

# Proyecto de Simulación - Poblado en Evolución

Eliane Puerta Cabrera [e.puerta@estudiantes.matcom.uh.cu](mailto:e.puerta@estudiantes.matcom.uh.cu)  
Grupo C412

## Problema

El ejercicio en cuestión consiste en simular la evolución de un poblado humano utilizando eventos discretos.

### Poblado en Evolución

Se desea conocer la evolución de la población de una determinada región. Se conoce que la probabilidad de fallecer de una persona distribuye uniforme y se corresponde, según su edad y sexo, con la siguiente tabla:

| Edad   | Hombre | Mujer |
|--------|--------|-------|
| 0-12   | 0.25   | 0.25  |
| 12-45  | 0.1    | 0.15  |
| 45-76  | 0.3    | 0.35  |
| 76-125 | 0.7    | 0.65  |

Del mismo modo, se conoce que la probabilidad de una mujer se embarace es uniforme y está relacionada con la edad:

| Edad   | Prob. Embarazo |
|--------|----------------|
| 12-15  | 0.2            |
| 15-21  | 0.45           |
| 21-35  | 0.8            |
| 35-45  | 0.4            |
| 45-60  | 0.2            |
| 60-125 | 0.05           |

Para que una mujer quede embarazada debe tener pareja y no haber tenido el número máximo de hijos que deseaba tener ella o su pareja en ese momento. El número de hijos que cada persona desea tener distribuye uniforme según la

tabla siguiente:

| Número   | Probabilidad |
|----------|--------------|
| 1        | 0.6          |
| 2        | 0.75         |
| 3        | 0.35         |
| 4        | 0.2          |
| 5        | 0.1          |
| más de 5 | 0.05         |

Para que dos personas sean pareja deben estar solas en ese instante y deben desear tener pareja. El desear tener pareja está relacionado con la edad:

| Edad   | Probabilidad Querer Pareja |
|--------|----------------------------|
| 12-15  | 0.6                        |
| 15-21  | 0.65                       |
| 21-35  | 0.8                        |
| 35-45  | 0.6                        |
| 45-60  | 0.5                        |
| 60-125 | 0.2                        |

Si dos personas de diferente sexo están solas y ambas desean tener parejas entonces la probabilidad de volverse pareja está relacionada con la diferencia de edad:

| Diferencia de Edad | Probabilidad Establecer Pareja |
|--------------------|--------------------------------|
| 0-5                | 0.45                           |
| 5-10               | 0.4                            |
| 10-15              | 0.35                           |
| 15-20              | 0.25                           |
| 20 o más           | 0.15                           |

Cuando dos personas están en pareja la probabilidad de que ocurra una ruptura distribuye uniforme y es de 0.2. Cuando una persona se separa, o enviuda, necesita estar sola por un período de tiempo que distribuye exponencial con un parámetro que está relacionado con la edad:

| Edad   | $\lambda$ |
|--------|-----------|
| 12-15  | 3 meses   |
| 15-21  | 6 meses   |
| 21-35  | 6 meses   |
| 35-45  | 1 año     |
| 45-60  | 2 años    |
| 60-125 | 4 años    |

Cuando están dadas todas las condiciones y una mujer queda embarazada puede tener o no un embarazo múltiple y esto distribuye uniforme acorde a las probabilidades siguientes:

| Número de Bebés | Probabilidad |
|-----------------|--------------|
| 1               | 0.7          |
| 2               | 0.18         |
| 3               | 0.08         |
| 4               | 0.04         |
| 5               | 0.02         |

La probabilidad del sexo de cada bebé nacido es uniforme 0,5. Asumiendo que se tiene una población inicial de M mujeres y H hombres y que cada poblador, en el instante inicial, tiene una edad que distribuye uniforme  $U(0,100)$ . Realice un proceso de simulación para determinar como evoluciona la población en un período de 100 años.

