

## Summary

As Daniel Dennett says, in *The Evolution of Freedom*, the evolutionary theory of games gives us concepts that are essential to understand how morality could have evolved in animals. Maybe I can help to question gender ideology, think about whether there actually something like patriarchy and that policies gender provebe as ineffective. The evolutionary theory of games was created by John Maynard Smith and became well known with the book *The Egoist Gene* by Richard Dawkins.

In this work he implements several of the games of the evolutionary theory of games. Following the book *Evolution and Game Theory* by John Maynard Smith, I begin by simulating a population where all individuals are equal and there are only 2 strategies to resolve conflicts, share and fight. Then we will add an arbitrary difference between individuals, for example, individuals who are resident and individuals who are intruders. Then we will use that arbitrary difference between individuals to define conditional strategies. A conditional strategy is a strategy of the type 'if your opponent is an intruder fight otherwise he shares'. Then we will see what happens when we convert the arbitrary difference into differences that influence the outcome of a fight, for example, there are individuals who differ in size and strength, and conditional strategies of the fight type only if my opponent is bigger and stronger. Finally, consider a population made up of different individuals, for example males and females, but where each type of individual has a different set of strategies, for example, males cannot use faithful and tormenting strategies, while females only can use Easy and elusive strategies.

In the implementation we face a series of difficulties, for example, if the fittest individuals have 2 or more descendants, growth is exponential and in a few generations we run out of resources. We analyze what are the minimum cognitive abilities that simulated organisms have to have, how the minimum distance that two individuals have to be in order for a conflict to arise, game of hawks and pigeons, the repeated prisoner's dilemma, some conditions for it to arise cooperation in individuals who are not genetically related, war of attrition, arms race, asymmetric and symmetrical games.

If half of the population shares and the other half fights, what will happen if the population is allowed to evolve? If the population is initially made up of  $n$  small individuals who fight only if their opponent is larger and for large individuals who fight only if their opponent is smaller, why will individuals be formed after several generations of evolution? We wonder what happens with different populations that are allowed to evolve. I perform several simulations and analyze the results obtained.

## Simulation in python using 'mesa' of stable evolutionary strategies

Big and small animals that fight or share:

[https://github.com/marcoscravero2175/teoria\\_de\\_juegos\\_evolutivos\\_individuos\\_grandes\\_v\\_chicos\\_que\\_comparten\\_o\\_pelean](https://github.com/marcoscravero2175/teoria_de_juegos_evolutivos_individuos_grandes_v_chicos_que_comparten_o_pelean)

Faithful and tormenting males, easy and elusive females:

[https://github.com/marcoscravero2175/teoria\\_de\\_juegos\\_evolutivos\\_machos\\_fieles\\_v\\_atorrantes\\_hembras\\_faciles\\_v\\_esquivas](https://github.com/marcoscravero2175/teoria_de_juegos_evolutivos_machos_fieles_v_atorrantes_hembras_faciles_v_esquivas)

## Introduction



Like us, animals also need certain resources to live and reproduce. For example, an animal cannot live without water or food. For us all things have a price. The price depends on supply and demand. The kilogram of orange is worth more expensive in summer than in winter because supply is less than demand.

An interesting question is how to assign value to the resources that animals need. We could assign a resource a value equivalent to the increase in Darwinian aptitude. Maynard Smith says, suppose that on average an animal that lives in a favorable environment has 5 offspring while if the same animal lived in an unfavorable environment it would have an average of 3 offspring, then we could assign a value of 2 payments to the favorable environment, the difference between 5 offspring from the favorable environment and the 3 offspring from the unfavorable environment.

This way of defining the value that a resource has for an animal is not perfect. In our species, poor and uneducated people have many more children than rich people. This does not mean that the poor have a greater Darwinian aptitude than the rich, nor that a misery village is a favorable environment and a private neighborhood is an unfavorable environment. It can be said that our species is a particular, atypical case, no other species could build a benefactor state.

Another argument by which to define the value of the resource as the difference between quantities of offspring is not perfect. An animal can have many more young than another and not necessarily be more apt. For example, an animal can have 20 pups and another only 3 pups. It may be that all the offspring of the one who was 20 die a month because the parents cannot feed all the offspring or cannot decide which offspring to let die, while the animal that had only 3 offspring became the grandfather of several grandchildren. To be correct, the sentence must be completed as follows, an animal in a favorable environment has more offspring that reach adulthood, and in turn these offspring have offspring.

In the models we present, we will assume that resources are divisible and that animals should have half the resource before running out of anything, or to look for a resource of lesser value. In real life there are not only resources that cannot be divided, but there are also situations in which no animal should share a resource. For example, suppose the resource is a favorable environment and the animal gives 10 payments, while the animal that is left with the unfavorable environment gets 8 payments. In this situation, no one agrees to share and have 5 points, since if you go to the unfavorable environment you would get 8 points that is greater than the 5 points obtained by sharing the favorable environment.

Plants and other animals are resources that serve as food. The plants produce unpleasant flavors, the gazelles run faster than the lions, the sight of the birds improves to see insects that camouflage themselves better and better. In this model we will not consider the arms race between prey and predator. Let's assume that in each position of the board, the environment where the simulation takes place, there are resources that animals need.

When two or more individuals want the same resource, the price does not rise, as in an auction. In the model the value of the resource is fixed, as we saw at the beginning, it is related to the difference between the number of offspring of the individual who obtained the resource and the one that ran out of the resource. When

two individuals want the same resource, a conflict occurs that can be resolved in different ways. The resource can be shared or the animals can fight for the resource. Only if the two animals are willing to share the resource is it shared. If only one is willing to share and the other wants to fight, then the one who was willing to fight stays with the resource. If the two animals are willing to fight, then the winner keeps the resource while the loser suffers a penalty. It can be thought of as the resting time to recover, because losing a match does not affect the individual's performance in future battles.

In real life, when two animals decide to fight, they both pay a cost, not just the loser. For example, if the cost is given for the duration of the fight, both the winner and the loser lost the same time in the fight. In the war games of attrition the winner obtains the resource, but both pay the same cost, the cost that the one who lost was willing to pay. Following Maynard Smith's book, *Evolution and Game Theory*, I implemented models where only the loser pays the cost and compared the simulation with the analytical results deduced in the book. Why are animals not always aggressive? Will there be situations in which animals don't want to fight? In what situations should share? The natural thing is the increase in entropy, it is easier to break than to build, what needs to be explained is because animals instead of fighting sometimes prefer to share. These are questions that will be attempted with a simple model.

It is not easy to know what a resource is worth to an animal, nor to assign the cost of a lost fight. In addition, as we said at the beginning, the value of the resource is given by difference between quantities of offspring, while the cost is given in lost time or injuries received. There is a problem with the types, conversion factors are missing, which convert the difference of offspring, lost time and injuries received in points. Nor is it easy to find a function that converts points into number of descendants. Predictions in biology are not as accurate as in physics or astronomy. For example. We have 2 very genetically related species, one lives in a hostile environment while the other lives in an environment where on food, the food will have a greater value for the species that lives in a hostile environment and therefore is going to expect it to be more aggressive, for fights between the members to be tougher, while the other species would not be uncommon for them to share the food. In a species where males live in harems, with many females, the value of the resource, many females, has a very high value and very aggressive fights between males would be expected.

Individuals score points with each resource won, or shared, and subtract points with lost fights. When an individual reaches a certain age he reproduces asexually, creating copies of himself, and then dies. The amount of copies that are created of the individual depends on the amount of points he has. The more points you have, the more copies you create. Children are clones of their parents, they have the same form of conflict resolution. If the parents resolved the conflicts by fighting, the

children will resolve the conflicts by fighting. If the parents resolved the conflicts by sharing, the children will resolve the conflicts by sharing.

What are the cognitive abilities that the model assumes that organisms have? In order to use the model, will it be necessary for organisms to recognize each other individually, to have memory, to remember how they fared in fights they have tended? For example. Models for altruism assume that organisms can be recognized individually, that they can recognize altruistic individuals and help those who are altruistic, as Dawkins says, if an individual with the gene for altruism is thrown into the river to save 10 individuals with Altruism genes, no matter if the individual who threw himself into the river dies, if 10 individuals were saved, the gene for altruism will have an evolutionary advantage. Similarly, models for cooperation assume that agencies are playing the repeated prisoner's dilemma, that most are those who are cooperating and then the best strategy is to start cooperating and then do what the other player did in the past.

		What you do	
		Cooperate	Defect
What I do	Cooperate	Fairly good <b>REWARD</b> 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 <b>SUCKER'S PAYOFF</b> 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 <b>TEMPTATION</b> 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 <b>PUNISHMENT</b> 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.

