



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

DEPARTAMENT D'ECONOMIA APLICADA

**THREE ESSAYS ON BOUNDED
RATIONALITY AND STRATEGIC
BEHAVIOR**

A DISSERTATION SUBMITTED FOR THE DEGREE PH.D. IN APPLIED ECONOMICS

Author:

Olga Lucía MANRIQUE CHAPARRO

Directors:

Pere RIERA

and

Nikolaos GEORGANTZÍS

2012

Dedication

A la memoria de mi padre, a sus grandes enseñanzas.

A mi madre, quien no han hecho otra cosa que amarme y guiarme.

A mis dos grandes amores, mi esposo Henry y mi hija Manuela, quienes le han dado un significado a mi vida.

Acknowledgments

I am grateful to my advisors Pere Riera and Nikolaos Georgantzís for their guidance and support. I also thank to Jean-Robert Tyran (Director of the Centre for Experimental Economics (CEE)), Marco Piovesan and Pablo Torija, of the University of Copenhagen; to Carles Solà and Jordi Brandts, of The Universitat Autònoma de Barcelona. Also to my colleagues Sergio Monsalve, Andres Salamanca, Oscar Benavides and Giancarlo Romano for their comments and suggestions. Finally, my acknowledgments to the Department of Economics at the Universidad Nacional de Colombia for financial and logistical support for the experiments.

Contents

1	Some Strategic Aspects of Private Information: An Experimental Analysis	1
1.1	Introduction	1
1.2	Theoretical Setting	2
1.2.1	Treatment One: Non-Revealing Strategy	2
1.2.2	Treatment Two: Revealing Strategy	6
1.2.3	Some General Properties	7
1.3	Experimental Design	8
1.4	Results	8
1.4.1	General Players' Behavior	9
1.4.2	Empirical Value of the Games	11
1.4.3	Player 2's Empirical Use of Information	14
1.5	Conclusions	20
1.6	References	20
2	Comportamiento estratégico y manipulabilidad en los métodos de preferencias declaradas para la valoración de bienes sin mercado. Tres experimentos de Laboratorio	23
2.1	Introducción	23
2.2	Análisis Teórico	24
2.3	Diseño Experimental	26
2.4	Análisis Aplicado	27
2.4.1	Primer Tratamiento	27
2.4.2	Segundo Tratamiento	28
2.4.3	Tercer Tratamiento	32
2.5	Discusión	34
2.6	Referencias	37
3	Mistakes and Reciprocity Promote Cooperation in Public Good Games: An agent-based approach	39
3.1	Introduction	39
3.2	The Model	40
3.2.1	Game Individual Dynamics	43
3.2.2	Game Population Dynamics	44
3.3	Simulations and Results	46
3.3.1	Monomorphic Cases	46
3.3.2	Dimorphic Cases	47

3.4	Conclusions	59
3.5	References	59
A	Instrucciones Experimento Capítulo 1	63
A.1	INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 1	63
A.1.1	Instrucciones Jugador 1	63
A.1.2	Instrucciones Jugador 2	64
A.2	INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 2	65
A.2.1	Instrucciones Jugador 1	65
A.2.2	Instrucciones Jugador 2	66
B	Instrucciones Experimento Capítulo 2	69
B.1	INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 1	69
B.2	INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 2	72
B.3	INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 3	76

Some Strategic Aspects of Private Information: An Experimental Analysis

1.1 Introduction

Repeated strategic interaction allows people to learn about other's nonverifiable characteristics by observed behavior. Players could to avoid some actions for do not disclose information. Repeated games with incomplete information provide the natural paradigm to address these informational dynamic aspects. Repetition can be useful as a signaling mechanism through which information is passing on from one period to another.

Most of the work on repeated games with incomplete information was developed by Aumann y Maschler [1966, 1967], and later their ideas were generalized by R. Stearns [1967], J.-F. Mertens and S. Zamir [1972, 1980], S. Sorin [1980, 1986] and S. Hart [1985]. This literature is mainly concerned with the following issues: how should an player take advantage from private information?, how could an uninformed player get information observing his opponent's previous actions?, should an informed player make use of his knowledge to get short run profits, risking to reveal information?, or should an informed player totally or partially hide information to get profits in the future?

We study if qualitative and quantitative properties of two-person zero-sum repeated games with incomplete information (and perfect monitoring) are fulfilled in lab from two examples of Aumann and Maschler [1966, 1967]. This paper is concerned to the informational aspects of incomplete information repeated games. In a full monitoring setting, essential information may be revealed *implicitly* by player's actions, so we look at if informed players use properly the private information and if uninformed players can guess the game they are playing. We focus on two-person zero-sum games not only for simplicity but also because they capture the main problems and aspects of strategic transmission of information, isolated from the phenomena of cooperation, collusion, punishment and incentives. In addition, as the equilibrium strategies are equivalent to maxmin strategies, there are no equilibrium selection and coordination problems between players.

There are few experimental studies on this topic. Feltovich [1999, 2000] and Jacquement and Koessler [2011] are perhaps the only related to this kind of games. Feltovich's works comparing different learning models (belief based learning and reinforcement learning), and Jacquement and Koessler study the impact of the game length (1 to 5 stages) on the value of private information. The last study addresses the same issues considered in our paper but we focus on long run games and investigate for the beliefs guiding decision making process.

Feltovich concludes that informed players overuse the private information, which means low average payoff for them. Hence, the actual value of information may become negative when information is ignored. In contrast,

Jacquement and Koessler find that the empirical value of information is always positive. The empirical value of the game coincides with the theoretical prediction in most cases, so they find strong support in favor of the theoretical properties of the games value. However, we conclude that the flow of information is higher than predicted in the non-revealing game and lower than predicted in the fully revealing game. But, the use of information is as expected for the treatment parameters: the information flow is strictly higher in the fully revealing game than in the non-revealing game.

Other experimental literature related to repeated games has been extended to issues about learning processes. The term “learning” has often been understood as learning of the opponents’ behavior rather than learn about the structure of the game. However, there are at least three exceptions: Cox *et al.* [2001], J. B. Oechssler and Schipper [2003] and Gerber [2006].

Cox *et al.* conducted an experiment in order to test Jordan’s model [1991] of Bayesian learning in games with incomplete information. They find that behavior is consistent with the Bayesian learning model whenever the true game has a unique equilibrium in pure strategies, and it is inconsistent when the true game has two pure strategy equilibria.

Oechssler and Schipper verify experimentally whether individuals who face repeated situations of strategic interaction can guess the payoff structure of their opponents. Their findings indicate that subjects cannot successfully guess the payoff structure of their opponents in 2×2 games, but the results varied across the games and often were quite close to a Nash equilibrium.

Finally, Gerber [2006] studies the learning processes in infinitely repeated games 2×2 with incomplete information. He checks if the players: (i) recognize the game they are playing, (ii) learn to predict the opponent’s behavior, and (iii) learn to play a Nash equilibrium of the repeated game. He finds that learning success is higher for games with pure strategy Nash equilibria than for games with a unique mixed strategy Nash equilibrium. Moreover, subjects learn to predict the opponents’ behavior very well, but they rarely play according to a Nash equilibrium.

In Section 2 we consider two zero-sum repeated games with incomplete information due to Aumann and Maschler [1995]. In Section 3 we present the experimental design. In Section 4, we analyze players’ performances and behavior in the experimental treatments, and we compare them with theoretical benchmarks. Finally, in Section 5 we conclude.

1.2 Theoretical Setting

In strategic interaction contexts, the past experiences undoubtedly affect the current behavior because each individual is able to learn about the other’s unknown aspects that at first glance are not observable but that can be relevant in making decisions. When people interact, and they expect eventually to do so in the future, strategically can change their behavior to confuse his counterpart and ensure a better result in the future. Relevant information may be disclosed implicitly by the actions of players, such that they to refrain to acting in some way to avoid give informational advantages.

The main objective to this paper is to analyze the strategic aspects of information from an experimental design. We present the following three questions: Do People take advantage of private information? When and how private information should be disclosed? Is revealed information used correctly?

We consider two examples due to Aumann and Maschler [1995], each one defining a treatment in the experiment.

1.2.1 Treatment One: Non-Revealing Strategy

In this treatment the informed player cannot benefit in the long run from his private information. Consider the following two-person zero-sum game with incomplete information.

	G_A			G_B	
	N	W		N	W
	1	0		0	0
	0	0		0	1
	S			S	

Figure 1: Treatment one

Players face one of two possible scenarios, each determined by the games in strategic form G_A and G_B . In each game, players must choose simultaneously between two alternatives: North (N) and South (S) for player 1, and East (E) and West (W) for player 2. At the beginning of the game, only player 1 is informed about the game to be played, but it is common knowledge that the game is randomly chosen from an equiprobable distribution, i.e., $P(G_A) = P(G_B) = \frac{1}{2}$.

Games G_A and G_B can be taken as types of player 1, so, we refer to player 1 as type A (1_A) when the game G_A is played, and as type B (1_B) when the game G_B is played, and denote this game by $\Gamma_1(1/2)$.

Let w_A and w_B the values of the game A and game B, respectively. It is easy to check that $w_A = w_B = 0$, i.e., player 1 can ensure a payoff of zero on each game. The only optimal strategy for player 1 in the game $\Gamma_1(1/2)$ is “choose N if the game is A and choose S if the game is B”. On the other hand, any pure or mixed strategy of player 2 is optimal. We conclude immediately that the stage game value is $1/2$.

Consider now that the game $\Gamma_1(1/2)$ is played repeatedly over infinite stages. At the end of each repetition the players are informed about the choices made by them (full monitoring), however, payoffs received by each one are debited (in the case of player 2) or credited (in the case of player 1) from their accounts but none can see the amounts recorded¹. This game is denoted by $\Gamma_\infty(1/2)$.

Immediately arises the question: Is optimal for player 1 play in $\Gamma_\infty(1/2)$ like in $\Gamma_1(1/2)$? The answer is negative. Suppose that player 1 plays as in $\Gamma_1(1/2)$, i.e., “ N if he is 1_A and S if he is 1_B ”. In this way, player 2 could quickly infer what is the game they are playing and so ensures not to pay a value larger than w_A (if player 1 is type 1_A) or w_B (if player 1 is type 1_B) in each stage of the game. So, if player 1 use this strategy for the repeated game, called *revealing strategy*, the average payoff for player 1 tends to zero as the number of stages tends to infinity. The consequence is that player 2 eventually can “discover” player 1’s private information.

However, Player 1 can guarantee a strictly positive payoff in the game $\Gamma_\infty(1/2)$ if he plays ignoring his private information, so that his actions can not reveal in any way the actual game. This strategy is called *non-revealing strategy* because to play ignoring the information is equivalent to play as if player 1 does not know the real game. This particular game will be denoted $\Delta_\infty(1/2)$. Note that in game $\Delta_\infty(1/2)$ whatever be the strategy chosen by player 1, player 2 has no way of inferring the game being played. Thus, the expected payoff of each player in every stage is the same, and equal to the expected payoff in the game describe by the first stage of $\Delta_\infty(1/2)$, i.e., $\Delta_1(1/2)$ (see Figure 2). This implies that the value of $\Delta_1(1/2)$, denoted u , is equal to the value of the game $\Delta_\infty(1/2)$. This implies that an optimal strategy for each player in $\Delta_\infty(1/2)$ is to play at each stage the maxmin strategy (or minmax in the case of player 2) of the game $\Delta_1(1/2)$.

An optimal strategy for players 1 (player 2) in $\Delta_\infty(1/2)$ is to play North (East) in each stage with probability $1/2$. So the value of this game is $u = \frac{1}{4}$. If player 1 plays in $\Gamma_\infty(1/2)$ as if he was playing in $\Delta_\infty(1/2)$, he can ensure a payoff not less than $u > w_A = w_B = 0$. Thus to play “ N if he is 1_A and S if he is 1_B ” is not an optimal strategy. This

¹Note that if player 2 had the chance to see his payoffs, he could infer perfectly the game that is facing. On the other hand, although player 1 does not know his payoffs, he can infer this amount correctly, because he knows the true game and also is informed of the choices made by player 2.

		Player 2		
			<i>E</i>	<i>W</i>
Player 1	<i>N</i>		1/2	0
	<i>S</i>		0	1/2

Figure 2: Game $\Delta_1(1/2)$ in strategic form

of course does not imply that the optimal strategy for the game $\Delta_\infty(1/2)$ is also an optimal strategy for the game $\Gamma_\infty(1/2)$, since there may be some other strategy in which player 1 can guarantee a larger payoff than u . However, it can be shown that the value of the game $\Gamma_\infty(1/2)$, denoted by $v_\infty(\frac{1}{2})$, is $1/4$, so the non-revealing strategy “play each action with equal probability in each stage” is optimal in $\Gamma_\infty(1/2)$. Intuitively, if player 1 slightly alters his strategy to take some advantage of his information, player 2 will eventually notice this and switch to his best response. So, any advantage that player 1 can make from his information will only be of short run and not enough to offset the long run losses inflicted by player 2.

What can we say about the optimal strategy for player 2 in $\Gamma_\infty(1/2)$? First, “to play in each stage as in $\Delta_\infty(1/2)$ ” is not an optimal strategy in $\Gamma_\infty(1/2)$. Note that this strategy can be answered by the player 1 choosing N if he is type 1_A or S if he is type 1_B , which guarantees an expected payoff equal to $1/2$ for each stage, which is greater than the value of the game $\Gamma_\infty(1/2)$.

Following Blackwell [1956], we can describe the subjective game faced by player 2 as a matrix whose components are vector payoffs. So the game as perceived by player 2 is:

		Player 2		
			<i>E</i>	<i>W</i>
Player 1	<i>N</i>		(1, 0)	(0, 0)
	<i>S</i>		(0, 0)	(0, 1)

Figure 3: Vector payoff game in strategic form

The set of feasible payoffs is shown in figure 4.

Suppose that at the first stage of the game $\Gamma_\infty(1/2)$ both players pick N and E , respectively. At the end of this stage the player 2 is informed about the choice made by player 1, then if the actual game is G_A then player 2 has paid 1, and if the actual game is G_B , the player 2 has paid 0. Thus, player 2 has been affected more by 1_A than 1_B , and his strategy for the second stage should try to minimize this damage by playing “more” against 1_A than 1_B .

By continuing this process, the player 2 may determine the vertices in the Figure 4 that has been chosen at the end of each stage. In general, if at the end of stage n , the points observed by player 2 are $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$,

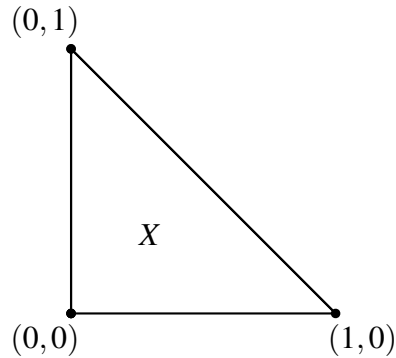


Figure 4: Set of feasible payoffs

then the *average payoff vector* up to n -th stage is:

$$(\xi_n, \eta_n) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right) \quad (1)$$

It corresponds to a point in the set X . The player 2 knows that if the actual game is G_A , then player 1 will seek to force the average payoff vector to the vertex $(1, 0)$. Similarly, if the actual game is G_B then player 1 will try to move the average payoff vector near to the vertex $(0, 1)$. Thus, at each new stage, player 2 must implement a strategy to play more against a type of player 1 than the other. The objective of player 2 is to try to keep the average payoff vector within some set S_x whose elements are part of the southeast quadrant of the point $x \in X$ (see Figure 5).

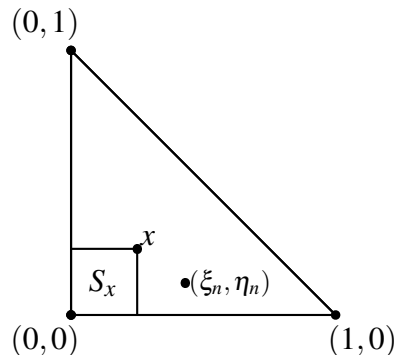


Figure 5: Approachable set

Blackwell called the set S_x in the space of feasible payoffs *approachable* by player 2, if for any strategy of player 1 in the game $\Gamma_\infty(1/2)$, player 2 has a strategy such that the distance between the average vector payoff and the set S_x tends to zero with probability 1 as the number of stages tends to infinity.

It is possible to show that the set S_x with $x = (1/4, 1/4)$ is approachable by player 2. So, as the value of $\Gamma_\infty(1/2)$ is $1/4$, then a strategy for player 2 that keeps the average vector payoff to a null distance from the set S_x with probability 1 (as $n \rightarrow \infty$) is optimal for him. Blackwell characterizes this type of strategies, one of which is described below.

In stage $n + 1$, player 2 calculates the average payoff vector (ξ_n, η_n) for n prior stages. His aim is to keep this vector near the set S_x , and for this he can do the following:

- i. If $\xi_n \leq \frac{1}{4}$ and $\eta_n \leq \frac{1}{4}$, then player 2 is not affected by player 1, so in stage $n + 1$ he can choose any action.
- ii. If $\xi_n \leq \frac{1}{4}$ and $\eta_n > \frac{1}{4}$, then player 2 is being affect by 1_B , so in stage $n + 1$ he must choose E .
- iii. If $\xi_n > \frac{1}{4}$ and $\eta_n \leq \frac{1}{4}$, then player 2 is being affected by 1_A , so in stage $n + 1$ he must choose W .
- iv. If $\xi_n > \frac{1}{4}$ and $\eta_n > \frac{1}{4}$, then player 2 is being affected by both types of player 1, possibly more for one than the other. So player computes the ratio $c := (\xi_n - \frac{1}{4}) / (\eta_n - \frac{1}{4})$. In stage $n + 1$ player 2 plays the mixed strategy $(t, 1 - t)$ such that $(1 - t)/t = c$. Thus, if for example $c > 1$, player 2 is being affected more for 1_A than for 1_B , and to that extent he must play W with a probability higher than that with which he plays E .

1.2.2 Treatment Two: Revealing Strategy

Consider the case in which the informed player should disclose all the information. This treatment is the same as the treatment one, except that now the matrices G_A and G_B are given by:

	G_A			G_B	
	E	W		E	W
N	-1	0	N	0	0
S	0	0	S	0	-1

Figure 6: Treatment two

As in treatment 1, $w_A = w_B = 0$, but now is not an optimal strategy for player 1 to play ignoring private information, as we will show following. The game $\Delta_1(1/2)$ in strategic form is:

		Player 2	
		E	W
Player 1	N	-1/2	0
	S	0	-1/2

Figure 7: Game $\Delta_1(1/2)$ in strategic form

The game value is $u = -1/4$, equal to the value of $\Delta_\infty(1/2)$. However, player 1 can ensures an average expected payoff of zero in $\Gamma_\infty(1/2)$ playing “South” if the game is G_A and playing “North” if the game is G_B . Playing in this way is optimal for player 1 because ensures the maximum amount he can get at each stage of the game, i.e., zero. Immediately follows that the value of $\Gamma_\infty(1/2)$ is 0. Of course, playing this strategy implies that player 2 will eventually infer which the game they are playing. We conclude that any strategy in that player 1 keeps “some” amount of private information is not optimal for him.

For treatment 2 there is an obvious and simple optimal strategy for player 2, “play as he wants”. If player 1 is playing his optimal strategy, then any action (pure or mixed) that player 2 follows guarantee not to pay more than zero.

1.2.3 Some General Properties

In this section, we consider some general properties of zero-sum repeated games with incomplete information that are especially interesting to be tested experimentally. More precise statements can be found in Zamir [1992].

The “recursive structure” of Γ_n plays an important role in many areas of the theory.

Proposición 1 (Recursive structure of Γ_n).

For any probability vector p , any stage n , we have:

$$v_{n+1} = \frac{1}{n+1} \max_{\sigma} \max_{\tau} [\gamma_1(\sigma, \tau) + n \text{Exp}[v_n(\hat{p})]] \quad (2)$$

where σ and τ range over the mixed strategies of player 1 and player 2, respectively, in Γ_1 , γ_1 is the payoff function in Γ_1 and \hat{p} is player 2’s conditional probability vector after the single stage of Γ_1 has been played (but before he knows his payoff), given that σ was indeed the mixed strategy of player 1, and given player 1’s pure choice.

Let $u(p)$ be the value of the average game $\Delta_1(p)$. The value of information could be defined as the difference between the value of the game Γ_n and the value of the game Δ_n , since it measures the gain expected by player 1 from using his information. Recall that $u(p)$ is the expected average payoff that player 1 may guarantee by hiding his information. The following proposition states the nonnegative value of information:

Proposición 2 (Nonnegative value of information).

For all stages, n , and all probability vectors, p , $v_n(p) \geq u(p)$.

For proving this argument, note that player 1 could have an expected payoff of u in Γ_n by playing an *i.i.d* strategy, so the value of Γ_n must be at least u .

Since the player 1 can guarantee $u(p)$ by playing a non-revealing strategy, then amount of information revealed by player 1 to player 2 is weakly increasing in the number of stages. Hence, the value for player 1 should no increase as n increases.

Proposición 3 (Nonincreasing value of information).

For all probability vectors p , $v_{n+1}(p) \leq v_n(p)$.

This implies that the value of the one-shot game, $v_1(p)$, is an upper bound of the value of the repeated game whatever its length.

It is important to note that the value of the repeated game does not necessarily decrease up to the value of the average game, $u(p)$, even when $n \rightarrow \infty$. That is, $u(p)$ is not necessarily the greatest lower bound. The bound below $v_n(p)$ is in fact the value of $\Gamma_{\infty}(p)$, as stated in the following proposition.

Proposición 4 (Value in the long run).

For all probability vectors p , $\lim_{n \rightarrow \infty} v_n(p) = v_{\infty}(p)$.

We now turn to test which of this theoretical properties are satisfied experimentally in the lab.

1.3 Experimental Design

The experiment was conducted in the Faculty of Economics at the National University of Colombia². Participants were undergraduates from Economics, Accounting and Business administration. A total of 130 subjects. Three experimental sessions were conducted, with two treatments. Participants were anonymously matched and randomly were given the role of player 1 or player 2. Remaining to same role and to same partners. Participants did not receive any information about their payoffs or other players' beliefs. Only player 1 knew if the game was A or B, but both players had common knowledge of the payoffs structure. In each period, their previous actions were displayed on the computer monitor (perfect monitoring). The participation fee was of \$10.000 COP, and subjects could earn a bonus of \$3.000 COP for their performance. For each correct answer related to beliefs they earned \$100 COP extra³.

Each example in Section 2 defines a treatment, non-revealing game (treatment 1) and fully revealing game (treatment 2). In each treatment, one of the two-stage games was chosen with equal probability and played for 17 rounds⁴. Treatment 1 (treatment 2) was played by 33 (32) couples, of which 16 (10) played the game A and 17 (22) the game B. Table 1 summarizes.

Treatment	Non-revealing game	Fully revealing game
Payoff matrices	Figure 1	Figure 6
Ex-ante belief (p)	1/2	1/2
Fixed pairs	Yes	Yes
Number of pairs	33	32
Number of games A played	16	10
Number of games B played	17	22
Number of stages	17	17

Tabla 1: Experimental design summary

In order to study whether uninformed players learn the game they are playing, we elicited the beliefs. In each period players 2 had to answer the following question: *What do you think is the game you are playing?*

In each period was displayed on the computer monitor the history of all previous actions from both players (perfect monitoring). Subjects did not receive any information about their payoffs or beliefs at any time.

1.4 Results

We start by analyzing the general players' behavior between games and across stages in each treatment. Next, test the theoretical properties of empirical values and the use of information.

²The experiment was programmed and conducted with the software z-Tree (Fischbacher, [1999])

³The Appendix contains the instructions given to subjects. More details about the experimental procedures are available from the authors.

⁴Subjects were not told at what stage the game will end, but were told that the game would be repeated for a minimum of 15 stages. The last stage was defined randomly.

1.4.1 General Players' Behavior

Related to general behavior of players, Figure 8 illustrates the proportion of players choosing dominant strategies, S and W , for player 1 and player 2, respectively, in treatment 1.

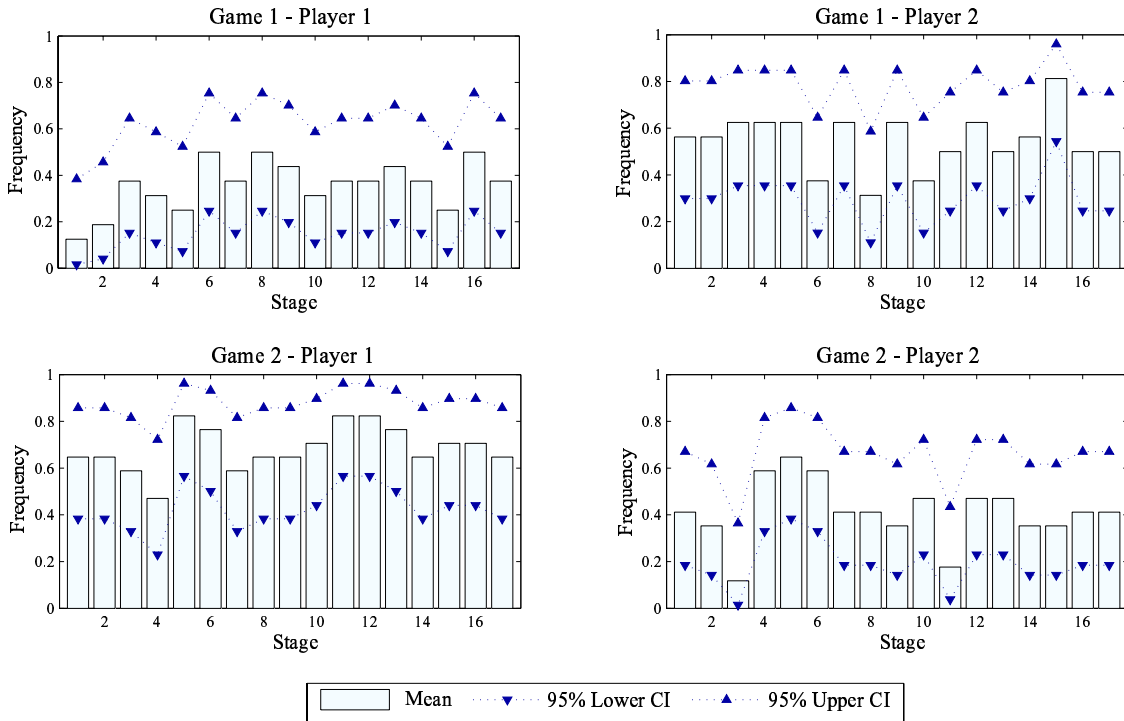


Figure 8: Average choice (S and W respectively) in treatment 1.

We can observe that players 1 consistently choose the (weak) dominant strategy of the stage game. In general, players 1 choose South 35% of the times in game A, and 70% of the times in game B. This means, players 1 used their information more than it should do. Recall that in treatment 1, the optimal strategy for player 1 is a non-revealing strategy. The ability of experimental subjects to optimally ignore information is weak. Players 2 played the two actions equally but with a slightly deviation toward dominant strategy of the stage game. Nevertheless, the deviations were not statistically different from 50% as can be checked via confidence intervals⁵. This implies that players 2 were not able to take advantage from disclosed information. As we will see later, this result makes evident when analyzing the empirical value of information.

Let $x_{i,n}$ a variable that take the value 1 if the row (column) player i has chosen S (W) in stage n . Then $\bar{x}_i = \sum_{n=1}^{17} \frac{x_{i,n}}{17}$ is the proportion of times player i chose S in the repeated game. Moreover, $\bar{x} = \sum_i \bar{x}_i$ is the mean choice of players 1 along the game. Remember that the optimal strategy for the informed players in treatment 1 is “play each action with equal probability in each stage”, we perform a mean comparison test looking for statistically significant deviations of \bar{x} from 0.5. Table 2 presents the test results⁶.

⁵Confidence intervals calculated using Clopper-Pearson [1934] method.

⁶The number of available observations for the t-test are few for providing strong statistical evidence. Thus, we implemented the bootstrapping method.

$H_0 : \bar{x} = 0.5$	$H_a : \bar{x} < 0.5$		$H_a : \bar{x} \neq 0.5$		$H_a : \bar{x} > 0.5$	
	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B
Asymptotic p-value	0.008	0.997	0.015	0.007	0.992	0.003
Bootstrap p-value	0.034	0.984	0.067	0.032	0.966	0.016
Observations	16	17	16	17	16	17

Tabla 2: Mean choice comparison test. Treatment 1 - Player 1.

We find statistical evidence of that players 1 choose to play the stage game dominant strategy more often. Players 1 revealed partially the true game, so one would expect that uninformed players choose more often their dominant strategy in the revealed game. In Table 3, we statistically test whether there is a significant difference in average choice between individuals. We found that players 2 play equally both actions in both games. Players 2 to partially guess the actual game, despite the disclosed information.

$H_0 : \bar{x} = 0.5$	$H_a : \bar{x} < 0.5$		$H_a : \bar{x} \neq 0.5$		$H_a : \bar{x} > 0.5$	
	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B
Asymptotic p-value	0.789	0.092	0.421	0.184	0.210	0.908
Bootstrap p-value	0.726	0.164	0.404	0.277	0.274	0.836
Observations	16	17	16	17	16	17

Tabla 3: Mean choice comparison test. Treatment 1 - Player 2.