## Modificaciones

Se le realizó un cambio a los valores de la probabilidad de embarazo múltiple para lograr que sumaran 1. Se cambió la probabilidad de que sean 2 bebés de 0.18 a 0.16.

Debido a que en el problema no se especifica el número máximo de hijos que puede querer una persona, se considera que este valor es 6.

La población inicial se generó a partir de una variable aleatoria con distribución Uniforme de 0 a 100 para la selección de las edades, y el número de mujeres que tendrá la población en el instante inicial puede ser definido por el usuario. En el presente caso se definió el sexo de cada persona de acuerdo a una distribución Uniforme(0,1) con probabilidad 0.5.

## Modelo

Para la modelación del problema se consideran los eventos: envejecer un año, establecer pareja, embarazo, nacimiento, ruptura de la relación, finalización del luto y muerte. El momento de la muerte se prefija a una edad determinada para cada persona en el momento de su nacimiento, de acuerdo a las probabilidades dadas.

### Variable de tiempo:

*time*: cantidad de meses transcurridos desde el inicio de la simulación

### Variables de estado:

*total\_people*: cantidad de personas

*births*: cantidad de nacimientos

*multiple\_births*: cantidad de nacimientos múltiples

*deaths*: cantidad de muertes

### Lista de Eventos:

(*Event, time, person*) donde Event es el evento que ocurrirá, time es el momento de la simulación en que ocurrirá el evento, y person es la persona objetivo del evento.

Los eventos iniciales ocurren en el tiempo 0 de la simulación. Cada evento (*event1*) genera otro evento (*event2*) cuyo tiempo de ocurrencia se establece de la forma:  $event2.time = event1.time + tiempoX$ . Por ejemplo, un evento embarazo (*pregnancy*) genera un evento nacimiento (*birth*) que ocurrirá en el tiempo  $birth.time = pregnancy.time + 9$ .

Los eventos se encolan en una cola de prioridad de mínimo de acuerdo a su tiempo de ocurrencia, esto garantiza que los eventos ocurran en orden temporal, y provoca situaciones tales como que una pareja se separe antes de que la mujer pueda dar a luz si estaba embarazada. En el caso de la muerte, cuando se ejecuta este evento se eliminan de la cola todos los demás eventos cuya persona objetivo es la que murió.

El tiempo en la simulación avanza de acuerdo al evento que ocurre. Si en un instante de la simulación ocurre un evento *event* que tiene tiempo *ev\_time*, entonces la variable global de tiempo se actualiza de la forma:  $global\_time = event.ev\_time$ .