In the model he implemented there is no individual recognition, the agencies do not know if they previously met the same individual, they have no memory and the result of past struggles influences future fights. Although the model assumes that there is no individual recognition, nor memory of the past, in certain circumstances it can be applied to higher organisms. For example, in a traffic fight, with someone unknown, there is a very low probability of meeting the same person again in the future. The cost of a fight can be jail time or social disapproval while the value of the resource is a place to park the vehicle.

How far do two animals have to be in order for them to have a conflict? They do not need to be in the same cell of the board, they can be in adjacent lockers or they can be farther away, it can be one on one end of the board and the other on the other

end. The neighborhood is a simulation parameter. If we put all the agents to be neighbors of all, we find that the results obtained in the simulation are very similar to those analytically deduced. There are models where the neighborhood greatly affects the results obtained. Previously we talked about models for altruism and cooperation. We said that only when the majority of the population is cooperating, cooperation is the best strategy. If the majority of the population is not cooperating then defecting, the non-cooperative strategy is the best strategy. Now, cooperating has the property that when it encounters copies of itself they do very well, they do much better than when copies that defect they find each other. Therefore, if in order to be considered neighbors, they have to be very close and the descendants are born near their parents, the population of those who cooperate grows much faster than those who desert and in a few steps cooperate they become a majority, a condition for cooperation to be Best strategy in the entire population.

The population explosion is a problem in our species and the simulation. If half of the population with the highest score, the fittest, have 2, or more descendants, the growth is exponential. If only 10% of the population with the highest score has 2 or more descendants and the rest of the population only one descendant, growth remains exponential. On the other hand, if the fittest individuals have only one descendant and the rest have no descendants, in each generation the population is reduced. In nature, cases of populations of animals that grew to deplete all resources are rare. Biologists like Lorenz thought of group selection, for the sake of the species the animals reduce the birth rate when they run out of resources. Dawkins' explanation is another: Having a child has a cost and a profit is only obtained when the child arrives safely and safely at adulthood and gives grandchildren. We can assume that in the population there are individuals who, regardless of their aptitude, are genetically programmed to have a litter of 20 offspring and there are individuals that are programmed to have 3 offspring. If the individual who had 20 offspring could not feed them, all their children died and, then, left less offspring than someone who only had 3 offspring, who could feed the 3 offspring and who all arrived safe and sound at adulthood leaving grandchildren. This results in a dynamic regulation of the optimal number of children. The solution to the problem of overpopulation implemented in the simulation was the following: If the number of individuals that have a population is less than  $N$ , 20% of the fittest individuals have 2 descendants and the rest only one descendant. If the number of individuals is greater, it eliminated randomly individuals from the population, which genetic drift, staying with a population of half the original size.

Instead of saying that after several generations the population will be composed of a genetically programmed percentage to respond fight and another percentage to respond share, I can say that a population of individuals, genetically equal, after several learning experiences, a percentage Of the times he will respond by fighting and another percentage of the time he will respond by sharing. That is, having a population formed by a percentage of individuals programmed to respond to fight and another percentage programmed to respond to sharing is equivalent to having a population formed by equal individuals where a percentage of the time responds to

fight and another percentage of the time responds to share. What varies is the percentage of time that individuals spend on each of the strategies and not the percentage of individuals in the population who perform each of the pure strategies. Instead of converting the points into descendants, the frequency of emission of the different behaviors will be altered according to points achieved. In this way, just as the descendants altered the proportion of individuals that were in the population, the points that individuals get reinforce the emission of the different behaviors.

Simple models can gradually become more complex. We hope that as they become more complex they will be more like the real world.

First we will assume a population where all individuals are exactly the same, they are all clones. Then, a mutated gene results in a difference in the form of conflict resolution, some will solve the conflicts by fighting while others will resolve the conflicts by sharing. The only difference that the mutation will produce is the way to resolve conflicts, in the rest they remain exactly the same, there is no physical difference between individuals.

Then another mutation, or the conditions of existence, produces an arbitrary difference. For example, some are residents and the others intruders, some are old others young, some very fat others very thin, some have a green beard and the others are hairless. This difference does not influence physical strength or fighting ability. In a fight they have the same probability of winning. Using this arbitrary difference between individuals we can introduce conditional strategies, for example, fight only if my opponent is an intruder or, fight only if my opponent has a green beard and share otherwise.

Then, another mutation produces a difference between individuals but now the difference is not arbitrary, the difference influences the strength or ability to fight. We will see what happens when individuals differ in attribute that influences strength or fighting ability. Big guys who win the most fights against the boys. We will ask ourselves if there can be situations in which it is a good idea to use paradoxical conditional strategy, that is, to fight with opponents that are larger and when the opponent is smaller to flee.

Finally will simulations in a population consisting of individuals of different type, for example, male and female. Each type of individual has different strategies, for example, males have faithful and tormenting strategists and females have easy and elusive strategies.

Note: While the game is known as the game of Falcons and Pigeons I will call individuals who use the strategy fight the hawks and individuals who use the strategy share the pigeons. When I tried to explain the game, I noticed that people assumed that hawks were physically bigger than pigeons. Maynard Smith says that when two pigeons face the resource, it is shared equally between the two participants. While Dawkins says when a pigeon faces another pigeon no one will be injured; they will limit themselves to taking a position, facing each other, for a long time until one of

them gets tired or decides not to bother anymore and, therefore, gives in. Beyond the words, the game has the same payable that is the only thing that matters.

# 1. In unfavorable environments will the struggles be more cruel?

In the first model we implement, we assume that all individuals are exactly the same, do not differ in anything, until a conflict arises. Some resolve conflicts by sharing and others fighting. He does not know what strategy the opponent will use until the match begins. There is no individual discrimination, I don't know if I had a previous conflict with the same opponent, nor do I know how he behaved in previous disputes.

Every individual in the population is classified according to the type of strategy. One of the strategies is to share, the other strategy is to fight. If someone who uses the fighting strategy has a conflict with someone who uses the sharing strategy, it will move away quickly, so it will not be damaged, yielding the resource to the violent. If someone who uses the fighting strategy has a conflict with another who uses the fighting strategy, they will continue the fight until one of them is seriously injured. If someone who uses the sharing strategy faces another who uses the sharing strategy, no one will be injured; The resource is shared equally between the two participants.

## 1.1 Game payment matrix

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

H (hawk), they are the ones who fight, the D (dove), they are the ones who share. E (H, D) payment of an individual who adopts H against an opponent who adopts D. V is the value of the resource and C is the cost of losing a fight.

When he faces sharing with fighting, fighting gets the resource and sharing adds nothing. V, the value of the resource, in the locker (H, D) and 0 in the locker (D, H).

When they face two they share, each gets half the resource.  $V / 2$  in the locker (D, D).



What happens when two fighting? We have to use the hypothesis that they are physically equal. How they are physically equal have the same probability of winning as of losing. That is, half of the time you will win and the other half of the time you will lose.  $V/2 - C/2$ , which is equal to  $(V - C)/2$ , in the box (H, H).

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

What is a stable evolutionary strategy (ESS)? Suppose we have two strategies I and J. Consider a population of individuals with strategy I to which a small fraction of individuals with strategy J is added. We say that I is a stable strategy, if when the aptitude of the individuals adopting I is greater than the aptitude of individuals using the J strategy, that is, mutants cannot invade the population.

We define Darwinian aptitude as the expected value of strategy payments. The Darwinian aptitude of strategy I is the probability that the opponent will use strategy I for the payment of confronting someone who uses strategy I plus the probability that the opponent will use strategy J for the payment of confronting someone who use strategy J.

$W(I)$ , the Darwinian aptitude of individuals adopting I, is

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

And the aptitude of strategy J

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

Then, I is evolutionarily stable if the following inequality is met for any sufficiently small value of  $p > 0$ :

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

By definition of W:

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

Since p is less than 1 and very small we have that,  $pE(I, J)$  and  $pE(J, J)$  are also very small. From this we can draw a simple condition for evolutionarily stable strategy:

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

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

For I to be evolutionarily stable, the payment using the I vs. I strategy must be larger than the payments using the J vs. I strategy.

If strategies I and J are equally good when faced with someone who uses strategy I, then I is evolutionarily stable, I players must do better in their interactions than J players with J players with each other.

Returning to the simple model, the game of equal individuals who share and fight, the sharing strategy is not ESS, because  $E(D, D) < E(H, D)$ . This means that a population of individuals who use the sharing strategy can be invaded by a mutant that uses the fighting strategy.

The fighting strategy is ESS if  $(1/2) * (V - C) > 0$ , simplifying, is ESS when  $V > C$

If the value of the resource is greater than the cost of injuries caused by the fight after a couple of generations, all individuals will fight.

