Revista digital
Matemática, Educación e Internet
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica
Vol 26, No 1. Agosto, 2025 – Febrero, 2026

ISSN 1659 -0643
DOI: 10.18845/rdmei.v26i1.7950

Explorando la simulación estadística por medio del juego Pickleball

| Exploring Statistical Simulation through the Game of Pickleball |

| Explorando a simulação estatística por meio do jogo Pickleball |

Katalina Oviedo Rodríguez[1]
katalina.oviedo.rodriguez@una.cr
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Byron Jiménez Oviedo[2]
byron.jimenez.oviedo@una.cr
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Recibido: 4 de noviembre de 2024 Aceptado: 1 de abril de 2025

Resumen: En este documento se presenta un ejemplo práctico para la inicialización y exploración de la simulación estadística. Se realiza la simulación del juego Pickleball para la modalidad individual o ”singles”. La simulación se realiza con el lenguaje de programación R, en donde se simulan puntos y juegos completos y se aplica el enfoque de Monte Carlo para determinar la probabilidad de que un jugador gane un juego completo. Finalmente, se estima el número de puntos promedio que se deben jugar para concluir un set completo, esto en función de las habilidades (probabilidades) de los jugadores. El objetivo es ofrecer un caso práctico que facilite la comprensión y aplicación de la simulación estadística, demostrando cómo se pueden modelar y analizar eventos deportivos mediante métodos probabilísticos.

Palabras Clave: simulación estadística, Pickleball, R, Monte Carlo.

Abstract: This document presents a practical example for initializing and exploring statistical simulation. The simulation of the game Pickleball is carried out for ”singles”mode. The simulation is done using the R programming language, where points and full games are simulated, and the Monte Carlo approach is applied to determine the probability of a player winning a complete game. Finally, the average number of points required to complete a full set is estimated, based on the players’ skills (probabilities). The goal is to provide a practical case that facilitates the understanding and application of statistical simulation, demonstrating how sporting events can be modeled and analyzed using probabilistic methods.

Keywords: statistical Simulation, Pickleball, R, Monte Carlo.

[1]Katalina Oviedo Rodríguez. Académica e investigadora de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica. Dirección postal: Heredia, Heredia, Costa Rica. Código postal: 86-3000. Correo electrónico: katalina.oviedo.rodriguez@una.cr.

[2]Byron Jiménez Oviedo. Académico e investigador de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica. Dirección postal: Heredia, Heredia, Costa Rica. Código postal: 86-3000. Correo electrónico: byron.jimenez.oviedo@una.ac.cr.

Resumo: Neste documento, apresenta-se um exemplo prático para a iniciação e exploração da simulação estatística. Realiza-se a simulação do jogo Pickleball na modalidade individual ou "singles". A simulação é feita com a linguagem de programação R, na qual são simulados pontos e jogos completos, aplicando-se a abordagem de Monte Carlo para determinar a probabilidade de um jogador vencer um jogo completo. Por fim, estima-se o número médio de pontos que devem ser disputados para concluir um set completo, com base nas habilidades (probabilidades) dos jogadores. O objetivo é oferecer um caso prático que facilite a compreensão e aplicação da simulação estatística, para mostrar como eventos esportivos podem ser modelados e analisados por meio de métodos probabilísticos.

Palavras-chave: simulação estatística, Pickleball, R, Monte Carlo.

1. Introducción

La simulación estadística es una herramienta poderosa para entender diferentes fenómenos. Su enseñanza puede promover una comprensión conceptual profunda de la estadística y puede motivar al estudiantado a aprender deducciones matemáticas más complejas [1, 2]. Al respecto, la literatura muestra que la simulación por computadora de conceptos estadísticos es un método de enseñanza útil [3].

Además, enseñar por medio de simulaciones permite el estudio de diferentes conceptos que son de difícil comprensión por parte del estudiantado, como lo son: el concepto de Probabilidad, variable aleatoria, distribuciones, entre otros. Particularmente, estudios revelan que el estudiantado muestra dificultades en la comprensión del concepto de Probabilidad [4]. En este sentido, el uso de juegos y simulaciones son algunas alternativas metodológicas para afrontar esta dificultad [5].

Sin embargo, es importante señalar que los docentes deben seleccionar cuidadosamente las actividades que utilizarán en el desarrollo de este tema para evitar malentendidos o interpretaciones incorrectas [1, 6]. Asimismo, se debe procurar un balance entre los conceptos teóricos, los algoritmos de las simulaciones, y los problemas prácticos simulados, con el fin de no caer solamente en la repetición de algoritmos [7].