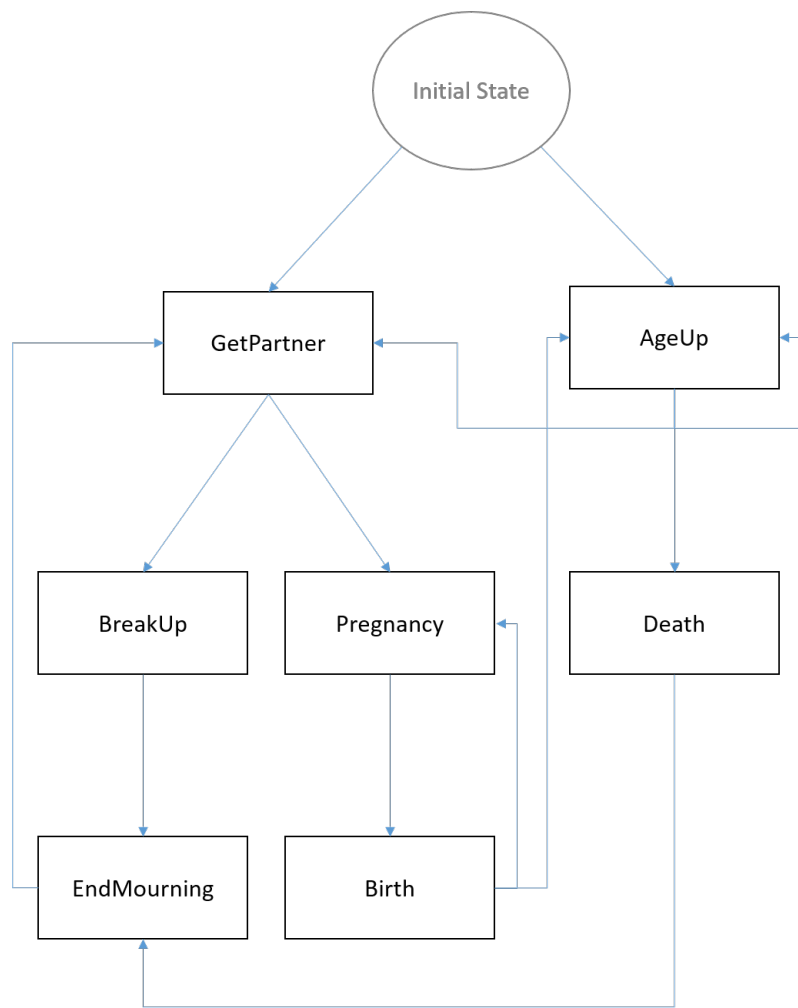
El evento envejecer (*AgeUp*) solamente se encarga de actualizar la edad de las personas y encolar el evento muerte (*Death*) con diferencia de tiempo 0 (para ejecutarse en ese mismo instante de la simulación) en caso de que la persona haya llegado a la edad prefijada de muerte.

A los pobladores iniciales se les prefija el momento de la muerte en su creación.

En el instante inicial:

- el total de personas es el tamaño de población escogido.
- el total de nacimientos, nacimientos múltiples y muertes es 0 respectivamente.
- el tiempo inicial es 0.
- todas las personas están solteras y disponibles para buscar pareja, excepto las menores de 12 años.

Los eventos iniciales son buscar pareja y envejecer y se encolan uno de cada cual para cada una de las personas de la población. En el evento buscar pareja se selecciona una posible pareja de acuerdo a un muestreo aleatorio sobre las personas que estén disponibles en la población. Este evento tiene éxito si se cumplen las condiciones fijadas en el problema: si la persona está soltera y no está de luto, si quiere pareja (de acuerdo a la probabilidad dada) y si puede establecerse la pareja entre la persona en cuestión y la posible pareja escogida (de acuerdo a las probabilidades dadas).



## Resultados

Luego de 10 simulaciones con una población inicial de 300 personas y un tiempo de simulación de 100 años se obtuvieron los siguientes datos:

| Variable              | Promedio |
|-----------------------|----------|
| Total de personas     | 402.6    |
| Nacimientos           | 88.1     |
| Nacimientos múltiples | 25.7     |
| Muertes               | 29.0     |

El número promedio de personas en la población al finalizar una simulación es de aproximadamente 402 personas para una población de 300, lo que da un promedio de aproximadamente 102 personas nacidas por simulación. El número medio de muertes por simulación es 29 y el promedio de nacimientos es 88.1

nacimientos.

Teniendo en cuenta que la simulación tiene un tiempo de duración de 100 años, los datos indican que nace aproximadamente una persona por año, este valor resulta estar un poco alejado del valor real de nacimientos en una población de 300 personas. Lo mismo sucede con el número de muertes: aproximadamente 0.29 muertes por año.

Se concluye que deben cambiarse algunos de los parámetros de la simulación para hacerla más realista, entre estos pudiera estar la probabilidad de muerte y la probabilidad de embarazo. Se recomienda también cambiar las condiciones que deben cumplirse para dar lugar a un embarazo; quitar la restricción que indica que la persona debe tener pareja pudiera acercar más la simulación a un escenario real. Al igual que utilizar datos reales para fijar el tiempo entre los distintos eventos.