We found that players 1, in general, revealed partially the game they were playing and players 2 were not able to take informational advantage to guess the actual game.

We now turn to treatment 2. Remember that in this game for the informed player the optimal strategy is fully revealing. Hence players 1 should play in each stage the dominant strategy of the chosen game. As we can see in Figure 9, most of the players 1 play S if they face G_A (80% in average) and N if they face G_B (75% in average). Informed players partially revealed the choice of chance, more than in treatment 1, but less than they should do. The same is true for the mean choice between individuals (see Table 4).

$H_0 : \bar{x} = 0.5$	$H_a : \bar{x} < 0.5$		$H_a : \bar{x} \neq 0.5$		$H_a : \bar{x} > 0.5$	
	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B
Asymptotic p-value	0.997	0.000	0.007	0.001	0.004	0.999
Bootstrap p-value	0.984	0.005	0.032	0.011	0.016	0.995
Observations	10	22	10	22	10	22

Tabla 4: Mean choice comparison test. Treatment 2 - Player 1.

It is expected that players 2 guess the actual game from the revealed information, and hence they play the dominant strategy. However, we find that for all stages most of players 2 played the *dominated* strategy in the corresponding stage game.

Does this results remains true between individuals? Table 5 shows that for game A players 2 played E more frequently. However, for game B, they played equally likely both actions.

The flow of information is higher than predicted in the non-revealing game (treatment 1); and lower than predicted in the fully revealing game (treatment 2). However, the use of information reacts in the expected way to the treatment parameters: the information flow is strictly higher in the fully revealing game than in the non-revealing game.

	$H_0 : \bar{x} = 0.5$		$H_a : \bar{x} < 0.5$		$H_a : \bar{x} \neq 0.5$		$H_a : \bar{x} > 0.5$	
	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B
Asymptotic p-value	0.998	0.143	0.004	0.285	0.002	0.858		
Bootstrap p-value	0.996	0.214	0.007	0.339	0.004	0.786		
Observations	10	22	10	22	10	22		

Tabla 5: Mean choice comparison test. Treatment 2 - Player 2.

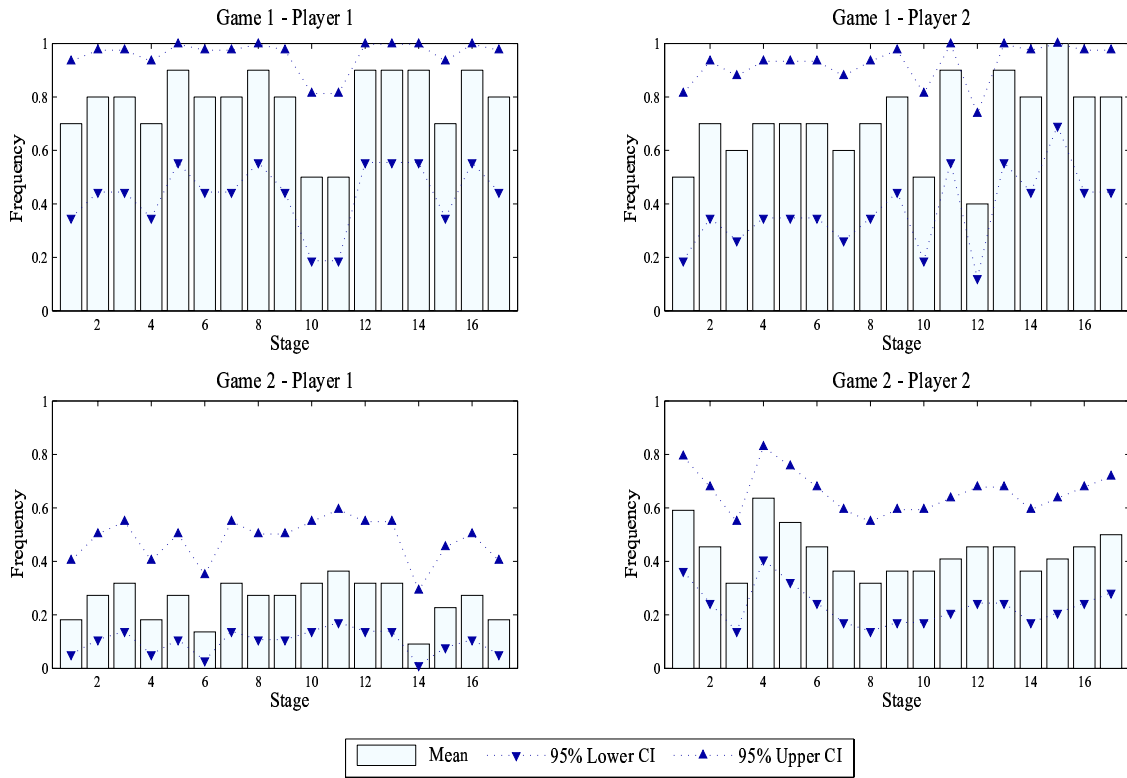


Figure 9: Average choice (S and W respectively) in treatment 2.

The interpretation (our interpretation) of the observed behavior is, for players 1 a kind of *forward looking myopia*, understood as the lack of foresight of players about the future consequences of their current actions. Thus players 1 care about the stage game without realizing the long run game. For players 2, in treatment 2, since a large amount of information was revealed, one can say they are like *backward looking myopic*, because they did not take into account the game history when making current decisions. So, learning the true game is difficult when players ignore the experience. In treatment 1, players 2 were permanent confused about the actual game, probably for the limited information revealed by players 1.

1.4.2 Empirical Value of the Games

Observed payoffs provide an empirical measure of the value of the game, as the average payoff earned by the informed player up to stage n , \hat{v}_n . Figure 10 describes the dynamical evolution of the empirical values we observe in treatment 1, and also draws the main theoretical benchmarks.

The empirical value should be bounded above by the one-stage game value v_1 and bounded below by the infinitely repeated game value v_∞ . At the aggregated level (upper panel of Figure 10), it is straightforward to check that this properties are satisfied by the observed empirical. In addition, we plot the n -stage repeated game value v_n for the multiple played stages. Interestingly, from the fifth stage $\hat{v}_n \approx v_n$. Only in the last stage the value v_n converge faster to v_∞ , while the mean empirical value remains near its previous values. However, the weak statistical evidence supplied by confidence intervals indicates that there is not any significant difference in the values at last stage. A more rigorous test is performed in order to check differences between v_∞ and \hat{v}_{17} .

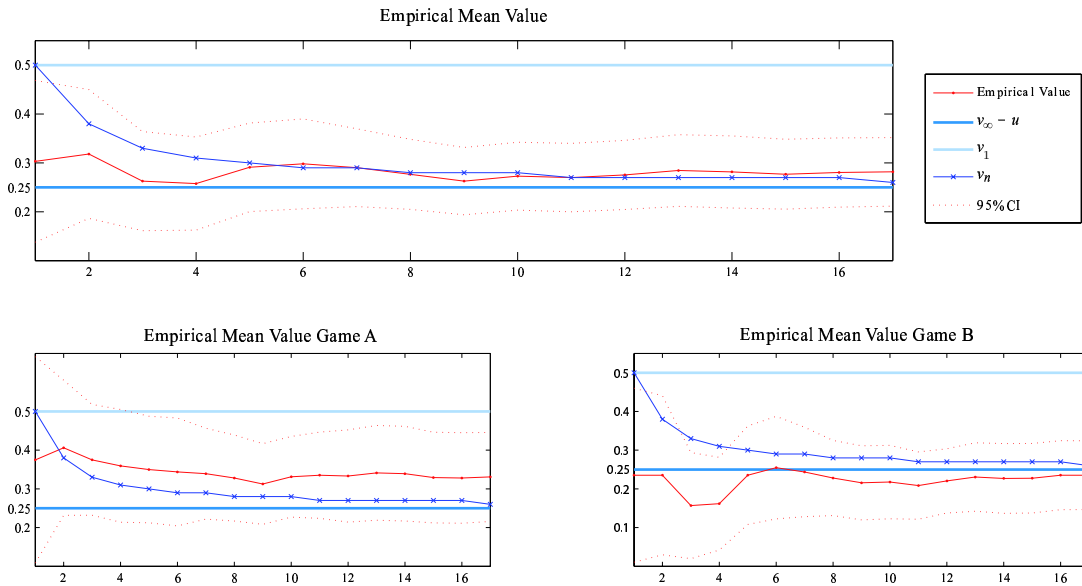


Figure 10: Empirical value in treatment 1.

Table 6 provides an overview of the comparison between empirical values and theoretical predictions. We report p-values of t-tests on the distance between the \hat{v}_{17} and v_∞ .

	$H_0 : \hat{v}_{17} = v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} < v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} \neq v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} > v_\infty$		
	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment
Asymptotic p-value	0.923	0.365	0.818	0.154	0.730	0.365	0.077	0.635	0.182			
Bootstrap p-value	0.860	0.400	0.739	0.241	0.483	0.387	0.140	0.600	0.261			
Observations	16	17	33	16	17	33	16	17	33			

Bootstrap p-values based on 5.000 sample draws.

Tabla 6: Empirical values against theoretical levels in treatment 1.

Evidence supports the fact that both, the empirical and the theoretical values, are statistically equal. Despite the individual behavior was not as predicted by theory, the aggregated value properties are satisfied. And, why? Because along stages both players played as an *i.i.d.* strategy, so in average the empirical game value is close to $1/4$.

Looking the stage game disaggregated values, the view is dissimilar. For example, in game A the boundedness properties are satisfied but the value is consistently higher than the aggregate one, and with a large variance. Nevertheless, when observing t-test of Table 6, we find no evidence to reject the null hypothesis. For game B,

boundedness properties are unfulfilled but the empirical value remains close to the theoretical one in almost all stages.

In treatment 2, upper and lower limits are the same since $v_1 = v_\infty = 0$. By looking at Figure 11, neither aggregate nor disaggregate empirical values satisfy boundedness properties. Moreover, the empirical value differs constantly from zero, even in last stage, as can be verified in Table 7.

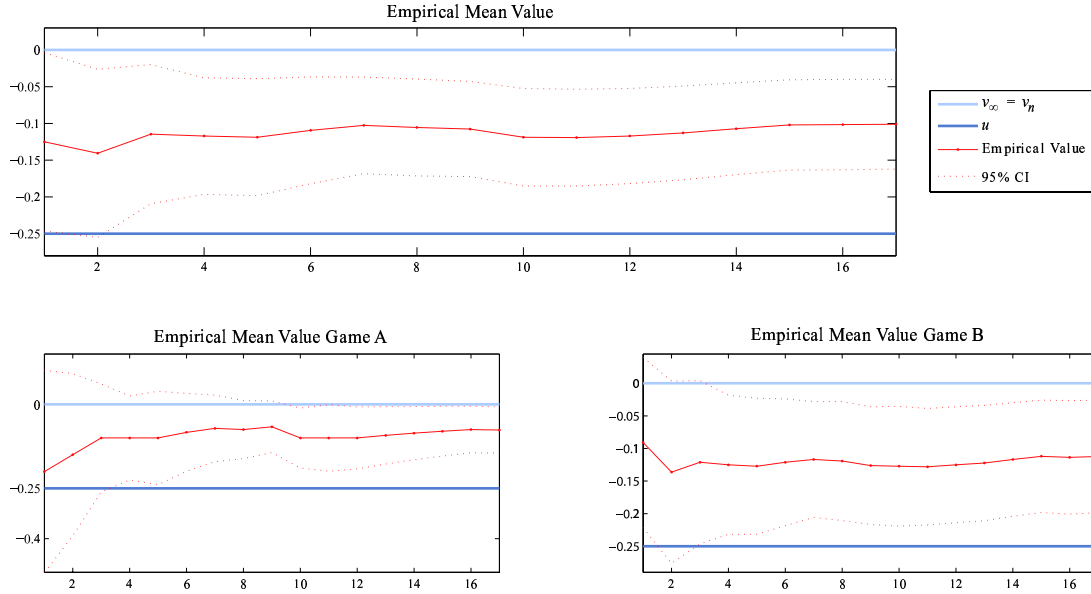


Figure 11: Empirical value in treatment 2.

As seen previously, players 1 disclosed a lot of information through all repetitions, but players 2 failed to interpret that information. This fact is reflected in the permanent deviation of the empirical value from the theoretical one. In particular, players 1 played the dominated strategy $1/4$ of the times in average, while players 2 played equally likely both actions, so the average expected payoff is $\bar{v} = 1/4 \times 1/2 = 1/8$, which is the observed average empirical value.

	$H_0 : \hat{v}_{17} = v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} < v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} \neq v_\infty$			$H_a : \hat{v}_{17} > v_\infty$		
	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment	G_A	G_B	Treatment
Asymptotic p-value	0.012	0.007	0.001	0.033	0.013	0.002	0.983	0.993	0.999			
Bootstrap p-value	0.018	0.007	0.001	0.036	0.014	0.003	0.982	0.993	0.999			
Observations	10	22	32	10	22	32	10	22	32			

Bootstrap p-values based on 5.000 sample draws.

Tabla 7: Empirical values against theoretical levels in treatment 2.

Positive Value of Information

The value of information in each treatment is measured as the difference between the average payoff of informed players (in last stage), \hat{v}_{17} , and the value of the average game, u . We test for significant differences.

In the case of treatment 1, theory predicts that the value of information should be zero, since $u = v_\infty$. As shown in Table 6, the null hypothesis is not rejected at 5%, so the theoretical prediction is fulfilled.

Table 8 presents both unilateral and bilateral t-test for treatment 2. The null $H_0 : \hat{v}_{17} - u = 0$ is rejected at the 5% level against the alternative $H_a : \hat{v}_{17} - u > 0$. Hence the value of information is strictly positive.

	$H_0 : \hat{v}_{17} - u = 0$		$H_a : \hat{v}_{17} - u > 0$
	G_A	G_B	Treatment
Asymptotic p-value	0.000	0.002	0.000
Bootstrap p-value	0.001	0.022	0.003
Observations	10	22	32

Bootstrap p-values based on 5.000 sample draws.

Tabla 8: Empirical value of information in treatment 2.

Empirical value satisfies the qualitative features of the value of information, as the theoretical prediction.

1.4.3 Player 2's Empirical Use of Information

A correct use of information by the player 2 requires two aspects: first, chosen actions must be appropriate given the information, and second, disclosed information must be updated correctly. This section analyzes these two informational aspects.

Consistency of Player 2's Choices

In both treatments, variations in the value of the game are entirely due to how the informed player uses the information, and to the updated process by the uninformed player. In Section 1.4.1, we find that in both treatments players 1 partially revealed information about the actual stage game being played. In particular, the flow of information is higher than predicted in the non-revealing game (treatment 1); and lower than predicted in the fully revealing game (treatment 2). But, what can we say on the "informational advantage" that players 2 can take from revealed information? Do Players 2 make "good use" of the revealed information?

We look at the association between uninformed player's actions and informed player's disclosed information. Such statistics summarize how the uninformed player accounts for the informational content of the informed player's decisions.

A simple measure of such association is the degree of *concordance* defined as the fraction of times up to stage n the player 1's preceding dominant action coincide with player 2's current dominant action in actual stage game,

$$I_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n I(x_{1,t-1} = 1, x_{2,t} = 1) \quad (3)$$

where $I(\cdot)$ is an indicator function and $x_{i,t} = 1$ if player i has chosen his corresponding dominant action in stage t and $x_{i,t} = 0$ otherwise. The results for each treatment are presented in Figure 12.

Players 2 took more advantage from disclosed information by players 1 in treatment 1 than in treatment 2. Note that the fraction of times players 2 replied players 1's dominant action with the corresponding dominant action is consistently higher in treatment 1 than in treatment 2. This share increases in intermediate stages and then stabilizes. However, we do observe decisions others than corresponding dominant action are by far the most frequent in all stages.

When looking at treatment 1, on average 32% (42%) of the times players 2 in the game A (B) chose W (E) when previously they observed N (S). Concerning treatment 2, on average 12% (11%) of the times players 2 in the game A (B) chose E (W) when previously they observed S (N). In general one can say that experimental subjects do

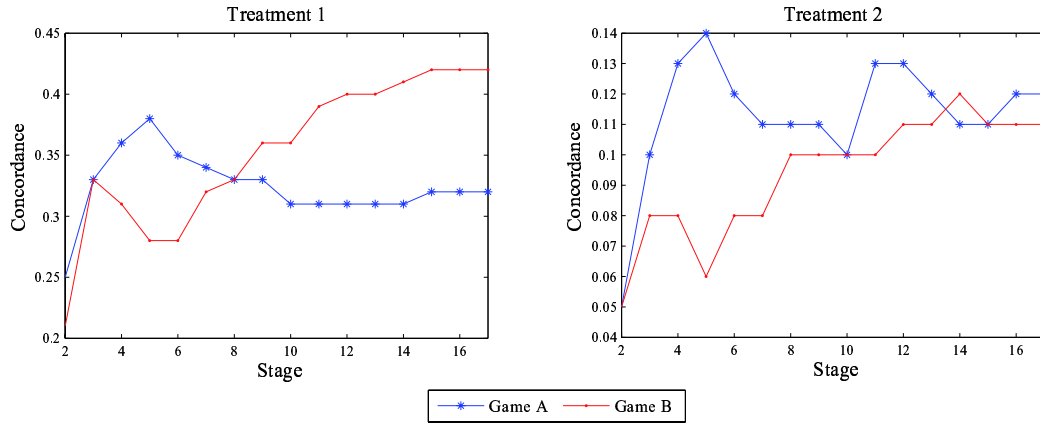


Figure 12: Average use of information by player 2.

not adjust their actions at the final stages of the repeated games: decisions essentially do not reflect any learning process.

It is striking that in the treatment 2, where more information was revealed on average, players 2 took less advantage from such information.

We statistically test consistency of players 2's decisions through logit models. Denoting $I(W)$ the binary variable associated to decision W from uninformed player, $Belief$ a binary variable taking value 1 when player 2 thinks he is facing game A, and $PI's\ choice_{n-1}$ a binary variable associated to decision S from informed player at previous stage. We alternatively control for subjects's non-observable heterogeneous effects and stage fixed effects. Table 9 present the output regression for players 2's choices in treatment 1⁷.

Remarkably, in the case of game A, player 1's choices were not significant at any confidence level. However we found that beliefs about the faced game results statistically significant at 1% level. A marginal effect coefficient of 0.3 in current beliefs implies an increase in the probability of choosing W , that is, when a players 2 thinks the actual game is A then the probability of choosing his dominant action increases in 30%.

On the other hand, when we observe the individual unconditional probability of choosing W we check that actions were equally distributed. Despite there was not an updating belief process, players chose their actions consistent with their beliefs.

On the contrary, in the case of game B, beliefs became not significant at any confidence level. Since players 2 played equally likely both actions (on average), and no relevant variable can explain the decision making process, evidence suggests that players 2 behaved as tossing a coin.

When observing the individual probability of choosing W in game B, one can verify that this is approximately equal to 0.5, which is confirmed in Table 3.

In treatment 2, players' beliefs were significant in game A, and consistent with a rational behavior. *Of course, it does not mean that individuals' beliefs are correct, but decisions keep some consistency with them.* In game A, the probability of choosing the dominant action is increased by around 70% once the player believes the game he faces is A. When looking at game B, there is no strong statistical evidence in favor of any relevant variable explaining decisions (see Table 10).

⁷In order to account for possible biases in coefficients, we correct estimates of the variance estimator using Jackknife method.

Conditional Fixed-Effects Logit Regression						
GAME A						
$I(W)$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Belief	0.347*** (0.080)	0.349** (0.122)			0.325*** (0.101)	0.282** (0.104)
PI's choice _{$n-1$}		-0.016 (0.103)	-0.010 (0.107)	0.006 (0.092)	0.003 (0.090)	0.003 (0.090)
Individual fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Stage fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Prob(W)	0.5497	0.5161	0.5461	0.5096	0.5488	0.5130
Observations	272	272	256	256	256	256
Number of subject	16	16	16	16	16	16
GAME B						
$I(W)$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Belief	0.000 (0.226)	-0.016 (0.270)			0.058 (0.231)	0.055 (0.272)
PI's choice _{$n-1$}			-0.017 (0.139)	-0.023 (0.173)	-0.015 (0.142)	-0.021 (0.178)
Individual fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Stage fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Prob(W)	0.4092	0.4455	0.4111	0.4528	0.4097	0.4518
Observations	289	289	272	272	272	272
Number of subject	17	17	17	17	17	17

Marginal effects reported instead of estimated coefficients. Marginal effects calculated at the multivariate point of means.

Jackknife standard errors in parentheses.

PI's choice _{$n-1$} = 1 if S . Belief = 1 if game A.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabla 9: Probability of choosing W in treatment 1.

Conditional Fixed-Effects Logit Regression						
GAME A						
$I(W)$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Belief	-0.457*** (0.035)	-0.684* (0.342)			-0.603*** (0.104)	-0.740** (0.258)
PI's choice _{$n-1$}			0.212 (0.137)	0.162 (0.165)	0.240 (0.210)	0.344 (0.316)
Individual fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Stage fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Prob(south)	0.7790	0.8040	0.7312	0.6723	0.7947	0.7356
Observations	170	170	160	160	160	160
Number of subject	10	10	10	10	10	10
GAME B						
$I(W)$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Belief	-0.493*** (0.007)	-0.148 (0.102)			-0.513*** (0.062)	-0.246 (0.191)
PI's choice _{$n-1$}			0.110 (0.092)	0.123 (0.108)	0.023 (0.077)	0.009 (0.021)
Individual fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Stage fixed effects	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Prob(south)	0.3573	0.3538	0.4255	0.4400	0.3426	0.3450
Observations	352	304	330	285	330	285
Number of subject	17	17	17	17	17	17

Marginal effects reported instead of estimated coefficients. Marginal effects calculated at the multivariate point of means.

Jackknife standard errors in parentheses.

PI's choice _{$n-1$} = 1 if S. Belief = 1 if game A.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabla 10: Probability of choosing W in treatment 2.

Now we wonder whether players' beliefs were actually correct. Figure 9 suggests the answer is negative. Note that players 1 played most frequently the dominant action of stage game, while players 2 chose more often his dominated action. This finding, together with the consistency observed in regressions, indicates that players 2's beliefs should be wrong.

Can players 2 Guess the Game They Are Playing?

Begin with treatment 1. Consider again the set of feasible player's 2 payoffs (Figure 4 in section 1.2.1). The player 2 *knows* that if the actual game is G_A , then player 1 will seek to force the average vector payoff to the vertex $(1, 0)$. Similarly, if the actual game is G_B then player 2 *knows* that player 1 will try the average vector payoff approach to the vertex $(0, 1)$. Thus, at each new stage, player 2 must implement a strategy to play more against a type of player 1 than the other. Thus implies that player 2 must update correctly his belief (according to the observed player 1's behavior) and act consistently with such beliefs. That is, he must believe with a higher probability the actual game is A (B) when observing N (S) previously and choose W (E) in consequence.

As shown in Table 2 of section 1.4.1 players 1 in treatment 1 disclose any amount of private information, since they chose with a higher average probability the dominant action of the actual stage game. If players 2's beliefs were correctly updated, then they must believe to a greater likelihood they faced the actual stage game, and consequently the corresponding dominant action should be chosen more often.

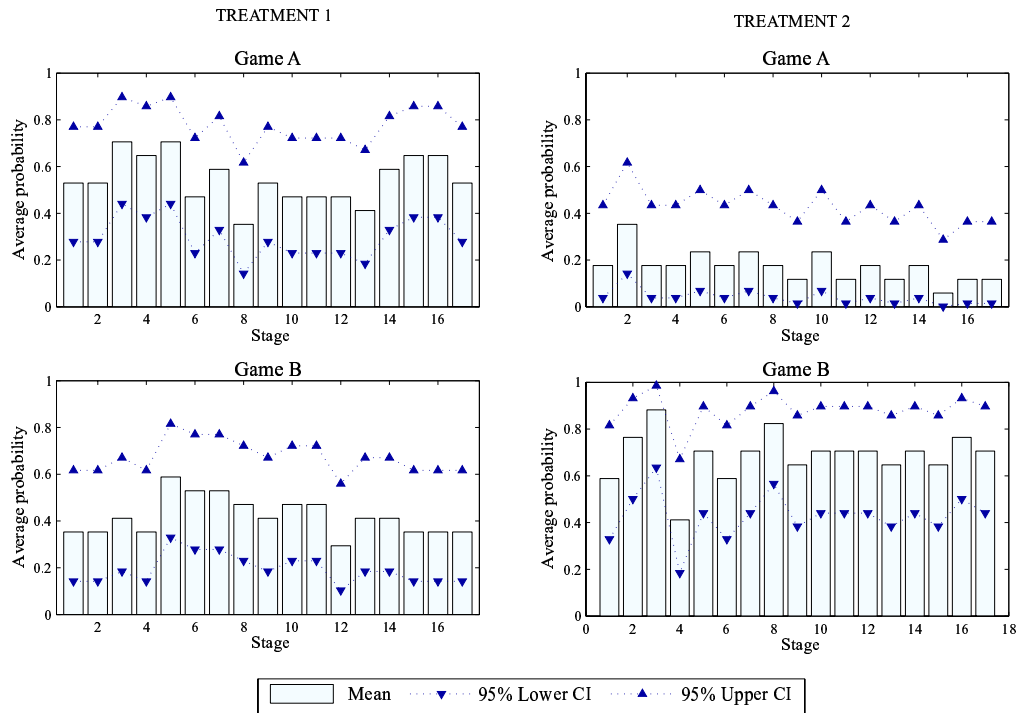


Figure 13: Average players 2's beliefs.

Figure 13 illustrates the evolution of average players 2's beliefs through all repetitions. In treatment 1, one can see that: in game A most of the times subjects' beliefs about game A were above 0.5, and in game B were below 0.5. Particularly, in game A the average belief was 0.58 and in game B was 0.42. We now ask whether these beliefs are significantly different from 0.5. Table 11 provides statistical evidence for rejecting the null $H_0 : \text{Average belief} = 0.5$.

		H_0 : Average belief = 0.5		H_a : Average belief < 0.5		H_a : Average belief \neq 0.5		H_a : Average belief > 0.5	
		G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B	G_A	G_B
Treatment 1	Average belief	0.58	0.42	0.58	0.42	0.58	0.42	0.58	0.42
	Asymptotic p-value	0.996	0.003	0.007	0.006	0.004	0.997		
	Observations	272	289	272	289	272	289		
Treatment 2	Average belief	0.30	0.53	0.30	0.53	0.30	0.53	0.30	0.53
	Asymptotic p-value	0.000	0.892	0.000	0.214	1.000	0.107		
	Observations	170	374	170	374	170	374		

Tabla 11: Average player 2's belief about game A.

This finding in conjunction with those of Table 2, suggest that players 2 used properly the information disclosed by players 1. Then, at each new stage, it is more likely that player 2 implement a strategy to play more against a type of player 1 than the other. Thus, observed behavior should be close to optimal strategy described in section 1.2.1.

We statistically test if players 2 implemented an action to play more against a type of player 1 than the other, depending on the inflicted damage at each new stage. One would expect that, as the average caused damage of 1_A up to stage n (ξ_{n-1}) increases, a higher probability of choosing W . Similarly, as the average caused damage of 1_B up to stage n (η_{n-1}) increases, a higher probability of choosing E . Table 12 presents regressions results.

Conditional Fixed-Effects Logit Regression				
$I(W)$	Game A		Game B	
	(1)	(2)	(1)	(2)
ξ_{n-1}	0.635*	0.602	-0.490*	-0.565
	(0.308)	(0.344)	(0.276)	(0.326)
η_{n-1}	-0.408	-0.415	-0.576***	-0.507*
	(0.584)	(0.629)	(0.154)	(0.271)
Individual fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes
Stage fixed effects	No	Yes	No	Yes
Observations	256	256	272	272
Number of subject	16	16	17	17

Jackknife standard errors in parentheses.

Marginal effects reported instead of estimated coefficients. Marginal effects calculated at the multivariate point of means.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Tabla 12: Probability of choosing W in treatment 1.

For game A there is weak evidence supporting the fact that players 2 choose W while average payoff of 1_A is increased. For game B strong evidence suggests that players 2 choose with a higher probability his action E once average payoff of 1_B is increased.

In treatment 2, we wonder whether players' beliefs were actually correct. Figure 13 suggests the answer is negative. In game A, the average belief was 0.3, while in game B average belief was 0.53, as we can verify in Table 11. However, as shown in the previous section, players 2's actions were consistent with their belief despite those beliefs were not correct. Finally, recall that optimal strategy for player 2 in treatment 2 is "play anything you wish".

1.5 Conclusions

In this paper, we investigate which qualitative and quantitative properties of two-person zero-sum repeated games with incomplete information (and perfect monitoring) are satisfied experimentally in the lab. We study two payoff structures that differ according to the amount of information the informed player should disclose: a non-revealing game (NRG) and a fully revealing game (FRG). We found the flow of information is higher than predicted in the non-revealing game and lower than predicted in the fully revealing game. However, the use of information reacts in the expected way to the treatment parameters: the information flow is strictly higher in the fully revealing game than in the non-revealing game.