Respecto a la selección de actividades para la enseñanza de la simulación estadística, es importante que se utilicen situaciones en las que se puedan aplicar distintos conocimientos aprendidos. La simulación presentada en este documento explora diferentes probabilidades de éxito en el juego Pickleball. El pickleball en modalidad singles es un deporte rápido que se juega en una cancha más pequeña que la de tenis. El objetivo es hacer que la pelota rebote en el campo del oponente de manera que no pueda devolverla. Los jugadores se alternan para golpear la pelota. Una regla importante es que no se puede golpear la pelota en el aire cerca de la red. El juego se juega a puntos (los usuales son a 11, 15 o 21). Se debe ganar por al menos dos puntos de diferencia. En modalidad singles, cada jugador cubre toda la cancha, lo que requiere rapidez, control y estrategia. Este juego ha tenido un gran auge y aceptación en los últimos años.

Se realiza la simulación de una partida del juego en la modalidad individuales. Concretamente, se brinda un ejemplo real para introducir y analizar, desde una perspectiva de simulación estadística, el juego de Pickleball. Al analizar las probabilidades de puntuación de cada jugador, se pretende identificar patrones y tácticas que pueden influir en los resultados de un partido de Pickleball. Siendo así, un ejemplo de simulación en el cual se estudian diferentes conceptos (tales como probabilidad, variables aleatorias, simulación) y se permiten realizar diferentes deducciones (por ejemplo, si ciertas condiciones iniciales influyen en el juego, el número esperado de puntos jugados según las probabilidades de ganar de los jugadores).

Para simular el juego de Pickleball, en su modalidad de individuales, se utiliza el software R. En primer lugar, se presenta un panorama general con reglas simplificadas que permiten al lector seguir adecuadamente el contenido. Posteriormente, se visualizan diversos escenarios de juego y se simulan puntos y juegos completos, teniendo en cuenta las habilidades de cada jugador, es decir, las probabilidades de ganar puntos. Se aplica un enfoque de Monte Carlo para determinar la probabilidad de que un jugador gane un juego completo. Finalmente, se estima, en función de las habilidades de los jugadores, el número promedio de puntos que se deben jugar para concluir un set completo.

Respecto al Pickleball, este juego surge en los años 60, y es un deporte que mezcla tenis, bádminton y tenis de mesa, y sus reglas son similares a las del tenis [8, 9]. Ha experimentado un aumento significativo en su popularidad. Su facilidad y atractivo lo han convertido en una opción viable para jugadores de todas las edades.

En Costa Rica, el juego está ganando cada vez más popularidad, con más personas participando y disfrutando de esta actividad. Se han creado clubes y grupos dedicados al Pickleball, algunos lugares cuentan con espacios especialmente destinados a su práctica e inclusive se cuenta con una selección nacional [10, 11]. El lector interesado en un estudio estádistico con datos observados puede consultar [12].

2. Reglas del juego Pickleball: versión simplificada

Antes de presentar los códigos y el análisis, se explican las reglas simplificadas, mencionando solo lo necesario para poder realizar la simulación en R y lo mínimo para que el lector se familiarice. Se asume que tiene solo dos jugadores (singles, 1 vrs 1). Se insta al lector a proponer nuevas simulaciones para el caso de parejas (2 vrs 2). Entonces, las reglas simplificadas son las siguientes:

1. Un set consta de s puntos, donde $s \in \{11, 15, 21\}$. La elección del número depende del torneo o de las personas, si es un encuentro amistoso.
2. Se debe ganar con una diferencia de dos puntos. Por ejemplo, si $s = 11$ y el marcador es $(11, 10)$, se debe seguir jugando hasta que la diferencia sea de dos puntos; un escenario posible es
$$(11, 10), (11, 11), (11, 12), (11, 13).$$
3. Un jugador puede sumar puntos solo si tiene el servicio (o saque). El jugador que no tiene el servicio puede recuperar el saque quebrando el servicio del rival (ganando el punto).
4. Gana el jugador que obtenga 2 de 3 sets.

En simulación matemática o estadística siempre es deseable que la persona que realizará la simulación conozca muy bien lo que quiere simular [13]. Por lo cual, se presenta ejemplo completo de un set (ver Figura 1), con el cual, el lector podrá entender a través del escenario las reglas que se han mencionado.

Suponga que el set es a 11 puntos. Se enfrenta el Jugador 1 y Jugador 2:

1. **Previo al set:** Se realiza una rifa (tirar una moneda o algún otro método) para designar cual es el jugador que tiene el servicio al inicio de la partida. Suponga que el jugador 1 es el primero que sirve.
2. **Inicio del set:** Jugador 1 sirve.
3. **Marcador inicial:** $(0, 0)$

   Ahora, los puntos se van jugando de acuerdo a lo mostrado en la Figura 1.