If  $V < C$ , none of the pure strategy, share or fight, is an ESS

If the value of the resource is less than the cost of losing a fight then there is a mixed strategy that is ESS.

A mixed strategy is a strategy that chooses with one probability  $p$  one of the strategies and with a probability  $(1 - p)$  the other strategy.

If I is a mixed ESS strategy, it can be shown that the payment of the confrontation of two individuals who use the mixed strategy is equal to the payment of an individual who uses the mixed strategy against an individual who uses the sharing strategy and is equal to payment of the confrontation between someone who uses mixed strategy against someone who uses fighting. This is:

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

Using this property we can deduce what the probability is. Let  $P$  be the relative frequency of individuals who adopt the fighting strategy in the population.

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

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

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

$$P = V / C$$

If the value of the resource is less than the cost of injury, we obtain that the percentage of the population that will share will be  $V / C$ .

The other interpretation of the mixed strategy is that individuals will use the strategy to share a  $V / C$  of the times and the rest of the time will fight.

Dawkins says that in elephant seals, the prize for a victory may be close to obtaining almost monopolistic rights over a large harem of females. The final result for the win must be, therefore, qualified quite high. No wonder the fights are cruel. The cost of wasting time for a small bird in cold weather, on the other hand, can be gigantic. A great strike, when it is feeding its chicks, needs to catch a prey every thirty seconds on average.

The more resources less violence. Ok in very general terms. It can explain in broad strokes the evolution of the human species. Steven Pinker, in the book *In Defense of the Enlightenment*, shows with statistics, how violence has been decreasing and wealth has increased over time. Be careful to draw conclusions to the beast. It is necessary to verify that the hypotheses of the model are fulfilled. You cannot say that the poor are more violent than the rich. It may be that the rich commit crimes and do not pay a cost, someone with money can kill and not go to jail. While a poor man is stopped by the police to ask for a document because he is dressed in croto.

We will see what happens in the simulation. At the end of the games are there more individuals who resolve their conflicts to blows or decide to share? What happens if a violent person is added to a population where everyone shares? Can you invade the population? What about a population where everyone is violent and adds one that shares?

## **1.2.Simulation of the game**

Simulation: sharing or fighting in a population where all individuals are equal

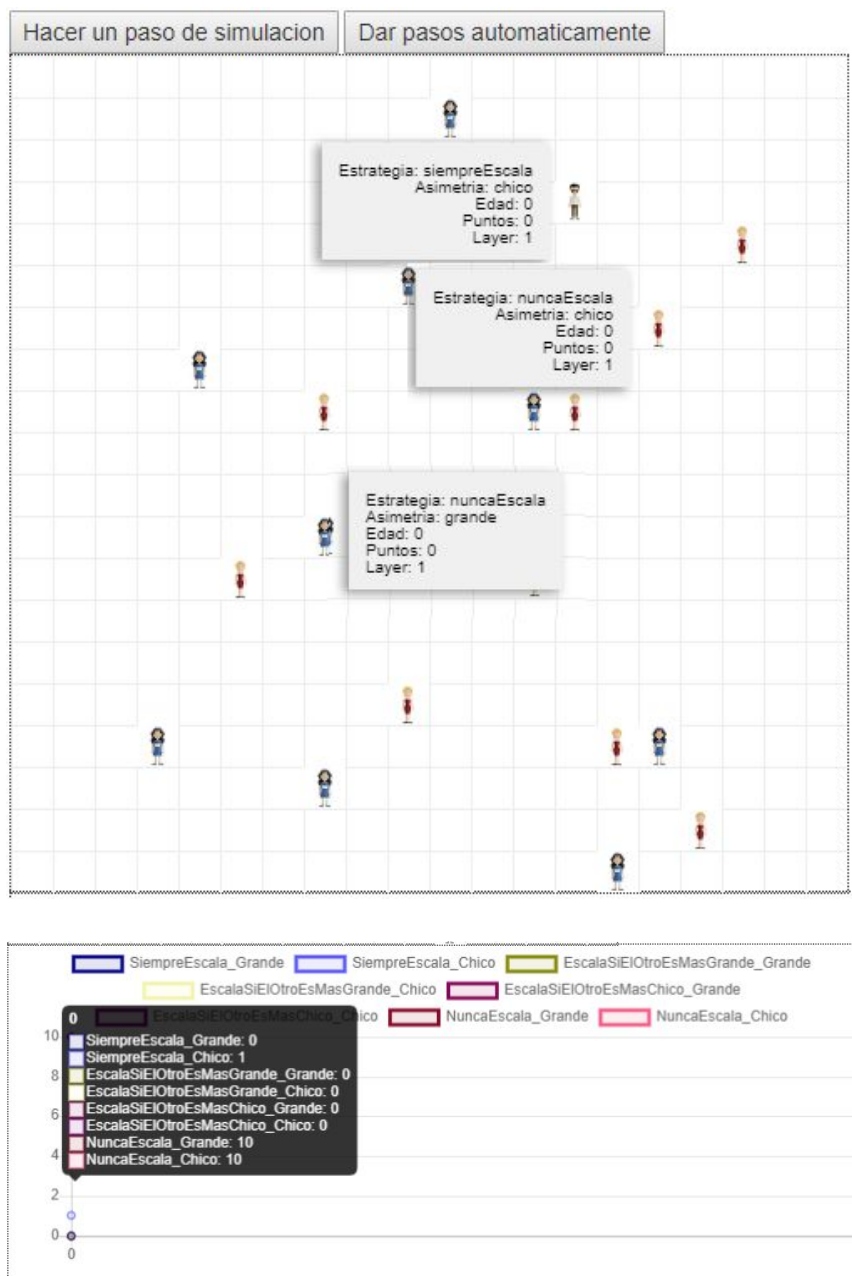
In the population all individuals are physically equal, have the same strength, the same size and the probability that any individual wins a fight is 0.50. In addition, individuals do not see any difference between them, that is, there can be no conditional strategies of the type "if my opponent is a large (small) individual then fight (share)".

The first sub-case are from populations where the value of the resource is greater than the cost of injury, the second sub-case the value of the resource is less than the cost of injury

a- Value of the resource greater than the cost of injury

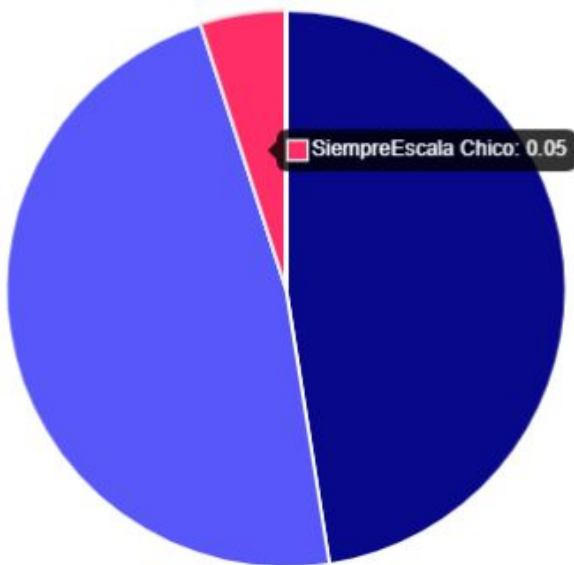
In the first simulation all individuals of the population use the sharing strategy, the value of the resource is 10 points, the cost of injury is 5 points, the neighborhood is 30 steps and we will see what happens when we add an individual who uses the fighting strategy.

