

# Ecología Teórica I

# **EPIDEMIAS**

Por: Gerardo Martín



ESCUELA  
NACIONAL DE  
ESTUDIOS  
SUPERIORES

UNIDAD

**MÉRIDA**

# OBJETIVOS

01

## Objetivo 01

---

Comprender el proceso epidémico como un fenómeno ecológico y poblacional

02

## Objetivo 02

---

Comprender el paradigma compartamental de los modelos de epidemias

03

## Objetivo 03

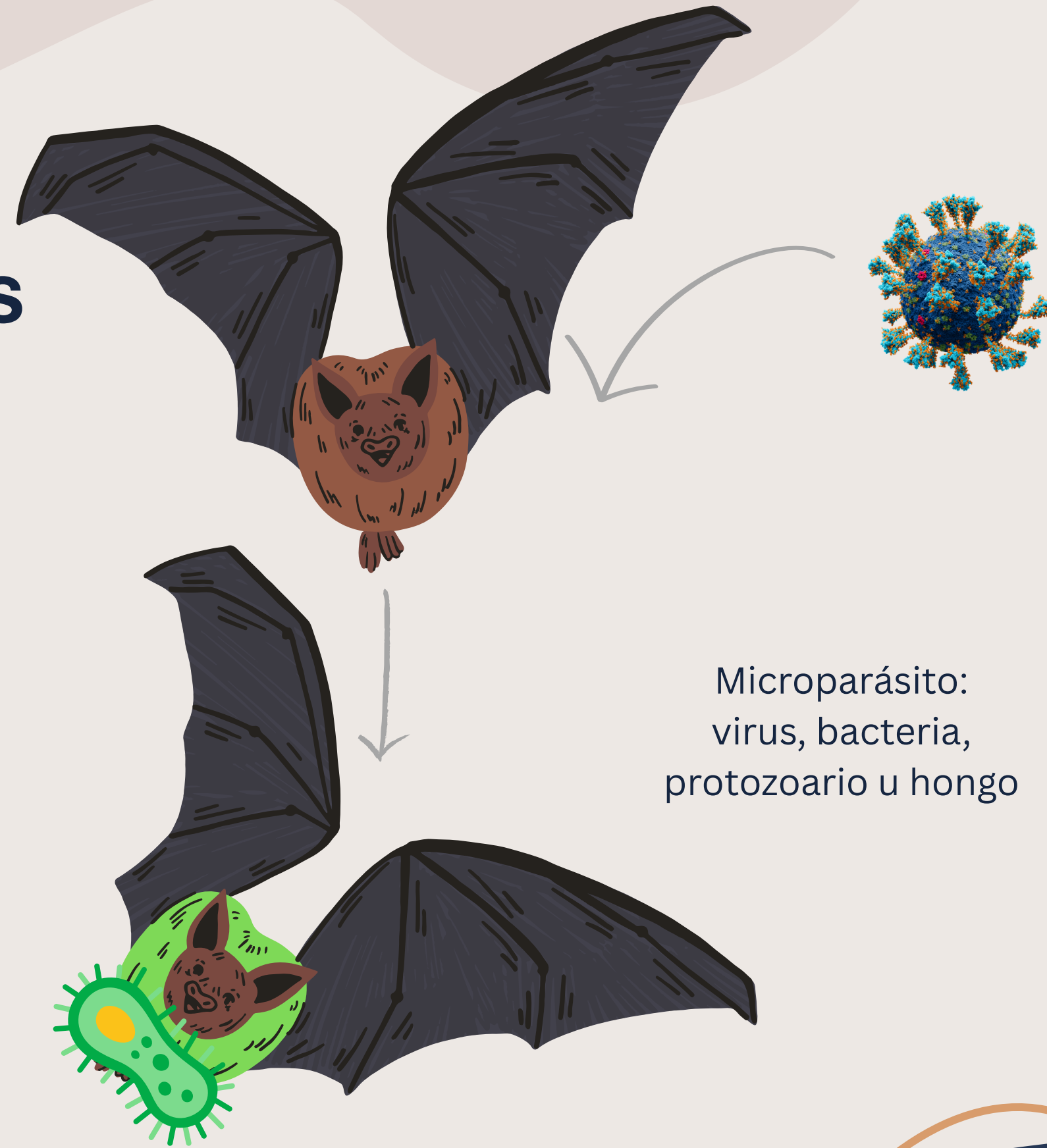
---

Conocer la estructura básica de un modelo de transmisión de enfermedades

# INTRODUCCIÓN

## LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

- Interacción de parasitismo
- Organismo grande (hospedero) es hábitat de otro microscópico
- Consecuencias para funciones vitales del hospedero