Regarding general players' behavior in NRG we found: (i) players 1 made use of his information more than it should do, so the ability of experimental subjects to optimally ignore information is weak, and (ii) players 2 were not able to take advantage from disclosed information. Concerning FRG, informed players partially revealed the choice of chance, more than in NRG, but less than they should do. With this amount of revealed information, it is expected that players 2 guess the actual game, and hence they play according to the corresponding dominant strategy, however this was not true.

Looking at the empirical value of the games, in NRG boundedness properties are satisfied and evidence support the fact that both, the empirical and the theoretical values are statistically the same; and in FRG boundedness properties are unfulfilled despite empirical value differs from the theoretical one.

A correct use of information by the player 2 requires two aspects: first, chosen actions must be appropriate given the information, and second, disclosed information must be updated correctly. We look at the association between uninformed player's actions and informed player's disclosed information. The fraction of times players 2 replied players 1's dominant action with the corresponding dominant action is consistently higher in treatment 1 than in treatment 2. However, we do observe decisions others than corresponding dominant action are by far the most frequent in all stages. In general one can say that experimental subjects do not adjust their actions at the final stages of the repeated games.

Finally, we wonder whether players' beliefs were actually correct. In NRG players 2's average beliefs about the actual stage game were correct, despite the low amount of disclosed information by players 1. Furthermore, we found some evidence providing support in favor players 2 behaved according to their optimal strategy. It is striking that in the treatment 2, where more information was revealed on average, players 2's average beliefs about the actual stage game were wrong, so decisions essentially do not reflect any learning process.

1.6 References

1. Aumann, R. and Maschler, B. [1966]. "Game theoretic aspects of gradual disarmament", Report of the U.S. Arms Control and Disarmament Agency, ST-80, Chapter V, pp. 1-55.
2. Aumann, R. and Maschler, B. [1967]. "Repeated games with incomplete information: A survey of recent results", Report of the U.S. Arms Control and Disarmament Agency, ST-116, Chapter III, pp. 287-403.
3. Aumann, R. and Maschler, B. [1995]. *Repeated Games with Incomplete Information*. Cambridge, MIT Press.
4. Blackwell, D. [1956]. "An analogue of the minimax theorem for vector payoffs". *Pacific Journal of Mathematics*, 6, p. 1-8.
5. Clopper, C. and Pearson, E. S. [1934]. "The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial". *Biometrika*, 26, p. 404-413.
6. Cox, J. C., Shachat, J. and Walker, M. [2001]. "An experiment to evaluate Bayesian learning of Nash equilibrium play". *Games and Economic Behavior*, 34, p. 11-33.

7. Feltovich, N. [1999] "Equilibrium and reinforcement learning in private-information games: An experimental study", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 23, p. 1605-1632.
8. Feltovich, N. [2000] "Reinforcement-based vs. belief-based learning models in experimental asymmetric-information games", *Econometrica*, 68, p. 605-641.
9. Fischbacher, U. [1999] "z-Tree. Toolbox for readymade economic experiments", IEW Working Paper 21, University of Zurich.
10. Gerber, A. [2006]. "Learning in and about Games". Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich, Working Papers 234.
11. Hart, S. [1985]. "Nonzero-sum two-person repeated games with incomplete information", *Mathematics of Operations Research*, 10(1), p. 117-153.
12. Jacquement, N. and Koessler, F. [2011]. "Using or hiding private information? An experimental study of zero-sum repeated games with incomplete information", CES Working Papers, Université Paris I.
13. Mertens, J.-F. and Zamir, S. [1972]. "The value of two-person zero-sum repeated games with lack of information on both sides", *International Journal of Game Theory*, 1, p. 39-64.
14. Mertens, J.-F. and Zamir, S. [1980]. "Minmax and maxmin of repeated games with incomplete information", *International Journal of Game Theory*, 9, p. 201-215.
15. Oechssler, J. and Schipper, B. [2003]. "Can you guess the game you are playing?". *Games and Economic Behavior*, 43, p. 137-152.
16. Sorin, S. [1980]. "An introduction to two-person zero-sum repeated games with incomplete information", IMSS-Economics, Stanford University, TR 312.
17. Sorin, S. [1986]. "On repeated games with complete information". *Mathematics of Operations Research*, 11, p. 147-160.
18. Stearns, R. [1967] "A formal information concept for games with incomplete information" Report of the U.S. Arms Control and Disarmament Agency, ST-116, Chapter IV, p. 405-433.
19. Zamir, S. [1992]. Repeated games of incomplete information: Zero-sum. In *Handbook of Game Theory with Economic Application*, Aumann and S. Hart (Eds.), vol. 1, chap. 5, p. 109-154.

Comportamiento estratégico y manipulabilidad en los métodos de preferencias declaradas para la valoración de bienes sin mercado. Tres experimentos de Laboratorio

2.1 Introducción

La mayor parte de aplicaciones de valoración de bienes sin mercado usan encuestas donde los individuos declaran de alguna forma sus preferencias sobre dichos bienes (Carson, 2010); son los métodos de preferencias declaradas. Las aplicaciones pueden tomar formas distintas (Carson and Louviere, 2011). La más simple es seguramente la del referéndum puro. Se trata de una variante de la valoración contingente donde se presenta habitualmente una mejora en un bien público (o una forma de evitar un empeoramiento) a cambio del pago de una cantidad de dinero que no difiere entre los individuos entrevistados. Otra variante es el formato abierto del método de valoración contingente. Consiste en proponer el cambio en el bien público o sin mercado y pedirle al individuo entrevistado que declare su máxima disposición a pagar. La etiqueta formato abierto refleja que el individuo puede declarar cualquier cantidad (Mitchell and Carson, 1989). Esta variante tiene el atractivo de su simplicidad estadística al estimar la media o la mediana de las máximas disposiciones a pagar (Green et al., 1998). Un procedimiento más complejo, y actualmente el más utilizado, es el a menudo llamado experimento de elección o elección por parejas. Los individuos entrevistados deben elegir entre no pagar y no variar la provisión de bienes públicos, o pagar una determinada cantidad para obtener una determinada combinación de bienes públicos, o pagar otra cantidad y obtener otra combinación de esos bienes públicos (Hensher et al., 2005). Al variar entre individuos las cantidades de pago y de bienes públicos de la pareja de alternativas (de ahí el nombre "experimento") se pueden aplicar modelos estadísticos para la estimación de la media de la máxima disposición a pagar de los individuos por un cambio marginal en cada uno de los bienes considerados en el conjunto de elección (Hanemann and Kanninen, 1999; McFadden, 1974).

Uno de los principales problemas de los métodos de preferencias declaradas es su potencial vulnerabilidad a la manipulación (Arrow et al., 1993; Green et al., 1998; Mitchell and Carson, 1989). Es decir, que los individuos

entrevistados pueden tener incentivos a no declarar sus verdaderas preferencias y responder en consecuencia. El problema puede desglosarse a efectos analíticos en dos componentes. El primero es teórico, se puede comprobar si el ejercicio de valoración, entendido como mecanismo de elección social, es o no incentivo compatible, o manipulable (Green et al., 1998). El segundo es aplicado, y examina en que grado los individuos mienten o dicen la verdad cuando el ejercicio de valoración corresponde a un mecanismo incentivo compatible o manipulable (Carson and Groves, 2007).

Este capítulo examina los dos componentes, el teórico y el aplicado para tres formatos de valoración de preferencias declaradas: el referéndum puro, el formato abierto de la valoración contingente y el experimento de elección. Para ello, expone en la sección 2 los supuestos generales y particulares para cada variante, que se corresponden con supuestos implícitos en la mayoría de aplicaciones. En la sección 3 se hace la descripción de los tres experimentos de laboratorio desarrollados. Se presenta el análisis aplicado en la sección 4. Cierra el capítulo la sección de discusión. Los enunciados de los tres ejercicios se reproducen en el anexo B.

2.2 Análisis Teórico

Seguindo a Green et al. (1998, p. 92) un Esquema Teóricamente Incentivo-Compatibile incluye los siguientes elementos:

1. Decisión: la respuesta afecta la probabilidad de implementación.
2. Regla de decisión: la probabilidad de implementación es proporcional a la pluralidad de la encuesta, teniendo en cuenta una distribución previamente especificada de los costos.
3. Medio de pago: el medio de pago está disociado, lo que implica que los costos serán distribuidos entre los contribuyentes mediante una fórmula que no depende de la respuesta.
4. La incertidumbre de costos: la carga real de los costos unitarios podría estar por encima o por debajo de la verdadera disposición a pagar.

Para que las preferencias declaradas sean incentivo-compatibles, los encuestados (racionales) deben saber que sus respuestas se toman como un "Sí" si excede la cuota individual de los costos predeterminados; que la probabilidad de la implementación está vinculada a la pluralidad de la encuesta (y no a la DAP media); y que los encuestados no saben si su participación en los costos reales está por encima o por debajo de su DAP, ambos dependen de las condiciones.

En el **método de valoración contingente abierto**, bajo la regla de la media, si $DAP_i \geq c_i$, $m_i = DAP'_i > DAP_i$, y si $DAP_i < c_i$, entonces $m_i = DAP'_i < DAP_i$. Por tanto, bajo la regla de la media, el método es vulnerable a la manipulación. Veamos.

Para probar que *el mecanismo es manipulable*, es suficiente probar que hay al menos una instancia en la cual mintiendo, un agente puede estar mejor con el nuevo resultado social. Por tanto, es suficiente mostrar que existe un agente i y una combinación de mensajes DAP_j , DAP_i , y DAP'_i , y unos costos CT y c_i , todo en \mathbb{R}^+ , tal que:

- (a) $\sum_{j \neq i} DAP_j + DAP'_i < CT$, mientras
- (b) $\sum_{j \neq i} DAP_j + DAP_i \geq CT$, estando
- (c) $0 < DAP_i < c_i$,

donde DAP_j y DAP_i son las disposiciones a pagar reales de los agentes j e i por una cantidad dada de un bien público, DAP'_i la DAP falsa anunciada por el agente i , c_i el costo individual, y CT el costo total.

Con DAP_i y c_i en \mathbb{R}^+ se satisface (c). Ahora, por conveniencia definamos DAP_j y DAP_i tal que $\sum_{j \neq i} DAP_j + DAP_i = CT$ ((b) se tiene como una igualdad). Suponga un DAP'_i en \mathbb{R}^+ tal que $0 \leq DAP'_i < DAP_i$, entonces $\sum_{j \neq i} DAP_j +$

$DAP'_i < CT$ (tenemos (a)). Por tanto, al agente i le conviene mentir anunciando una DAP por debajo de su valor real, ya que de acuerdo con (c) no deseará el bien a ese costo. ■

Cuando se utiliza la **regla de la mediana**, los resultados cambian. En este caso, *el método de valoración contingente es incentivo-compatible*. El mismo resultado que se tiene para la mediana, se tiene para cualquier otra regla cuantil. Consideremos el caso de *un método de valoración con formato abierto y regla de la mediana* bajo las hipótesis estándar. Consideremos, por conveniencia, el caso donde el número de agentes reportando mensajes es impar.

1. Supongamos que $DAP_i \geq c_i$, y por tanto el individuo desea el bien, y su interés será que la mediana sea al menos c_i ($DAP^{MED} \geq c_i$). Anunciando $m_i = DAP'_i > DAP_i$ no puede modificar de $DAP^{MED} < c_i$ a $DAP^{MED} \geq c_i$. Por tanto, el agente i no puede mejorar exagerando el valor. Anunciando $DAP'_i < DAP_i$ no puede modificar $DAP^{MED} < c_i$ a $DAP^{MED} \geq c_i$ y, por tanto, el agente tampoco puede mejorar subestimando el valor, y en cambio se arriesgaría a estar peor con el resultado social.

2. Si $DAP_i < c_i$, el agente i no desea el bien público y, en consecuencia, espera que la mediana cumpla $DAP^{MED} < c_i$. Si anuncia $DAP'_i < DAP_i$ no puede modificar de $DAP^{MED} \geq c_i$ a $DAP^{MED} < c_i$. Por tanto, el agente i no puede mejorar subestimando el valor. Anunciando $DAP'_i > DAP_i$ no puede cambiar $DAP^{MED} \geq c_i$ a $DAP^{MED} < c_i$, y el agente i tampoco puede mejorar exagerando el valor y, en cambio, se arriesga a estar peor cambiando de $DAP^{MED} < c_i$ a $DAP^{MED} \geq c_i$.

3. Combinando 1 y 2 anteriores, el agente i se arriesga a estar peor exagerando o subestimando el valor y nunca puede estar mejor. Por tanto, anunciar su disponibilidad a pagar real (DAP) ($m_i = DAP_i$) débilmente domina la estrategia de mentir; ya que un método de valoración es llamado “incentivo-compatible” si no es “manipulable”, y se dice que es manipulable si cualquier agente i puede estar mejor por mentir que por decir la verdad, la mediana de un formato abierto es incentivo-compatible, bajo los supuestos estándar. ■

El método de **elección dicotómica con estimación paramétrica es manipulable**. Para probarlo es suficiente mostrar que existe un agente i , una combinación de valores DAP^{MEAN} , DAP^{MEAN} y DAP_i , y un costo c_i , todo en \mathbb{R}^+ , tal que:

- (a) $DAP^{MEAN} < c_i$, mientras
- (b) $DAP^{MEAN} \geq c_i$, estando
- (c) $0 < DAP_i < c_i$,

donde DAP^{MEAN} es la media resultante para una cantidad dada de un bien público cuando el agente i miente y el resto de los individuos reportan honestamente. DAP^{MEAN} es la media resultante cuando ningún agente miente, DAP_i es la disponibilidad a pagar real del agente i , y c_i es el costo individual y el costo medio contra el cual el valor medio es comparado cuando se aplica la regla de la media.

Dadas DAP_i y c_i , la combinación (c) se tiene. Ahora, asumamos que el agente i anuncia un mensaje verdadero (responde Sí al BID propuesto), entonces obtenemos DAP^{MEAN} y convenientemente definimos (b) como una igualdad, $DAP^{MEAN} = c_i$. Sea un mensaje falso (responder No al BID propuesto) tal que $DAP^{MEAN} < DAP^{MEAN}$, tenemos $DAP^{MEAN} < c_i$. Por tanto, para el agente i es mejor anunciar una DAP falsa, ya que no desea el bien a este costo. ■

La prueba para el caso de la regla de la mediana es la misma, solo que en lugar de DAP^{MEAN} tomamos DAP^{MEDIAN} . En conclusión, *tanto la media como la mediana son manipulables en el formato paramétrico*, bajo los supuestos estándar. El método de **elección dicotómica con estimación no paramétrica** también puede ser manipulable. En

el caso de la mediana el análisis es similar al de la mediana en el caso paramétrico. La única diferencia es que solamente los individuos que pueden manipular son aquellos a los que se les pregunta por cantidades alrededor de la mediana.

El *referéndum puro* es un método incentivo-compatible porque, con solamente dos alternativas, ningún individuo puede mejorar mintiendo acerca de sus preferencias. Considere primero que la DAP real del agente i es tal que $DAP_i < c_i$, de manera que no desea que el bien se provea al costo c_i . Cuando se enfrenta con un $BID_i = c_i$, el agente i solamente puede conformarse mintiendo y reporta Sí en lugar de No. En el caso inverso, cuando $DAP_i \geq c_i$ (de manera que el individuo desea el bien al costo c_i cuando se enfrenta con un $BID_i = c_i$) el agente i solo puede conformarse mintiendo y diciendo No en lugar de Sí. En resumen, el individuo no puede mejorar mintiendo, y en cambio se arriesga a estar peor.

Los diferentes métodos de preferencias declaradas son manipulables por razones similares a las de la elección dicotómica.

2.3 Diseño Experimental

Se diseñó un experimento con tres tratamientos para validar la hipótesis de comportamiento estratégico en diferentes métodos de valoración. En el primer tratamiento se utilizó un referéndum puro; en el segundo tratamiento un método de valoración contingente simple; y en el tercer tratamiento, un conjunto de elección con tres alternativas.

Podemos plantear el problema, de forma general, como uno de provisión de un proyecto público. El conjunto de resultados posibles es un conjunto finito $A = \{a_1, a_2, \dots, a_K\}$, conformado por dos o más alternativas. Hay un conjunto finito de jugadores $N = \{1, 2, \dots, n\}$, con unas preferencias sobre el conjunto de resultados, R_i , para cada $i = 1, 2, \dots, n$. Se utiliza una regla de elección social para determinar cuál es el resultado escogido por los jugadores.

Nuestro diseño experimental supone dos alternativas posibles: realizar el proyecto público o no realizarlo, los participantes deberán enfrentar un costo positivo o cero, según corresponda. Cada persona debe elegir sobre las alternativas posibles de la forma $(0,0)$ ó $(1, c_i)$, donde $(0,0)$ significa que no desea que el proyecto se efectúe y, por tanto, no asume ningún costo de provisión; o de la forma, $(1, c_i)$ que significa que la persona desea que se realice el proyecto con un costo de c_i , que es el mismo para todos. El bien es financiado únicamente con los aportes realizados por los agentes.

La regla de elección social, f , asocia un resultado a cada perfil de preferencias de los individuos. Como no se conocen las preferencias de los individuos por el proyecto público, es necesario diseñar un mecanismo, de forma tal que los individuos tengan incentivos suficientes a revelar sus verdaderas preferencias. El mecanismo propuesto puede ser directo o indirecto; es decir, es posible preguntar directamente a los individuos por sus preferencias o pedir a los individuos que emitan un mensaje dentro de un conjunto posible $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$, que a través de una función de resultados permita determinar las preferencias de los individuos.

Primer tratamiento: Se llevó a cabo un **referéndum puro**, en el que los agentes debían elegir entre dos alternativas: no realizar el proyecto (alternativa 1) o realizar el proyecto y pagar una cantidad fija conocida por todos (alternativa 2). La regla de elección utilizada fue la regla de la mayoría; esto es, el proyecto se realizaba siempre que $\frac{n}{2}$ o más individuos hicieran elecciones del tipo $(1, c_i)$. En caso contrario, el proyecto no se realizaba.

Segundo tratamiento: Se utilizó un **método de valoración contingente simple** en el que los participantes tenían que elegir entre dos alternativas: no realizar el proyecto (alternativa 1) o realizar el proyecto y pagar una cantidad escogida mediante un mecanismo aleatorio (alternativa 2)¹. Los participantes hacían elecciones del tipo $(1, BID_i)$ ó $(0,0)$, donde $(1, BID_i)$ significa que el individuo desea que se realice el proyecto público cuando se le ha preguntado por la disposición a pagar una cantidad específica (el BID), y $(0,0)$ significa que el individuo no desea que se realice el proyecto público cuando se le ha preguntado por la disposición a pagar una cantidad específica (el BID). A la mitad de los participantes se les preguntó por un BID menor al costo esperado ($BID=\$10000$) y a la otra mitad de los participantes se les preguntó por un BID mayor al costo esperado ($BID=\$30000$).

¹Valores entre \$2000 y \$4000 pesos colombianos

Se calculó la mediana de la disposición a pagar de los individuos (DPMed), y de acuerdo con la regla de elección, si la mediana de las disposiciones a pagar de los individuos era mayor o igual que el costo sorteado ($DPMed \geq c_i$), entonces se realizaba el proyecto; en caso contrario, no se realizaba.

Tercer tratamiento: Se les presentó a los individuos un **conjunto de elección con tres alternativas**: no realizar el proyecto (alternativa 1), realizarlo con un ingreso y costo propuestos (alternativa 2), y realizarlo con un ingreso y costo propuestos distintos a la alternativa 2 (alternativa 3). Se les preguntó cuál alternativa preferían entre la primera y la segunda, y entre la primera y la tercera.

El proyecto tenía dos fases que determinaban los ingresos de los participantes. Los individuos debían revelar sus preferencias a través de mensajes de la forma $(1, BID1_i, BID2_i)$ ó $(0,0)$, donde $(1, BID1_i, BID2_i)$ significa que se realiza el proyecto cuando se le ha preguntado al individuo por su disposición a pagar un $BID1$ y seguidamente se le ha preguntado por su disposición a pagar un $BID2$; y $(0,0)$ que la persona no desea que se realice el proyecto público cuando se le ha preguntado por su disposición a pagar un $BID1$ y un $BID2$. A cada participante se le propuso un BID diferente (entre \$2000 y \$4000)

En caso de realizarse el proyecto, el costo que debía asumir cada uno se determinaba mediante un mecanismo aleatorio, de la misma manera que en el segundo tratamiento. A partir de los mensajes se calculaba la disposición a pagar media (DPMe). La regla de elección determinaba que si la DPMe era mayor o igual que el costo sorteado ($DPM_e \geq c_i$), entonces se realizaba el proyecto; y en caso contrario, no se realizaba.

Adicionalmente, al final de cada sesión se les entregó a los participantes unos cuestionarios, con el propósito de identificar sus motivaciones para tomar las decisiones y el nivel de comprensión de cada ejercicio.

El experimento se realizó con estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). En cada uno de los tratamientos participaron 30 personas. La toma de decisiones en el segundo y tercer tratamientos se extendió por cinco rondas, mientras que en el primer tratamiento se realizó una única etapa.

2.4 Análisis Aplicado

2.4.1 Primer Tratamiento

El *referéndum puro* es un mecanismo no manipulable desde el punto de vista teórico, como hemos señalado antes. Podríamos entonces esperar en la práctica que las personas no intenten manipular el mecanismo mintiendo sobre sus preferencias, ya que ello les dejaría peor (en términos de sus ganancias) que decir la verdad.

A diferencia del segundo y tercer tratamiento, los participantes debían decidir una sola vez. En general, se observa que el comportamiento de los participantes valida la creencia de que decir la verdad es una decisión óptima en el *referéndum*. En general, las personas con valoraciones altas escogieron la alternativa dos (realizar el proyecto) y las personas con valoraciones bajas escogieron la alternativa uno (no realizar el proyecto), como se observa en la tabla 1.

Cuadro 1: Resultado Observado vs. Resultado Teórico

Respuesta	Ingreso ≥ 10		Ingreso < 10	
	Observado	Teórico	Observado	Teórico
Sí	71 %	100 %	14 %	0 %
No	29 %	0 %	86 %	100 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

Las personas que se desviaron del comportamiento teóricamente esperado, (29% para valoraciones altas y 14% para valoraciones bajas), manifestaron haber tomado sus decisiones por falta de comprensión, porque actuaron por impulso o por error involuntario.

2.4.2 Segundo Tratamiento

Las preferencias están determinadas por la valoración que los individuos tienen por el proyecto público. En el caso particular del mecanismo de valoración contingente simple, un individuo debería contribuir al proyecto público siempre que su valoración sea mayor al costo esperado (individual) y la regla de elección social determine la provisión del proyecto público. El ingreso que se ha imputado a cada participante determina su valoración en la medida que cada uno perciba beneficio alguno de la provisión. Por tanto, un individuo racional debería escoger contribuir siempre que su ingreso sea mayor que el costo esperado ($E(c)$).² Esta afirmación la denominaremos *hipótesis de racionalidad*.

Para validar la hipótesis de racionalidad se estimaron diversas regresiones con la siguiente estructura:

$$y_i = \beta(\text{Ingreso}_i - E(c)) + \gamma X_i + e_i, \quad y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es contribuyente} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde y_i es la respuesta observada, X_i corresponde a un vector de variables control y otras variables de motivación y aprendizaje construidas a partir de las respuestas reportadas en los cuestionarios, y $e_i \sim N(0, 1)$ es el término de error.

Como mencionamos antes, al final de cada sesión los participantes debían responder el cuestionario que les fue entregado. Para determinar los motivos que llevaron a los participantes a contribuir o no al proyecto, se les formuló la siguiente pregunta:

¿Para dar sus respuestas tuvo en cuenta el costo promedio que debía pagar (\$21.000) en caso de realizarse el proyecto?

A aquellos que respondieron afirmativamente, se les pidió escoger entre las siguientes alternativas:

E(c) - Influir en la media. Para influir en la media de modo que se realice (signo positivo) o no (signo negativo) el proyecto.

E(c) - Ganancias/Pérdidas. Para aumentar mis ganancias o reducir mis pérdidas.

E(c) - Otras alternativas. Otras alternativas.

Cada una de las tres alternativas descritas anteriormente, corresponde a una variable *dummy* independiente, con valor uno (1) para la alternativa escogida por cada participante. De este modo, aquellas personas que respondieron negativamente a la pregunta tienen cero (0) en todas las dummies de alternativa.

Es importante resaltar que responder afirmativamente a la pregunta, no necesariamente implica la racionalidad teórica: por un lado, el participante pudo haber influido en la media de manera equivocada, y por otro lado, las ganancias (pérdidas) pudieron ser evaluadas teniendo en cuenta el BID.

De forma similar, para determinar el nivel de comprensión de los participantes a la tarea que debían realizar en el experimento, se les formuló la siguiente pregunta:

Evalúe la comprensión del ejercicio en una escala de 0 a 10, donde 0 significa que no ha comprendido nada y 10 que ha comprendido totalmente.

De esta manera, la variable de comprensión del ejercicio se define así:

²Debemos recordar que en el segundo y tercer tratamiento, el costo que cada persona debe asumir en caso de proveerse el proyecto público es determinado mediante un mecanismo aleatorio.

Comprensión de la tarea. Toma la escala de valores de las respuestas entre 0 y 10.

Adicionalmente, para identificar posibles procesos de aprendizaje tanto de la tarea asignada como de la regla de decisión óptima durante las cinco rondas, se les presentó a los participantes las siguientes dos preguntas:

A medida que avanzaba el ejercicio, ¿en cada ronda era más alta la comprensión que usted tenía de las instrucciones?

A medida que avanzaba el ejercicio, ¿en cada ronda era más claro para usted que sus ganancias o pérdidas no dependían de la diferencia entre su ingreso y el BID, sino de la diferencia entre su ingreso y costo sorteado?

Se definen las correspondientes variables de la siguiente manera:

Aprendizaje - Tarea. Variable *dummy* con valor 1 para una respuesta afirmativa.

Aprendizaje - Racionalidad. Variable *dummy* con valor 1 para una respuesta afirmativa.

La tabla 2 muestra los resultados de las regresiones.

Cuadro 2: Regresiones Probit Robustas por Resultado

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Ingreso - $E(c)$	0.038*** (0.005)		0.042*** (0.006)		0.042*** (0.006)		0.045*** (0.007)	
Ingreso - BID		0.026*** (0.004)		0.027*** (0.004)		0.027*** (0.004)		0.025*** (0.005)
Etapa 2°	-0.186 (0.153)	-0.108 (0.144)	-0.190 (0.156)	-0.103 (0.146)	-0.191 (0.156)	-0.103 (0.146)	-0.025 (0.209)	-0.017 (0.195)
Etapa 3°	-0.210 (0.149)	-0.143 (0.153)	-0.234 (0.147)	-0.137 (0.152)	-0.236 (0.146)	-0.137 (0.152)	0.034 (0.171)	-0.017 (0.177)
Etapa 4°	-0.120 (0.153)	-0.187 (0.142)	-0.137 (0.155)	-0.185 (0.146)	-0.135 (0.155)	-0.185 (0.146)	-0.018 (0.185)	-0.063 (0.183)
Etapa 5°	-0.172 (0.145)	-0.203 (0.142)	-0.180 (0.139)	-0.203 (0.144)	-0.181 (0.139)	-0.203 (0.144)	-0.048 (0.176)	-0.075 (0.181)
$E(c)$ - Influir en la media			-0.161 (0.125)	-0.193 (0.125)	-0.165 (0.127)	-0.193 (0.127)	-0.386** (0.182)	-0.343** (0.165)
$E(c)$ - Ganancias/Pérdidas			-0.369*** (0.116)	-0.255** (0.114)	-0.371*** (0.118)	-0.256** (0.114)	-0.453*** (0.166)	-0.338** (0.139)
$E(c)$ - Otras opciones			-0.194 (0.192)	-0.139 (0.172)	-0.193 (0.192)	-0.139 (0.172)	-0.386* (0.224)	-0.322 (0.256)
Comprensión de la tarea					0.009 (0.036)	0.002 (0.036)	0.001 (0.070)	0.037 (0.061)
Aprendizaje - Tarea							0.388 (0.276)	0.110 (0.294)
Aprendizaje - Racionalidad							-0.203 (0.294)	0.042 (0.364)
Observaciones	150	150	150	150	150	150	95	95
Pseudo R-squared	0.290	0.238	0.338	0.264	0.338	0.264	0.386	0.266
Log-likelihood	-73.030	-78.390	-68.108	-75.754	-68.079	-75.753	-40.017	-47.840
Prob $> \chi^2$ (Wald test)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Errores estándar robustos para heterocedasticidad y patrones arbitrarios de autocorrelación en paréntesis.

*** denota nivel de significancia al 99 %, ** al 95 %, * al 90 %.

Efectos marginales reportados en lugar de coeficientes estimados. Efectos marginales calculados a partir de la media.

