana 2 puntos, esto es 15 de la cría -10 de la crianza compartida, -3 del cortejo. La hembra también obtiene el mismo puntaje.

-Un encuentro entre un macho atorrante y una hembra esquivas cada uno obtiene 0 puntos, no tienen ninguna cría, no hay cortejo, ni hay costo de crianza.

-Un encuentro entre un macho fiel y una hembra fácil, el macho consigue 5 puntos y la hembra también consigue 5 puntos.

4.1. Matriz de pagos del juego

		Female	
		Coy	Fast
Male	Faithful	2, 2	5, 5
	Philanderer	0, 0	15, -5

Si se analiza el juego parecería que hay un equilibrio estable. En la primera edición del Gen Egoísta, Richard Dawkins pensaba que este juego tenía un equilibrio. Como se dio cuenta luego un matemático el equilibrio es inestable, el juego oscila, una vez que se alcanza el equilibrio, si se produce una pequeña modificación en los porcentajes, lejos de autorregularse y volver al equilibrio, el desequilibrio se potencia hasta alcanzar un equilibrio distinto.

Supongamos una población donde todas las hembras son fáciles y todos los machos fieles, si se introduce un macho atorrante este, a diferencia del macho fiel, no paga el coste de la crianza, por lo tanto va a obtener mejores puntajes que un macho fiel y el número de machos atorrantes aumenta.

A medida que los machos atorrantes aumentan, las hembras fáciles empiezan a tener menos ventaja que las hembras esquivas. Cuando la mayoría de los machos son atorrantes, las hembras esquivas obtienen mejor resultado que las hembras fáciles y por lo tanto su número aumenta.

Cuando se llega a una situación donde todas las hembras son esquivas y los machos atorrantes, un macho fiel puede invadir la población, obtiene mejor desempeño que un macho atorrante.

Si todas las hembras son esquivas y los machos son fieles, una hembra fácil puede invadir la población y sacar ventaja de que todos los machos son fieles. En este punto estamos en la misma situación que cuando se empezó el ciclo, una población donde las hembras son fáciles y los machos son fieles.

3.2. Simulación del juego

Se puede realizar la simulación en cualquier navegador web online:

<https://grandes-chicos-comparten-pelea.herokuapp.com/>

El código fuente escrito en python usando el framework mesa:

https://github.com/marcoscravero2175/teoria_de_juegos_evolutivos_individuos_grandes_y_chicos_que_comparten_o_pelean

Machos fieles y atorrantes, hembras fáciles y esquivas

Se implementó el juego evolutivo descrito por Dawkins en el Gen Egoísta.

Simulación online:

<https://machos-hembras.herokuapp.com/>

Código fuente en python usando el framework mesa:

https://github.com/marcoscravero2175/teoria_de_juegos_evolutivos_machos_fieles_y_atorrantes_hembras_faciles_y_esquivas

Conclusión

Si población está formada por individuos iguales y el costo de lesión es mayor que el valor del recurso los porcentajes encontrados en la simulación oscilan alrededor del valor teórico. Esto se debe a que cuando el porcentaje es menor que el teórico, por ejemplo, supongamos que los que comparten tienen un porcentaje menor que el teóricamente esperado, los que comparten van a ser los más aptos, porque van a conseguir más puntos, van a duplicar su porcentaje en la población y en la siguiente generación los que van a ser más aptos van a ser los otros, los que pelean, van a duplicar su población, así hasta que hay sobrepoblación y eliminamos aleatoriamente individuos de la población manteniendo los porcentajes a los que había llegado la simulación.

Vimos que en todas las simulaciones donde hay un 20% más de individuos que siguen estrategia condicional paradójico, esto es pelear solo con individuos que son más grandes, el costo de lesión es 8 veces mayor que el valor del recurso, la probabilidad de que el mayor gane es de 0.80, esta población no pudo ser invadido por individuos que siguen estrategia condicional de sentido común, esto es pelear solo contra individuos que son más chicos.

Como pudimos una población con 10 individuos chicos que pelean solo si su oponente es más grande, 8 individuos grandes que pelean solo si su oponente es más chico, los individuos grandes ganan el 80% de las peleas, el costo de lesión 5 puntos y valor del recurso 10 puntos evoluciona a una población donde todos los individuos son chicos y pelean solo si su oponente es más grande.

BIBLIOGRAFÍA

Richard Dawkins, El Gen Egoísta.

Richard Dawkins, El Relojero Ciego.

Richard Dawkins, Escalando el Monte Improbable.

Richard Dawkins, El Rio del Eden.

Daniel Dennett, La Peligrosa Idea de Darwin.

Daniel Dennett, La Evolución de La Libertad.

Steven Pinker, La Tabla Rasa.