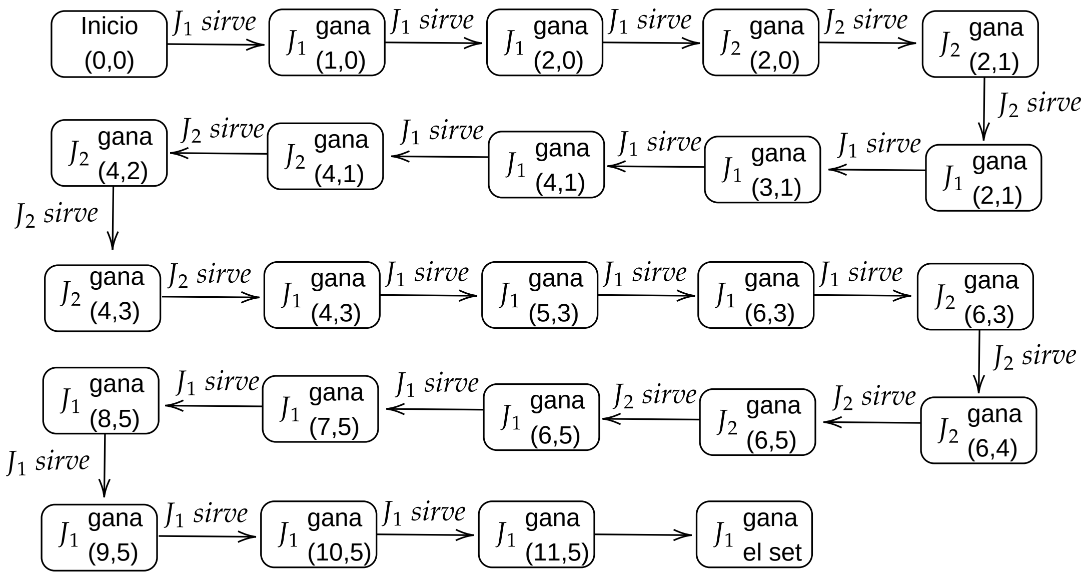

Figura 1: Flujo de un juego. Elaboración propia.

4. El jugador 1 gana el juego.

3. Variables para la simulación

En esta sección se definen las variables que se utilizan en la simulación y se da un primer acercamiento. Para aclarar la notación en el texto y en el código, el lector debe tener claro que si en el texto aparece un subíndice, por ejemplo, P_1, en el código será simplemente $P1$.

- $i \in \{1,2\}$. Indica el jugador.
- Pr_{Ji}: Probabilidad de que el jugador i gane un punto dado que el jugador i tiene el servicio.
- P_i: Puntos del jugador i.
- s_i: Indica que el jugador i está sacando.

Una primera simulación es realizar todos los estados del juego. Para esto se considera los puntos del jugador 1 y 2, y el número de puntos con los cuales se gana el set.

Se asume que el jugador 1 ha ganado la rifa para el servicio. Entonces, los posibles estados del juego son:

- NF: El juego no ha finalizado.
- J_i: El jugador i gana el set.
- I: Imposible.

```
#EJ: Retorna el estado do juego: Imposble (I), No finalizado (NF),
   Jugador i gana el set (Ji).
#(P1,P2): marcador del juego en el momento
#s: puntos del set

EJ = function(P1,P2,s){
  if(P1 >0 ||P2>0){return("I")}
  else{
    if (0>=P1 && P1 >s && 0>=P2 && P2 >s ){
      return("NF")}
    else{if(abs(P1-P2)>2){
      if(P1==s && P2> s ){return("J1")}
      else{if(P2==s && P1> s){return("J2")}
          else{return("I")}
      }
    }
      else{if(P1-P2==2){return("J1")}
        else{if(P2-P1==2){return("J2")}
            else{return("NF")}
          }
      }
    }
    }
}
```

Con la función anterior se pueden generar escenarios completos. Para esto, se tiene el siguiente código.

```
#NP número límite de pontos para analizar

CP = function(NP,s){
  NP.vec = (-1):NP
  plot(NP.vec,NP.vec, type = "n", xlab="P1",ylab = "P2")
  for(P1 in NP.vec){
    for(P2 in NP.vec){
      ej= EJ(P1,P2,s)
      if(ej=="I")text(P1,P2,"I",col="pink")
      else if(ej=="NF")text(P1,P2,"NF",col = "lightblue")
      else if(ej=="J1")text(P1,P2,"P1",col="lightgreen")
      else if(ej=="J2")text(P1,P2,"P2",col="lightgreen")
    }
  }
  return(invisible(NULL))
}
```

Por ejemplo, los estados de un juego hasta 15 puntos de un set de 11 puntos se pueden ver en la Figura 2.