° Efectos marginales para cambios discretos de la variable dummy de 0 a 1

Con el fin de verificar si la aparente racionalidad observada que sugiere la regresión de la tabla 2, es miope o corresponde a un proceso de maximización de la ganancia esperada, se ha utilizado un análisis auxiliar. Consideramos aquí que un individuo es *aparentemente racional* si su elección (de contribuir o no) coincide con el resultado teórico esperado.

Cuadro 3: Test de Proporciones por Etapa

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Proporción de racionales	0.633	0.700	0.834	0.700	0.770
Proporción de no racionales	0.367	0.300	0.166	0.300	0.230
Diferencia	0.265	0.400	0.668	0.400	0.54
CI 95 %	[0.02 , 0.51]	[0.16 , 0.63]	[0.47 , 0.85]	[0.16 , 0.63]	[0.31 , 0.74]
Bootstrap CI 95 %*	[-0.10 , 0.61]	[0.05 , 0.71]	[0.37 , 0.92]	[0.06 , 0.71]	[0.20 , 0.82]

*Intervalo de confianza Bootstrap obtenido de 10,000 bootstrap.

En la tabla 3 se muestra la proporción de individuos clasificados como aparentemente racionales *versus* aquellos que no lo fueron, en cada una de las etapas del tratamiento. Adicionalmente, aplicamos un test para determinar si las diferencias en dichas proporciones son estadísticamente significativas³ y se estimó la distribución empírica de las proporciones de racionales y no racionales aparentes.

Debido a que el tamaño de la muestra no es suficientemente grande para computar la distribución de las proporciones, se realizó un muestreo *bootstrapping* con el fin de simular la distribución empírica de los datos. La figura 1 muestra la distribución según etapas.

Cuadro 4: Regresiones Probit Robustas para Racionalidad

Variables	(1)	(2)
Ingreso- $E(c)$	0.004 (0.003)	0.001 (0.007)
Etapa 2 ^o	0.046 (0.105)	0.029 (0.191)
Etapa 3 ^o	0.163* (0.091)	0.181 (0.164)
Etapa 4 ^o	0.048 (0.105)	-0.164 (0.238)
Etapa 5 ^o	0.108 (0.097)	0.060 (0.208)
Ingreso- $E(c)$ × Etapa 2		0.001 (0.009)
Ingreso- $E(c)$ × Etapa 3		-0.000 (0.010)
Ingreso- $E(c)$ × Etapa 4		0.012 (0.010)
Ingreso- $E(c)$ × Etapa 5		0.003 (0.011)
Observaciones	150	150
Pseudo R-squared	0.026	0.034
Prob > χ^2 (Wald test)	0.470	0.655

Errores estándar para heterocedasticidad y patrones arbitrarios de autocorrelación en paréntesis.

*** denota nivel de significancia al 99 %, ** al 95 %, *al 90 %.

^o Efectos marginales para cambios discretos de la variable dummy de 0 a 1

Efectos marginales reportados n lugar de coeficientes estimatos.

Efectos marginales calculados a partir de la media.

³Con el fin de corregir posibles variaciones en la distribución del estadístico de prueba, debido a la no normalidad de los datos, se computaron intervalos de confianza basados en un muestreo bootstrap. Los resultados muestran que no hay diferencias cualitativas en los intervalos de confianza de las distribuciones asintóticas y de las distribuciones bootstrap, excepto en la primera etapa.

Para validar la hipótesis de racionalidad se estimaron diversas regresiones con el propósito de observar si los determinantes de la racionalidad teórica explican el comportamiento racional observado. El conjunto de regresiones consideradas tienen la siguiente estructura:

$$r_i = \beta(\text{Ingreso}_i - E(c)) + \gamma X_i + e_i, \quad r_i = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es aparentemente racional} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde r_i es una respuesta racional, X_i corresponde a un vector de variables control y $e_i \sim N(0, 1)$ es el término de error. Los resultados obtenidos de las regresiones se muestran en la tabla 4.

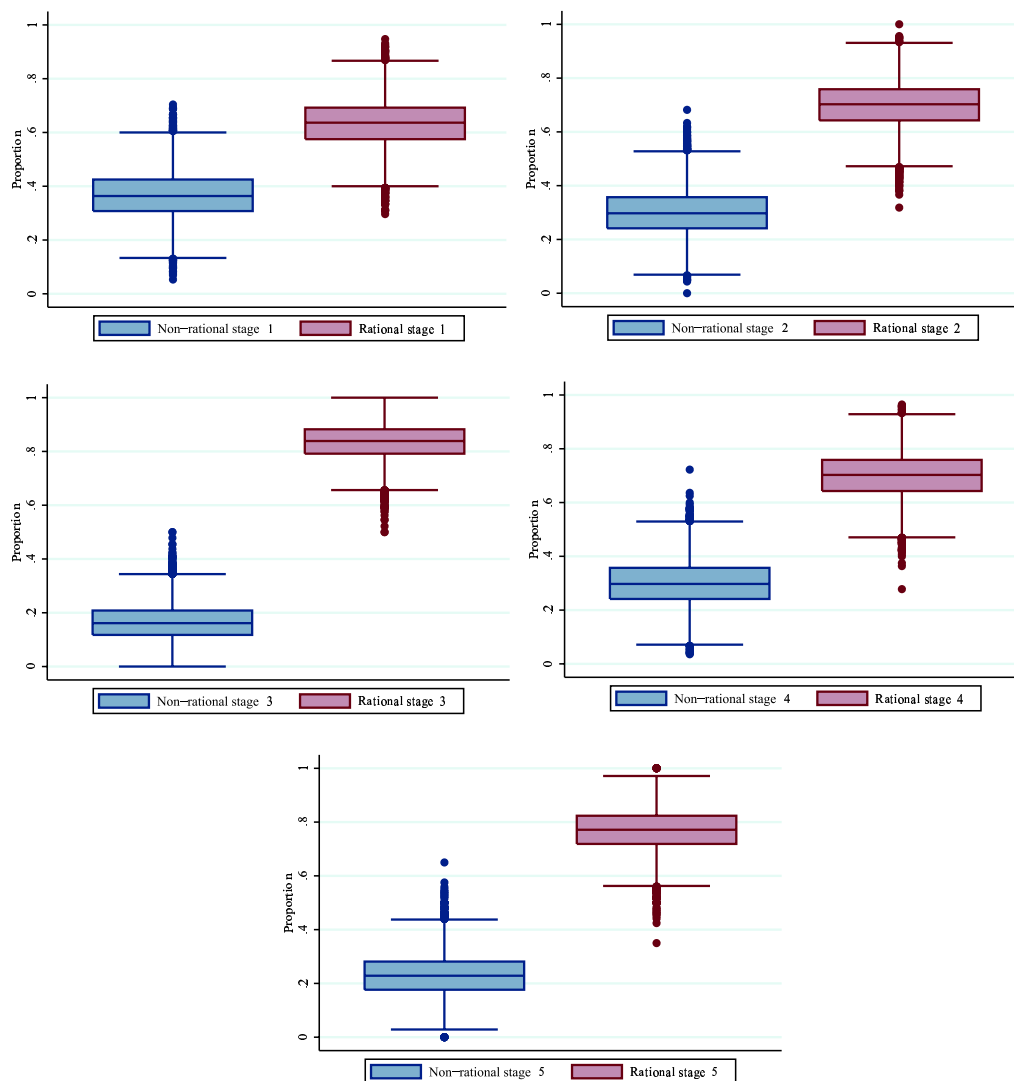


Figura 1: Box-plot Proporciones Bootstrap por Etapa

2.4.3 Tercer Tratamiento

Al igual que en el tratamiento anterior, en este caso se desea validar la hipótesis de racionalidad utilizando la misma metodología. Sin embargo, debido a que en este tratamiento los participantes deben decidir en cada etapa si contribuir o no en dos escenarios secuenciales (cada uno caracterizado por un ingreso y un BID diferentes)⁴ se requiere considerar la “simultaneidad” de ambas decisiones. Para ello se estimaron diversas especificaciones de dos ecuaciones simultáneas a través de un modelo Probit bivariado (biprobit). El sistema general de ecuaciones está descrito por:

$$\begin{aligned} y_i^1 &= \beta_1(\text{Ingreso}_i^1 - E(c)) + \gamma_1 X_i + e_i^1 \\ y_i^2 &= \beta_2(\text{Ingreso}_i^2 - E(c)) + \gamma_2 X_i + e_i^2 \end{aligned}$$

donde

$$y_i^j = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es contribuyente en la pregunta } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}, \quad j = \{1, 2\},$$

de manera que y_i es la respuesta observada, X_i corresponde a un vector de variables control. Además, los términos de error $(e^1, e^2) \sim N(\mathbf{0}, \Sigma)$ con $\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix}$. Note que si $\rho = 0$ entonces los errores de ambas ecuaciones son independientes, de modo que los coeficientes estimados mediante regresiones probit independientes son estadísticamente iguales a aquellos estimados bajo la regresión biprobit. Esto implica que los participantes han tomado la decisión de contribuir o no en cada pregunta en forma independiente. Esto debería ser un resultado natural ya que en cada caso se enfrentan a situaciones distintas. La tabla 5 muestra los resultados de las regresiones.

⁴Recuerde que a cada escenario corresponde una pregunta sobre la disposición a pagar.

Cuadro 5: Regresiones probit bivariadas robustas por resultado

Variables	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)	
	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2
Ingreso- $E(c)$	0.108*** (0.021)	0.047** (0.019)			0.110*** (0.020)	0.050*** (0.019)			0.111*** (0.021)	0.050** (0.020)		
Ingreso - BID			0.180*** (0.037)	0.122*** (0.044)			0.182*** (0.037)	0.126*** (0.044)			0.189*** (0.039)	0.128*** (0.045)
Etapa 2	0.640 (0.417)	-0.160 (0.351)	0.938** (0.453)	-0.078 (0.347)	0.664 (0.422)	-0.156 (0.357)	1.012** (0.443)	-0.068 (0.355)	0.701 (0.439)	-0.177 (0.364)	1.095** (0.456)	-0.082 (0.362)
Etapa 3	0.229 (0.395)	-0.478 (0.367)	0.555 (0.431)	-0.406 (0.363)	0.250 (0.396)	-0.484 (0.370)	0.608 (0.425)	-0.404 (0.367)	0.303 (0.402)	-0.502 (0.367)	0.605 (0.436)	-0.418 (0.366)
Etapa 4	-0.070 (0.413)	0.230 (0.345)	0.259 (0.424)	0.304 (0.351)	-0.132 (0.414)	0.231 (0.348)	0.253 (0.424)	0.317 (0.355)	-0.127 (0.423)	0.216 (0.348)	0.245 (0.439)	0.310 (0.358)
Etapa 5	-0.181 (0.387)	0.440 (0.351)	0.197 (0.422)	0.473 (0.364)	-0.168 (0.406)	0.459 (0.353)	0.251 (0.426)	0.493 (0.365)	-0.121 (0.416)	0.451 (0.358)	0.262 (0.440)	0.484 (0.373)
$E(c)$ - Influir en la media					0.484 (0.422)	0.511 (0.328)	0.385 (0.422)	0.459 (0.324)	0.534 (0.425)	0.423 (0.339)	0.467 (0.422)	0.364 (0.338)
$E(c)$ - Ganancias/Pérdidas					-0.476 (0.326)	-0.120 (0.296)	-0.547* (0.326)	-0.162 (0.295)	-0.356 (0.350)	-0.003 (0.326)	-0.421 (0.351)	-0.034 (0.318)
Comprensión de la tarea									0.031 (0.085)	0.085 (0.072)	0.025 (0.082)	0.095 (0.073)
Aprendizaje - Tarea									-4.998*** (0.654)	-0.944 (0.952)	-4.588*** (0.803)	-0.937 (0.965)
Aprendizaje - Racionalidad									-0.318 (0.599)	0.720 (0.678)	-0.727 (0.752)	0.708 (0.722)
Constante	-1.459*** (0.467)	-0.866** (0.403)	0.220 (0.336)	0.046 (0.241)	-1.480*** (0.458)	-0.993** (0.424)	0.219 (0.345)	-0.009 (0.257)	3.478*** (0.759)	-1.364 (0.980)	5.252*** (0.687)	-0.445 (0.849)
Observaciones	130		130		130		130		130		130	
Prob χ^2 (Wald test)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
ρ	0.117		0.160		0.064		0.116		-0.0451		-0.0538	
Prob χ^2 ($H_0 : \rho = 0$)	0.4852		0.3346		0.7042		0.4821		0.6107		0.5432	

Errores estándar robustos para heterocedasticidad y patrones arbitrarios de autocorrelación en paréntesis.

*** denota nivel de significancia al 99 %, ** al 95 %, * al 90 %.

La tablas 6 y 7 muestran la proporción de individuos que han sido clasificados como aparentemente racionales versus aquellos que no lo fueron, considerando las preguntas en forma independiente. Para determinar si las diferencias en dichas proporciones son estadísticamente significativas se llevó cabo un test de proporciones.

Cuadro 6: Test de Proporciones por Etapa - Pregunta 1

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Proporción de racionales	0.577	0.347	0.347	0.693	0.616
Proporción de no-racionales	0.423	0.653	0.653	0.307	0.384
Diferencia	0.154	-0.306	-0.306	0.386	0.232
CI 95 %	[-0.11 , 0.42]	[-0.56 , -0.05]	[-0.56 , -0.05]	[0.13 , 0.64]	[-0.03 , 0.50]
Bootstrap CI 95 %*	[-0.25 , 0.53]	[-0.55 , 0.08]	[-0.66 , 0.08]	[0.00 , 0.72]	[-0.16 , 0.61]

*Intervalo de confianza Bootstrap obtenido de 10,000 muestras.

Cuadro 7: Test de Proporciones por Etapa - Pregunta 2

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Proporción de racionales	0.731	0.693	0.654	0.462	0.654
Proporción de no-racionales	0.269	0.307	0.346	0.538	0.346
Diferencia	0.462	0.386	0.308	-0.076	0.308
CI 95 %	[0.22 , 0.70]	[0.13 , 0.63]	[0.05 , 0.56]	[-0.34 , 0.19]	[0.05 , 0.56]
Bootstrap CI 95 %*	[0.10 , 0.78]	[0.00 , 0.73]	[-0.08 , 0.66]	[-0.45 , 0.31]	[-0.07 , 0.66]

*Intervalo de confianza Bootstrap obtenido de 10,000 muestras.

Para verificar si la aparente racionalidad es explicada por los determinantes de la racionalidad teórica, se determinó un conjunto de regresiones bivariadas con la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} r_i^1 &= \beta_1(\text{Ingreso}_i^1 - E(c)) + \gamma_1 X_i + e_i^1 \\ r_i^2 &= \beta_2(\text{Ingreso}_i^2 - E(c)) + \gamma_2 X_i + e_i^2 \end{aligned}$$

donde

$$r_i^j = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es aparentemente racional en la pregunta } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}, \quad j = \{1, 2\},$$

Tal que, r_i es una respuesta racional, X_i corresponde a un vector de variables control. Además, los términos de error $(e^1, e^2) \sim N(\mathbf{0}, \Sigma)$ con $\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix}$.

2.5 Discusión

Para el segundo tratamiento, los resultados de la tabla 2 sugieren que valoraciones altas ($\text{Ingreso} - E(c) \geq 0$) explican la decisión de contribuir de los participantes. Sin embargo, también se observa que la diferencia entre el ingreso y el BID explica significativamente la decisión de contribuir al proyecto. Note que la variable ($\text{Ingreso} - \text{BID}$) indica una medida de ganancia neta *inmediata*. Sin embargo, un comportamiento maximizador de la utilidad esperada está determinado por la ganancia neta *esperada*, ya que un participante podría garantizarse una mayor ganancia siempre que el costo esperado del proyecto sea suficientemente bajo ($\text{cost} < \text{BID}$). Un individuo que considere el BID como referencia para el cálculo de sus ganancias netas estaría adoptando una *racionalidad miope*.

Por otro lado, se puede observar que la variable $E(c) - \text{Ganancias/Perdidas}$ es significativa, lo cual indica que aquellas personas que afirmaron haber tenido en cuenta el costo promedio para aumentar (disminuir) sus ganancias

(pérdidas) poseen una probabilidad menor de contribuir al proyecto. Sin embargo, como se anotó antes, la evaluación de dichas ganancias (pérdidas) podría haberse calculado teniendo en cuenta el BID y no el costo esperado. Las personas que en el cuestionario afirmaron haber considerado el costo promedio esperado deberían haber contribuido al proyecto siempre que $Ingreso - E(c) > 0$, y no contribuir siempre que $Ingreso - E(c) \leq 0$. Sin embargo, se encontró que, en promedio (por etapa), el 30 % de los participantes que afirmaron tener en cuenta el costo esperado eligieron contribuir o no en forma incorrecta. Este hecho muestra alguna evidencia de inconsistencia entre las respuestas del cuestionario y las elecciones observadas, lo cual sugiere un comportamiento miope en el sentido previamente descrito.

Adicionalmente, no se encontró evidencia significativa de procesos de aprendizaje. Aunque algunas personas afirmaron comprender mejor la tarea a medida que avanzaba el ejercicio y/o comprender la diferencia entre considerar el BID y el costo promedio para el cálculo de las ganancias netas, no hay evidencia estadística de que dichos procesos hayan sido significativos en la toma de decisiones.

Los resultados del test de proporciones (tabla 3 y figura 1) sugieren que el porcentaje de individuos que han sido definidos como racionales es significativamente mayor. Además, se puede inferir que, al 95 % de confianza, las diferencias de las proporciones no son significativas, de modo que las elecciones realizadas por los individuos guardan alguna consistencia a lo largo de las etapas (excepto en la primera). Inmediatamente surge la pregunta si la racionalidad aparente de este grueso de individuos corresponde ciertamente a un proceso de maximización de la utilidad esperada.

No se encuentra evidencia a favor de la racionalidad maximizadora de la ganancia esperada, como lo sugieren los datos de la tabla 4. Esto es, la racionalidad aparente observada no es explicada por los determinantes de la racionalidad teórica, lo que sugiere que los individuos no han considerado la ganancia esperada ($Ingreso - E(c)$) para tomar sus decisiones, sino, por el contrario, han considerado la ganancia neta inmediata ($Ingreso - BID$). Por tanto, se encuentra evidencia que soporta la hipótesis de racionalidad observada *miope*, en el sentido explicado antes.

En el caso del tercer tratamiento, los resultados de la tabla 5 muestran que valoraciones altas ($Ingreso - E(c) \geq 0$) explican la decisión de contribuir de los participantes en los dos escenarios. No obstante, se observa que la diferencia entre el ingreso y el BID también explica significativamente la decisión de contribuir al proyecto. Al igual que en el segundo tratamiento, esto sugiere que los individuos podrían estar actuando bajo una *racionalidad miope*.

Para verificar esta afirmación adoptamos nuevamente el análisis auxiliar descrito en el segundo tratamiento. En general, los resultados de los test muestran que las proporciones no son estadísticamente diferentes; un resultado similar al que se encontró en el segundo tratamiento.

A diferencia del segundo tratamiento, en el tercero las motivaciones de los participantes para tener en cuenta el costo promedio ($E(c)$ - **Influir en la media**, $E(c)$ - **Ganancias/Pérdidas**, $E(c)$ - **Otras opciones**)⁵) no son significativas en la decisión de contribuir o no al proyecto, como se puede apreciar en la Tabla 5.

No se encontró evidencia robusta sobre posibles procesos de aprendizaje. Aunque la variable **Aprendizaje - Tarea** es significativa para la pregunta 1, no hay evidencia suficiente para concluir que una mejor comprensión del ejercicio haya sido determinante en la decisión de contribuir o no. De ser así, la significancia del aprendizaje debería haberse reflejado tanto en la pregunta 1 como en la pregunta 2, dada la “secuencialidad” en las respuestas.

Al igual que en el segundo tratamiento, no se encuentra evidencia de que el comportamiento racional observado corresponda a un comportamiento maximizador de la ganancia esperada, como se puede observar en la tabla 8.

⁵En el tercer tratamiento ningún participante señaló haber tenido en cuenta el costo promedio por alguna razón distinta que influir en la media o aumentar ganancias/reducir pérdidas

Cuadro 8: Regresiones Probit Bivariadas Robustas por Racionalidad

Variables	(1)		(2)	
	Q1	Q2	Q1	Q2
Ingreso- $E(c)$	0.018 (0.014)	0.035* (0.021)	-0.001 (0.037)	-0.009 (0.034)
Etapa 2	-0.575 (0.362)	-0.083 (0.376)	0.076 (1.000)	-1.358 (1.038)
Etapa 3	-0.576 (0.362)	-0.191 (0.380)	0.604 (1.070)	-0.072 (0.944)
Etapa 4	0.303 (0.354)	-0.781** (0.369)	-1.006 (0.989)	-3.266*** (1.172)
Etapa 5	0.111 (0.350)	-0.264 (0.379)	-1.848* (1.054)	-0.831 (1.032)
Ingreso- $E(c)$ ×Etapa 2			-0.037 (0.050)	0.080 (0.063)
Ingreso- $E(c)$ ×Etapa 3			-0.067 (0.052)	-0.010 (0.054)
Ingreso- $E(c)$ ×Etapa 4			0.071 (0.048)	0.144** (0.061)
Ingreso- $E(c)$ ×Etapa 5			0.109** (0.054)	0.035 (0.057)
Constante	-0.147 (0.373)	0.044 (0.416)	0.223 (0.771)	0.772 (0.617)
Observaciones	130		130	
ρ	-0.129		-0.158	
Prob $> \chi^2 (H_0 : \rho = 0)$	0.3930		0.3280	
Prob $> \chi^2$ (Wald test)	0.027		0.000	

Errores estándar robustos para heterocedasticidad y patrones arbitrarios de autocorrelación en paréntesis.

*** denota nivel de significancia al 99 %, ** al 95 %, * al 90 %.

Podemos concluir que para el referéndum puro una alta proporción de participantes adoptaron un comportamiento racional, tal como lo entendemos desde la teoría. Para los otros dos métodos, sin embargo, no se encontró evidencia a favor de la racionalidad maximizadora de la ganancia esperada (comportamiento estratégico), en cambio, encontramos evidencia a favor de la racionalidad miope.

A partir de la información secundaria recogida de los cuestionarios, podemos reforzar el argumento en contra de comportamiento estratégico (racionalidad consciente). Adicionalmente, no se encuentra evidencia estadística a favor de los procesos de aprendizaje. Tampoco podemos concluir que una mejor comprensión del ejercicio haya sido determinante en la decisión de contribuir o no.

Finalmente, del análisis de los datos concluimos que los individuos parecen no ser conscientes de su capacidad de manipulación, y por tanto, de las consecuencias de adoptar un comportamiento estratégico. Tampoco parece que sea sencillo comprender cómo hacerlo. Ello podría implicar que la preocupación por diseñar mecanismos de valoración no manipulables puede quedar algo disminuida en la práctica, en la medida que las personas no sean capaces de darse cuenta de los incentivos al ser consultadas (entrevistadas).

2.6 Referencias

1. Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner y H. Schuman (1993). "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation". *Federal Register*, 58:10, 4601-14.
2. Carson, R. (2010). *Contingent valuation: a comprehensive bibliography and history*. Edward Elgar, Northampton.
3. Carson, R. and J. Louviere (2011). *A Common Nomenclature for Stated Preference Elicitation Approaches*. *Environmental and Resource Economics*.
4. Carson, K. and A. Burton. (2008). "Can Choice Experiment Surveys be Incentive Compatible? An Economic Experiment on Repeated Choice Formats with Financial Incentives in Place". *Environmental Economic Research Conference*. Gothenburg, Sweden.
5. Carson, R. and T. Groves (2007). "Incentive and Informational Properties of Preference Questions". *Environmental and Resource Economics*, 37, 181-210.
6. Carson R., T. Groves T. and M. Machina (2000). "Incentive and Informational Properties of Preference Questions". Working paper, Department of Economics, University of California, San Diego.
7. Green, D., K. E. Jacowitz, D. Kahneman, D. McFadden (1998). "Referendum Contingent Valuation, Anchoring, and Willingness to Pay for Public Goods". *Resource and Energy Economics* 20, 85-116.
8. Hanemann, W. and B. Kanninen (1999). "The statistical analysis of discrete-response CV data", en I. Bateman and K. G. Willis (eds.), *Valuing environmental preferences: Theory and practice of the contingent valuation method in the U.S, E.C. and developing countries*, Oxford: Oxford University Press, 302-441.
9. Hensher, D., J. Rose and W. Greene (2005). *Applied Choice Analysis. A Primer*. Cambridge University Press.
10. Hertwig, R. y A. Ortmann (2001). "Experimental Practices in Economics: A Challenge for Psychologists?". *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 24, 383-451.
11. McFadden, D (1974). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. In Zarembka P (ed) *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York.
12. Mitchell, R. y R. Carson (1989). "Using Surveys to Value Public Goods: The contingent Valuation Method", Washington D.C.: Resources for the Future.
13. Schläpfer, F. (2008). "Contingent Valuation: A New Perspective". *Ecological Economics* 64, 729-740.
14. Schläpfer, F. and I. Bräuer (2007). Theoretical Incentive Properties of Contingent Valuation Questions: Do they Matter in the Field?. *Ecological Economics* 62, 451-460.
15. Shogren, J. (2006). "Valuation in the Lab". *Environmental and Resource Economics* 34, 163-172.

Mistakes and Reciprocity Promote Cooperation in Public Good Games: An agent-based approach

3.1 Introduction

Experimental evidence has shown that individuals behave cooperatively in the presence of one-shot social dilemmas like the public good games (Fehr and Fischbacher [2003]). However, most of the theoretical explanations of evolution of cooperation among unrelated humans fail to explain such a behavior. Models predict that under situations devoid of repeated interactions, individuals act selfishly (Trivers [1971], Axelrod and Hamilton [1981]).

Typically, it has been suggested that this dilemma could be explained by the observed tendency of cooperators to engage in costly punishment of noncooperators. The idea is that individuals are *strong reciprocators*, characterized by a predisposition to cooperate with others and to punish those who defect, at personal cost, even when it is implausible to expect that these costs will be recovered. Thus, evolution of cooperation is linked to the emergence and stability of reciprocity (Gintis [2000], Gintis [2003], Sethi and Somanathan [2001], Gintis *et al.* [2003], Bowles and Gintis [2004], Boyd, Gintis and Bowles [2010]). Otherwise, Gardner *et al.* [2006] have suggested that punishment cannot promote the evolution of cooperative behavior in situations where punishing itself is costly.

Other approaches to this paradox account for the role of *prosocial emotions* like shame and guilt, in sustaining cooperative relations in public good games (Bowles and Gintis [2003]). From another perspective, Hauert *et al.* [2006] show that cooperation in public goods games can gain a foothold if the population density depends on the average population payoff. In turn, Mathew and Boyd [2009] extend the pay-off structure of optional participation models to consider the effects of economies and diseconomies of scale in public-goods production and different orderings of the pay-offs of free-riding. This more general model highlights the kinds of pay-offs for which optional participation favors cooperation, and those in which it does not. Finally, as stated before, most of the theoretical research highlights the role of punishment in promoting collaborative efforts, however, the conditions under which such punishment may evolve in a population consisting initially of defectors remains unclear. Sigmund *et al.* [2010] develop a social learning model to compare the prevailing model of peer-punishment with pool-punishment, which consists in committing resources, before the collaborative effort, to prepare sanctions against free-riders.

Our proposed explanation of human cooperation differs from the more standard models of evolution of preferences for cooperation. We place individuals with several conditional cooperation degrees to interact strategically choos-

ing whether to cooperate or not. So, we do not deal with the emergence of altruistic or reciprocal preferences, instead we ask why cooperation survive in an environment of heterogeneous conditional cooperation degrees.

It is useful to compare our approach to earlier works on the topic. For instance, Kocçkesen *et al.* [2000a, 2000b], consider a general specification of preferences that depends only on the distribution of material payoffs in the group; Bowles and Gintis [2004] consider individuals willing to punish free riders in a model of team production; Sethi and Somanathan [2001] assume interdependent preferences à la Levine [1998] which varies along two dimensions: the degree of altruism and the degree of sensitivity to the altruism of others. Reciprocal preferences of the kind considered in the present paper are not encompassed by this class of preferences. In our case, first, preferences vary only throughout the degree of conditional cooperation (from pure altruism to pure selfishness); and second, preferences are not interdependent, in the sense that the utility of players does not depend on the entire distribution of material payoffs resulting from any given action profile, but instead of the level of cooperation expected in the overall population.

Individuals endowed with reciprocal preferences (as considered here) are willing to make material sacrifices reducing their personal level of cooperation in order to penalize free riders. The motivation for this characterization of reciprocal preferences accounts for both, experimental results and the fact that even without any history of prior interaction, and with no prospect of future interaction, people are often altruistic towards others who are perceived to be similarly altruistic, and may even gain satisfaction from reducing the group well being in order to penalize those who are perceived to be defectors. However, as quoted by Rosas [2008, p. 558], “the component of retaliation in reciprocal altruism and the punishing action in altruistic punishment have similar effects”.