The initial state of the population is as follows:

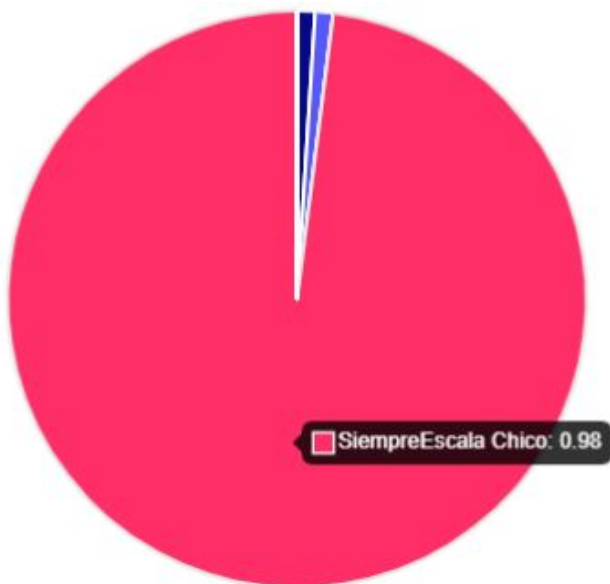


After 5 generations all individuals fight

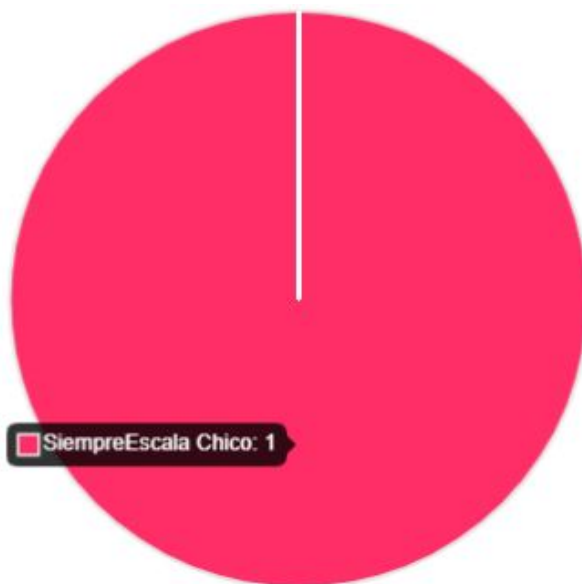
The initial percentages are:



Percentage after 62 generations



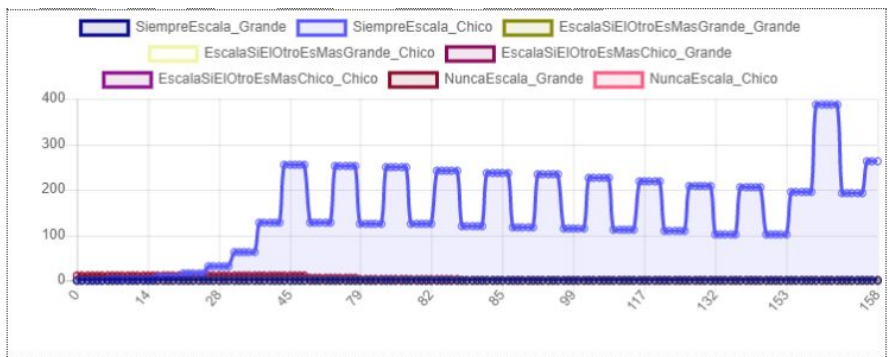
After 160 generations the percentages are:



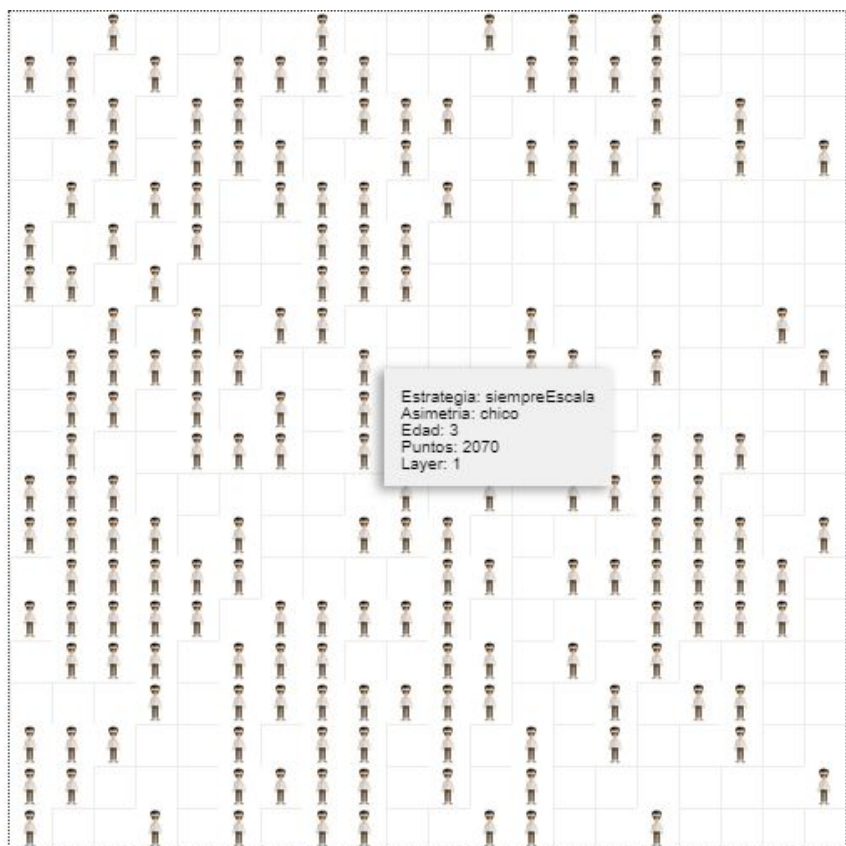
Logically, if the value of the resource is greater than the cost of fighting all the individuals are going to fight.

The evolution of the system was as follows:





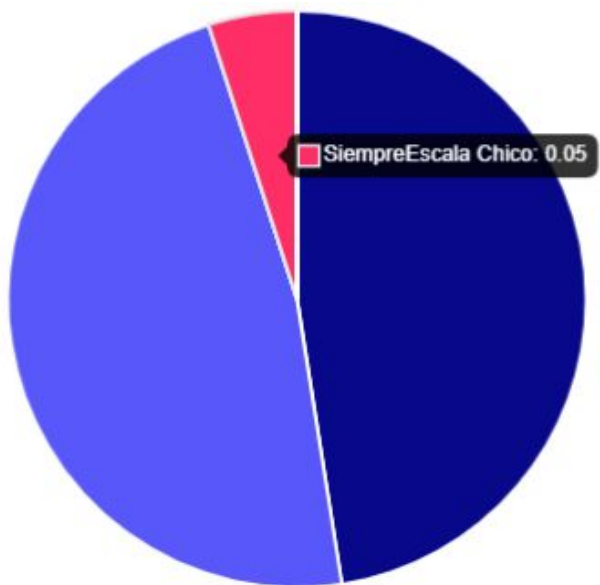
In the final state everyone fights



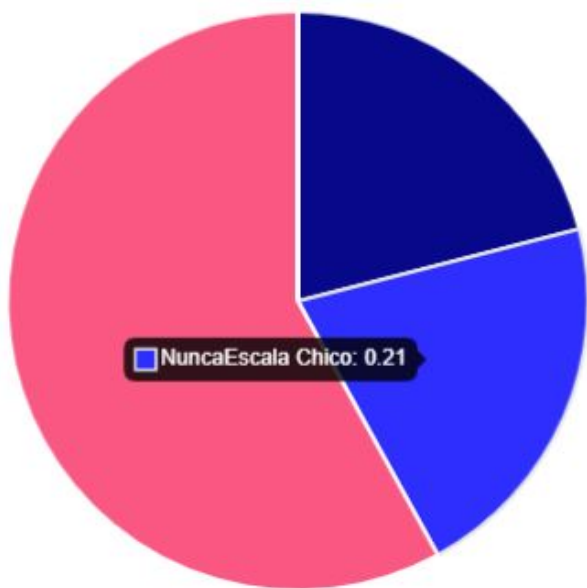
b- Resource value less than the cost of injury

Now, in the population where everyone fights, we change the resource value from 10 points to 5 points, the cost of 5 point injury to 10 points and we add an individual that you share.

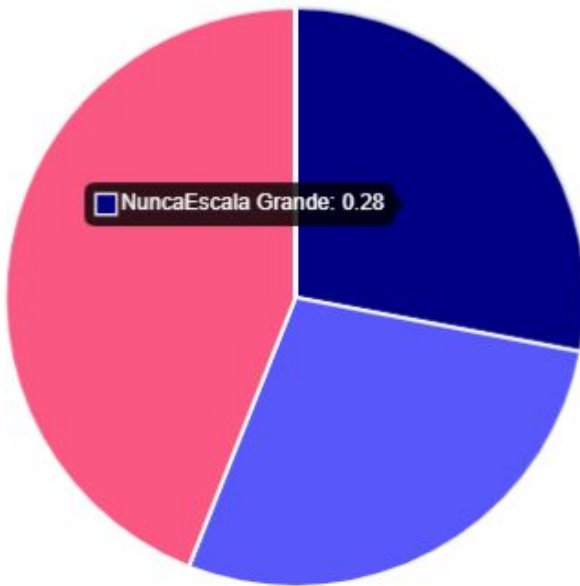
After 5 generations we have the following status



The percentages after 5 generations are:



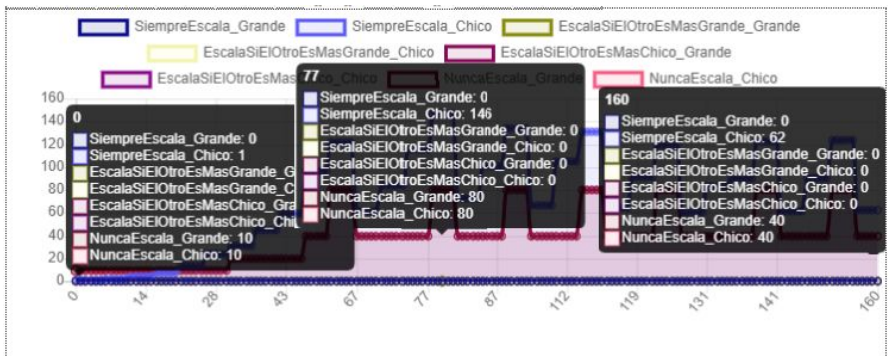


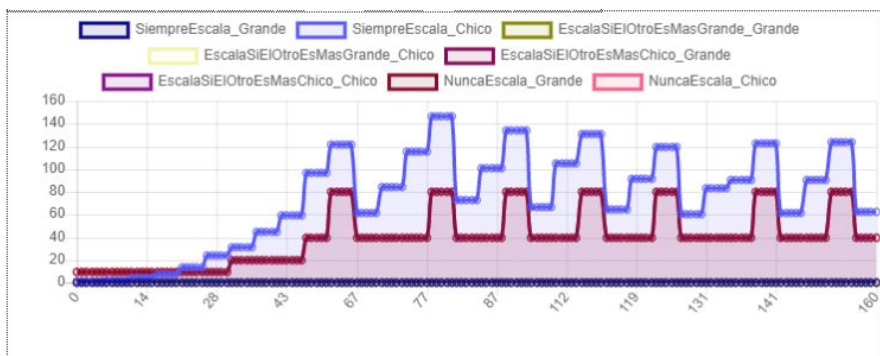


Since the value of the resource, (V), is 5 points and the cost of injury, (P), is 10 points the percentage should be ,  $(V / C)$ , 0.50, very close to what is observed in the simulation.

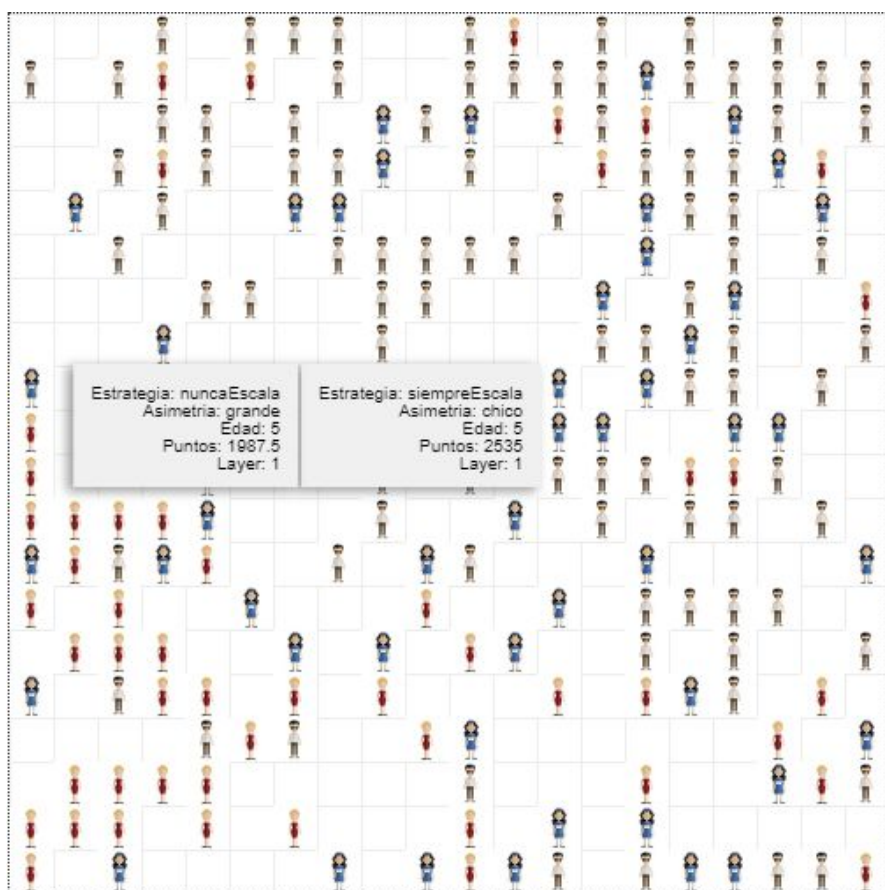
The percentages found simulating are close to those that are deduced mathematically.

The evolution of the system was as follows:





The final state:



## 2. If you go to Rome do like the Romans

In real life we are not clones, we are not all equal, in addition to the difference in conflict resolution, there are arbitrary differences, such as hair color, young-old,

intruder-local that does not influence the outcome of a fight and there are differences between individuals, such as physical strength or size that does influence the outcome of a conflict. First we will consider differences in attributes that do not influence the outcome of a conflict, such as having a green beard, being old-young, resident-intruder, dark hair, light skin. Then we will consider differences that do influence the outcome of a fight, such as being bigger and stronger.

Suppose a population with an arbitrary difference, it can be young individuals or old individuals, individuals who are intruders and local individuals, we also assume that each individual knows whether he is local or intruder, old or young, knows that his opponent is local or is the Intruder, old or young, but cannot know if your opponent is going to be willing to share the resource or fight.

In an earlier point altruism was explained, an individual throws himself into the river and dies but manages to save 10 altruistic individuals, with individuals who can recognize altruistic individuals and have a conditional strategy of the type “if the one who is drowning is an individual altruistic jump into the river and try to save it. In this case we cannot have a “I share only with the individuals who share” strategy because there is no indication of whether I behave or fight, I just know that the one who is drowning has such hair color, I do not know if it is one of those that in a conflict fight or share.

In a previous point it was also explained that cooperation can arise in a repeated prisoner's dilemma, when there is individual recognition, memory of previous meetings and a conditional strategy of the type “share if in previous opportunities the individual shared and defect in the opposite case”. In the game we are considering there is no individual recognition, nor memory of past conflicts. This may be because they have no memory, or it is very rare for two individuals to meet again in the future, such as a conflict between two strangers in a large city.

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 comparta 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 ya 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”

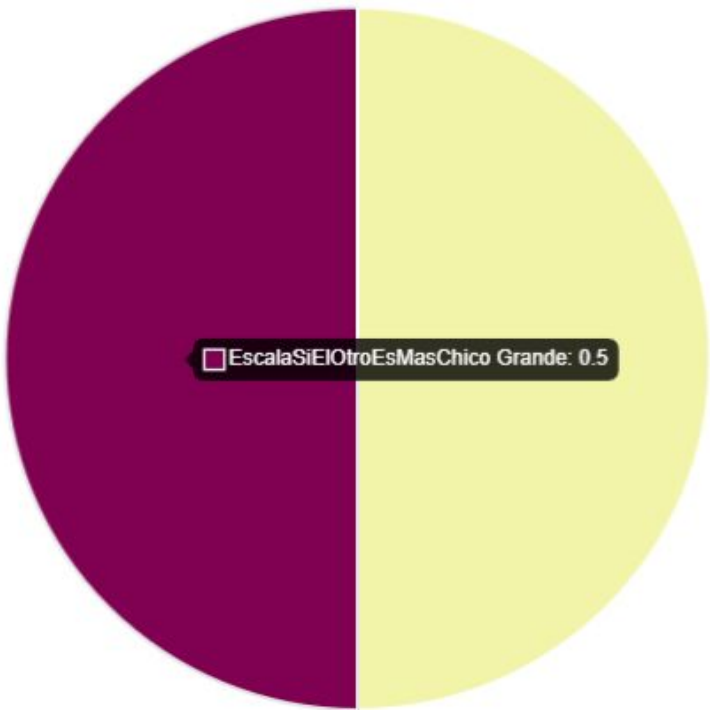
a- La mitad de la población usa una de las estrategias condicionales y la otra mitad usa la otra estrategia condicional

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.