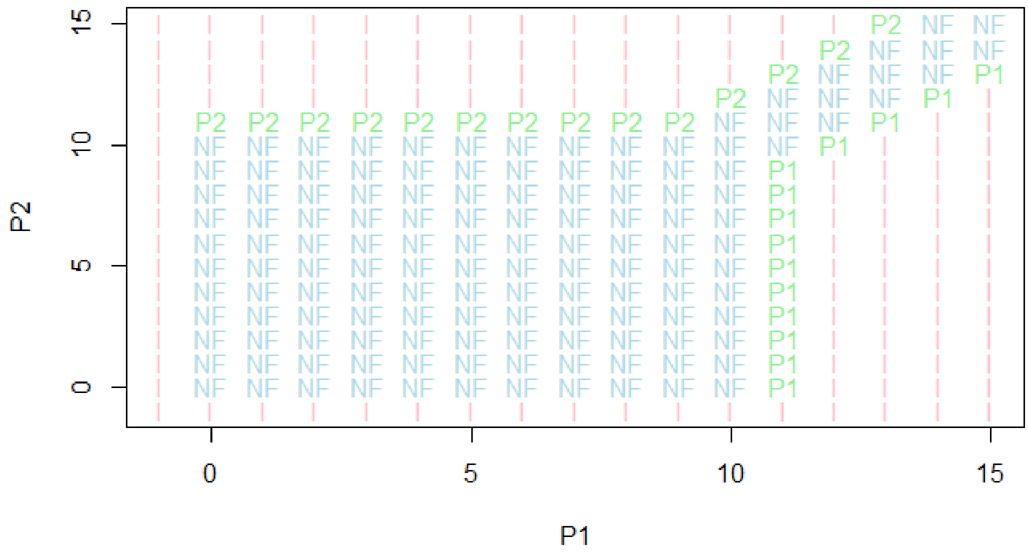

Figura 2: Escenario de 15 puntos de juego para un set a 11 puntos

Con la función de estado del juego (EJ), y sabiendo la probabilidad de que un jugador gane el punto cuando está sacando (Pr_{J_i}) y cuando está recibiendo $(Pr_{J_i}d)$, se puede modelar un set completo. Para esto, primero se presenta el juego para solo un punto. En el siguiente código se presenta una función cuyas entradas son:

1. Un vector (ms) de orden 3, donde la primera y segunda componente indican el marcador del juego en ese momento, y la tercera componente indica el jugador que está sacando.
2. Las probabilidades (Pr_{Ji}) que tiene cada jugador de ganar el punto cuando está sacando y $(Pr_{Ji}d)$ cuando está recibiendo.

En este código se puede ver una técnica importante. Note que el jugador 1 está sirviendo y por lo tanto el jugador 2 está recibiendo. Según sus estadísticas, es decir, (Pr_{J1}) y $(Pr_{J2}d)$ se tiene que la probabilidad que el jugador 1 gane el punto es

$$p_1 = \frac{Pr_{J1}}{Pr_{J1} + Pr_{J2}d},$$

similarmente para el jugador 2,

$$p_2 = \frac{Pr_{J2}}{Pr_{J1}d + Pr_{J2}}.$$

En el caso de que el jugador 1 esté sacando, se puede determinar al jugador ganador generando un número aleatorio p entre 0 y 1, utilizando una distribución uniforme. Este número se utiliza para evaluar las probabilidades de ganar, según el resultado obtenido en la simulación. Por ejemplo, si $p < p_1$, entonces se dice que el jugador 1 ganó el punto y como estaba sirviendo el marcador debe actualizarse y sumar un punto al jugador 1. En el caso de que $p > p_1$ entonces el jugador 2 ha ganado. En este último caso el marcador no se actualiza, solo se indica que ahora el servicio es del jugador 2.

```
JP = function(ms,PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d){
  P1=ms[1]
  P2=ms[2]
  si=ms[3]
  p1 = PrJ1/(PrJ1+PrJ2d)
  p2 = PrJ2/(PrJ2+PrJ1d)
  p= runif(1)
  if(si==1){if(p>=p1){P1=P1+1}else{return(c(P1,P2,2))}}
  if(si==2){if(p>=p2){P2=P2+1}else{return(c(P1,P2,1))}}
  return(c(P1,P2,si))
}
```

Entonces, para un set completo basta dar las probabilidades de cada jugador y el número de puntos del set. El marcador inicial es $(0, 0, 1)$ indicando que el no se tienen puntos y que el jugador que inicia sirviendo es el jugador 1. Todos los resultados se guardarán en la matriz Juego J.

```
JS= function(PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d,s){
  mt=c(0,0,1)
  J = matrix(mt, ncol = 3)
  while(EJ(mt[1],mt[2],s)=="NF"){
    mt = JP(mt,PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d)
    J =rbind(J,mt)
  }
  return(J)
}
```

Una posible salida para las probabilidades 0.5, 0.7, 0.4 y 0.7 en un juego de 11 puntos es la siguiente:

```
    [,1] [,2] [,3]
      0  0  1
mt  1  0  1
mt  1  0  2
mt  1  0  1
mt  1  0  2
mt  1  1  2
mt  1  1  1
mt  2  1  1
mt  2  1  2
mt  2  1  1
mt  2  1  2
mt  2  1  1
mt  2  1  2
mt  2  2  2
mt  2  3  2
mt  2  3  1
mt  3  3  1
mt  4  3  1
mt  4  3  2
mt  4  4  2
mt  4  4  1
```

```
mt 4 4 2
mt 4 4 1
mt 5 4 1
mt 5 4 2
mt 5 4 1
mt 6 4 1
mt 6 4 2
mt 6 4 1
mt 7 4 1
mt 8 4 1
mt 8 4 2
mt 8 4 1
mt 9 4 1
mt 10 4 1
mt 10 4 2
mt 10 5 2
mt 10 6 2
mt 10 6 1
mt 11 6 1
```

Luego, se puede utilizar la técnica de Monte Carlo, es decir, simulando juegos muchas veces, se pueden encontrar cuantas veces gana cada jugador y con esto en mano se pueden hallar las distribuciones de probabilidad de los jugadores.