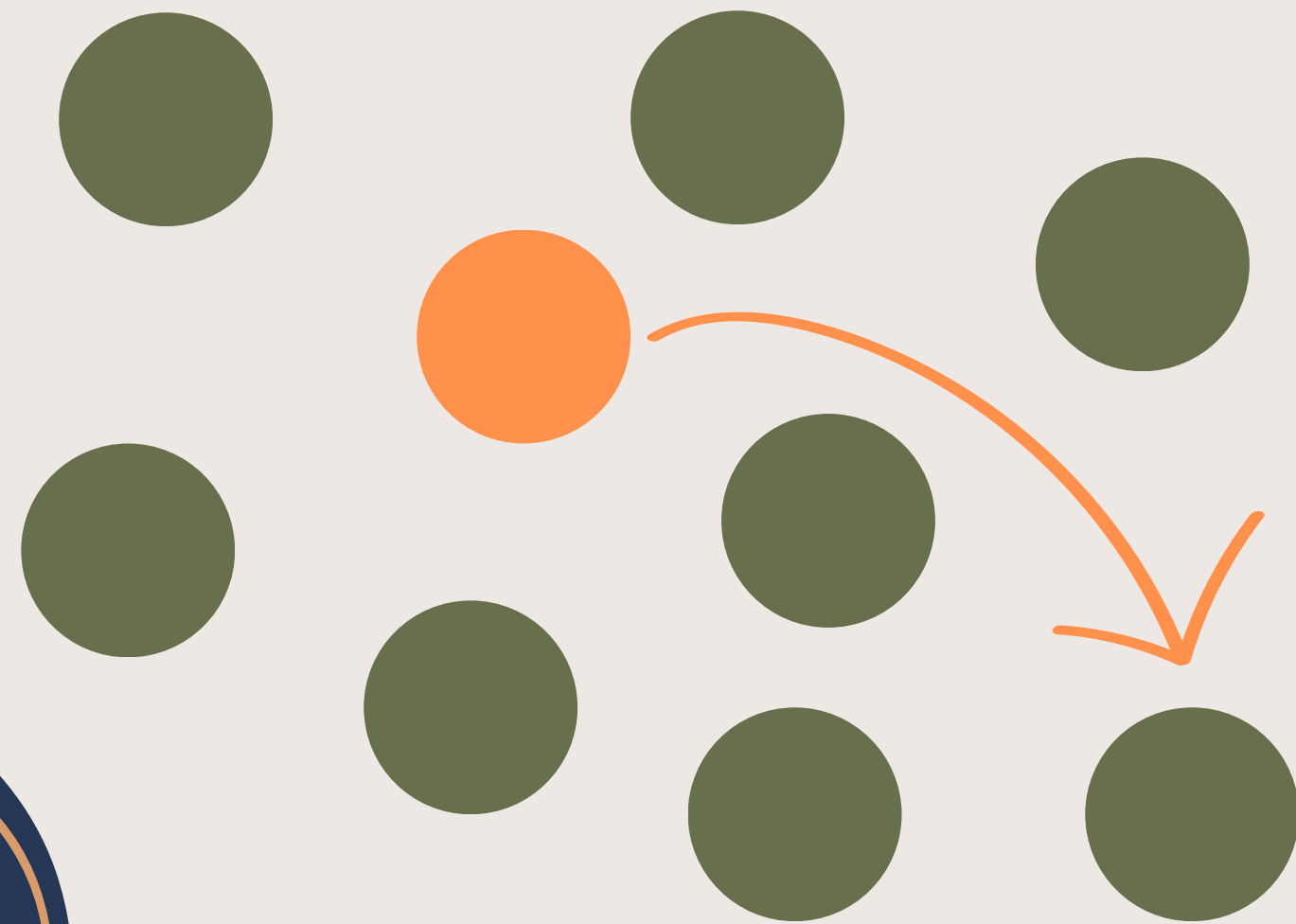
# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN

Proceso de  
colonización de  
hábitats discretos

Parches habitados

Parches deshabitados

# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN

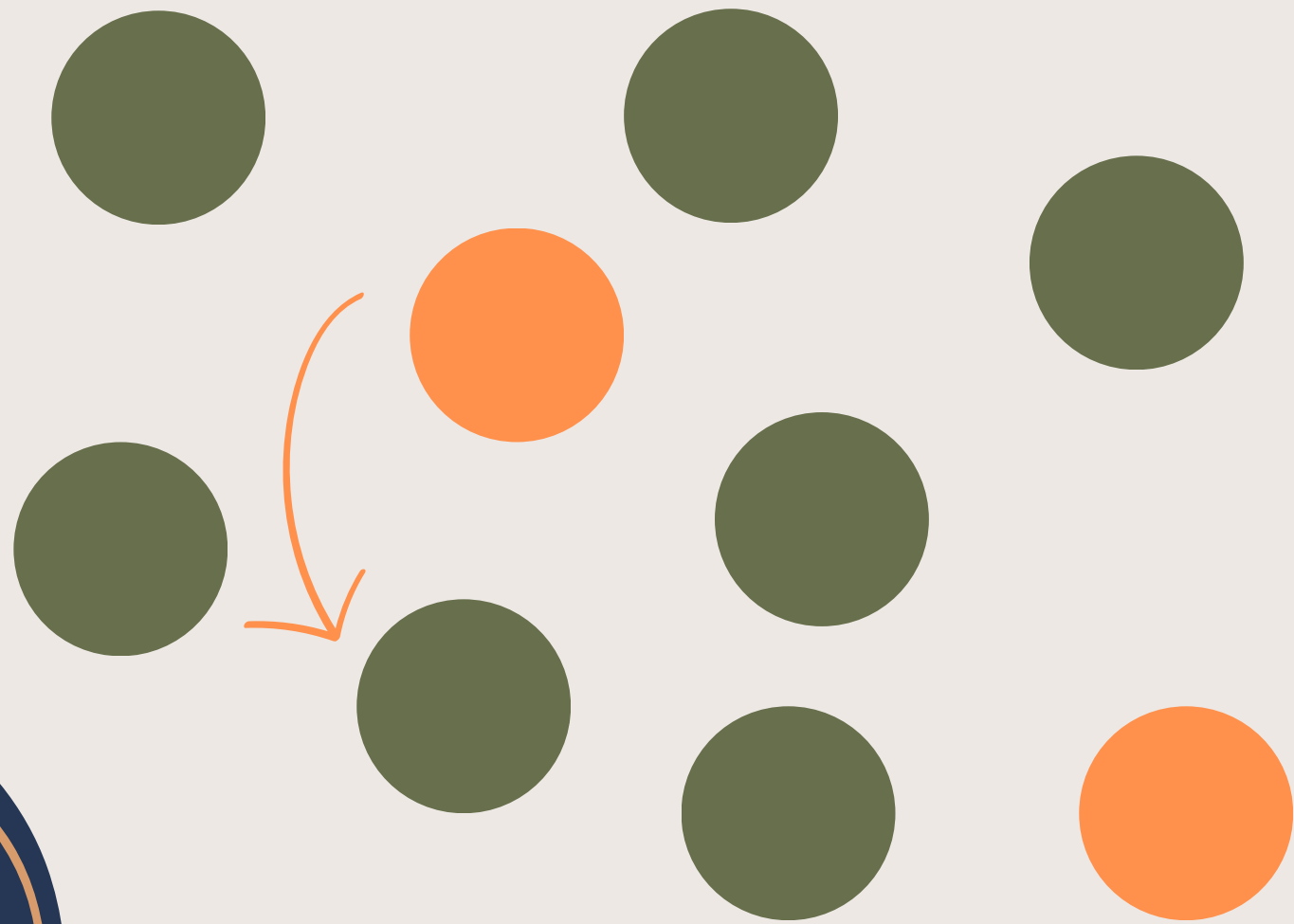


Proceso de  
colonización de  
hábitats discretos

Parches habitados

Parches deshabitados

# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN

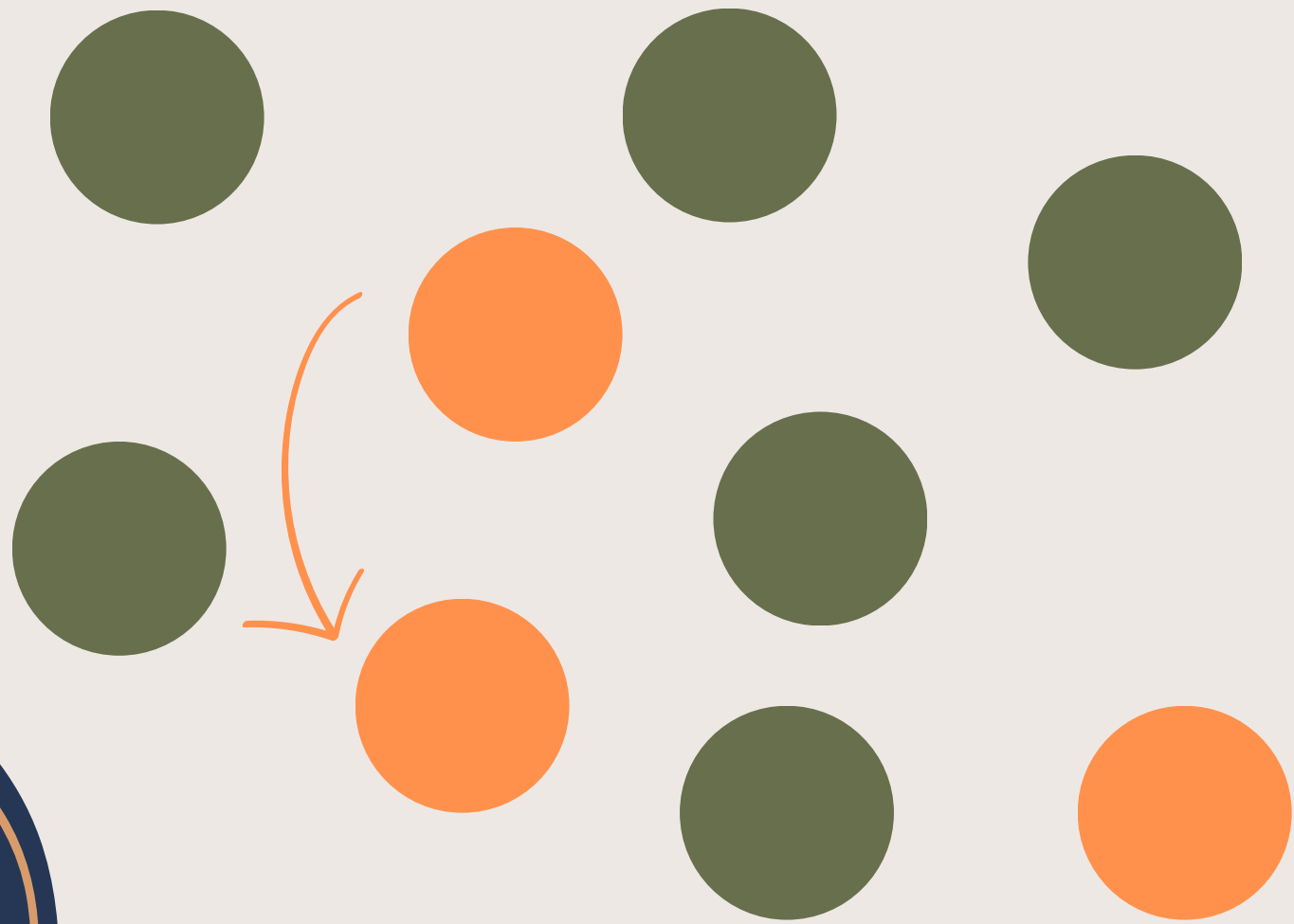


Hospederos = Hábitat

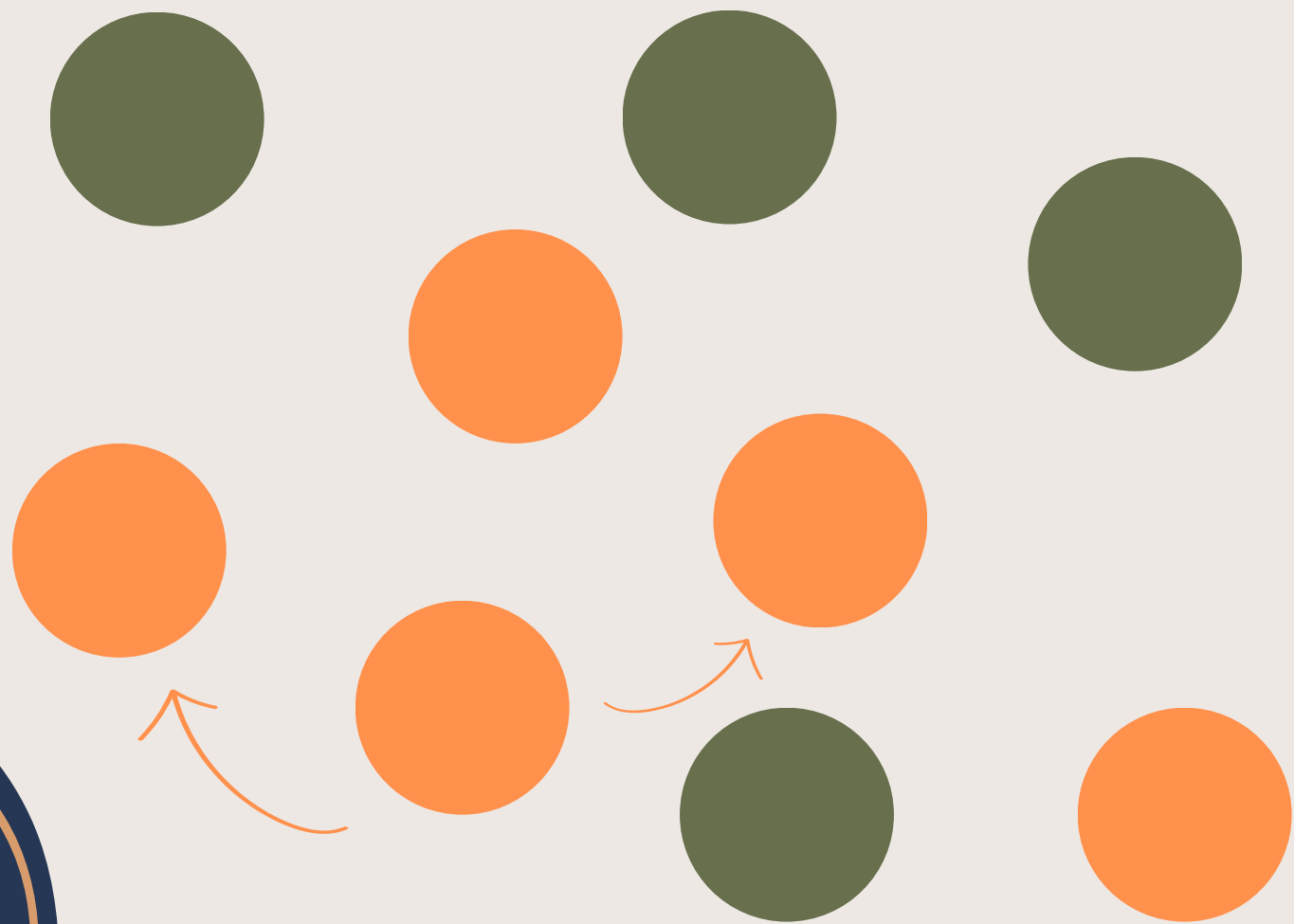
Hospederos **susceptibles** ~  
Parches deshabitados

