

## Práctica 9

### Interacciones entre partículas

#### Introducción

En esta práctica se simuló un sistema de partículas cargadas y sus interacciones electrostáticas. Así también como influye la masa de cada partícula en este tipo de sistemas.

#### Objetivos

1. Agregar una masa para cada partícula y estudiar la contribución de la misma en la velocidad de desplazamiento.
2. Agregar un radio que sea proporcional a la masa y que estos radios representen de manera visual el tamaño de la partícula.

#### Simulación y Resultados

Para esta práctica se simuló un sistema con cincuenta partículas cargadas y sus interacciones electrostáticas (atracciones o repulsiones) entre ellas durante cien pasos. Donde la velocidad de movimiento en cada paso de la simulación depende de la fuerza resultante de la magnitud de la diferencia entre las cargas que nos indicará la velocidad a la cual se repelen o se atraen las partículas.

Para la tarea base se agregó una masa a cada partícula, y que dicha masa contribuyera a la velocidad de movimiento. En este caso, las partículas con mayor masa se moverán más lento que las partículas con una masa más pequeña. Esto quiere decir que una partícula con mayor masa necesitará una fuerza mayor para moverse que una partícula con una masa menor. Para lograr esto primero se consideró que la aceleración es igual a cero ya que la fuerza se aplica en cada paso y no de manera continua, si esto es cierto entonces la velocidad de movimiento será función únicamente de las interacciones electrostáticas y de la masa de cada partícula.

En este razonamiento entonces podemos considerar a la velocidad resultante igual a la raíz cuadrada de la suma al cuadrado de las fuerzas en su componente en  $x$  y en  $y$ , ya que en estas fuerzas estamos considerando las interacciones electrostáticas y para considerar el efecto de la masa dividimos las fuerzas entre la masa de cada partícula. Es por ello que se agregó un *foreach* para calcular la velocidad de cada partícula donde se aplicó el razonamiento anterior como se muestra a continuación:

```
1. for (iter in 1:tmax) {  
2.   f <- foreach(i = 1:n, .combine=c) %dopar% fuerza(i)  
3.   delta <- 0.0008 / max(abs(f)) # que nadie desplace una paso muy  
   largo  
4.   p$x <- foreach(i = 1:n,  
   .combine=c) %dopar% max(min(p[i,]$x + delta * (f[c(TRUE,  
   FALSE)][i])/p[i,]$m, 1), 0)  
5.   p$y <- foreach(i = 1:n,  
   .combine=c) %dopar% max(min(p[i,]$y + delta * (f[c(FALSE,  
   TRUE)][i])/p[i,]$m, 1), 0)
```

```
6. p$v<- foreach (i = 1:n,
  .combine=c) %dopar% (delta*(sqrt(((f[c(TRUE,
FALSE)][i])/p[i,$m)^2+((f[c(FALSE, TRUE)][i])/p[i,$m]^2))))
```

Se graficaron los resultados de masa en función de la velocidad con el código que se muestra a continuación:

```
1. ggplot(data=p, aes(x=p$m, y=p$v))+
2.   xlab("Masa")+ylab("Velocidad")+
3.   geom_point()+
4.   geom_smooth(method = "lm", formula=y~log(x), se=FALSE)
5. ggsave(paste("Graifcol.png"))
6. regresion<-lm(data=p, p$v~log(p$m))
7. summary(regresion)
```

En el figura 1 se observa que la velocidad va disminuyendo cuando la masa de la partícula es mayor. Además se calculó con el comando `lm()` una regresión lineal con un valor de  $R^2$  igual a 0.5891. Sin embargo se observan algunos puntos que no corresponden a dicho comportamiento pero creo que es debido a que la velocidad no es únicamente función de la masa sino que también contribuyen las fuerzas electrostáticas.