El siguiente código simula dicha situación. Es decir, se introduce las probabilidades que cada jugador tiene para ganar según sea que esté sirviendo o recibiendo. Y esto se simula N veces. En cada simulación de juegos completos, se cuenta cuantas veces ganó el jugador 1. Es claro, que con esto se obtiene fácilmente cuantas veces ganó el jugador 2.

```
Sim_JC = function(PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d,s,N){
  counter = 0
  for(j in 1:N){
    J =JS(PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d,s)
    if(J[dim(J)[1],1] >J[dim(J)[1],2]){counter= counter+1}
  }
  return(counter/N)
}
```

Para probabilidades $0.9, 0.7, 0.8, 0.7$ en un juego a 11 puntos, se utiliza el siguiente código para realizar repeticiones de muchos juegos (esto simula a dos jugadores jugando miles de veces) para determinar si existe una convergencia en la probabilidad de que el jugador 1 gane. En el código se ha tomado la decisión de ir simulando cada 2^i con $i = 1, 2, \ldots, 16$.

```
k=16
prob = rep(0,k)
for(i in 1:k){
  prob[i] = Sim_JC(0.9,0.7,0.8,0.7,11,2^i)
}
plot(1:k,prob,pch=16, xlab="Repeticiones",ylab = "Probabilidad",col = "
   pink",xaxt='n')
lines(1:k,prob, col="blue")
x_labels = c(2^5, 2^10, 2^15)
```

```
# Posiciones en el eje x para estas etiquetas
positions = c(5, 10, 15)
# etiquetas específicas
axis(1, at=positions, labels=x_labels)
```

Además, el código anterior otorga la Figura 3, donde se puede ver que el jugador 1 tiene una probabilidad cercana a 0.6 después de 2^{15} veces de jugar.

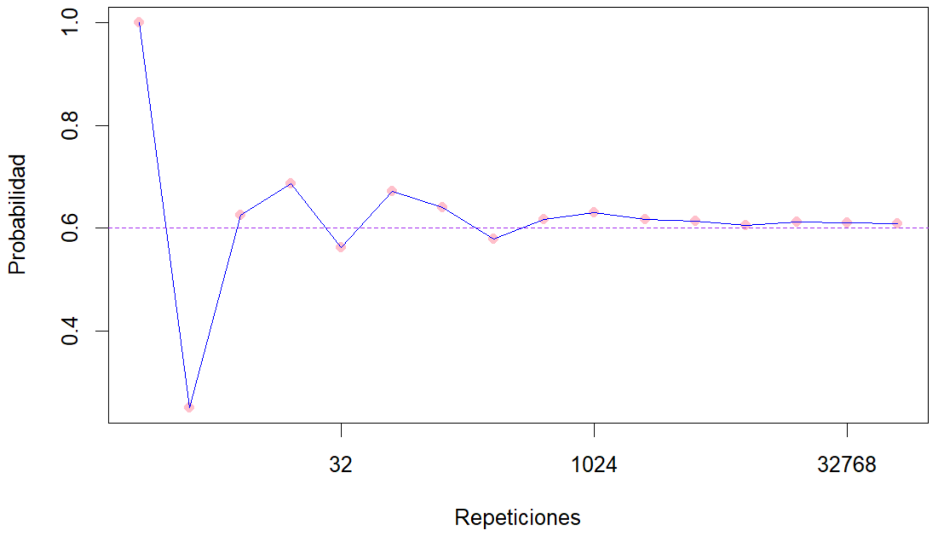

Figura 3: Simulación con probabilidades 0.9, 0.7, 0.8, 0.7

En el caso de utilizar el mismo código anterior pero con las probabilidades 0.8, 0.7, 0.9, 0.7 se obtiene la Figura 4.