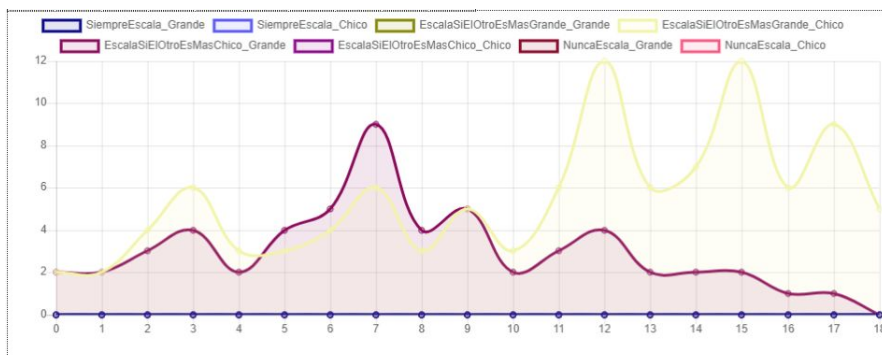
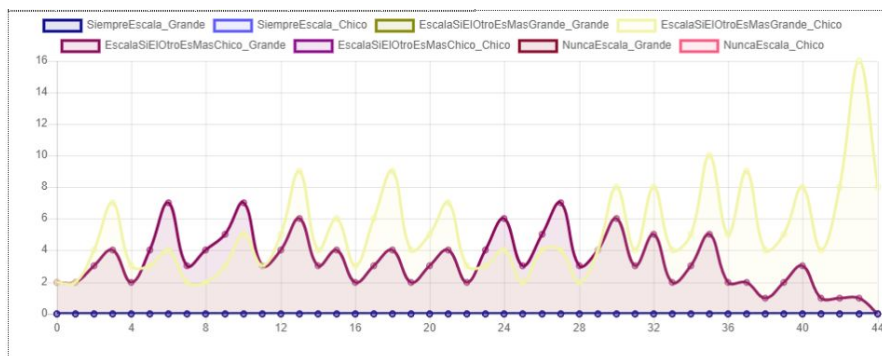
El valor del recurso es de 5 puntos, el coste de lesión es de 10 puntos, 10 individuos chicos que pelean si su oponente es mayor y comparten en caso contrario, 10 individuos grandes que pelean si su oponente es menor y la probabilidades de que gane un individuo chico es igual a la probabilidad de que gane el individuo grande, igual a 0.50.

Los porcentajes iniciales son:

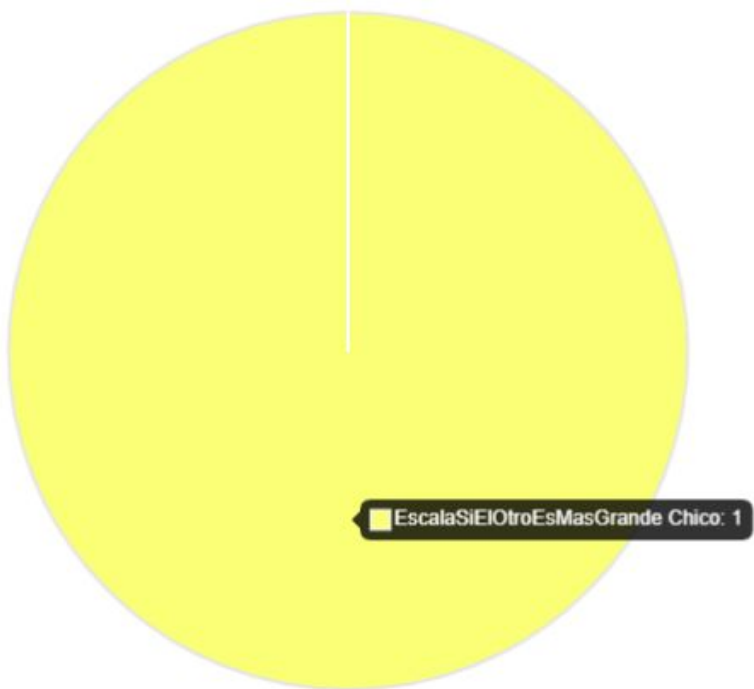


Luego de varias generaciones encontramos que todos los individuos de la población usan estrategia condicional paradoja.

La evolución del sistema fue la siguiente:

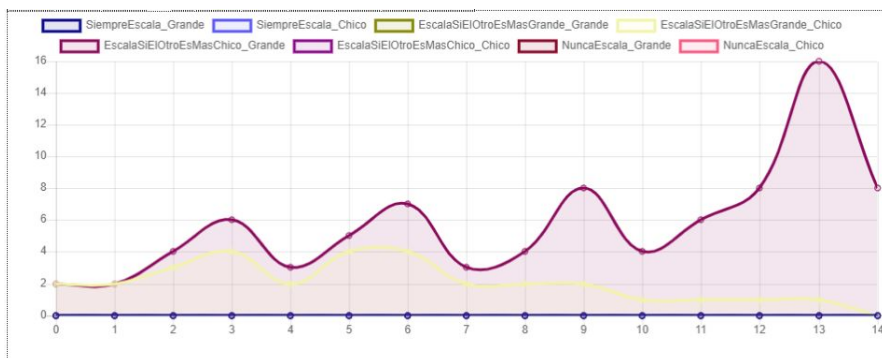


Los porcentajes luego de 5 generaciones son:

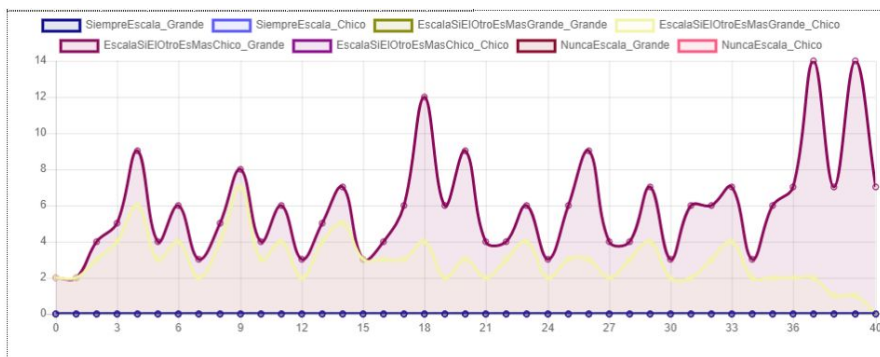


En otra simulación, luego de varias generaciones, encontramos que todos los individuos de la población usan estrategia condicional de sentido común.

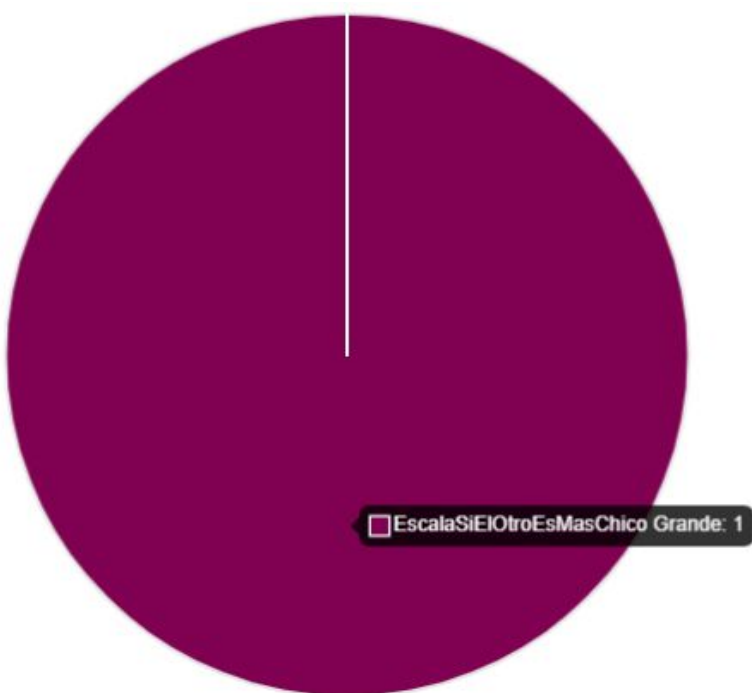
Evolución del sistema:







Estado final luego de 40 generaciones:



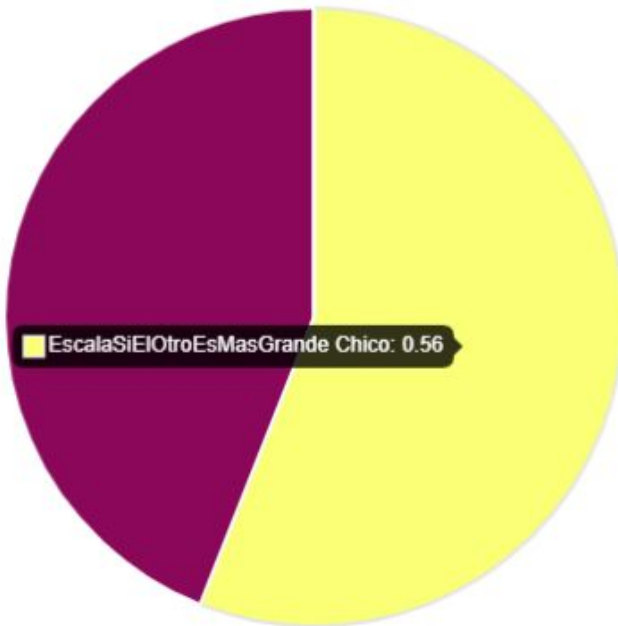
b- Más de la mitad de los individuos usa una de las estrategias condicionales

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.