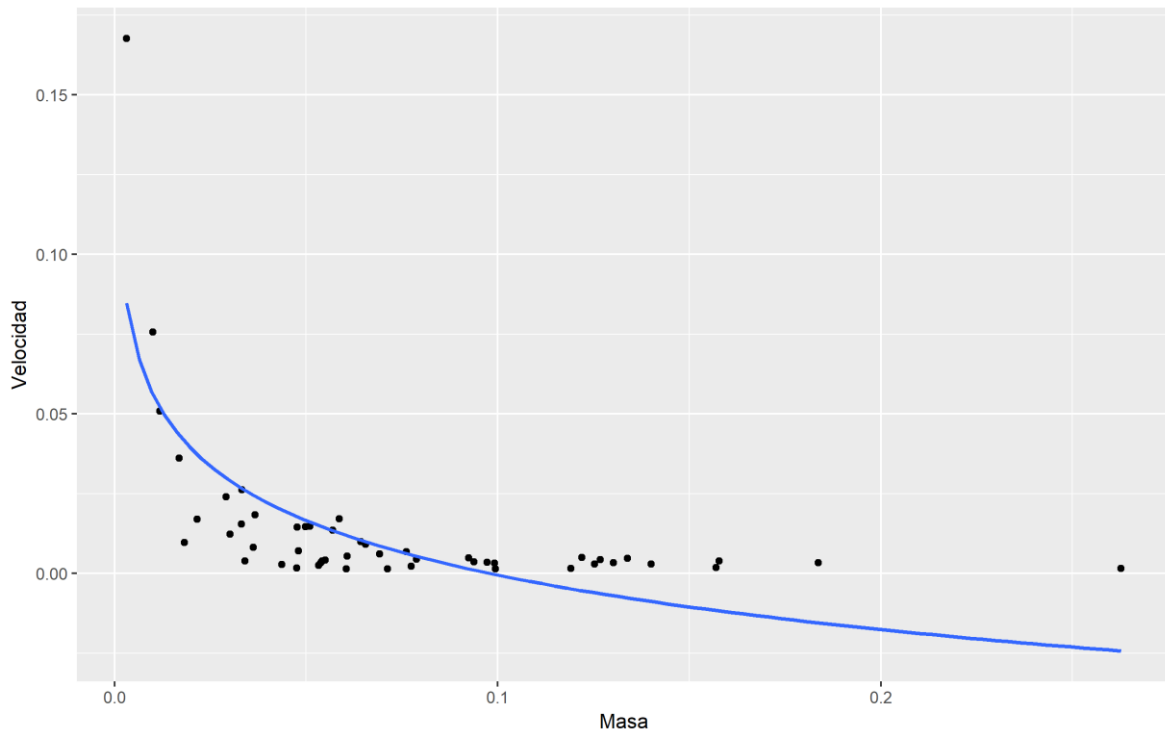


Figura 1. Relación entre la masa y la velocidad de movimiento.

## Reto 1

La mejor manera de corroborar la diferencia de velocidades en función de la masa es con una visualización. Este reto se llevó a cabo con la librería *ggplot2* donde se graficaron 50 partículas con un radio igual a su masa donde la masa es una distribución normal entre valores de 0.001 y 0.1 y cien pasos para cada corrida. El código para graficar esta visualización se muestra a continuación:

```
1. library(ggplot2)
2. ggplot() +
3.   geom_point(data=p, aes(x = p$x, y = p$y, size=p$r, color=p$g)) +
4.   scale_x_continuous(name="x", limits = c(0, 1)) +
5.   scale_y_continuous(name="y", limits = c(0, 1)) +
6.   scale_colour_manual(values=colores) +
7.   ggtitle(paste("Paso", iter)) +
8.   theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5)) +
9.   guides(size=FALSE, color=guide_legend(title="Carga"))
10.
11. ggsave(paste("P9_p_", iter, ".png"))
```

En la figura 2 se observa de izquierda a derecha, el primer paso de la simulación, un paso intermedio y el último paso de la simulación donde se puede observar que las partículas más pequeñas efectivamente se mueven más rápido que las partículas con un radio mayor. La simulación completa se puede encontrar en la carpeta de gifs para la práctica 9 del repositorio.

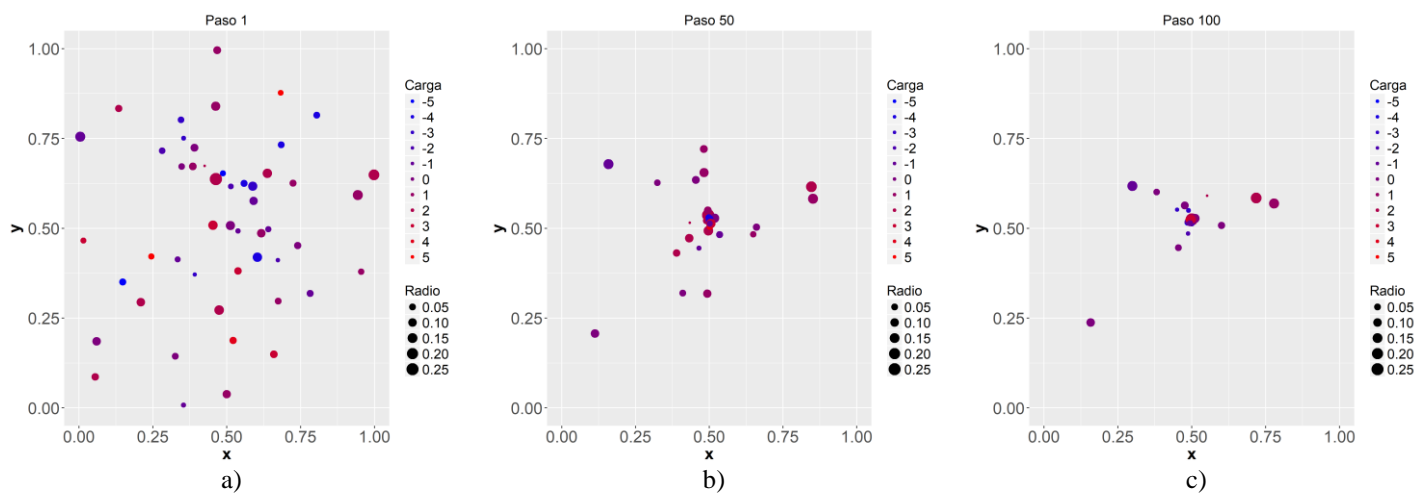


Figura 2. Visualización de la simulación para 100 pasos con un radio igual a la masa de cada partícula.

a) primer paso, b) paso intermedio, c) último paso.

## Conclusiones

Podemos concluir que la masa afecta la velocidad de movimiento de las partículas. Se observó una tendencia donde a mayor masa menor era la velocidad de la partícula.

Además la librería *ggplot2* nos ayudó a visualizar esa diferencia de velocidades donde claramente se observa que las partículas de radio mayor se mueven más lentas que las partículas que tienen un radio pequeño.