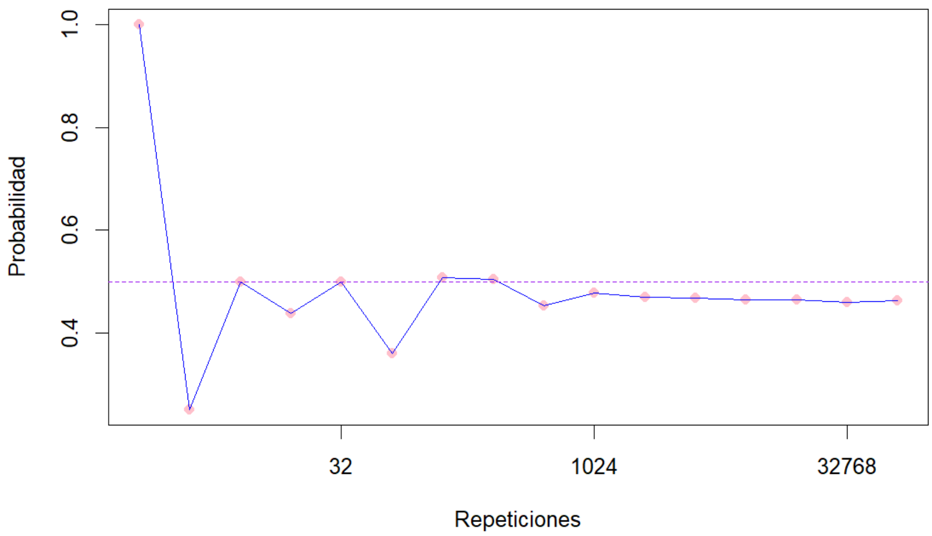

Figura 4: Simulación con probabilidades 0.8, 0.7, 0.9, 0.7

También se puede considerar el caso en el que el jugador 2 tiene una alta probabilidad de ganar cuando recibe. En este caso las probabilidades son 0.9, 0.7, 0.8, 0.9 se obtiene la Figura 5

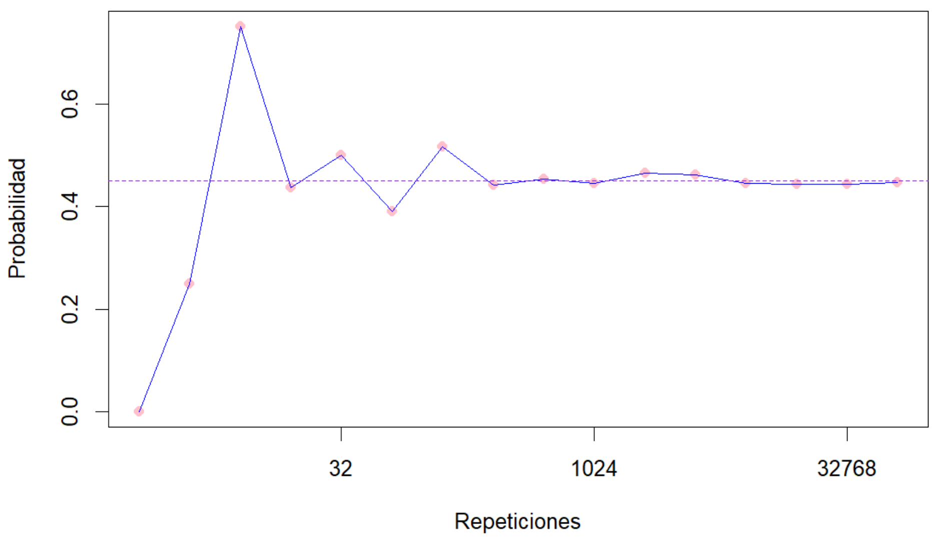

Figura 5: Simulación con probabilidades 0.9, 0.7, 0.8, 0.9

Lo anterior sugiere que el jugador 1 podría tener una ventaja al ser siempre el primero en servir. Esto se observa en el primer caso (ver Figura 3), donde la probabilidad de ganar el juego es aproximadamente 0.6, en comparación con el segundo y tercer caso (ver Figura 4, 5), donde es de alrededor de 0.45. Se puede observar que solo hubieron modificaciones a las probabilidades del jugador 2, y que a pesar de que ganó mas juegos, no fue algo contundente. Por lo cual se puede concluir que el hecho de que el jugador 1 inicie cada set le otorga una leve ventaja.

Ahora, note que existe una variable aleatoria de Bernoulli, donde J_1 es 1 si el jugador 1 gana y 0 en otra situación. Se sabe que un estimador para la proporción verdadera p es $\hat{p} = \overline{J_1}$ y la desviación estándar de $\hat{p}$ está dada por $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$. Está claro que $p(1-p) \leq 0.25$, por lo que si se requiere encontrar n tal que la desviación estándar sea menor que 0.01, entonces $n > 2500$.

Por lo tanto, utilizando $n = 3000$, se puede calcular la proporción para diferentes pares de probabilidades de ganar. Para esto, se usarán las probabilidades de ganar cuando se sirve cada 0.1 y se fijará la probabilidad de ganar el punto cuando se recibe en 0.7.

```
P >- matrix(nrow = 9, ncol = 9)
for (i in 1:9) {
  for (j in 1:9) {
    P[i, j] >- round(Sim_JC(i/10,0.7,j/10,0.7,11,3000),2)
  }
}
colnames(P) = c("0.1","0.2","0.3","0.4","0.5","0.6","0.7","0.8","0.9")
rownames(P)= c("0.1","0.2","0.3","0.4","0.5","0.6","0.7","0.8","0.9")
P
```

En el escenario anterior, si la probabilidad de ganar el punto para el jugador 1 es 0.8 y la probabilidad de ganar el punto para el jugador 2 es 0.4, entonces el jugador 1 tendrá una probabilidad de 0.9 de ganar el juego. Además, este escenario muestra que si el jugador 2 tiene solo un 0.1 de probabilidad de ganar el servicio, siempre estará en desventaja al no ser el primero en sacar durante los juegos. Esta desventaja se hace mucho más evidente al observar la diagonal principal de la Tabla 1.