In section 2, we present the model, describing the general setting of the public good game (payoff structure and preferences), the agent-level dynamics of the system and then we formulate the population dynamics in terms of a mean-field equation. In section 3, some general findings are described. Finally, in Section 4 we conclude and propose further possible extensions.

3.2 The Model

In standard public good games with compulsory participation random groups of size $S \geq 2$ are matched in order to play a one-shot game. Groups are formed from a very large population. All players decide whether to contribute a fixed amount, $c > 0$, to a common pool. The aggregate contributions will be multiplied by a factor of $1 < r < S$ and then divided among the S players. If all contribute, they obtain $c(r - 1)$ each. On the other hand, a defector obtains a material payoff $rc(1 - 1/S)$ when the other $S - 1$ have contributed. Thus contributors do not benefit from their own contribution and then selfish players do not find the investment in the common pool beneficial.

In formal terms, if an individual finds himself in a group of size S , he faces k contributors (cooperators) and $S - 1 - k$ defectors among his $S - 1$ interaction partners. The material payoff for a defector is:

$$\pi_D(k) = \frac{rc k}{S} \quad (1)$$

similarly, the material payoff for a cooperator is:

$$\pi_C(k) = \pi_D(k) + \frac{rc}{S} - c \quad (2)$$

Note that, since $c > 0$ then $\pi_D > \pi_C$ for all k , so that defect is a dominant strategy. Thus, in the absence of enforcing mechanisms, cooperation vanishes, as predicted by classical models for cooperation in evolutionary game theory, such as the Prisoner’s Dilemma. However cooperative behavior observed in experimental designs contradicts this fact.

This lack of consistency between theoretical and experimental results is due, among other reasons, to the underlying hypothesis that individuals have selfish preferences, so they consider only the material payoff when making a decision.

The model we propose has the following features. We consider a finite but sufficiently large population of size N^1 . Individuals are matched randomly in small subgroups of size S in which they interact strategically. There are three general types of agents. The first type, the *selfish*, never cooperate. The second type, *reciprocators*, cooperate conditionally on the number of cooperators they *expect* to interact with. The third type, *altruists*, cooperate unconditionally.

Reciprocal individuals place negative weight on the material payoffs when they perceive low levels of cooperation, and positive weight if a high level of cooperation is expected. So, reciprocators are willing to sacrifice their own material payoff (defecting) as a reprisal for the absence of cooperation perceived by them. Likewise, reciprocal individuals increase the success of other members of the population at a cost.

Individuals behave with bounded rationality given their preferences, and are assumed to take actions consistent with the population state vector. This assumes that agents adopt their best response to the current distribution of strategies in the population, but with some mistaking probability. Individuals with different preferences will typically take different actions and receive different payoffs, and this differential payoff is which drives the evolutionary dynamics.

For modeling such behavior, let $G(k) = k + \gamma$ be the psychological factor that measures the degree of conditional cooperation of an individual, where $\gamma \in [\underline{\gamma}, \bar{\gamma}]$, with $\bar{\gamma} = c/2(1 - r/S)$ and $\underline{\gamma} = \bar{\gamma} - (S - 1)$. Note that r/S is the *marginal per capita return rate (MPCR)*. Then we define the payoff for a defector as:

$$u_D(k) = \pi_D(k) - G(k) = \frac{rck}{S} - k - \gamma \quad (3)$$

and the payoff for a cooperator as:

$$u_C(k) = \pi_C(k) + G(k) = \frac{rc(k+1)}{S} - c + k + \gamma \quad (4)$$

If $\gamma = \bar{\gamma}$, the individual is *altruistic (A)* since he decides to cooperate always. Note that in this case $u_C(k) \geq u_D(k)$ iff $k \geq 0$. These individuals are strategically equivalent to those who are concerned not only with their own material payoffs but also with the material payoffs of others. Similarly, if $\gamma = \underline{\gamma}$, the individual is *selfish (S)*, as he contributes iff $k > S - 1$, which is impossible, since he faces at most $S - 1$ cooperators among his interaction partners. Then he never cooperates. These individuals are strategically equivalent to those who drive their behavior by material self-interest. Finally, an individual is a *reciprocator (R)* if there is $k^* \in (0, S - 1)$ such that $u_C(k) \geq u_D(k)$ for all $k \geq k^*$. For instance, if $\gamma = (\underline{\gamma} + \bar{\gamma})/2 = \gamma^*$ then an individual contributes iff $k \geq (S - 1)/2$, i.e., iff he expects that half or more of the players in the group (different from him) are cooperators. Thus, reciprocators tend to respond “nice” to “nice” and “nasty” to “nasty” when interacting.

The middle value γ^* allows us to distinguish between two types of reciprocity: *reciprocal altruism* and *reciprocal selfishness*². If $\gamma \in (\underline{\gamma}, \gamma^*]$ then the individual cooperates whenever he believes there is a very large number of cooperators in his group, thus we label him *selfish-reciprocator (SR)*. On the other hand, if $\gamma \in [\gamma^*, \bar{\gamma})$ then the individual cooperates when he expects there is a very low number of cooperators in his group, so we call him *altruistic-reciprocator (AR)*.

¹The population size is such that $N \approx N - S$ for S small.

²Trivers's [1971] explains the evolution of cooperation as instances of *reciprocal altruistic acts*: a behavior whereby an individual acts in a manner that temporarily reduces his well being while increasing another agents' well being, with the expectation that the other individual will act in a similar manner at a later time.

In order to clarify these last definitions, consider a public good game with $c = 1$, $r = 1.6$ and $S = 5$. In this case $\gamma = -3.66$, $\bar{\gamma} = 0.34$ and $\gamma^* = -1.66$. So an individual with $\gamma = -0.66$ cooperates if $k \geq 1$ (altruistic-reciprocator). Similarly, if $\gamma = -2.66$ cooperates if $k \geq 3$ (selfish-reciprocator). Selfish (altruistic) reciprocators can be seen as selfish (altruistic) individuals to a lesser extent.

We require that reciprocal strategies be profitable. So, reciprocators will choose only optimal strategies. Reciprocity as defined here is frequently named in literature as *weak reciprocity*. In contrast, *strong reciprocity* models allow players to choose sub-optimal strategies, a strong reciprocator plays cooperatively with cooperators, even though it would be more advantageous to exploit them. In addition, a strong reciprocator is willing to punish defectors at a cost for himself (Guala [2010]).

We assume the population is *polymorphic*. On the one hand, there are two subpopulations N_1 and N_2 , so that $N = N_1 + N_2$. Each subpopulation consist of individuals characterized with some degree of conditional cooperation. On the other, each subpopulation is further divided into cooperators, n_i^C , and defectors, n_i^D , so $n_i^C + n_i^D = N_i$ for $i = 1, 2$. Particularly, we consider the following population settings:

		N_2			
		A, A	-	-	-
N_1	AR, A	AR, AR	-	-	-
	SR, A	SR, RA	SR, SR	-	-
	S, A	S, AR	S, SR	S, S	-

Table 1: General populations settings.

where, for example, the pair (SR, AR) indicates that subpopulation 1 is populated by selfish reciprocators and subpopulation 2 is populated by altruistic reciprocators. Cases on the diagonal are denominated *monomorphic*.

Let $m = \frac{N_1}{N}$ the proportion of individual of the subpopulation 1. Obviously, the proportion of individual of the subpopulation 2 is $1 - m$. Let $y_1^C = \frac{n_1^C}{N_1}$ be the frequency of cooperators in subpopulation 1, and $y_2^C = \frac{n_2^C}{N_2}$ the frequency of cooperators of subpopulation 2. Then, the entire population could be characterized by the following set of frequencies:

$$\begin{aligned}
 x_1^C &= m y_1^C && \rightsquigarrow && \text{Proportion of cooperators in subpopulation 1} \\
 x_1^D &= m(1 - y_1^C) && \rightsquigarrow && \text{Proportion of defectors in subpopulation 1} \\
 x_2^C &= (1 - m) y_2^C && \rightsquigarrow && \text{Proportion of cooperators in subpopulation 2} \\
 x_2^D &= (1 - m)(1 - y_2^C) && \rightsquigarrow && \text{Proportion of defectors in subpopulation 2}
 \end{aligned}$$

We define $x^C = x_1^C + x_2^C$ as the frequency of contributors in the whole population. It is straightforward to check that $x^D = 1 - x^C$ is the frequency of defectors in the population. Then, the population state vector is $x = (x_1^C, x_1^D, x_2^C, x_2^D)$.

In populations of interacting individuals, the temporal trajectory of the mean strategy densities, i.e., the population state vector is determined by their respective payoffs obtained in randomly formed groups of S individuals. If an individual finds itself in a group of size S , he faces k cooperators and $S - 1 - k$ defectors among his $S - 1$ interaction partners with probability

$$p(k | x) = \binom{S-1}{k} (x^C)^k (1 - x^C)^{S-1-k} \quad (5)$$

This probability is independent of whether the individual is a cooperator or a defector. Therefore, every individual encounters the same expected number of cooperators, and hence the same expected payoff during game interactions. Since γ is different for each subpopulation, this implies that the stage public good game is asymmetric.

It follows that given the population state vector x , the expected payoffs to defectors and cooperators, $U_D(S)$ and $U_C(S)$, respectively, in a group of size S are:

$$\begin{aligned}
 U_D(S) &= \sum_{k=0}^{S-1} p(k|x) u_D(k) \\
 &= \sum_{k=0}^{S-1} \binom{S-1}{k} (x^C)^k (1-x^C)^{S-1-k} \left(\frac{rck}{S} - k - \gamma \right) \\
 &= (S-1)x^C \left(\frac{rc}{S} - 1 \right) - \gamma
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 U_C(S) &= \sum_{k=0}^{S-1} p(k|x) u_C(k) \\
 &= \sum_{k=0}^{S-1} \binom{S-1}{k} (x^C)^k (1-x^C)^{S-1-k} \left(\frac{rck}{S} + \frac{rc}{S} - c + k + \gamma \right) \\
 &= (S-1)x^C \left(\frac{rc}{S} + 1 \right) - c + \frac{rc}{S} + \gamma
 \end{aligned} \tag{7}$$

Note that $x^C = my_1^C + (1-m)y_2^C$, so when an individual interacts in a random group, he faces cooperators from both subpopulations. In this way, evolutionary dynamics pits every individual against agents from both subpopulations, “everyone against everyone”³.

We argue that the flexible behavior provided by reciprocity enables cooperation to survive under evolutionary pressure within a class of environments under different degrees of conditional cooperation.

3.2.1 Game Individual Dynamics

We consider a social system in which individuals change their strategies independent of the other agents, and according to a random sequential updating rule. In each period a group of agents is randomly selected, so the probability to update their strategy in a given period is $\lambda = \frac{S}{N}$. As the population is very large, the current macroscopic state changes infinitesimally per unit of time.

When considering random sequential updating rules, the individual dynamics central variable is the *individual transition rate* $p(j \rightarrow k | x)$, which denotes the conditional probability per unit time that an agent, given the opportunity to update, flips from strategy j to k . Naturally, this should satisfy the sum rule $\sum_k p(j \rightarrow k | x) = 1$.

We adopt a *smoothed best response rule*, which assumes bounded rational agents choosing their best possible strategy in response to the current population state, but with some mistaking probability.

Strict rationality in social dilemmas is self-defeating and rational choice in certain games generates contradictions, for example, some experiments have shown that human players behave more cooperatively and receive higher payoffs than strict rationality would permit (Colman [2003]). Bounded rationality on the other hand, can lead to predictable errors and judgmental biases.

Clearly, the smoothed best response rule is myopic, in the sense that agents choose their strategy based on the current population state without anticipating the consequences of their actions. However, we require some degree of cognitive ability since agents take into account the strategy distribution in the population, and must know the full set of strategies available to them.

³This clarification is important, since in standard asymmetric (two populations) games, selection mechanisms pits individuals from each population against themselves.

Let

$$p(j \rightarrow k | x) = \frac{1}{1 + e^{-(U_k - U_j)/\lambda}} \quad (8)$$

which corresponds to the *logit* decision model (Blume [1993], Fudenberg and Levine [1998]).

The logistic dynamics describes agents able to estimate the variations of their own payoff upon a strategy change while assuming that the strategy distribution in the population remains invariant. In a broad sense, the parameter λ captures the possibility of mistaking when choosing a best possible strategy in response to the current population state.

There may be several sources of errors. For example, it is not plausible to assume that individuals observe perfectly the strategy distribution in the population, but they can formulate a subjective estimation with any degree of accuracy. The parameter λ accounts for a “noise” that agents perceive when looking at the population state, leading to wrong decisions with some positive probability (similar approaches could be found in Boyd [1989], Wu and Axelrod [1995] and Yao [1996]).

Another interpretation is that the parameter λ describes factors other than frequency dependence such as epistasis, that maintain extrinsic variability (McNamara *et al.* [2004]). For example, at the aggregate level, λ could be thought as a mutation factor. The intuition behind this interpretation is as follows: in a population at the defect evolutionary stable strategy, a player should defect, but if variability is maintained, and hence there is a chance that an opponent will cooperate, then there is a potential gain from cooperating in the hope that the opponent is a cooperator.

Notice that the probability of playing any strategy that is not a best response goes to zero as $\lambda \rightarrow 0$. However, individuals make bad decisions with a monotonic increasing probability as λ increases from zero. An extreme and less likely scenario is when the highest error probability (1/2) is reached ($\lambda \rightarrow \infty$). This scenario could be thought as an agent choosing his strategies by tossing a coin.

Finally, it is remarkable the fact that logit model allow us to incorporate individual learning processes that make possible to study the diffusion of cooperation in competitive environments (Lotka [1925]).

3.2.2 Game Population Dynamics

From individual dynamics a systemic equation can be formulated for population dynamics. The idea is to derive the aggregate behavior from individual agents in the same way as statistical mechanics seeks to determine the behavior of a system consisting of a large number of particles.

When a strategy change is realized, a particular strategy j is replaced by a strategy k . This defines a Markov process without memory.

Let N_i the subpopulation $i = 1, 2$, n_i^C and n_i^D the number of cooperators and defectors, respectively in the subpopulation i . A *socioconfiguration* for subpopulation i is given by the vector

$$n_i = (n_i^C, n_i^D), \quad n_i^C + n_i^D = N_i \quad (9)$$

which reflects the strategy distribution in the social system of subpopulation N_i . The socioconfiguration of the overall population is defined by $n = (n_1, n_2)$. We define $n_i^{CD} = (n_i^C - 1, n_i^D + 1)$ as the configuration which differs from n_i by the elementary process of changing one C -strategist into a D -strategist. A similar interpretation for $n_i^{DC} = (n_i^C + 1, n_i^D - 1)$.

Denote $P(n_i, t)$ as the time-dependent probability density over configurations. Since the update rule determines a Markov process without memory, then the time variation of $P(n_i, t)$ is given by⁴:

$$\dot{P}(n_i, t) = \sum_{\hat{n}_i} [P(\hat{n}_i, t)\rho(\hat{n}_i \rightarrow n_i) - P(n_i, t)\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i)] \quad (10)$$

where $\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i)$ is the *configurational transition rate* between n_i and \hat{n}_i . Notice that $\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i) \neq 0$ only if $\hat{n}_i = n_i^{jk}$, and in this case, it is proportional to the number of j -strategists n_i^j in the subpopulation N_i .

Thus we can rewrite the configurational transition rate in terms of the individual transition probabilities:

$$\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i) = n_i^j p(j \rightarrow k | n) + n_i^k p(k \rightarrow j | n) \quad (11)$$

Following Helbing [1998], we define $\langle n_i^j \rangle = \sum_{n_i} n_i^j P(n_i, t)$ as the *mean value* of the number of j -strategist in the instant t . So, the frequency of individuals pursuing strategy j , x_i^j , is defined by:

$$x_i^j = \frac{\langle n_i^j \rangle}{N} \quad (12)$$

Taking the time derivative of $\langle n_i^j \rangle$ and inserting (10) gives:

$$\begin{aligned} \dot{\langle n_i^j \rangle} &= \sum_{n_i, \hat{n}_i} n_i^j [P(\hat{n}_i, t)\rho(\hat{n}_i \rightarrow n_i) - P(n_i, t)\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i)] \\ &= \sum_{n_i, \hat{n}_i} (\hat{n}_i^j - n_i^j)\rho(n_i \rightarrow \hat{n}_i)P(n_i, t) \end{aligned} \quad (13)$$

Inserting (11) in (13) gives:

$$\begin{aligned} \dot{\langle n_i^j \rangle} &= \sum_{n_i} n_i^k p(k \rightarrow j | n)P(n_i, t) - \sum_{n_i} n_i^j p(j \rightarrow k | n)P(n_i, t) \\ &= \langle n_i^k p(k \rightarrow j | n) \rangle - \langle n_i^j p(j \rightarrow k | n) \rangle \end{aligned} \quad (14)$$

Equation (14) is exact. However, to get a closed equation which only contains mean values, a deterministic approximation could be made. As the population is very large, then the probability distribution $P(n_i, t)$ is narrow enough, so the mean value $\langle f(n, t) \rangle$ of a function $f(n, t)$ can be replaced by the function $f(\langle n \rangle, t)$ of the mean value, and we can write

$$\langle n_i^j p(j \rightarrow k | n) \rangle \approx \langle n_i^j \rangle p(j \rightarrow k | \langle n \rangle) \quad (15)$$

This approximation leads to the *approximate mean value equation* for the strategy frequencies (Helbing [1996, 1998], Benaim and Weibull [2003])⁵:

$$\dot{x}_i^j \approx x_i^k p(k \rightarrow j | x) - x_i^j p(j \rightarrow k | x) \quad (16)$$

The first (second) term represents the inflow (outflow) of individuals. Thus, population dynamics behaves as a conservative vector mean-field.

Replacing the definition of individual transition probabilities (equation (8)) in equation (16), and taking back to the original frequencies definitions, we have:

⁴It is possible to show that equation (10) satisfies probability constraints $P(n_i, t) \geq 0$ and $\sum_{n_i} P(n_i, t) = 1$ for all t , if such constraints are fulfilled for some initial state $t(0)$. Thus, equation (10) effectively describes the temporal evolution of a probability distribution.

⁵Clearly, when $N \rightarrow \infty$, this approximation is exact.

$$\dot{y}_i^j \approx \frac{1}{1 + e^{-(U_j - U_k)/\lambda}} - y_i^j \quad (17)$$

Then, the temporal trajectory of the mean strategy densities of each subpopulation obeys a deterministic, continuous-time, first-order ordinary differential equation. Unfortunately, nonlinearity of (17) makes its solutions not to have a closed analytical form. Numerical methods are required to find both, the rest points and the trajectories.

3.3 Simulations and Results

Simulations were computed following the populations settings described in Table 1. We consider groups of sizes $S = 5$, $S = 11$ and $S = 51$. The return rate was set at $r = 2$. Parameters were selected taking by reference the standard values considered in most of experimental studies (Zelmer [2003]). For simplicity, the parameter c was fixed at the unity.

We set the conditional cooperation parameter (γ) according to the following preference settings:

Preferences	$S = 5$		$S = 11$		$S = 51$	
	γ	$u_C(k) \geq u_D(k)$	γ	$u_C(k) \geq u_D(k)$	γ	$u_C(k) \geq u_D(k)$
Altruistic	$\gamma = 0.3$	$k \geq 0$	$\gamma \approx 0.41$	$k \geq 0$	$\gamma \approx 0.5$	$k \geq 0$
Altruistic reciprocator	$\gamma = -0.7$	$k \geq 1$	$\gamma \approx -2.6$	$k \geq 3$	$\gamma \approx -9.5$	$k \geq 10$
Selfish reciprocator	$\gamma = -2.7$	$k \geq 3$	$\gamma \approx -6.6$	$k \geq 7$	$\gamma \approx -39.5$	$k \geq 7$
Selfish	$\gamma = -3.7$	$k \geq 4$	$\gamma \approx -9.6$	$k \geq 10$	$\gamma \approx -49.5$	$k \geq 50$
MPCR	0.4		0.18		0.04	

Table 2: Populations settings.

Moreover, Table 3.3 shows the expected minimum number of cooperators in order to cooperate. As stated before, reciprocal altruism requires less cooperation from others than reciprocal selfishness.

3.3.1 Monomorphic Cases

When analyzing equation (17), it is useful to consider the special cases where both subpopulations are characterized by the same preferences, i.e. both subpopulations are indistinguishable.

In a population of selfish individual dynamics fails for pairwise Prisoner's Dilemma interactions and the population of cooperators is driven to extinction (see Figure 1). This result does not depend of the group size, since defection is a dominant strategy.

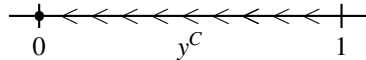


Figure 1: Selfish society ($\lambda = 0.1$, $S = 5$)

Consider now, individuals have a larger perception error. For example, if $\lambda = 3.35$ they make wrong decisions with a probability of 8%. Hence, there is a greater chance that an opponent will cooperate, then there is a potential gain from cooperation. As shown in Figure 2, extrinsic factors able to change beliefs, perception of the environment

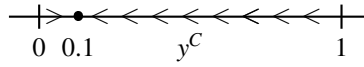


Figure 2: Selfish society ($\lambda = 3.35, S = 5$)

and/or expectations lead to bad decisions, promoting any degree of cooperation. Particularly, for the values here considered, a 10% of cooperation can be achieved.

This can lead to think that some part of the cooperation observed in the laboratory may be due not only to the reciprocity, but also to errors of perception, extrinsic or uncontrolled factors that can bias the process of decision making.

Otherwise, if population is populated by altruistic individuals, full cooperation is achieved as an evolutionary stable state (see Figure 3). Similarly, this result does not depend of the group size, since cooperation is a dominant strategy.

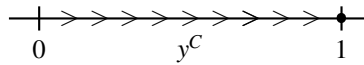


Figure 3: Altruistic society ($S = 5$)

Finally, if all individuals are reciprocators at some extent, no-cooperation, partial cooperation and full cooperation are rest points (see Figure 4). Only full cooperation and no-cooperation remain stable with a basin of attraction toward full cooperation broader as the degree of conditional cooperation increases. This is true for all values of S .

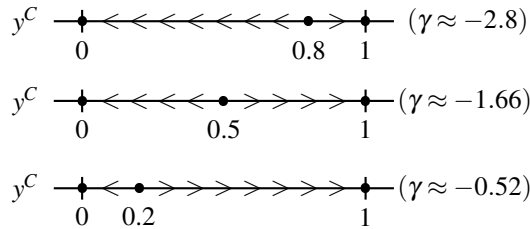


Figure 4: Reciprocal society ($S = 5, \lambda = 0.1$)

3.3.2 Dimorphic Cases

Selfish - Altruist

Figure 5 illustrates population dynamics phase plane. Horizontal axis represents the fraction of selfish cooperators (subpopulation 1), and vertical axis denotes the fraction of altruistic cooperators (subpopulation 2)⁶. Partial cooperation $((y_1^C, y_2^C) = (0, 1))$ is the only stable state. Population dynamics enables cooperators to survive even when facing exploitation by defectors.

⁶Hereafter, for each preference setting considered, horizontal axis corresponds to the subpopulation with the lowest degree of conditional cooperation, and vertical axis corresponds to the subpopulation with highest conditional cooperation degree.

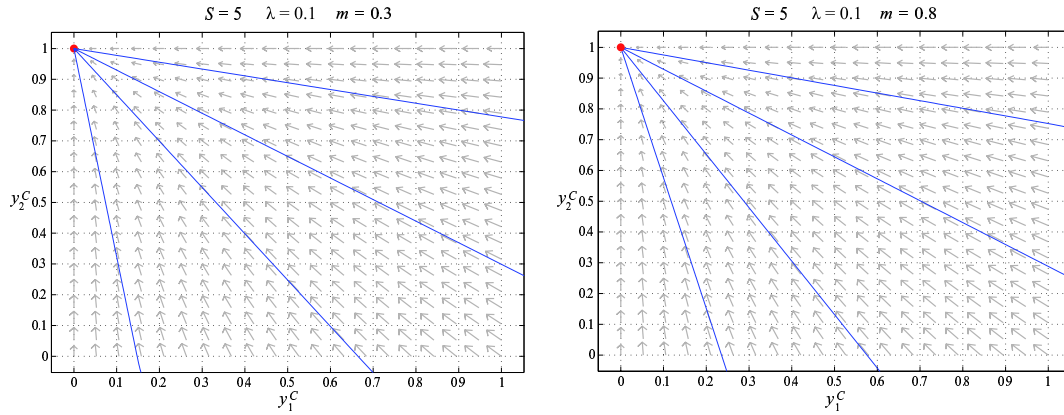


Figure 5: Population dynamics for different values of m when $\lambda = 0.1$.

Although the adjustment speed of the dynamic system for $S = 11$ and $S = 51$ differs from that of $S = 5$, the qualitative results are the same. So, the asymptotic behavior of the three cases is as in Figure 5.

This result is obvious for a sufficiently low value of λ (a small probability of mistaking). Note that both strategies, cooperation and defection are dominant strategies for altruist and selfish, respectively.

Interestingly, when the perception error is large enough some degree of cooperation is achieved between selfish agents.

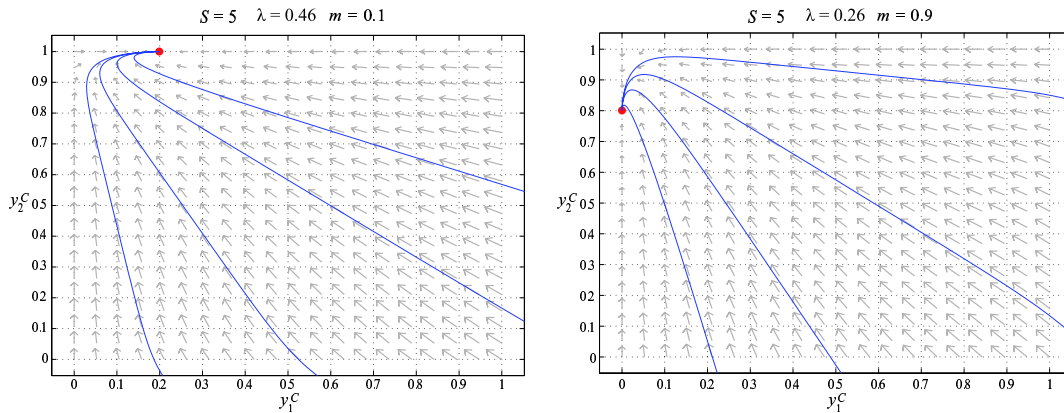


Figure 6: Population dynamics for different values of m when $\lambda = 0.26$.

Consider for example the case $S = 5$, when $m = 0.1$. If $\lambda \approx 0.46$ then 20% of selfish cooperate in equilibrium (see left panel of Figure 6). The same amount of cooperation could be reached when $S = 11$ and $S = 51$ if $\lambda \approx 1.18$ and $\lambda \approx 5.7$, respectively.

On the contrary, when λ is large enough and the fraction of selfish is equally large, then the small amount of altruists in the population is subject to a perception error such that leads some of them to defect (see right panel of Figure 6).

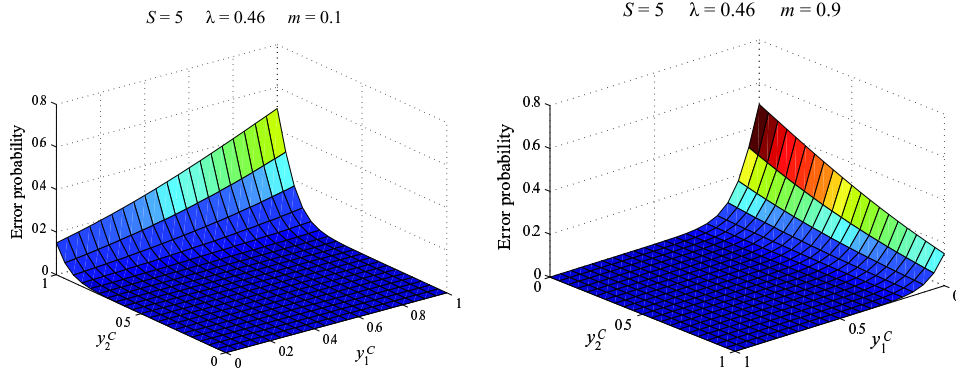


Figure 7: Error probability for selfish (left panel) and altruists (right panel).

But, what is the probability of mistaking involved by these values for λ ? Figure 7 illustrates the error probability function for selfish and altruistic individuals. As we can see, the perception error for selfish decreases monotonically as the fraction of cooperators in the population decreases, contrary to the case of altruist⁷.

Note that the probability that a selfish choose to cooperate becomes significant whenever the overall cooperators fraction is very large (panel left of Figure 7). However, in practice this is not plausible because defecting is a dominant strategy for selfish. Then the error probability near equilibrium is not greater than 20%.

Furthermore, although the value of λ is the same for all individuals in the population, the effect on the error probability is different in each subpopulation. For example, when $m = 0.1$ and $\lambda = 0.46$ only selfish individuals make mistakes in equilibrium. This is because they are a minority in the population and then their relative perception error is greater than for altruists.