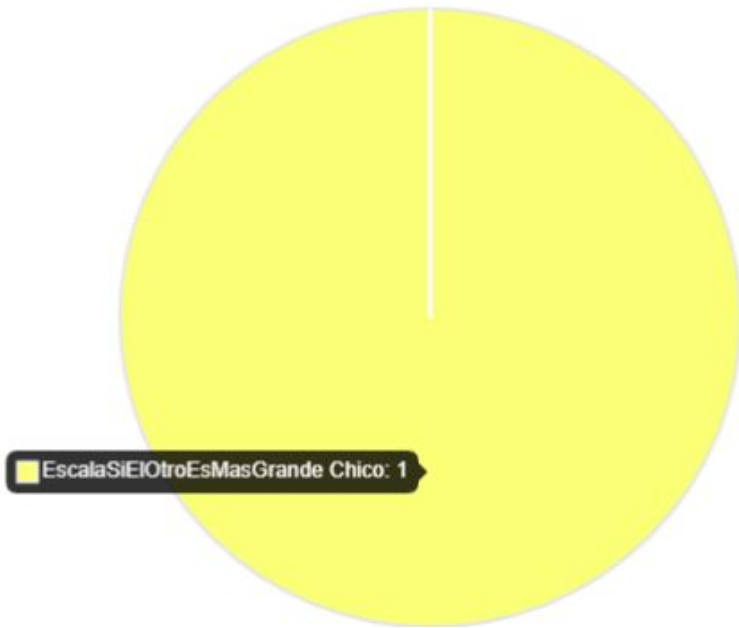
Supongamos que tenemos la siguiente población:

- 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.

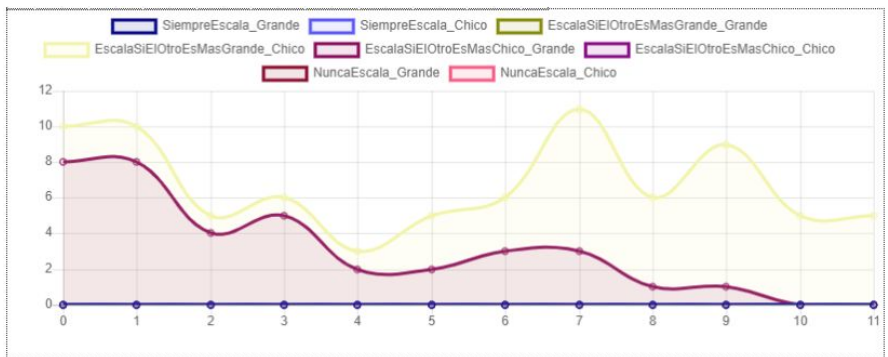
El costo de lesión es de 10 puntos, el valor del recurso es de 5 puntos, tienen la misma probabilidad de ganar un individuo chico que uno grande y hay más individuos chicos que pelean si su adversario es más grande que individuos grandes que pelean si su adversario es menor. ¿A qué evoluciona esta población?



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

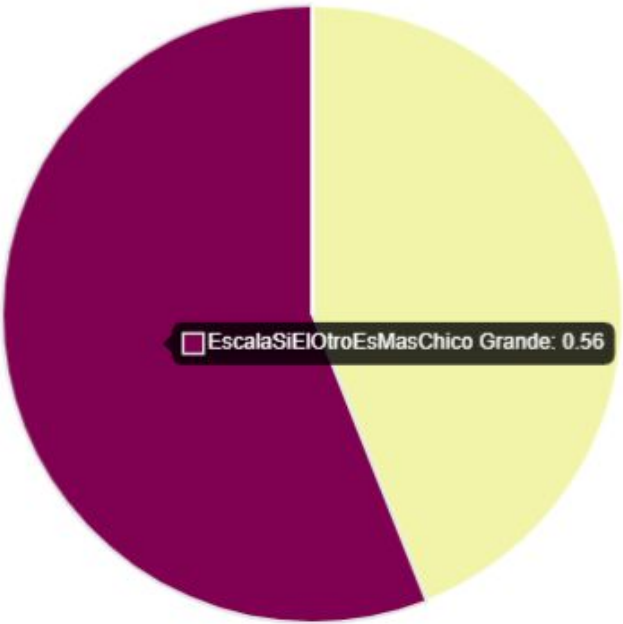
Ahora vemos lo que pasa cuando empezamos con una población donde la mayoría de la población sigue una estrategia de sentido común.

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

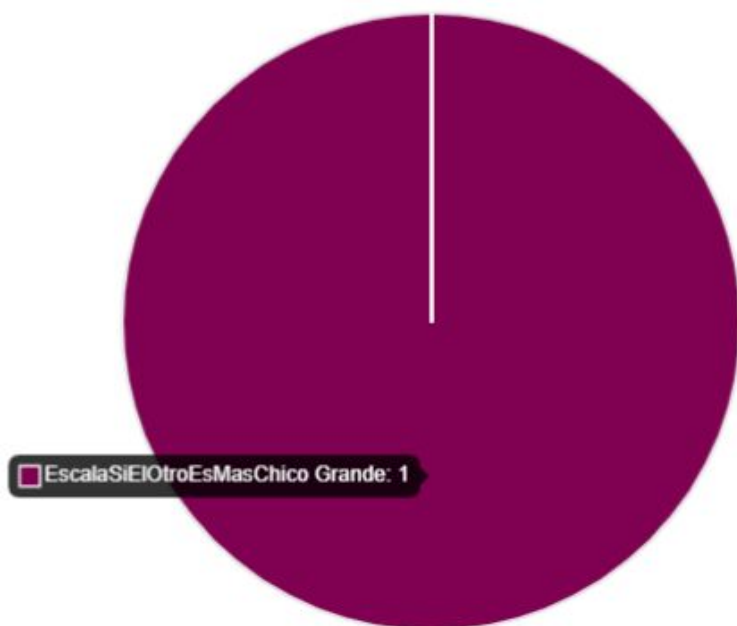
- 8 individuos chicos que pelean si su adversario es grande y comparten en caso contrario.

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

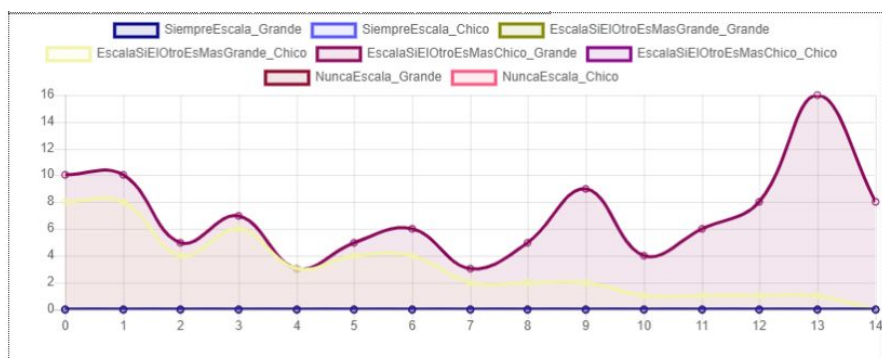
¿Qué sucede en esta población? El costo de lesión es de 5 puntos, el valor del recurso es de 10 puntos, tienen la misma probabilidad de ganar un individuo chico que uno grande y hay más individuos grandes que pelean si su adversario es más chico.



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**

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

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

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.

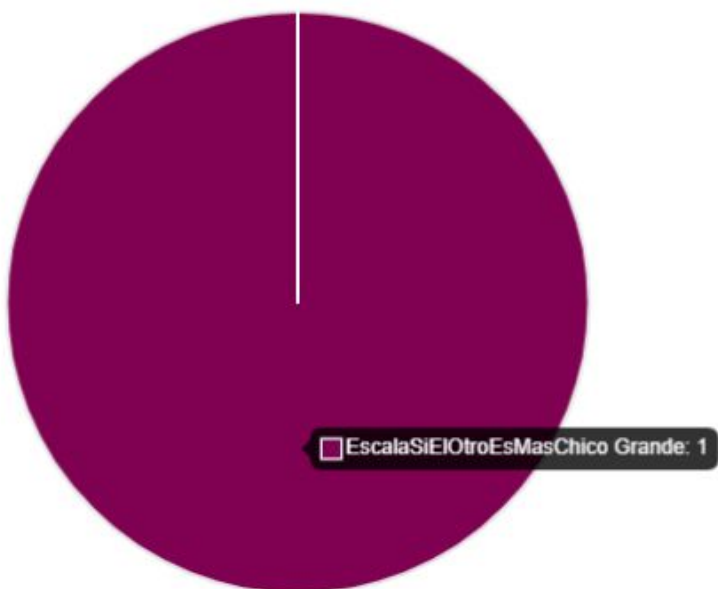
10 individuos usan estrategia condicional de sentido común.