Tabla 1: Probabilidades de ganar un set según la probabilidad de ganar un punto, usando 3000 simulaciones. Elaboración propia

	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.51	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.93	0.51	0.22	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00	0.01
0.3	0.99	0.80	0.51	0.31	0.18	0.12	0.07	0.04	0.03
0.4	1.00	0.92	0.72	0.52	0.35	0.25	0.18	0.12	0.09
0.5	1.00	0.97	0.84	0.67	0.51	0.38	0.30	0.24	0.18
0.6	1.00	0.98	0.91	0.79	0.66	0.53	0.41	0.35	0.29
0.7	1.00	0.99	0.95	0.85	0.75	0.61	0.55	0.45	0.38
0.8	1.00	0.99	0.97	0.90	0.80	0.69	0.63	0.54	0.45
0.9	1.00	1.00	0.98	0.92	0.84	0.78	0.69	0.60	0.55

Otra cosa que se puede analizar es la duración del juego, es decir, cuántos puntos en promedio puede durar el juego sabiendo las probabilidades de cada jugador.

```
  Sim_DJ = function(PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d,s,N){
 counter = 0
  for(j in 1:N){
   J =JS(PrJ1,PrJ1d,PrJ2,PrJ2d,s)
   counter = counter+dim(J)[1]
  }
  return(counter/N)
}
```

De manera similar a los otros casos, se tiene que para $0.9, 0.7$ y $0.8, 0.7$, el promedio de duración de los juegos es cerca de 32. Es decir, en promedio se necesitan jugar 32 puntos para obtener un ganador.

```
k=16
prob = rep(0,k)
for(i in 1:k){
 prob[i] = Sim_DJ(0.5,0.7,0.4,0.7,11,2^i)
}
plot(1:k,prob,pch=16, xlab="Rep",ylab = "probabilidade",col = "pink")
lines(1:k,prob, col="blue")
```

Usando el mismo n que se utilizó para la proporción, se puede generar una matriz de duración del juego, donde se fijan en 0.7 las probabilidades de ganar dado que el jugador está recibiendo.

```
D >- matrix(nrow = 9, ncol = 9)
for (i in 1:9) {
 for (j in 1:9) {
  D[i, j] >- round(Sim_DJ(i/10,0.7,j/10,0.7,11,3000),2)
 }
}
colnames(D) = c("0.1","0.2","0.3","0.4","0.5","0.6","0.7","0.8","0.9")
rownames(D)= c("0.1","0.2","0.3","0.4","0.5","0.6","0.7","0.8","0.9")
D
```

De la matriz anterior se puede deducir que si los jugadores no son muy buenos para ganar cuando están sirviendo (ambos con probabilidad 0,1), el juego puede ser muy largo (alrededor de 150 puntos jugados). Por el contrario, si los dos son buenos jugadores al servir, o uno es muy bueno y el otro no tanto, el juego podría durar menos, al rededor de 31 puntos de juego (ver Tabla 2).

Tabla 2: Promedio de puntos jugados según la probabilidad de ganar un punto, usando 3000 simulaciones. Elaboración propia

	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	150.29	94.92	68.08	54.11	46.66	40.69	36.88	33.85	31.38
0.2	93.44	83.88	68.34	55.77	48.20	42.50	38.33	35.15	32.81
0.3	66.59	68.31	61.75	54.01	48.38	43.09	39.36	36.54	34.07
0.4	53.17	54.69	54.04	50.03	46.34	42.66	39.51	36.81	34.73
0.5	45.05	47.12	47.64	45.84	43.73	41.29	38.89	36.53	34.63
0.6	39.52	41.58	42.26	42.12	40.85	39.19	37.44	35.72	34.49
0.7	35.53	36.93	38.17	38.40	37.80	37.00	36.09	34.93	33.58
0.8	32.57	33.86	35.09	35.48	35.57	35.19	34.58	33.58	32.50
0.9	30.31	31.67	32.46	33.23	33.30	33.53	33.02	32.34	31.36

4. Conclusión

Después de realizar la simulación del juego y el cálculo de ciertas probabilidades, parece ser que hay una ventaja para el jugador que está sacando. Esto puede observarse a través del análisis de los puntos marcados durante el servicio en comparación con los puntos marcados durante el retorno del servicio. Los datos sugieren que los jugadores que sacan tienen una tasa ligeramente mayor de victorias en los puntos, cuando la probabilidad del jugador 1 es mayor o igual que la del jugador 2.