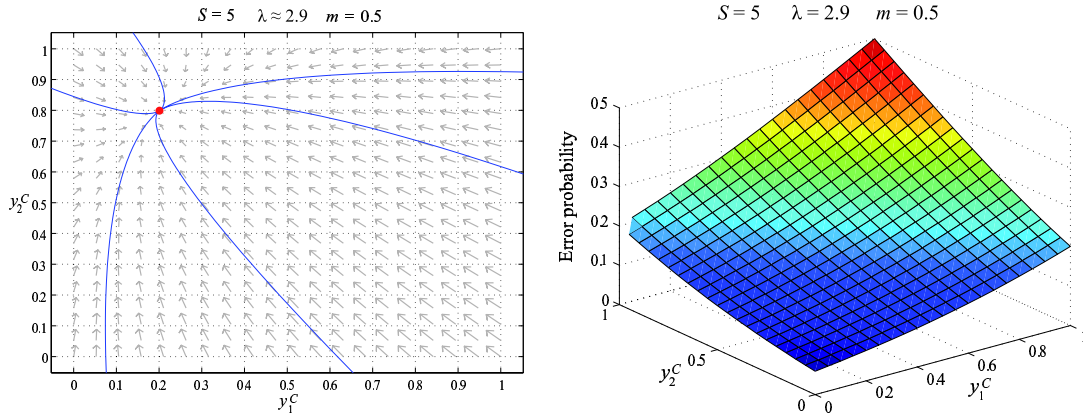


Figure 8: Population dynamics for equally distributed preferences.

Consider now the case when population is equally distributed among selfish and altruists. Here both subpopulations make mistakes at expenses of a larger perception error (left panel of Figure 8). Note that near the equilibrium the probability of choosing a strategy that is not a best response is close to 20%.

⁷The error probability function differs very slightly for $S = 11$ and $S = 51$.

The dimorphic case analyzed along this subsection is interesting because it allows to analyze the mistaking effects on the promotion of cooperation isolated from that of reciprocity.

One of the most important finding up here is that mistakes in the decision making process can lead selfish individuals to cooperate. This result is consistent with many experimental findings (Fischbacher and Gächter [2006, 2008]).

Selfish - Altruistic Reciprocators

As verified earlier, in the monomorphic reciprocal society case, there are three equilibria: the stable full cooperation equilibrium, the stable noncooperation equilibrium and a mixed unstable equilibrium. On the other hand, when all individuals in society are selfish, we know that only noncooperation remains as a stable equilibrium. So, similar behaviors are expected when selfish and reciprocators populate society. Clearly, the dynamics of the system varies depending on which subpopulation is larger.

When the share of altruistic reciprocators is large enough, partial cooperation can be achieved only if there is a sufficient number of cooperators in the initial state (see left panel of Figure 9). Otherwise, no-cooperation prevails⁸. However when the share of altruistic reciprocators is low enough, cooperation cannot be sustained in any case. What is the proportion of selfish individuals required for cooperation to be extinct? A fraction $m \approx 0.7$ is needed if $S = 5$ and $\lambda = 0.1$. Similar results are obtained when $S = 11$ and $S = 51$.

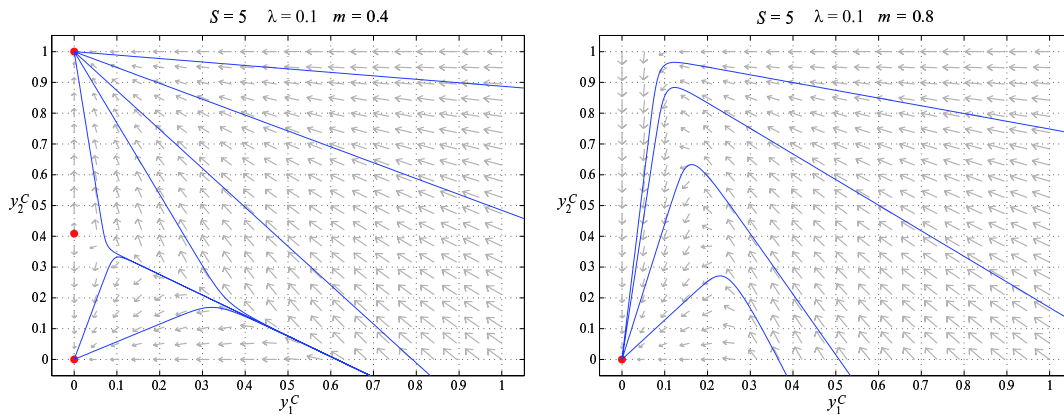


Figure 9: Population dynamics for different values of m .

Why does partial cooperation disappear when m is large? As the proportion of selfish individuals in the population is large ($m = 0.8$), then from any starting point (even when initial cooperation is high), overall cooperation, x_C , is lowered by selfish at such levels that reciprocators eventually prefer to defect.

For example, if $(y_1^C, y_2^C)_{t=0} = (0.41, 0.7)$ as illustrated in Figure 10, then the cooperators fraction is $x_C = 0.47$. This amount is large enough for leading reciprocators to cooperate, since there is low *free-riding*. As the selfish individuals' best response is always to defect (and there is a very low mistaking probability), then as time goes on, the fraction of selfish cooperators decreases until disappearing. Thus, free-riders monotonically rise to the point that reciprocators prefer not to cooperate. Particularly, in the trajectories depicted above, when $y_1^C \approx 0.12$ (i.e. over 27% of total population does not cooperate) reciprocators begin not to cooperate.

⁸This particular behavior of a dynamical system in which for a set of values of a parameter there is one stable equilibrium, and for different values there is an unstable equilibrium and two stable equilibria is called a *Pitchfork bifurcation*. This phenomenon could be related to the Allee effect (Stephens [1999]).

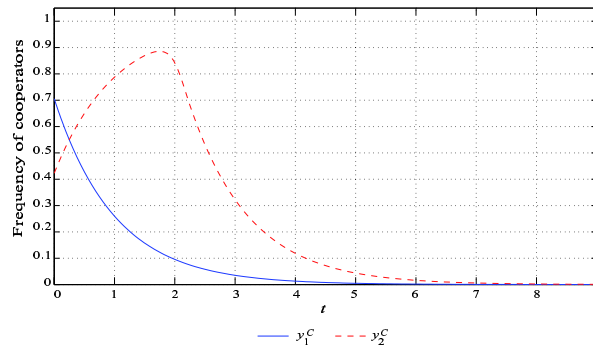


Figure 10: Temporal trajectories.

Now, we ask what happens with the dynamic system when the perception error is increased remaining m fixed? As shown in Figure 11, the qualitative behavior is similar to that of left panel of Figure 9. Nevertheless, as the value of λ increases (a higher mean error probability), topological characteristics of the system change drastically.

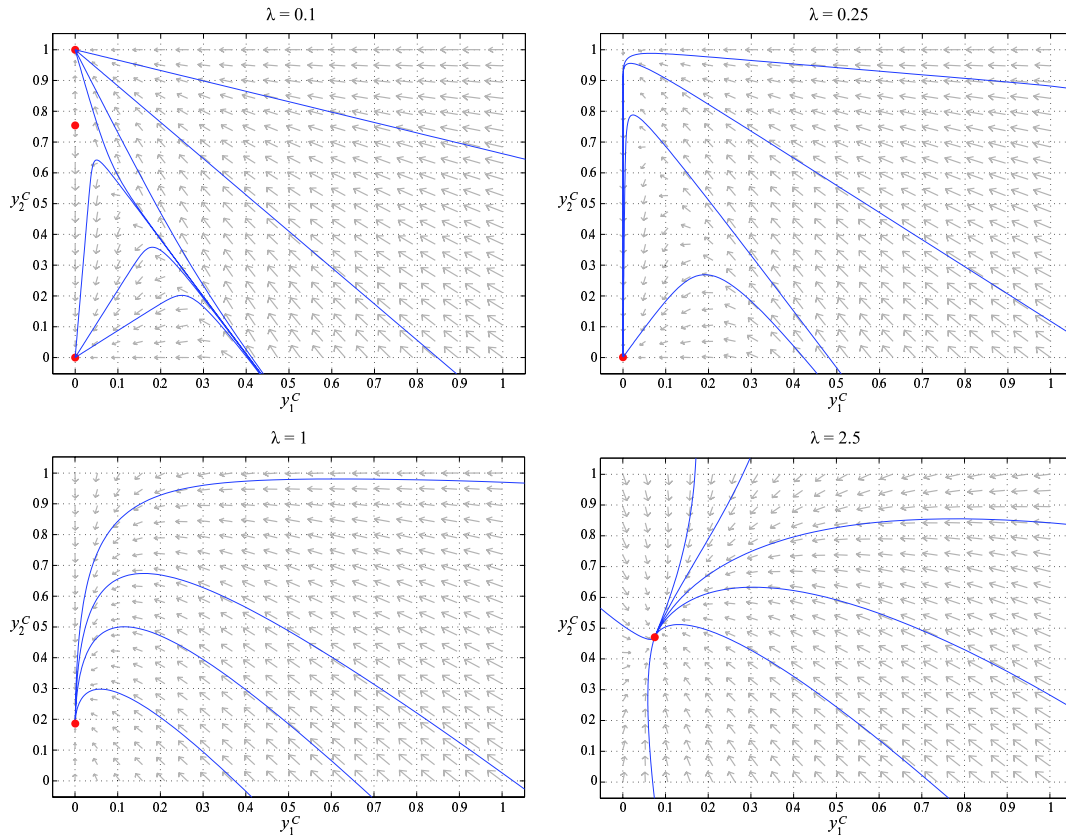


Figure 11: Population dynamics for $S = 5$ and $m = 0.65$.

Why does partial cooperation disappear when λ increases from 0.1 to 0.25? First, it is important to note that altruistic reciprocators cooperates only if they expect a cooperation level of at least 25%. This implies that for all

cooperators proportions satisfying the inequality

$$y_2^C \geq 0.71 - 1.86y_1^C, \quad (18)$$

altruistic reciprocators must defect. Obviously, for other values, the best response is to cooperate. Observe (Figure 12) that when $\lambda = 0.1$ most of the probability of cooperation is zero (or almost zero) for values satisfying (18). Then reciprocators virtually do not make mistakes. However, when $\lambda = 0.25$, the perception error for reciprocators is large enough for they perceive too little cooperation and choose not to cooperate, but not so large as to they choose with high probability some strategy that is not a best response.

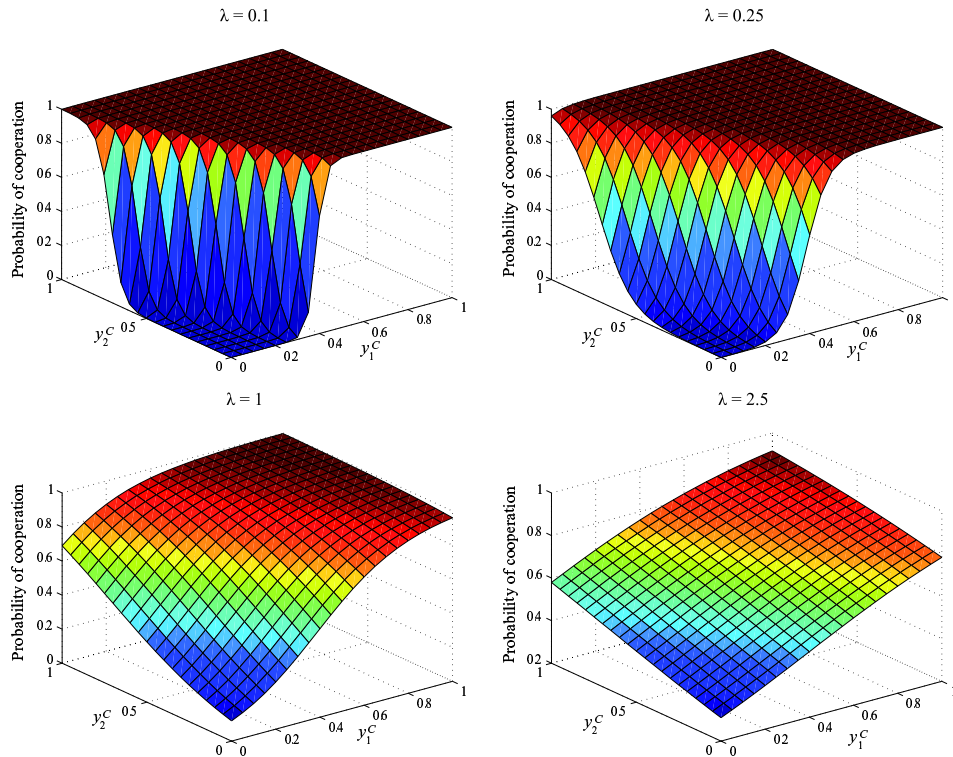


Figure 12: Error probability for reciprocators when $S = 5$ and $m = 0.65$.

What happens when λ increases from 0.25 to 1? As shown in Figure 12, most of the probability of cooperation starts to cumulate around $1/2$, but with a high probability of choosing to cooperate when defecting is a best response, rather than choosing to defect when cooperating is a best response. Hence, some degree of cooperation arises among reciprocators.

Finally, what does explain the emergence of cooperation among selfish individuals when λ increases from 1 to 2.5? The answer is the very large perception error. Moreover, mistaking probability is so high among reciprocators, so they virtually play as tossing a coin.

As a general result, we conclude that noncooperation predominates because reciprocators learn to correctly anticipate the low levels of cooperation. This in turn leads them to gradually adjust their actions. This finding is consistent with previous observations in public goods games where beliefs were elicited (Weimann [1994], Croson [2007], Fischbacher and Gächter [2008] and Neugebauer, *et al.* [2009]).

A similar qualitative behavior can be found for larger group sizes. On the other hand, when selfish reciprocators are considered, partial cooperation disappears for lower values of m . Furthermore, asymptotic behavior is as in Figure 11 but with upward rescaled λ values.

Altruist - Selfish Reciprocators

This case is similar to that studied in Section 3.3.2, just that now what predominates is cooperation. When the share of selfish reciprocators becomes sufficiently large ($m \geq 0.31$) then partial cooperation dominates (a greater basin of attraction), however, full cooperation can be achieved if there is a large number of cooperators in the initial state (right panel of Figure 13). If $m < 0.31$ full cooperation is the only stable state.

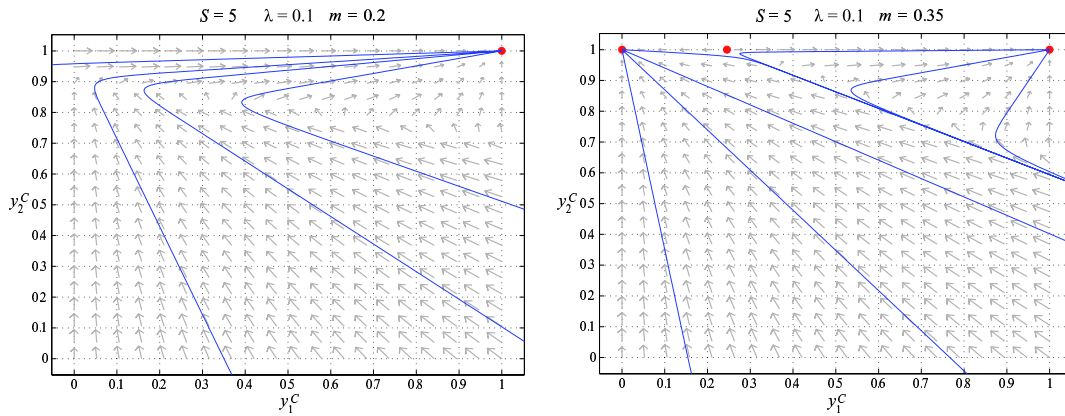


Figure 13: Population dynamics for different values of m .

Why does partial cooperation disappear when m is low? As the proportion of altruistic individuals in the population is large ($m = 0.2$), then from any starting point (even when initial cooperation is low), overall cooperation, x_C , is raised by altruist at such levels that reciprocators eventually prefer to cooperate.

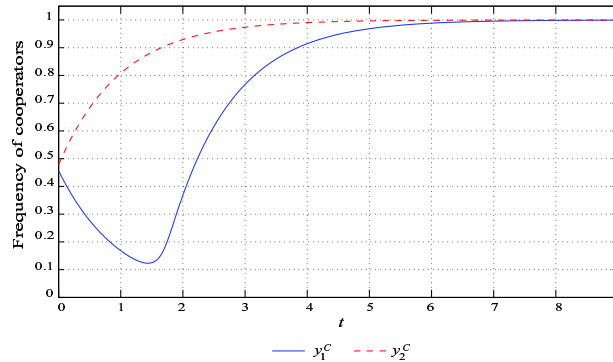


Figure 14: Temporal trajectories.

As illustrated in Figure 14, if for example $(y_1^C, y_2^C)_{t=0} = (0.45, 0.48)$, then the cooperators fraction is $x_C = 0.46$. This amount is not large enough for leading reciprocators to cooperate⁹. Since altruists always cooperate (with

⁹Recall that a selfish reciprocator cooperates only if he expects at least 75% of cooperation in the population.

a very low mistaking probability), then as time goes on, the fraction of altruist cooperating increases until they all cooperate. Thus, cooperation perceived by reciprocators, gradually increases to the point that they eventually prefer to cooperate. Particularly, in the trajectories depicted above, when $y_2^C \approx 0.89$ (i.e. over 73% cooperating) reciprocators begin to cooperate.

As before, we ask what happens with the asymptotic behavior, when the perception error is increased while m remains constant.

Why does full cooperation prevail when λ increases from 0.1 to 0.25? As selfish reciprocators cooperate only if they expect a cooperation level of at least 75%, they defect for all cooperators proportions satisfying the inequality

$$y_2^C \leq 1.15 - 0.54y_1^C \quad (19)$$

Clearly, for other values the best response is to cooperate. Looking at Figure 15, when $\lambda = 0.1$ most of the cooperation probability is zero (or almost zero) for values satisfying (19). Then reciprocators virtually do not make mistakes. However, when $\lambda = 0.25$, the perception error for reciprocators is sufficiently high so they perceive enough cooperation for choosing to cooperate, but not so high as to they choose with large probability some strategy that is not a best response. Like McNamara *et al.* [2004], we show that if extrinsic factors maintain variation in behavior, high cooperation levels are stable.

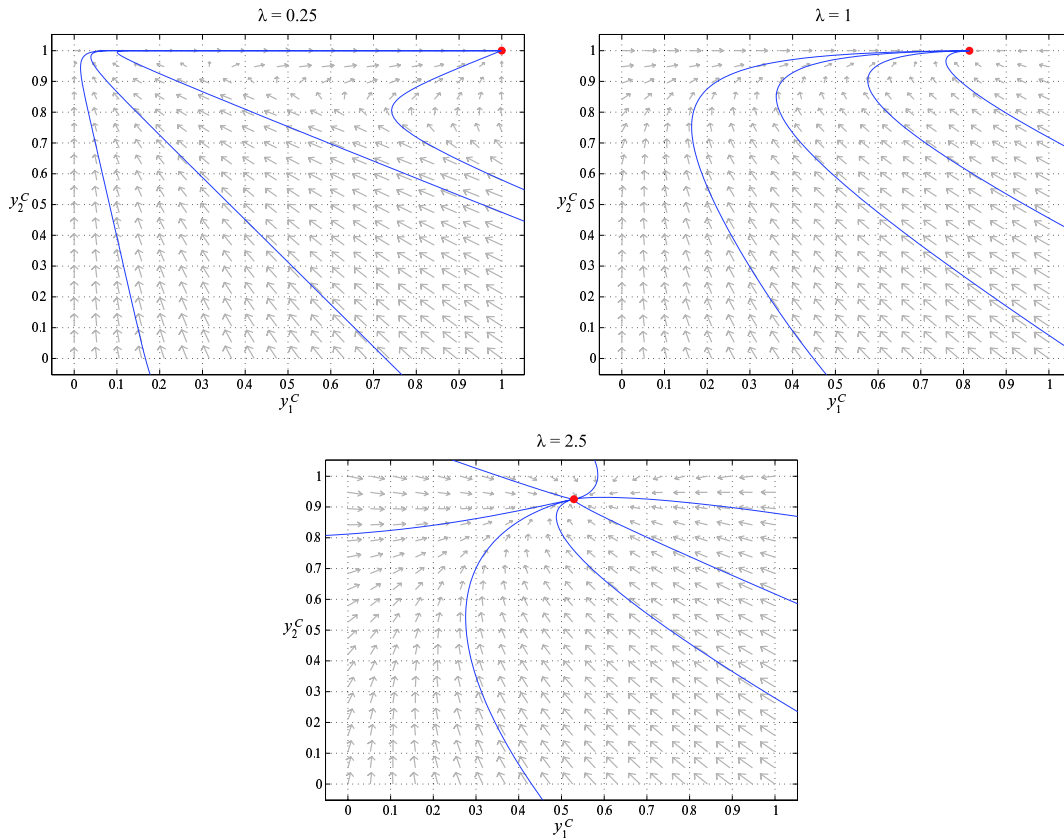


Figure 15: Population dynamics for $S = 5$ and $m = 0.35$.

Why does defection appear again when λ increases from 0.25 to 1? As one can see in Figure 15, most of the probability of cooperation start to cumulate around 1/2, but with a high probability of choosing to defect when

cooperating is a best response, than of choosing to cooperate when defecting is a best response. Hence, some degree of defection arises among reciprocators.

Finally, what does explain the emergence of defection among altruists when λ increases from 1 to 2.5? The answer is the very high perception error. Moreover, the mistaking probability is so high among reciprocator, so they virtually play as tossing a coin.

A similar qualitative behavior can be found for larger group sizes. On the other hand, when altruist reciprocators are considered, full cooperation prevails for greater m values. Moreover, asymptotic behavior is as in Figure 15 but with upward rescaled λ values.

Up here we may conclude that mistakes in the decision making process can lead altruistic individuals to defect.

Selfish reciprocators - Altruistic reciprocators

When there are no significant difference in the fraction of selfish and altruistic reciprocators ($0.3 < m < 0.7$ for $\lambda = 0.1$), if the initial level of overall cooperation is neither very high nor very low, defectors can thrive in such groups since altruistic reciprocators continue to act altruistically, unwilling to reduce the material well-being of their interacting partners in order to sanction the few free-riders in their midst (upper left panel of Figure 16).

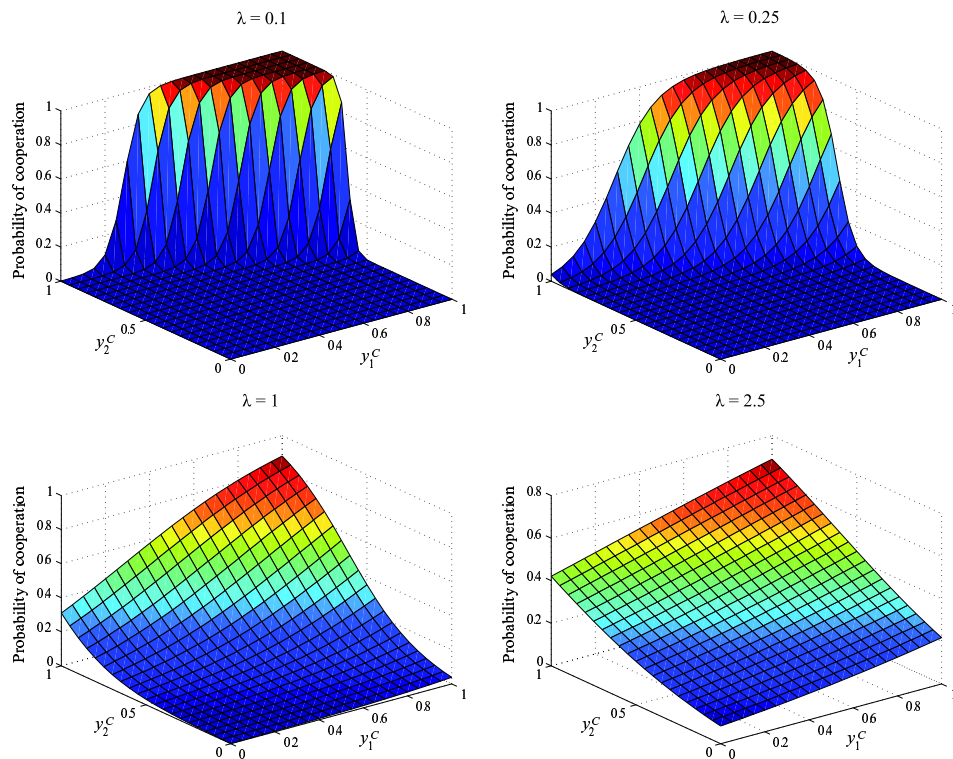


Figure 16: Error probability for reciprocators when $S = 5$ and $m = 0.65$.

On the other hand, if initial cooperation is very high (low), full cooperation (no-cooperation) prevails in the population. Since all individuals are reciprocators (with different degrees of conditional cooperation), too much cooperation is rewarded with cooperation. Similarly, too much defection is requited with defection.

Why do rest points in Figure 17 move differently when the perception error increases from $\lambda = 0.1$ to $\lambda = 0.75$? Because the error probability behaves differently near every equilibrium. Consider the following three cases. First, around $(y_1^C, y_2^C) = (0, 0)$, selfish reciprocators cooperate with zero probability (left lower panel of Figure 18), so they do not make mistakes. However, altruistic reciprocators cooperate with a probability close to 10%, when defecting is the best response (right lower panel of Figure 18). Second, in the neighborhood of $(y_1^C, y_2^C) = (0, 1)$, both types of reciprocators incur in a positive probability of choosing something that is not a best response. Third, close to $(y_1^C, y_2^C) = (1, 1)$ only selfish reciprocators make mistakes.

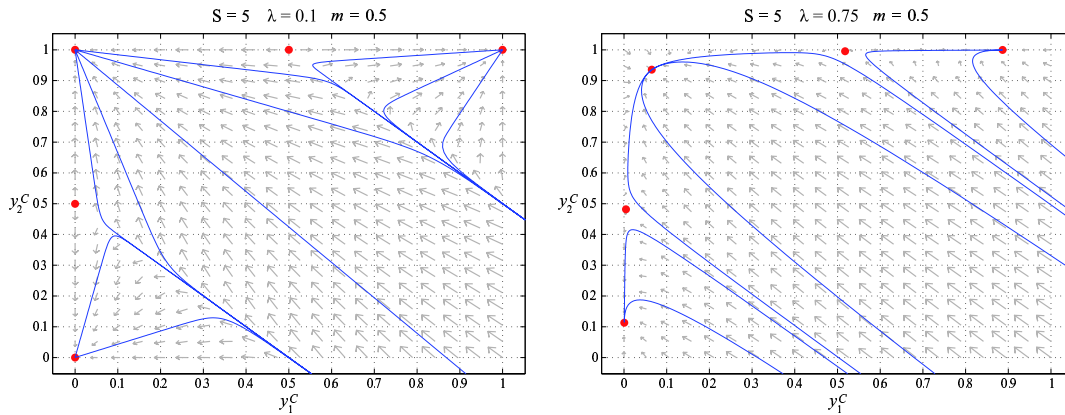


Figure 17: Population dynamics for different values of m .

It is important to highlight that when λ exceeds unity the perception error is high enough, so both type of reciprocators make consistent mistakes with a large probability. Thus, all rest points collapse to one stable stationary state tending to $(y_1^C, y_2^C) = (0.5, 0.5)$.

Whenever the fraction of altruistic reciprocators is significantly larger than the fraction of selfish reciprocators ($m \geq 0.7$ for $\lambda = 0.1$), partial cooperation disappears and population dynamics favor full cooperation. On the contrary, when the later is significantly larger than the former ($m \leq 0.3$ for $\lambda = 0.1$), population dynamics favor noncooperation (see Figure 19).

Depending on the population setting configuration, a minority of altruistic reciprocators can force a majority of selfish reciprocators to cooperate or, conversely, a few selfish reciprocators can induce a large number of altruistic reciprocators to defect.

In subsection 3.3.2 we have seen that is possible to stimulate full cooperation assuming a greater perception error among selfish reciprocators. Consider the dynamic system in left panel of Figure 20. Can a greater perception error favors full cooperation in this case?

In the neighborhood of the partial cooperation equilibrium a best response for selfish reciprocators is to defect, however with a perception error of $\lambda = 0.45$, there is a mistaking probability of around 15%, sufficiently large for lead them to cooperate (see lower left panel of Figure 21). This in turn is not enough for driving dynamics to full cooperation; we require that altruistic reciprocators cooperate unconditionally. As we can see in the lower right panel of Figure 21, this last requirement is fulfilled. Hence, the system moves from partial cooperation to full cooperation as in Figure 20.

Conversely, if $m = 0.6$ a perception error of $\lambda = 0.45$ can push partial cooperation toward noncooperation.