El individuo más grande gana 9 de cada 10 peleas.

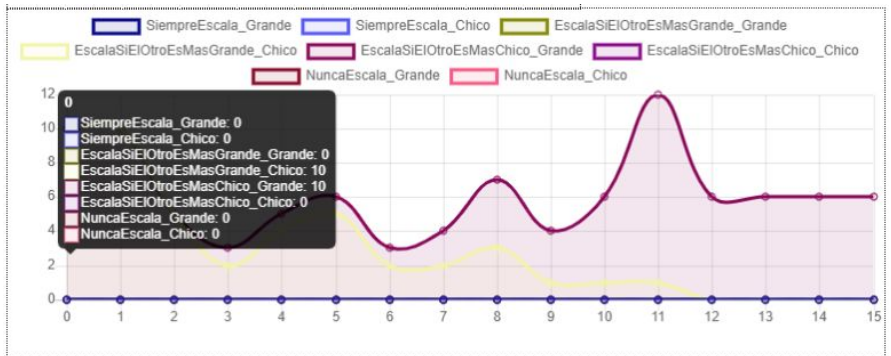




Luego de 15 generaciones obtenemos los siguientes porcentajes



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

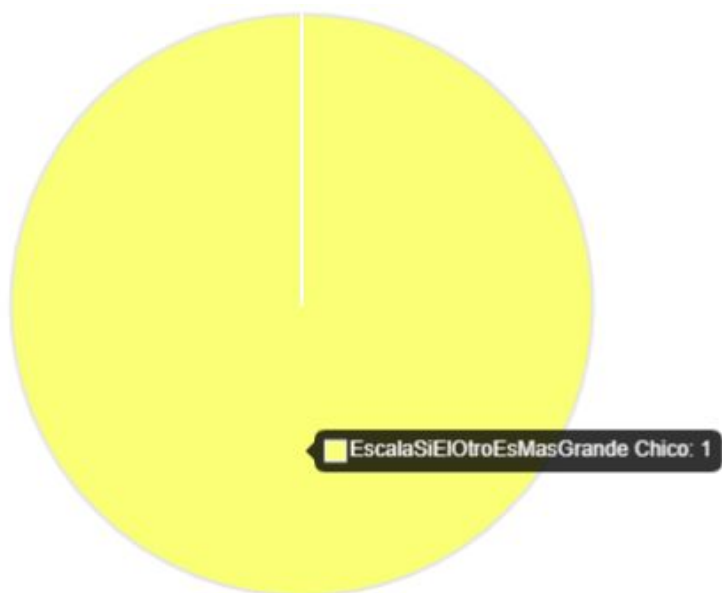
Supongamos que el costo de lesión es de 10, el valor del recurso es de 5 y que el 10% de las veces en que pelea un individuo grande contra un individuo chico la gana el individuo grande. Tenemos una población con 5 individuos grandes que siempre pelean, 5 individuos chicos que siempre pelean y agregamos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

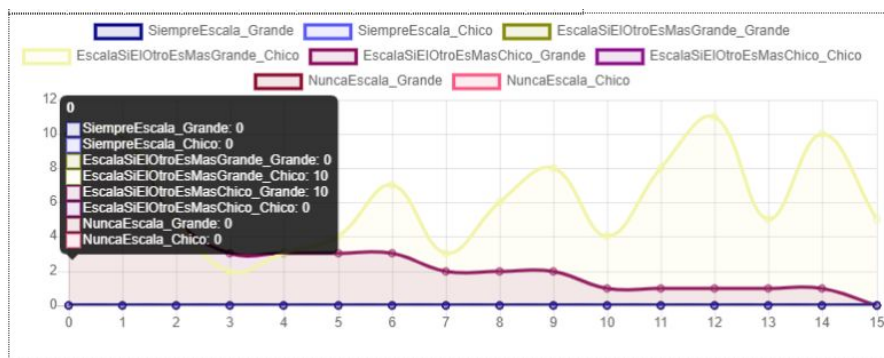
10 individuos chicos usan una estrategia condicional paradójica.

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

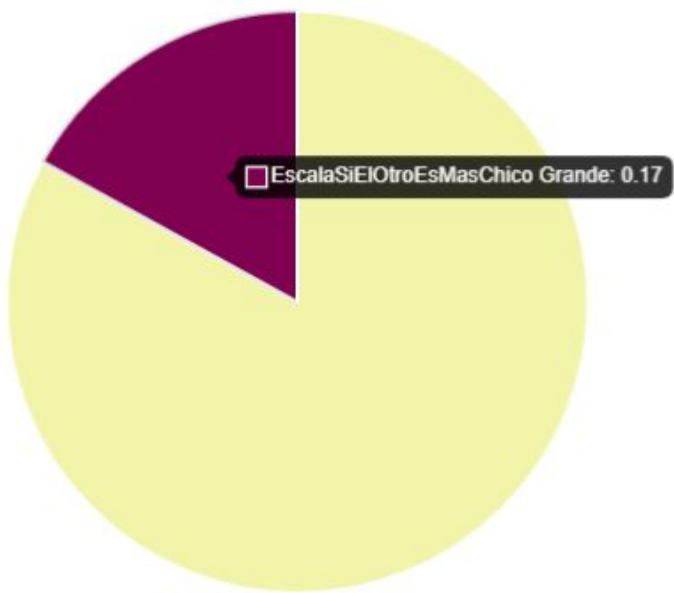
caso contrario y vemos que sucede en la población, si puede o no puede invadir la población.

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?

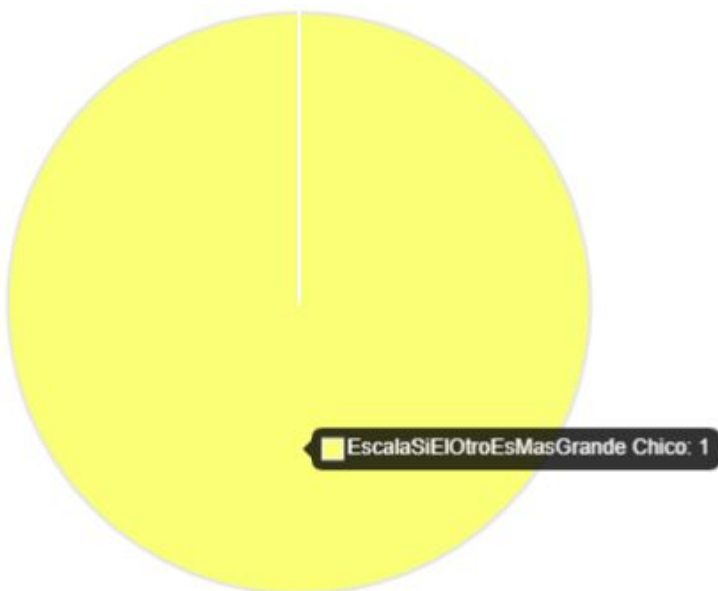
10 individuos chicos usan una estrategia condicional paradójica.

8 individuos usan estrategia condicional de sentido común.

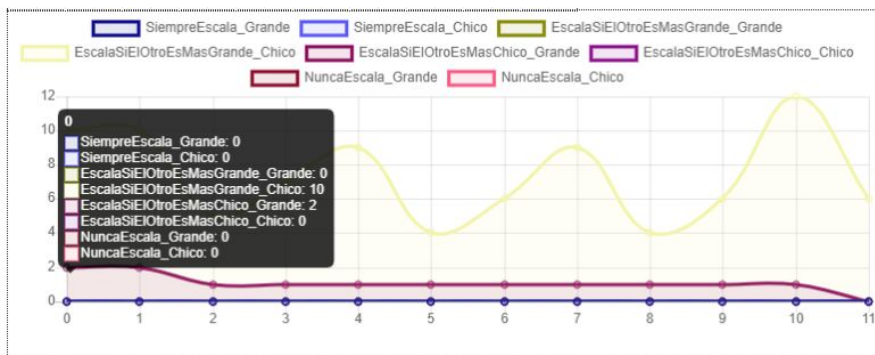
El individuo más grande gana 8 de cada 10 peleas.



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 pude 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 ya la hembra -5 puntos.

-Un encuentro entre un macho fiel y una hembra esquiva, 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 esquiva 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	-5, 15

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](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](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.