Con referencia a la media de puntos jugados, se observa que en partidas que involucran a jugadores inexpertos, es decir, con probabilidades por debajo de 0.3, es común que el número total de puntos jugados sea mayor. Sin embargo, cuando al menos un jugador es más experimentado, es decir, que sus probabilidades de ganar puntos sean mayores que 0.7, se espera que la cantidad de puntos jugados disminuya. Esta tendencia sugiere que la experiencia (simulada por las probabilidades de ganar puntos) de los jugadores desempeña un papel crucial en la duración y en la dinámica de las partidas de Pickleball.

Al considerar la simulación del juego de Pickleball, se explora una variedad de factores que pueden enriquecer aún más el análisis. Un enfoque prometedor sería introducir variables aleatorias que influyan en las probabilidades del juego, haciéndolas más dinámicas y realistas a lo largo del tiempo. Entonces, como una posible extensión de este trabajo, sería interesante introducir variables aleatorias que simulen condiciones externas que puedan afectar la dinámica del juego de Pickleball. Por ejemplo, se podría incorporar un factor de viento, modelado como una variable aleatoria que afecte esporádicamente las probabilidades de que un jugador gane un punto. Simulando cómo los cambios en las condiciones ambientales pueden influir en el desempeño de los jugadores. Asimismo, podrían incluirse variables como fatiga o estrategias dinámicas, que cambiarían a medida que avanza el juego, afectando las probabilidades de ganar. Estas modificaciones harían que el modelo sea más realista y adaptable a situaciones cambiantes, lo que permitiría una simulación más detallada y precisa de este deporte.

Al repetir la simulación muchas veces, con diferentes configuraciones de variables y probabilidades, podemos obtener una visión completa de las posibles dinámicas y resultados del juego. Esto nos permite analizar patrones, identificar estrategias efectivas y explorar escenarios hipotéticos.

Finalmente, la simulación presentada brinda un ejemplo concreto que consideramos puede ser utilizado en el aprendizaje del tema de simulación estadística, el cual propicia el estudio de deducciones matemáticas y conceptos estadísticos complejos.

Conceptualización: Ambos autores contribuyeron de manera equitativa en todas las partes del trabajo, colaborando en el desarrollo, la investigación y la redacción de cada sección.

Accesibilidad de los datos: Los datos se generan por simulación y se puede compartir la semilla para replicar los códigos.

5. Referencias

B. Chance and A. Rossman, "Using simulation to teach and learn statistics," in *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics*, Voorburg, The Netherlands, 2006, pp. 1-6.

X. Zhang and Z. Maas, "Using R as a Simulation Tool in Teaching Introductory Statistics," *International Electronic Journal of Mathematics Education*, vol. 14, no. 3, pp. 599-610, 2019. https://doi.org/10.29333/iejme/5773

J. D. Mills, "Using Computer Simulation Methods to Teach Statistics: A Review of the Literature," *Journal of Statistics Education*, vol. 10, no. 1, pp. 1-21, 2002. https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910548

T. Koparan, "Teaching game and simulation based probability," *International Journal of Assessment Tools in Education*, vol. 6, no. 2, pp. 235-258, 2019. https://doi.org/10.21449/ijate.566563

T. Koparan and E. Taylan Koparan, "Empirical Approaches to Probability Problems: An Action Research," *European Journal of Education Studies*, vol. 5, no. 10, pp. 100-117, 2019. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.2557521

T. Hodgson and M. Burke, "On simulation and the teaching of statistics," *Teaching Statistics*, vol. 22, no. 3, pp. 91-96, 2000. https://doi.org/10.1111/1467-9639.00033

A. Sacerdoti and M. Giuliano, "Utilidad de la simulación en la enseñanza de la estadística básica," in *X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2004. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/22386

F. M. Azar, J. D. Lamplot, D. L. Bernholt, and D. D. Spence, "Pickleball: a standard review of injury prevalence and prevention in a rapidly growing sport," *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, p. 10-5435, 2022. http://doi.org/10.5435/JAAOS-D-24-00151

S. L. Terrell and P. Ficquette, "Exploring Training Strategies to Optimize Court Performance in Older Pickleball Athletes," *Strength & Conditioning Journal*, vol. 45, no. 1, pp. 1-12, 2023. http://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000703

La República, "Pickleball: el deporte que arrasa en EE.UU. tendrá primer torneo nacional en Costa Rica," 2023. [Online]. Available: https://www.larepublica.net/noticia/pickleball-el-deporte-que- arrasa-en-eeuu-tendra-primer-torneo-nacional-en-costa-rica.

La República, "Selección Tica ganó el quinto lugar en Mundial de Pickleball," 2023. [Online]. Available: https://www.larepublica.net/noticia/seleccion-tica- gano-el-quinto-lugar-en-mundial-de-pickleball.

I. Prieto-Lage, X. Reguera-López-de-la-Osa, A. Juncal-López, A. J. Silva-Pinto, J. C. Argibay-González, and A. Gutiérrez-Santiago, "Notational Analysis of Men's Singles Pickleball: Game Patterns and Competitive Strategies," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 19, p. 8724, 2024. https://doi.org/10.3390/app14198724

O. J. Herrera and L. A. Becerra, “Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada,” in *12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, vol. 10, 2014.