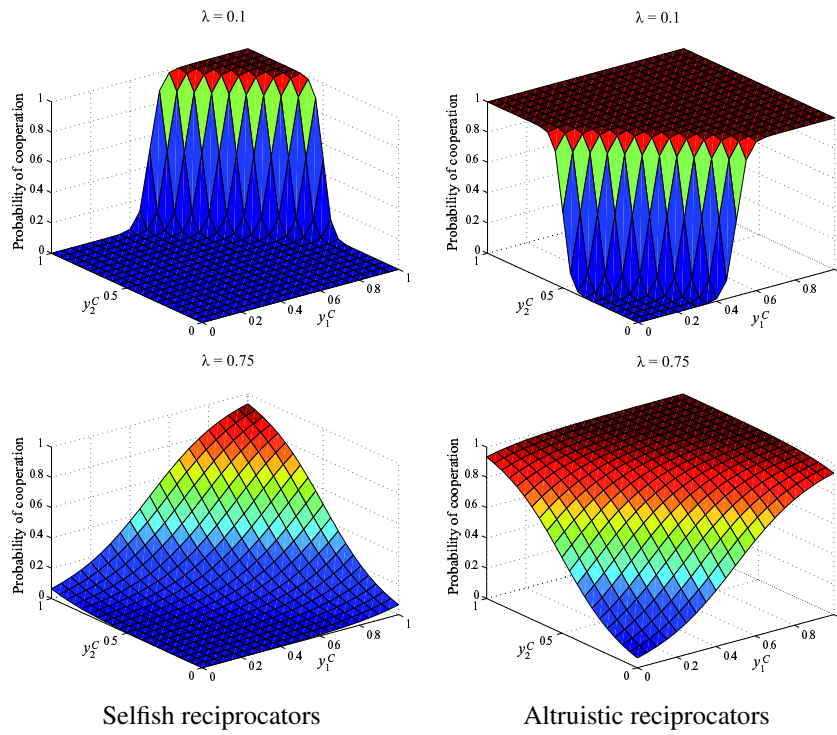


Figure 18: Error probability when $S = 5$ and $m = 0.5$.

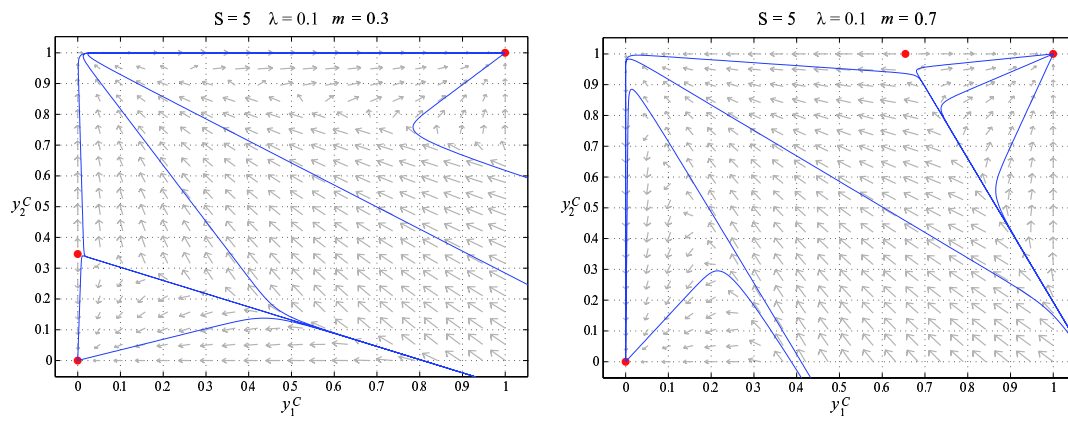


Figure 19: Population dynamics for different values of m .

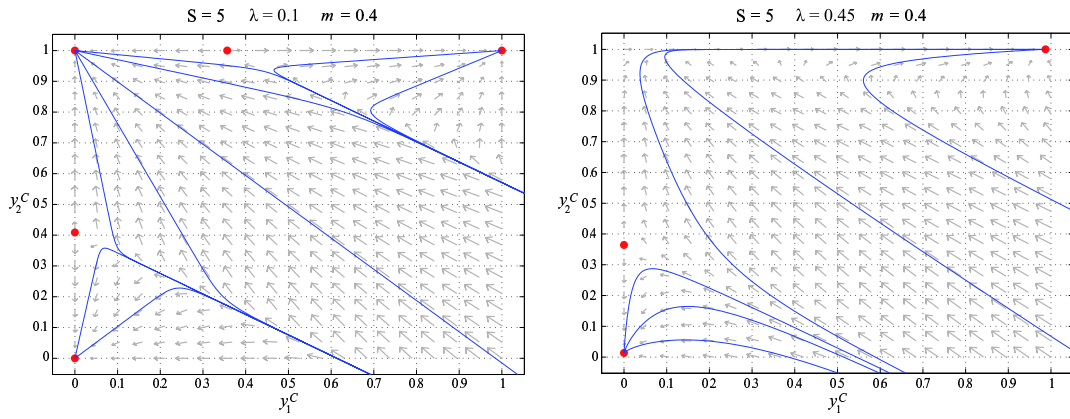


Figure 20: Population dynamics for different values of λ .

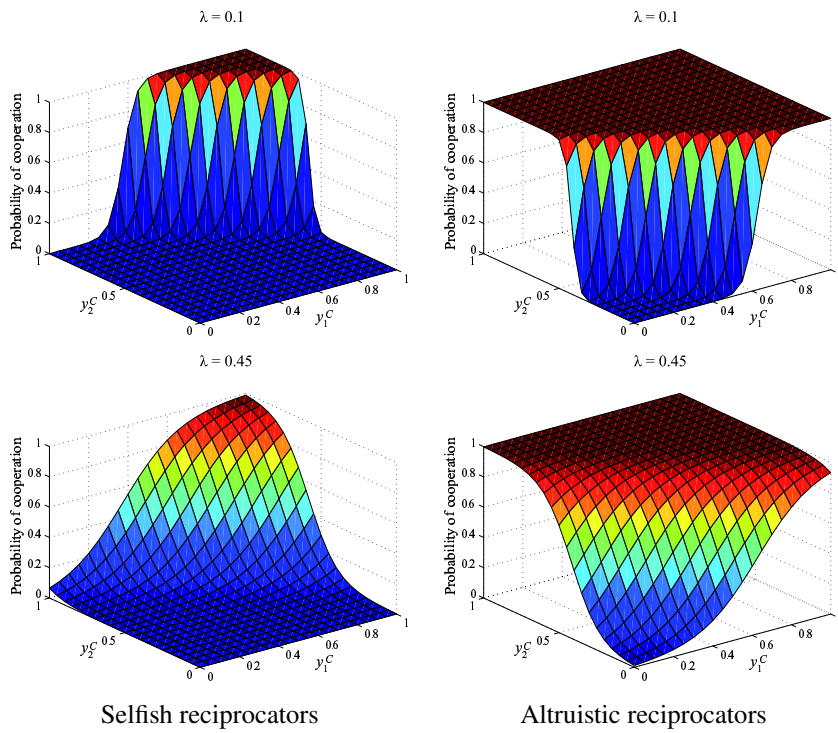


Figure 21: Error probability when $S = 5$ and $m = 0.4$.

3.4 Conclusions

As quoted by Fischbacher and Gächter [2006], numerous public good experiments differ in the weight they attach to “social preferences” or “confusion” to explain why many people contribute more to the public good than expected. The model here considered recognizes these two aspects as a source of cooperation.

The main findings of this paper can be summarized in two general conclusions. On the one hand, extrinsic factors that alter the perception of agents about the population cooperation levels can lead them to cooperate when defecting is better, or conversely, to defect when it is preferable to cooperate. So, perception errors perform as a *re-inforcing* mechanism of cooperation. This can explain the observed inconsistency between elicited preferences and actions in one-shot experimental public good games. On the other, reciprocity acts as a *self-enforcing* mechanism of cooperative behavior, helping to sustain high levels of cooperation.

Detailed results suggests that when all individuals in the population share the same degree of conditional cooperation (*monomorphic population*), i.e. they all have the same preferences, cooperation can only be achieved if everyone is altruistic or all individuals are reciprocators to some degree, but in this case the initial frequency of reciprocators must be large enough.

On the other hand, if one subpopulation consists of selfish individuals, then it is not possible to achieve full cooperation, since defect is a dominant strategy for them. However, partial cooperation can be sustained if selfish interact with altruistic or reciprocal individuals, whenever a sufficiently large number of agents cooperate in the initial state.

In turn, when altruistic individuals face reciprocators, at least partial cooperation is always attained. Full cooperation can be reached when the initial number of reciprocators cooperating is large enough.

Finally, when altruistic reciprocators interact strategically with selfish reciprocators, three evolutionary stable states emerge. First, if the selfish reciprocators fraction is low enough, full and no-cooperation remain stable, but with a larger basin of attraction for full cooperation. Second, a similar result is obtained when selfish reciprocators are large enough, but with a greater basin of attraction for no-cooperation. Third, when there are no significant differences in the fraction of selfish and altruistic reciprocators, partial cooperation becomes stable with a dominant basin of attraction.

Unlike Rosas [2008], we found that reciprocity can promote the cooperation. He argues that reciprocity succeeds in promoting cooperation in dyadic interactions, but is self-defeating as a mechanism for ensuring cooperation in n -person interactions, because it cannot direct retaliation specifically at defectors. Retaliation in n -person games means defecting not only on defectors, but also on the cooperators present in the group. Punishment is not subject to this deficiency, because it imposes costs on defectors with specific actions directed at them and only at them. So punishment, unlike reciprocity, achieves cooperation in the provisioning of public goods. In contrast, we show that if the initial level of cooperation is large enough, then reciprocal altruism reinforce cooperative behavior, and high levels of cooperation can be sustained.

A natural extension of the present work would be the endogenization of the population composition parameter m . Another possible extension of this work would be to study the evolution of cooperation in multi-stage games which allow for the sanctioning of prior actions. When incomplete information is considered, individuals must take into account the effect of their actions on the beliefs of others regarding the distribution of preferences.

3.5 References

1. Axelrod, R. and Hamilton, W. D. [1981]. “The Evolution of Cooperation”, *Science*, 211, p. 1390-1396.
2. Benaim, M. y Weibull, J. [2003]. “Deterministic approximation of stochastic evolution in games”. *Econometrica*, 71, p. 873-903.

3. Blume, L.E. [1993]. "The statistical-mechanics of strategic interactions", *Games and Economic Behavior*, 5, p. 387-424.
4. Bowles, S. and Gintis, H. [2003]. Prosocial emotions. Santa Fe Institute working paper No. 02-07-028.
5. Bowles, S. and Gintis, H. [2004]. "The evolution of strong reciprocity: cooperation in heterogeneous populations". *Theoretical Population Biology*, 65, p. 17-28.
6. Boyd, R., [1989]. "Mistakes allow evolutionary stability in the repeated prisoner's dilemma game", *Journal of Theoretical Biology*, 136, p. 47-56.
7. Boyd, R., Gintis, H. and Bowles, S. [2010]. "Coordinated Punishment of Defectors Sustains Cooperation and Can Proliferate When Rare", *Science*, 30(5978), p. 617-620.
8. Croson, R. [2007]. "Theories of commitment, altruism and reciprocity: Evidence from linear public goods games", *Economic Inquiry*, 45(2), p. 199-210.
9. Fehr, E. and Fischbacher, U. [2003]. "The nature of human altruism". *Nature*, 425, p. 785-791.
10. Fischbacher, U. and Gächter, S [2006]. Heterogeneous social preferences and the dynamics of free riding in public goods. IZA discussion paper No. 2011.
11. Fischbacher, U. and Gächter, S [2006]. Social preferences, beliefs and the dynamics of free riding in public goods experiments. CESIFO working paper No. 2491.
12. Fudenberg, D. and Levine, D. [1998]. *The Theory of Learning in Games*. MIT Press, Cambridge, MA.
13. Gardner, A. [2006]. "Demography, altruism, and the benefits of budding". *Journal of Evolutionary Biology*, 19, p. 1707-1716.
14. Gintis, H. [2000]. "Strong reciprocity and human sociality". *Journal of Theoretical Biology*, 206, p. 169-179.
15. Gintis, H. [2003]. "Solving the puzzle of prosociality". *Rationality and Society*, 15, p. 155-187.
16. Gintis, H., Bowles, S., Boyd, R. and Fehr, E. [2003]. "Explaining altruistic behavior in humans". *Evolution and Human Behavior*, 24, p. 153-172.
17. Guala, F. [2010]. "Reciprocity: Weak or strong? What punishment experiments do (and do not) demonstrate", Working paper No. 2010-23, Dipartimento di Scienze Economiche Aziendali e Statistiche, Università Degli Studi di Milano.
18. Güth, W. [1995]. "An evolutionary approach to explaining cooperative behavior by reciprocal incentives", *International Journal of Game Theory* 24, p. 323-344.
19. Hauert, C., Holmes, M. and Doebeli, M. [2006]. "Evolutionary games and population dynamics: maintenance of cooperation in public goods games", *Proceedings of the Royal Society*, 273, p. 2565-2570.
20. Helbing, D. [1996]. "A stochastic behavioral model and a microscopic foundation of evolutionary game theory". *Theory and Decision*, 40(2), p. 149-179.
21. Helbing, D. [1998]. Microscopic foundation of stochastic game dynamical equations. In: Leifellner, W. and Köhler, E. (Eds.), *Game Theory, Experience, Rationality*. Kluwer Academic, Dordrecht, p. 211-224.
22. Kocçkesen, L. , Ok, E. and Sethi, R. [2000a]. "Evolution of interdependent preferences in aggregative games". *Games and Economic Behavior*, 31, p. 303-310.
23. Kocçkesen, L. , Ok, E. and Sethi, R. [2000b]. "The strategic advantage of negatively interdependence preferences". *Journal of Economic Theory*, 92, p. 274-299. 30.

24. Levine, D. K. [1998]. "Modeling altruism and spitefulness in experiments", *Review of Economic Dynamics*, 1, p. 593-622.
25. Lotka, A. [1925]. *Elements of Physical Biology*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins Co.
26. McNamara, J., Barta, Z. and Houston, A. [2004]. "Variation in behaviour promotes cooperation in the Prisoner's Dilemma game", *Nature*, 428, p. 745-747.
27. Mathew, S. and Boyd, R. [2009]. "When does optional participation allow the evolution of cooperation?", *Proceedings of the Royal Society*, 276, p. 1167-1174.
28. Neugebauer, T., Perote, J., Schmidt, U., and Loos, M. [2009]. "Selfish-biased conditional cooperation: On the decline of contributions in repeated public goods experiments", *Journal of Economic Psychology*, 30, p. 52-60.
29. Rosas, A. [2008]. "The return of reciprocity: A psychological approach to the evolution of cooperation", *Biology and Philosophy*, 24, p. 555-566.
30. Sethi, R., and Somanathan, E. [2001]. "Preference Evolution and Reciprocity", *Journal of Economic Theory*, 97, p. 273-297.
31. Sigmund, K., De Silva, H., Traulsen, A. and Hauert, C. [2010]. "Social learning promotes institutions for governing the commons", *Nature*, 466(7308), p. 861-863.
32. Stephens, P. A. [1999]. "What is the Allee effect? ", *Oikos* 87, p. 185-190.
33. Trivers, R. L. [1971]. "The Evolution of Reciprocal Altruism", *Quarterly Review of Biology*, 46, p. 35-57.
34. Weimann, J. [1994]. "Individual behavior in a free riding experiment", *Journal of Public Economics*, 54, p. 185-200.
35. Wu, J. and Axelrod, R. [1995]. "How to cope with noise in the iterated prisoner's dilemma", *Journal of Conflict Resolution*, 39, p. 183-189.
36. Yao, X. [1996]. "Evolutionary stability in the n -person iterated prisoner's dilemma", *Biosystems*, 37, p. 189-197.
37. Zelmer, J. [2003]. "Linear public goods experiments: A meta-analysis", *Experimental Economics*, 6, p. 299-310.

Instrucciones Experimento Capítulo 1

A.1 INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 1

A.1.1 Instrucciones Jugador 1

Al inicio del experimento, usted será emparejado aleatoria y anónimamente con otra persona para jugar *uno* de los dos juegos que se presentan en la imagen:

<p>Juego 1: Prob = 1/2</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" rowspan="2"></td> <td colspan="2">J2</td> </tr> <tr> <td><i>E</i></td> <td><i>O</i></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">J1</td> <td><i>N</i></td> <td>1, -1</td> <td>0, 0</td> </tr> <tr> <td><i>S</i></td> <td>0, 0</td> <td>0, 0</td> </tr> </table>			J2		<i>E</i>	<i>O</i>	J1	<i>N</i>	1, -1	0, 0	<i>S</i>	0, 0	0, 0	<p>Juego 2: Prob = 1/2</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" rowspan="2"></td> <td colspan="2">J2</td> </tr> <tr> <td><i>E</i></td> <td><i>O</i></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">J1</td> <td><i>N</i></td> <td>0, 0</td> <td>0, 0</td> </tr> <tr> <td><i>S</i></td> <td>0, 0</td> <td>1, -1</td> </tr> </table>			J2		<i>E</i>	<i>O</i>	J1	<i>N</i>	0, 0	0, 0	<i>S</i>	0, 0	1, -1
			J2																								
		<i>E</i>	<i>O</i>																								
J1	<i>N</i>	1, -1	0, 0																								
	<i>S</i>	0, 0	0, 0																								
		J2																									
		<i>E</i>	<i>O</i>																								
J1	<i>N</i>	0, 0	0, 0																								
	<i>S</i>	0, 0	1, -1																								

Figura 1: Tratamiento 1

En cada juego el jugador 1 debe elegir entre dos alternativas: Norte (N) o Sur (S), mientras que el jugador 2 debe elegir entre las alternativas: Este (E) u Oeste(O). Los números que aparecen en las casillas corresponden a los resultados de las elecciones que los dos jugadores realicen. El primer número es el resultado para el jugador 1 y el segundo para el jugador 2. Así, por ejemplo, (1,-1) en el juego 1 indica que el resultado para el jugador 1 es 1 y el resultado para el jugador 2 es -1, cuando han elegido Norte (N) y Este (E), respectivamente. **A usted se le ha asignado el papel de jugador 1, el cual mantendrá a lo largo del juego.**

Cada juego tiene la misma posibilidad de ser elegido. El juego que se jugará se escogerá aleatoriamente con un mecanismo similar a lanzar una moneda al aire. Se le informará a usted (**pero no al jugador 2**) cuál fue el juego seleccionado.

Usted no sabe cuándo va a finalizar el juego que fue escogido aleatoriamente; sin embargo, éste se jugará durante un mínimo de 15 veces (rondas). **Recuerde que en cada ronda el juego es el mismo.** En cada ronda debe marcar

la opción que ha elegido (Norte o sur), y podrá ver en una tabla tanto su elección como la del jugador 2. Su objetivo es lograr que la cantidad de unos (1) acumulados a lo largo de todas las rondas sea la más alta posible.

Usted recibirá por participar \$10.000. Además, puede recibir \$3.000 adicionales si al final del juego acumula unos (1) en al menos el 60% de las rondas. Adicionalmente, usted debe responder a la pregunta que aparece sobre su creencia acerca del jugador 2. Por cada acierto en sus respuestas a la pregunta formulada se le pagarán \$100 adicionales. Si tiene alguna pregunta, levante la mano por favor.

Ronda	Elección		¿Cuál juego piensa usted que el jugador 2 cree que está jugando?	
	Norte	Sur	Juego 1	Juego 2
1				
2				
3				

A.1.2 Instrucciones Jugador 2

Al inicio del experimento, usted será emparejado aleatoria y anónimamente con otra persona para jugar *uno* de los dos juegos que se presentan en la imagen:

Juego 1: Prob = 1/2			Juego 2: Prob = 1/2		
		J2			J2
		<i>E</i> <i>O</i>			<i>E</i> <i>O</i>
J1	<i>N</i>	1, -1 0, 0	J1	<i>N</i>	0, 0 0, 0
	<i>S</i>	0, 0 0, 0		<i>S</i>	0, 0 1, -1

Figura 2: Tratamiento 1

En cada juego el jugador 1 debe elegir entre dos alternativas: Norte (N) o Sur (S), mientras que el jugador 2 debe elegir entre las alternativas: Este (E) u Oeste (O). Los números que aparecen en las casillas corresponden a los resultados de las elecciones que los dos jugadores realicen. El primer número es el resultado para el jugador 1 y el segundo para el jugador 2. Así, por ejemplo, (1,-1) en el juego 1 indica que el resultado para el jugador 1 es 1 y el resultado para el jugador 2 es -1, cuando han elegido Norte (N) y Este (E), respectivamente. **A usted se le ha asignado el papel de jugador 2, el cual mantendrá a lo largo del juego.**

Cada juego tiene la misma posibilidad de ser elegido. El juego que se jugará se escogerá aleatoriamente con un mecanismo similar a lanzar una moneda al aire. Se le informará al jugador 1 (**pero no usted**) cuál fue el juego seleccionado.

Usted no sabe cuándo va a finalizar el juego que fue escogido aleatoriamente; sin embargo, éste se jugará durante un mínimo de 15 veces (rondas). **Recuerde que en cada ronda el juego es el mismo.** En cada ronda debe marcar la opción que ha elegido (Este u Oeste), y podrá ver en una tabla tanto su elección como la del jugador 1. Su objetivo es lograr que la cantidad de ceros (0) acumulados a lo largo de todas las rondas sea la más alta posible.

Usted recibirá por participar \$10.000. Además, puede recibir \$3.000 adicionales si al final del juego acumula ceros (0) en al menos el 40% de las rondas. Adicionalmente, usted debe responder a la pregunta que aparece sobre su creencia acerca del juego. Por cada acierto en sus respuestas a la pregunta formulada se le pagarán \$100 adicionales. Si tiene alguna pregunta, levante la mano por favor.

Ronda	Elección		¿Cuál juego cree que está jugando?	
	Este	Oeste	Juego 1	Juego 2
1				
2				
3				

A.2 INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 2

A.2.1 Instrucciones Jugador 1

Al inicio del experimento, usted será emparejado aleatoria y anónimamente con otra persona para jugar *uno* de los dos juegos que se presentan en la imagen:

Juego 1: Prob = 1/2			Juego 2: Prob = 1/2			
		J2			J2	
		<i>E</i>	<i>O</i>		<i>E</i>	<i>O</i>
J1	<i>N</i>	-1, 1	0, 0	J1	<i>N</i>	0, 0 0, 0
	<i>S</i>	0, 0	0, 0		<i>S</i>	0, 0 -1, 1

Figura 3: Tratamiento 1

En cada juego el jugador 1 debe elegir entre dos alternativas: Norte (N) o Sur (S), mientras que el jugador 2 debe elegir entre las alternativas: Este (E) u Oeste(O). Los números que aparecen en las casillas corresponden a los resultados de las elecciones que los dos jugadores realicen. El primer número es el resultado para el jugador 1 y el segundo para el jugador 2. Así, por ejemplo, (-1, 1) en el juego 1 indica que el resultado para el jugador 1 es -1 y el resultado para el jugador 2 es 1, cuando han elegido Norte (N) y Este (E), respectivamente. **A usted se le ha asignado el papel de jugador 1, el cual mantendrá a lo largo del juego.**

Cada juego tiene la misma posibilidad de ser elegido. El juego que se jugará se escogerá aleatoriamente con un mecanismo similar a lanzar una moneda al aire. Se le informará a usted (**pero no al jugador 2**) cuál fue el juego seleccionado.

Usted no sabe cuándo va a finalizar el juego que fue escogido aleatoriamente; sin embargo, éste se jugará durante un mínimo de 15 veces (rondas). **Recuerde que en cada ronda el juego es el mismo.** En cada ronda debe marcar la opción que ha elegido (Norte o sur), y podrá ver en una tabla tanto su elección como la del jugador 2. Su objetivo es lograr que la cantidad de ceros (0) acumulados a lo largo de todas las rondas sea la más alta posible.

Usted recibirá por participar \$10.000. Además, puede recibir \$3.000 adicionales si al final del juego acumula ceros (0) en al menos el 75 % de las rondas. Adicionalmente, usted debe responder a la pregunta que aparece sobre su creencia acerca del jugador 2. Por cada acierto en sus respuestas a la pregunta formulada se le pagarán \$100 adicionales. Si tiene alguna pregunta, levante la mano por favor.

Ronda	Elección		¿Cuál juego piensa usted que el jugador 2 cree que está jugando?	
	Norte	Sur	Juego 1	Juego 2
1				
2				
3				

A.2.2 Instrucciones Jugador 2

Al inicio del experimento, usted será emparejado aleatoria y anónimamente con otra persona para jugar *uno* de los dos juegos que se presentan en la imagen:

Juego 1: Prob = 1/2			Juego 2: Prob = 1/2				
		J2			J2		
		<i>E</i>	<i>O</i>		<i>E</i>	<i>O</i>	
J1	<i>N</i>	-1, 1	0, 0	J1	<i>N</i>	0, 0	0, 0
	<i>S</i>	0, 0	0, 0		<i>S</i>	0, 0	-1, 1

Figura 4: Tratamiento 1

En cada juego el jugador 1 debe elegir entre dos alternativas: Norte (N) o Sur (S), mientras que el jugador 2 debe elegir entre las alternativas: Este (E) u Oeste (O). Los números que aparecen en las casillas corresponden a los resultados de las elecciones que los dos jugadores realicen. El primer número es el resultado para el jugador 1 y el segundo para el jugador 2. Así, por ejemplo, (-1, 1) en el juego 1 indica que el resultado para el jugador 1 es -1 y el resultado para el jugador 2 es 1, cuando han elegido Norte (N) y Este (E), respectivamente. **A usted se le ha asignado el papel de jugador 2, el cual mantendrá a lo largo del juego.**

Cada juego tiene la misma posibilidad de ser elegido. El juego que se jugará se escogerá aleatoriamente con un mecanismo similar a lanzar una moneda al aire. Se le informará al jugador 1 (**pero no usted**) cuál fue el juego seleccionado.

Usted no sabe cuándo va a finalizar el juego que fue escogido aleatoriamente; sin embargo, éste se jugará durante un mínimo de 15 veces (rondas). **Recuerde que en cada ronda el juego es el mismo.** En cada ronda debe marcar la opción que ha elegido (Este u Oeste), y podrá ver en una tabla tanto su elección como la del jugador 1. Su objetivo es lograr que la cantidad de unos (1) acumulados a lo largo de todas las rondas sea la más alta posible.

Usted recibirá por participar \$10.000. Además, puede recibir \$3.000 adicionales si al final del juego acumula unos (1) en al menos el 25 % de las rondas. Adicionalmente, usted debe responder a la pregunta que aparece sobre su creencia acerca del juego. Por cada acierto en sus respuestas a la pregunta formulada se le pagarán \$100 adicionales. Si tiene alguna pregunta, levante la mano por favor.

Ronda	Elección		¿Cuál juego cree que está jugando?	
	Este	Oeste	Juego 1	Juego 2
1				
2				
3				

Instrucciones Experimento Capítulo 2

B.1 INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 1

Gracias por participar en este ejercicio, para el que ha sido seleccionado para analizar cómo las personas toman decisiones económicas. Por participar en las tareas de decisión recibirá dinero que le será entregado al final de la sesión. En ningún caso usted perderá dinero, sean cuales sean sus decisiones. Usted puede ganar más o menos dinero con una compensación mínima de \$10.000.

Durante el experimento usted tomará decisiones en cinco rondas, en las cuales obtendrá unos resultados que, en conjunto, determinarán la cantidad de dinero que le será entregada al final. Es muy importante tener presente que las decisiones son completamente individuales, esto es, los números que los experimentadores hemos escrito en cada tarjeta son privados y no deben ser mostrados a ninguno de los demás participantes.

I. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

El experimento consiste en tomar una decisión acerca de la realización o no de un proyecto, las cuales tienen consecuencias económicas distintas para cada persona. La única manera de llevar a cabo el proyecto es a través de las decisiones que ustedes tomen.

Para que usted tome su decisión tiene a disposición dos alternativas: no realizar el proyecto (Alternativa 1) o realizarlo (Alternativa 2), caso en el que se le propone un desembolso de \$20.000 para financiarlo. Las dos opciones posibles se presentan en una Tarjeta de Alternativas que contiene toda la información que usted necesita para tomar sus decisiones en cada ronda. La Tarjeta de Alternativas es la siguiente:

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = Desembolso = 20000

II. TARJETA DE DECISIÓN

Cada uno de ustedes debe decidir entre las tres alternativas contestando a la pregunta en una Tarjeta de Decisión como la siguiente:

¿Cuál alternativa prefiere entre la 1 y la 2?	
a. Alternativa 1	b. Alternativa 2

Tenga en cuenta que elegir la Alternativa 2 contribuye a que aumente la probabilidad de que se realice el proyecto. Por el contrario, elegir la Alternativa 1, contribuye a que disminuya la probabilidad de realizar el proyecto.

III. ¿CÓMO SE DECIDE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO?

Al final de cada ronda pasaremos por sus sillas a recoger las Tarjetas de Decisión. A partir de sus respuestas contabilizaremos el porcentaje de participantes que prefieren la Alternativa 2. Si el 50% o más prefieren esta alternativa, se realizará el proyecto. En caso contrario no se realizará. Si la decisión del grupo es la realización del proyecto, el desembolso que cada uno de ustedes debe hacer es de \$20.000.

Si el resultado es realizar el proyecto, ganará o perderá dinero, dependiendo de la diferencia entre su ingreso \$20.000. Así, usted tendrá:

Ganancias:	Si su ingreso - 20000 > 0
Pérdidas:	Si su ingreso - 20000 < 0

Deberá registrar su ganancia o pérdida en la Tarjeta de Desembolsos siguiente:

Tarjeta de Desembolsos	
Realizar el proyecto, tal que:	
Ingreso:	
Desembolso:	20000
Ingreso - Desembolso =	GANANCIA/PÉRDIDA

Si no se realiza el proyecto, no obtiene ingreso ni tiene que desembolsar nada, por tanto, no tendrá pérdidas ni ganancias.

Si se realiza el proyecto, en la Tarjeta de Desembolsos escriba la cantidad de dinero que usted obtendría como la diferencia entre su ingreso y \$20.000. Escriba el resultado como un número positivo (+) o negativo (-), según corresponda a una ganancia o una pérdida.

Si en la primera ronda, por ejemplo, el 65% de ustedes escoge la Alternativa 2, la decisión será realizar el proyecto. Pero si el porcentaje fuera menor al 50% entonces no se realiza el proyecto. En el primer caso, en que la decisión es realizar el proyecto, para calcular sus ganancias o pérdidas usted debe restar \$20.000 a su ingreso. En el segundo caso, en que la decisión es no realizar el proyecto, no tendrá pérdidas ni ganancias en esta ronda.

IV. TARJETA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

Desde el comienzo del experimento, usted dispone de una Tarjeta de Ganancias y Pérdidas y de una Tarjeta de Registro de Respuestas. La primera es la siguiente:

Tarjeta de Ganancias y Pérdidas

	Ganancias	Pérdidas
Ronda 1		
Ronda 2		
Ronda 3		
Ronda 4		
Ronda 5		
Total		

En esta tarjeta usted debe llevar registro de las ganancias o pérdidas individuales obtenidas al final de cada ronda. Si no obtiene ganancias ni pérdidas en una ronda porque la decisión es la no realización del proyecto, no escriba nada. Al final de las cinco rondas sume sus ganancias y sume sus pérdidas, luego reste las últimas de las primeras para conocer su ganancia neta. Con base en esta cantidad se le pagará su participación en el experimento, de acuerdo con la siguiente regla: la persona que tenga menores ganancias netas o mayores pérdidas recibirá \$10.000, y en escala ascendente cada participante recibirá \$10.000, \$12.000, \$14.000, \$16.000, etc., hasta llegar a aquel que recibe la cantidad más alta, que depende del resultado total de la persona que haya obtenido mayores ganancias netas.

Ejemplo: ¿Ganancias o pérdidas?

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = 24000 Desembolso = 20000

Si tuviera una tarjeta como esta, con la Alternativa 1 usted no ingresa ni desembolsa nada. En cambio, con la alternativa 2 su ingreso sería de \$24.000 y desembolsaría \$20.000 por la realización del proyecto. Debería responder con esta información en la tarjeta de decisión cuál de las dos alternativas prefiere.

Una vez recogidas las tarjetas, se contabiliza el porcentaje de participantes que prefieren la Alternativa 2. Si el 50 % o más escogen la Alternativa 2, el resultado será realizar el proyecto, por tanto, en esta situación, usted ganaría \$4.000 ($24.000 - 20.000 = +4.000$). Pero si su ingreso fuera, por ejemplo de \$14.000, entonces perdería \$6.000 ($14.000 - 20.000 = -6.000$). Si no se realiza el proyecto no gana ni pierde

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = 14000 Desembolso = 20000

El la Tarjeta de Registro de Respuestas usted debe marcar la alternativa elegida en cada ronda.

Tarjeta de Registro de Respuestas

RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3	RONDA 4	RONDA 5
a. b.	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.

V. RESUMEN DE LAS INSTRUCCIONES

1. Usted participará en un experimento para analizar como las personas toman decisiones económicas.
2. Al final de la sesión recibirá una compensación mínima de \$10.000, que puede aumentar en función de las decisiones que usted tome.
3. Se realizarán 5 rondas de decisión.
4. Se le entregarán diferentes tarjetas. La primera será la Tarjeta de Alternativas, que contiene la información necesaria para tomar sus decisiones.
5. Luego le será entregada la Tarjeta de Decisión, en la que debe responder individualmente a la pregunta que allí aparece.
6. A partir de las respuestas de todos se decidirá si realizar o no el proyecto. Este resultado se dará a conocer públicamente al terminar cada ronda.
7. A partir de sus respuestas calcularemos el porcentaje de participantes que prefieren la Alternativa. Si el porcentaje es mayor que el 50 %, se realiza el proyecto. En caso contrario, no se realiza.
8. Sus ganancias o pérdidas en cada ronda dependen de su decisión y de la de los demás.
9. Si la decisión es realizar el proyecto, contabilice sus ganancias o pérdidas Para ello reste \$20.000 a su ingreso.
10. Escriba sus ganancias o pérdidas para cada ronda en la Tarjeta de Ganancias y Pérdidas.
11. Marque sus respuestas de cada ronda en la tarjeta de Registro de Respuestas que se le ha entregado.
12. Al final de las cinco rondas recibirá dinero de acuerdo con las ganancias y pérdidas que haya acumulado.

VI. PREPARESE PARA DECIDIR

Si tiene alguna pregunta, por favor levante la mano y pasaremos a su sitio a responder. Si no hay preguntas acerca del ejercicio entonces ¡Comencemos!

Por favor escriba el número de su documento de identidad en la lista que pasaremos, al frente del número que corresponde con el que está escrito en la parte superior izquierda de su tarjeta de decisión.

Por favor tenga en cuenta que a partir de ahora no se permite ninguna conversación entre los participantes.

B.2 INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 2

Gracias por participar en este ejercicio, para el que ha sido seleccionado para analizar cómo las personas toman decisiones económicas. Por participar en las tareas de decisión recibirá dinero que le será entregado al final de la sesión. En ningún caso usted perderá dinero, sean cuales sean sus decisiones. Usted puede ganar más o menos dinero con una compensación mínima de \$10.000.

Durante el experimento usted tomará decisiones en cinco rondas, en las cuales obtendrá unos resultados que, en conjunto, determinarán la cantidad de dinero que le será entregada al final. Es muy importante tener presente que las decisiones son completamente individuales, esto es, los números que los experimentadores hemos escrito en cada tarjeta son privados y no deben ser mostrados a ninguno de los demás participantes.

I. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

El experimento consiste en tomar una decisión acerca de la realización o no de un proyecto, las cuales tienen consecuencias económicas distintas para cada persona. La única manera de llevar a cabo el proyecto es a través de las decisiones que ustedes tomen.

Para que usted tome su decisión tiene a disposición dos alternativas: no realizar el proyecto (Alternativa 1) o realizarlo (Alternativa 2), caso en el que se le propone un desembolso para financiarlo. Las dos opciones posibles se presentan en una Tarjeta de Alternativas que contiene toda la información que usted necesita para tomar sus decisiones en cada ronda. La Tarjeta de Alternativas es la siguiente:

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto tal que:)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = Desembolso =

El ingreso que genera el proyecto puede ser diferente para cada persona porque suponemos que representan la importancia que cada uno le da al proyecto. En caso que la decisión del grupo sea realizar el proyecto, el desembolso que cada uno de ustedes debe realizar se determina mediante un procedimiento aleatorio. Dicho desembolso oscila entre \$2.000 y \$40.000.

II. TARJETA DE DECISIÓN

Cada uno de ustedes debe decidir entre dos alternativas contestando a la pregunta en una Tarjeta de Decisión como la siguiente:

¿Cuál alternativa prefiere entre la 1 y la 2?	
a. Alternativa 1	b. Alternativa 2

Tenga en cuenta que elegir la Alternativa 2 contribuye a que aumente la probabilidad de que se realice el proyecto. Por el contrario, elegir la Alternativa 1, contribuye a que disminuya la probabilidad de realizar el proyecto.

III. ¿CÓMO SE DECIDE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO?

Al final de cada ronda pasaremos por sus sillas a recoger las Tarjetas de Decisión. A partir de sus respuestas calcularemos el desembolso medio que estarían dispuestos a hacer por el proyecto. Por su parte, el desembolso que cada uno de ustedes debe hacer será el resultante de un sorteo que realizarán los organizadores entre \$2.000 y \$40.000. Si el valor medio es mayor que el desembolso sorteado, se realizará el proyecto. En caso contrario no se realizará.

Si el resultado es realizar el proyecto, ganará o perderá dinero, dependiendo de la diferencia entre su ingreso y el desembolso sorteado. Así, usted tendrá:

Ganancias: Si su ingreso - desembolso sorteado > 0
 Pérdidas: Si su ingreso - desembolso sorteado < 0

Deberá registrar su ganancia o pérdida en la Tarjeta de Desembolsos siguiente:

Tarjeta de Desembolsos

Realizar el proyecto, tal que:

Ingreso:

Desembolso: A sortear

Ingreso - Desembolso = GANANCIA/PÉRDIDA

Si no se realiza el proyecto, no obtiene ingreso ni tiene que pagar nada, por tanto, no tendrá pérdidas ni ganancias.

En la Tarjeta de Desembolsos escriba el desembolso obtenido del sorteo. Calcule la cantidad de dinero que usted obtendría como la diferencia entre su ingreso y el desembolso sorteado. Escriba el resultado como un número positivo (+) o negativo (-), según corresponda a una ganancia o una pérdida.

Si en la primera ronda, por ejemplo, el desembolso medio que ustedes están dispuestos a hacer es \$14.000, y si además el desembolso resultante del sorteo es de \$8.000, la decisión es realizar el proyecto. Pero si del sorteo el desembolso hubiera salido, por ejemplo, \$20.000, entonces no se realiza el proyecto. En el primer caso, en que la decisión es realizar el proyecto, para calcular sus ganancias o pérdidas usted debe restar \$8.000 a su ingreso. En el segundo caso, en que la decisión es no realizar el proyecto, no tendría pérdidas ni ganancias en esta ronda.

IV. TARJETA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

Desde el comienzo del experimento, usted dispone de una Tarjeta de Ganancias y Pérdidas y de una Tarjeta de Registro de Respuestas. La primera es la siguiente:

Tarjeta de Ganancias y Pérdidas

	Ganancias	Pérdidas
Ronda 1		
Ronda 2		
Ronda 3		
Ronda 4		
Ronda 5		
Total		

En esta tarjeta usted debe llevar registro de las ganancias o pérdidas individuales obtenidas al final de cada ronda. Si no obtiene ganancias ni pérdidas en una ronda porque la decisión es la no realización del proyecto, no escriba nada. Al final de las cinco rondas sume sus ganancias y sume sus pérdidas, luego reste las últimas de las primeras para conocer su ganancia neta. Con base en esta cantidad se le pagará su participación en el experimento, de acuerdo con la siguiente regla: la persona que tenga menores ganancias netas o mayores pérdidas recibirá \$10.000, y en escala ascendente cada participante recibirá \$10.000, \$12.000, \$14.000, \$16.000, etc., hasta llegar a aquel que recibe la cantidad más alta, que depende del resultado total de la persona que haya obtenido mayores ganancias netas.

Ejemplo: ¿Ganancias o pérdidas?

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto tal que:)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = 22000 Desembolso = 10000

Si tuviera una tarjeta como esta, con la Alternativa 1 usted no ingresa ni desembolsa nada. En cambio, con la Alternativa 2 su ingreso sería de \$22.000 y aún no conoce cuál sería el desembolso que debe realizar para realizar el proyecto, pero se le propone uno de \$10.000. Debería responder con esta información en la tarjeta de decisión cuál de las dos alternativas prefiere.

Una vez recogidas las tarjetas, se calcula el desembolso medio que estarían dispuestos a hacer y se sorteá el desembolso entre \$2.000 y \$40.000, supongamos que saliera \$6.000. Se comparan estos dos valores. Si el resultado es realizar el proyecto, entonces usted ganaría \$16.000 ($22.000 - 6.000 = +16.000$). Pero si el desembolso sorteado hubiese sido \$36.000, entonces perdería \$14.000 ($22.000 - 36.000 = -14.000$). Si no se realiza el proyecto no gana ni pierde

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto tal que:)
Ingreso = 0 Desembolso = 0	Ingreso = 22000 Desembolso = 36000

En la Tarjeta de Registro de Respuestas usted debe marcar la alternativa elegida en cada ronda.

Tarjeta de Registro de Respuestas

RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3	RONDA 4	RONDA 5
a. b.	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.

V. RESUMEN DE LAS INSTRUCCIONES

1. Usted participará en un experimento para analizar como las personas toman decisiones económicas.
2. Al final de la sesión recibirá una compensación mínima de \$10.000, que puede aumentar en función de las decisiones que usted tome.
3. Se realizarán 5 rondas de decisión.
4. Se le entregarán diferentes tarjetas. La primera será la Tarjeta de Alternativas, que contiene la información necesaria para tomar sus decisiones.
5. Luego le será entregada la Tarjeta de Decisión, en la que debe responder individualmente a la pregunta que allí aparece.

6. A partir de las respuestas de todos se decidirá si realizar o no el proyecto. Este resultado se dará a conocer públicamente al terminar cada ronda.
7. A partir de sus respuestas calcularemos el desembolso medio y sortaremos el desembolso que deberían realizar (entre \$2.000y\$40.000). Si el desembolso medio es mayor que el desembolso sorteado, se realiza el proyecto. En caso contrario, no se realiza.
8. Sus ganancias o pérdidas en cada ronda dependen de su decisión y de la de los demás.
9. Si la decisión es realizar el proyecto, contabilice sus ganancias o pérdidas Para ello reste el desembolso sorteado a su ingreso.
10. Escriba sus ganancias o pérdidas para cada ronda en la Tarjeta de Ganancias y Pérdidas.
11. Marque sus respuestas de cada ronda en la tarjeta de Registro de Respuestas que se le ha entregado.
12. Al final de las cinco rondas recibirá dinero de acuerdo con las ganancias y pérdidas que haya acumulado.

VI. PREPÁRESE PARA DECIDIR

Si tiene alguna pregunta, por favor levante la mano y pasaremos a su sitio a responder. Si no hay preguntas acerca del ejercicio entonces ¡Comencemos!

Por favor escriba el número de su documento de identidad en la lista que pasaremos, al frente del número que corresponde con el que está escrito en la parte superior izquierda de su tarjeta de decisión.

Por favor tenga en cuenta que a partir de ahora no se permite ninguna conversación entre los participantes.

B.3 INSTRUCCIONES TRATAMIENTO 3

Gracias por participar en este ejercicio, para el que ha sido seleccionado para analizar cómo las personas toman decisiones económicas. Por participar en las tareas de decisión recibirá dinero que le será entregado al final de la sesión. En ningún caso usted perderá dinero, sean cuales sean sus decisiones. Usted puede ganar más o menos dinero con una compensación mínima de \$10.000.

Durante el experimento usted tomará decisiones en cinco rondas, en las cuales obtendrá unos resultados que, en conjunto, determinarán la cantidad de dinero que le será entregada al final. Es muy importante tener presente que las decisiones son completamente individuales, esto es, los números que los experimentadores hemos escrito en cada tarjeta son privados y no deben ser mostrados a ninguno de los demás participantes.

I. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

El experimento consiste en tomar una decisión acerca de la realización o no de un proyecto, especificado por unas cantidades de cierto bien (Q_1 y Q_2) y sus respectivos precios (P_1 y P_2). La única manera de llevar a cabo el proyecto es a través de las decisiones que ustedes tomen, las cuales tienen consecuencias económicas distintas para cada persona.

En caso que la decisión del grupo sea que se realice el proyecto, éste se divide en dos fases (1 y 2) . En cada fase se señala una cantidad (Q_1 , Q_2) y un precio por unidad (P_1 , P_2) que determinan los ingresos generados por el proyecto ($Q_1 \times P_1$) + ($Q_2 \times P_2$). Así mismo, se le propone un desembolso para financiarlo. Para que usted tome su decisión tiene a disposición tres alternativas: no realizar el proyecto (Alternativa 1), realizar el proyecto con unas cantidades “x” (Alternativa 2) y realizar el proyecto con unas cantidades “y” (Alternativa 3). Las tres opciones posibles se presentan en una Tarjeta de Alternativas que contiene toda la información que usted necesita para tomar sus decisiones en cada ronda. La Tarjeta de Alternativas es la siguiente:

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto tal que:)	Alternativa 3 (Realizar el proyecto tal que:)
Fase 1: $Q_1 = 0$ $P_1 =$	Fase 1: $Q_1 =$ $P_1 =$	Fase 1: $Q_1 =$ $P_1 =$
Fase 2: $Q_2 = 0$ $P_2 =$	Fase 2: $Q_2 =$ $P_2 =$	Fase 2: $Q_2 =$ $P_2 =$
Ingreso: $(Q_1 \times P_1) + (Q_2 \times P_2)$ $= 0$	Ingreso: $(Q_1 \times P_1) + (Q_2 \times P_2)$ $=$	Ingreso: $(Q_1 \times P_1) + (Q_2 \times P_2)$ $=$
Desembolso = 0	Desembolso =	Desembolso =
NOTE QUE EL VALOR POR UNIDAD EN CADA FASE ES EL MISMO EN LAS TRES ALTERNATIVAS		

Tanto el ingreso que genera el proyecto como el desembolso que se propone son diferentes para cada persona en cada una de las tres alternativas.

En caso de que la decisión sea realizar el proyecto, las cantidades están preestablecidas, $Q_1 = 2$ y $Q_2 = 3$. Por su parte, el desembolso que cada uno de ustedes realice por el proyecto se determina mediante un procedimiento aleatorio. Dicho desembolso oscila entre \$2.000 y \$40.000. Observe que las cantidades Q_1 y Q_2 y el desembolso propuestos en la Tarjeta de Alternativas no son los definitivos, sólo sirven para establecer la importancia que usted le da al proyecto. Por el contrario, los precios que se le informan en la tarjeta están determinados desde el principio porque corresponden a la valoración que usted tiene del proyecto y los debe tener en cuenta para tomar sus decisiones.

II. TARJETA DE DECISIÓN

Cada uno de ustedes debe decidir entre las tres alternativas contestando a dos preguntas en una Tarjeta de Decisión como la siguiente:

1. ¿Cuál alternativa prefiere entre la 1 y la 2?	
a. Alternativa 1	b. Alternativa 2
2. ¿Cuál alternativa prefiere entre la 1 y la 3?	
a. Alternativa 1	b. Alternativa 3

Tenga en cuenta que elegir las Alternativas 2 y 3 contribuye a que aumente la probabilidad de que se realice el proyecto. Por el contrario, elegir la Alternativa 1, contribuye a que disminuya la probabilidad de realizar el proyecto.

III. ¿CÓMO SE DECIDE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO?

Al final de cada ronda pasaremos por sus sillas a recoger las Tarjetas de Decisión. Si la decisión del grupo es realizar el proyecto, calcularemos el precio medio de cada fase del proyecto a partir de sus respuestas. Entonces tendremos lo siguiente:

Realizar el proyecto tal que:
Fase 1: $Q_1 = 2$ $P_{1m} = A$ CALCULAR
Fase 2: $Q_2 = 3$ $P_{2m} = A$ CALCULAR
Ingreso = $(2 \times P_{1m}) + (3 \times P_{2m})$
Desembolso = A SORTEAR
Ingreso - Desembolso =

Como las cantidades son $Q_1 = 2$ y $Q_2 = 3$, calcularemos el ingreso de realizar el proyecto como $(Q_1 \times P_{1m}) + (Q_2 \times P_{2m}) = (2 \times P_{1m}) + (3 \times P_{2m})$. Si el ingreso es mayor que el desembolso sorteado, se realizará el proyecto. En caso contrario no se realizará.

Debe tener en cuenta que una cosa es el ingreso de realizar el proyecto, y otra cosa es su ingreso individual en caso de que el proyecto se lleve a cabo. El primero lo acabamos de definir. Su ingreso, en cambio, será el resultado de multiplicar $Q_1 = 2$ y $Q_2 = 3$ por los precios por unidad que se le han dado en la tarjeta de alternativas (P_1 y P_2). Fíjese que la diferencia está en que uno es calculado teniendo en cuenta el precio medio por unidad (P_{1m} y P_{2m}) y el otro teniendo en cuenta los precios de su tarjeta (P_1 y P_2).

En caso de que el resultado sea la realización del proyecto, usted ganará o perderá dinero, dependiendo de la diferencia entre su ingreso y el desembolso sorteado. Así, usted tendrá

Ganancias: Si su ingreso - desembolso sorteado > 0
Pérdidas: Si su ingreso - desembolso sorteado < 0

Deberá registrar su ganancia o pérdida en la Tarjeta de Desembolsos siguiente:

Tarjeta de Desembolsos
Realizar el proyecto tal que:
Fase 1: $Q_1 = 2$ $P_1 =$
Fase 2: $Q_2 = 3$ $P_2 =$
Ingreso = $(2 \times P_1) + (3 \times P_m) =$
Desembolso = SORTEADO
Ingreso - Desembolso = GANANCIAS/PÉRDIDAS

Si no se realiza el proyecto, no obtiene ingreso ni tiene que pagar nada, por tanto, no tendrá pérdidas ni ganancias.

En la Tarjeta de Desembolsos calcule su ingreso y escriba el desembolso obtenido del sorteo. Fíjese que los precios por unidad que aparecen en esa tarjeta son los mismos que se le han dado en la Tarjeta de las Alternativas. Calcule la cantidad de dinero que usted obtendría como la diferencia entre su ingreso y el desembolso sorteado. Escriba el resultado como un número positivo (+) o negativo (-), según corresponda a una ganancia o una pérdida.

Si en la primera ronda, por ejemplo, el precio medio unitario para la fase 1 es $P_{1m} = \$4.000$ y para la fase 2 es $P_{2m} = \$2.000$, y puesto que las cantidades son $Q_1 = 2$ y $Q_2 = 3$ unidades en cada una de esas fases, entonces el

ingreso del proyecto es de \$14.000 (calculados $(2 \times 4.000) + (3 \times 2.000) = 8.000 + 6.000 = 14.000$). Si además el desembolso resultante del sorteo es de \$12.000, el proyecto se realiza porque el ingreso de este es mayor que el desembolso. Pero, si el desembolso que resulta del sorteo es, por ejemplo, \$24.000 entonces el proyecto no se realiza, porque el desembolso es mayor que el ingreso.

En el primer caso, en que la decisión es realizar el proyecto, para calcular sus ganancias o pérdidas individuales usted debe restar \$12.000 a su ingreso. En el segundo caso, en que la decisión es no realizar el proyecto, no tiene pérdidas ni ganancias en esa ronda.

IV. TARJETA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

Desde el comienzo del experimento, usted dispone de una Tarjeta de Ganancias y Pérdidas y de una Tarjeta de Registro de Respuestas. La primera es la siguiente:

Tarjeta de Ganancias y Pérdidas

	Ganancias	Pérdidas
Ronda 1		
Ronda 2		
Ronda 3		
Ronda 4		
Ronda 5		
Total		

En esta tarjeta usted debe llevar registro de las ganancias o pérdidas individuales obtenidas al final de cada ronda. Si no obtiene ganancias ni pérdidas en una ronda porque la decisión es la no realización del proyecto, no escriba nada. Al final de las cinco rondas sume sus ganancias y sume sus pérdidas, luego reste las últimas de las primeras para conocer su ganancia neta. Con base en esta cantidad se le pagará su participación en el experimento, de acuerdo con la siguiente regla: la persona que tenga menores ganancias netas o mayores pérdidas recibirá \$10.000, y en escala ascendente cada participante recibirá \$10.000, \$12.000, \$14.000, \$16.000, etc., hasta llegar a aquel que recibe la cantidad más alta, que depende del resultado total de la persona que haya obtenido mayores ganancias netas.

Ejemplo: ¿Ganancias o pérdidas?

Tarjeta de Alternativas

Alternativa 1 (No realizar el proyecto)	Alternativa 2 (Realizar el proyecto tal que:)	Alternativa 3 (Realizar el proyecto tal que:)
Fase 1: $Q_1 = 0$ $P_1 = 2000$	Fase 1: $Q_1 = 3$ $P_1 = 2000$	Fase 1: $Q_1 = 2$ $P_1 = 2000$
Fase 2: $Q_2 = 0$ $P_2 = 4000$	Fase 2: $Q_2 = 1$ $P_2 = 4000$	Fase 2: $Q_2 = 2$ $P_2 = 4000$
Ingreso: $(0 \times 2000) + (0 \times 4000)$ $= 0$	Ingreso: $(3 \times 2000) + (1 \times 4000)$ $= 10000$	Ingreso: $(2 \times 2000) + (2 \times 4000)$ $= 12000$
Desembolso = 0	Desembolso = 14000	Desembolso = 6000

Suponga que tuviera una tarjeta como esta, en la que se le han dado precios de $P_1 = \$2.000$ y $P_2 = \$4.000$ en cada fase. Con la Alternativa 1 usted no ingresa ni desembolsa nada.

Se le propone primero (Alternativa 2) un desembolso de \$14.000 para que se realice el proyecto cuando las unidades son $Q_1 = 3$ y $Q_2 = 1$, que le generan un ingreso de \$10.000. Después se le propone (Alternativa 3)

un desembolso de \$6.000 para que se realice el proyecto cuando las unidades son $Q_1 = 2$ y $Q_2 = 2$, que le generan un ingreso de \$12.000. Usted debe responder con base en esta información cuál de las alternativas prefiere.

Realizar el proyecto tal que:
Fase 1: $Q_1 = 3$ $P_1 = 2000$
Fase 2: $Q_2 = 1$ $P_2 = 4000$
Ingreso = $(3 \times 2000) + (1 \times 4000) = 10000$
Desembolso = 14000
Ingreso - Desembolso = $10000 - 14000 = -4000$

Realizar el proyecto tal que:
Fase 1: $Q_1 = 2$ $P_1 = 2000$
Fase 2: $Q_2 = 2$ $P_2 = 4000$
Ingreso = $(2 \times 2000) + (2 \times 4000) = 12000$
Desembolso = 6000
Ingreso - Desembolso = $12000 - 6000 = +6000$

Una vez se han recogido todas las tarjetas de decisión, si el resultado de la votación fuera realizar el proyecto, su ingreso sería de \$16.000 ($(2 \times 2.000) + (3 \times 4.000) = 4.000 + 12.000 = \16.000). Si el desembolso sorteado fuera \$14.000, entonces ganaría \$2.000 ($16.000 - 14.000 = +2.000$). Pero si el desembolso sorteado hubiese sido \$30.000, entonces perdería \$14.000 ($16.000 - 30.000 = -14.000$). Si no se realiza el proyecto, usted no gana ni pierde.

El la Tarjeta de Registro de Respuestas usted debe marcar la alternativa elegida en cada ronda.

Tarjeta de Registro de Respuestas

	RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3	RONDA 4	RONDA 5
PREGUNTA 1	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.
PREGUNTA 2	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.	a. b.

V. RESUMEN DE LAS INSTRUCCIONES

1. Usted participará en un experimento para analizar como las personas toman decisiones económicas.
2. Al final de la sesión recibirá una compensación mínima de \$10.000, que puede aumentar en función de las decisiones que usted tome.
3. Se realizarán 5 rondas de decisión.

4. Se le entregarán diferentes tarjetas. La primera será la Tarjeta de Alternativas, que contiene la información necesaria para tomar sus decisiones.
5. Luego le será entregada la Tarjeta de Decisión, en la que debe responder individualmente a las preguntas que allí aparecen.
6. A partir de las respuestas de todos se decidirá si realizar o no el proyecto. Este resultado se dará a conocer públicamente al terminar cada ronda.
7. A partir de sus respuestas calcularemos el precio medio de cada unidad en cada fase y sortearemos el desembolso que deberían realizar (entre \$2.000 y \$40.000). Si el ingreso del proyecto es mayor que el desembolso, se realiza el proyecto. En caso contrario, no se realiza.
8. Sus ganancias o pérdidas en cada ronda dependen de su decisión y de la de los demás.
9. Si la decisión es realizar el proyecto, contabilice sus ganancias o pérdidas Para ello reste el desembolso sorteado a su ingreso, que se obtienen de multiplicar las cantidades ($Q_1 = 2$ y $Q_2 = 3$) por los precios unitarios (P_1 y P_2) que se le han dado en su Tarjeta de Decisión.
10. Escriba sus ganancias o pérdidas para cada ronda en la Tarjeta de Ganancias y Pérdidas.
11. Marque sus respuestas de cada ronda en la tarjeta de Registro de Respuestas que se le ha entregado.
12. Al final de las cinco rondas recibirá dinero de acuerdo con las ganancias y pérdidas que haya acumulado.

VI. PREPÁRESE PARA DECIDIR

Si tiene alguna pregunta, por favor levante la mano y pasaremos a su sitio a responder. Si no hay preguntas acerca del ejercicio entonces ¡Comencemos!

Por favor escriba el número de su documento de identidad en la lista que pasaremos, al frente del número que corresponde con el que está escrito en la parte superior izquierda de su tarjeta de decisión.

Por favor tenga en cuenta que a partir de ahora no se permite ninguna conversación entre los participantes.