Hospederos **infectados** ~  
Parches habitados

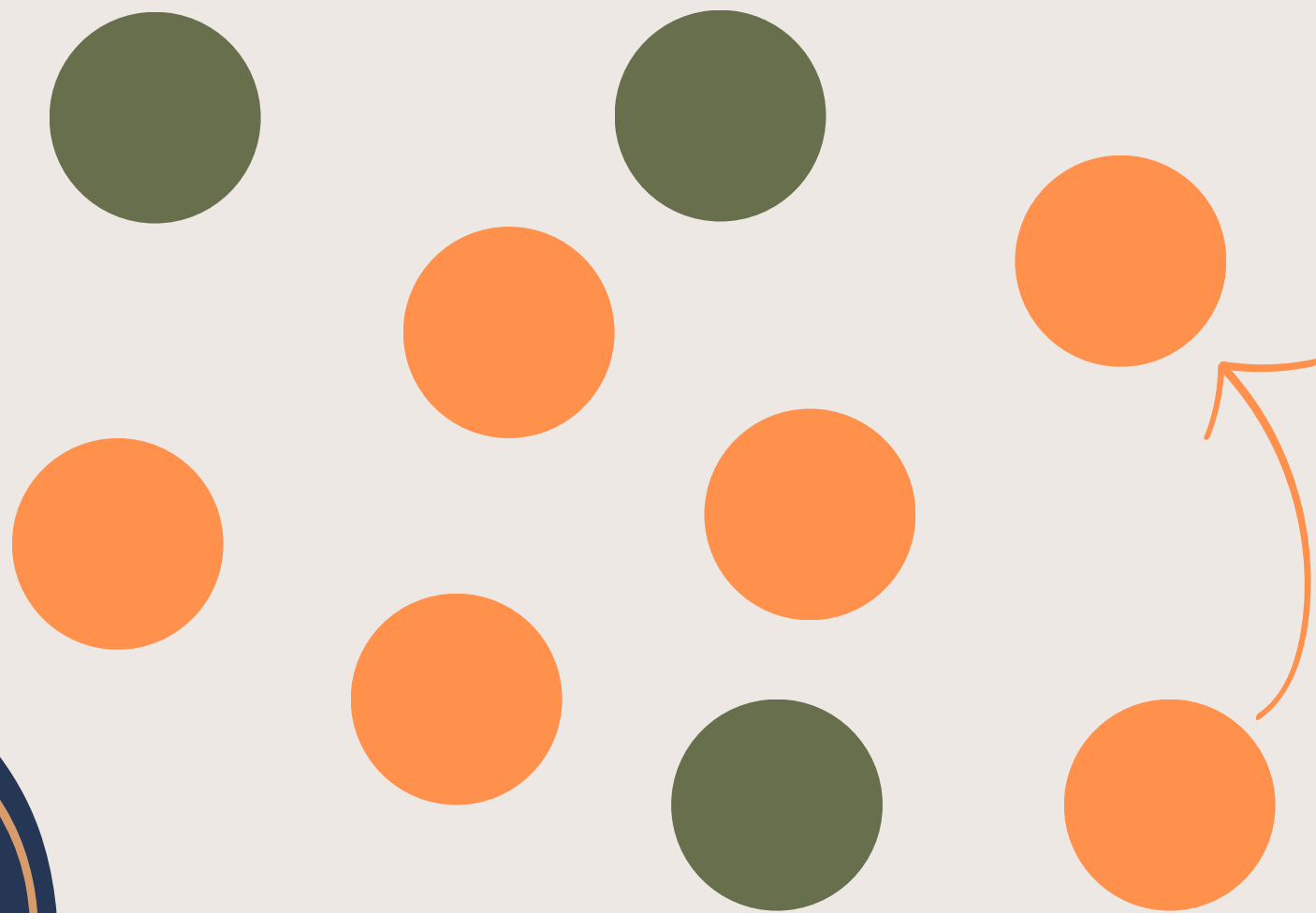
# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN



# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN



# EPIDEMIA COMO METAPOBLACIÓN

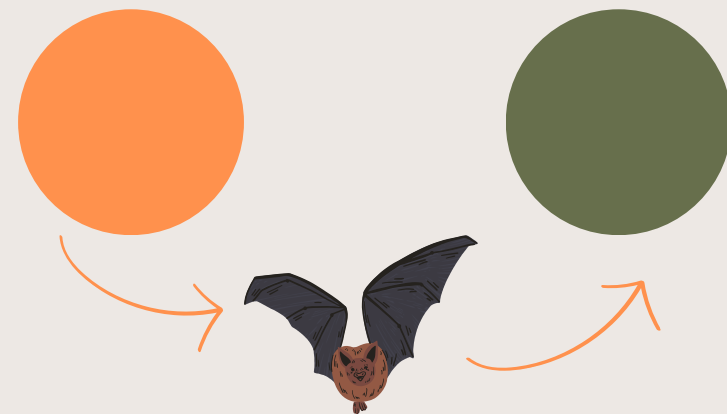


# DIFERENCIAS

## Metapoblaciones

Colonización:

**Movimiento** de  
individuos entre hábitats



## Epidemias

Infección:

**Contacto** entre individuos  
infectados y susceptibles

Movimiento de  
hospederos y  
microparásitos



# LOS ESTADOS



Deshabitados    Habitados

## EN UNA METAPOBLACIÓN

Proceso de expansión espacial



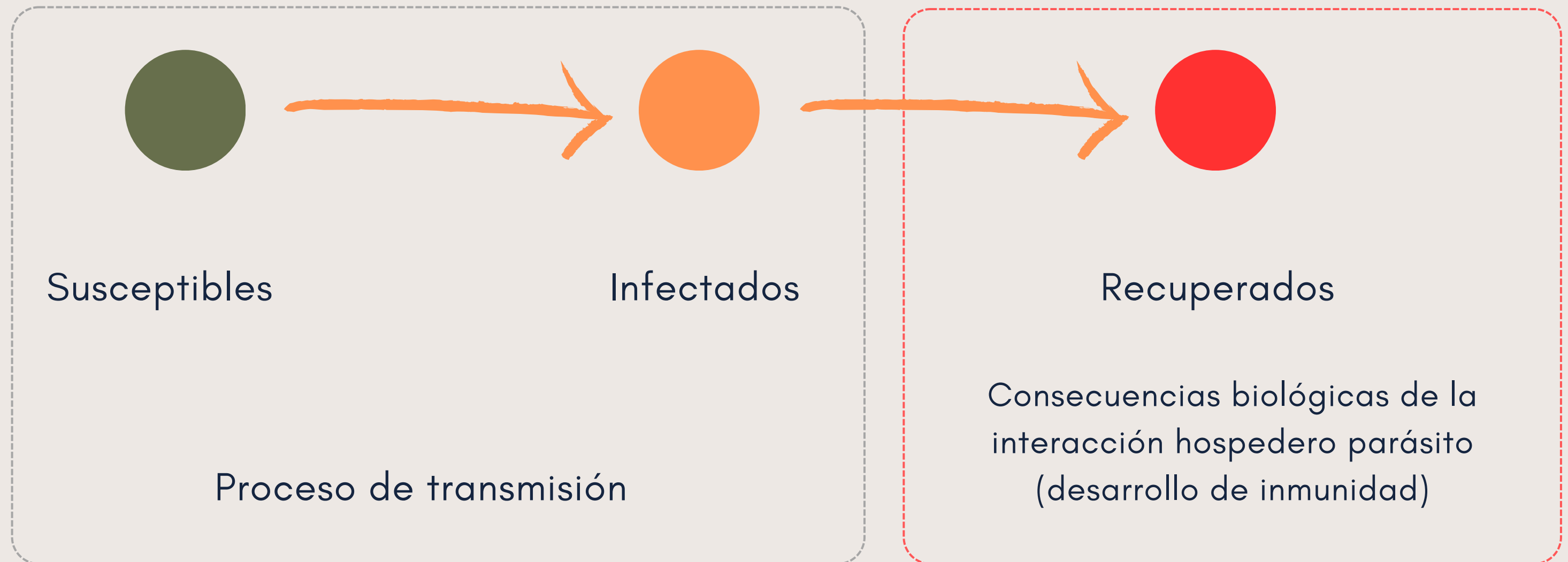
Susceptible    Infectado    ?

## EN UNA EPIDEMIA

Proceso de incremento de  
frecuencia de interacción entre  
dos especies, y sus  
consecuencias

# EL PARADIGMA COMPARTAMENTAL

Clasificar población de hospederos con  
base en estado epidemiológico

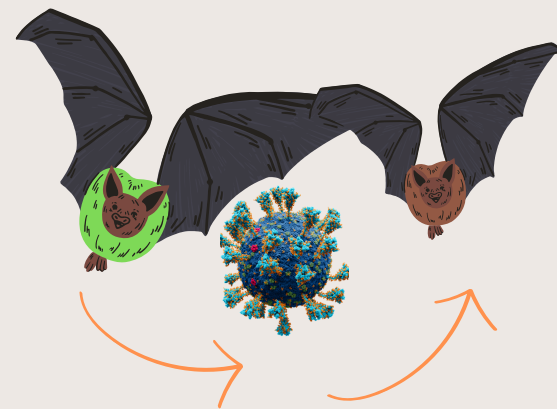


## Epidemias

Infección:

**Contacto** entre individuos infectados y susceptibles

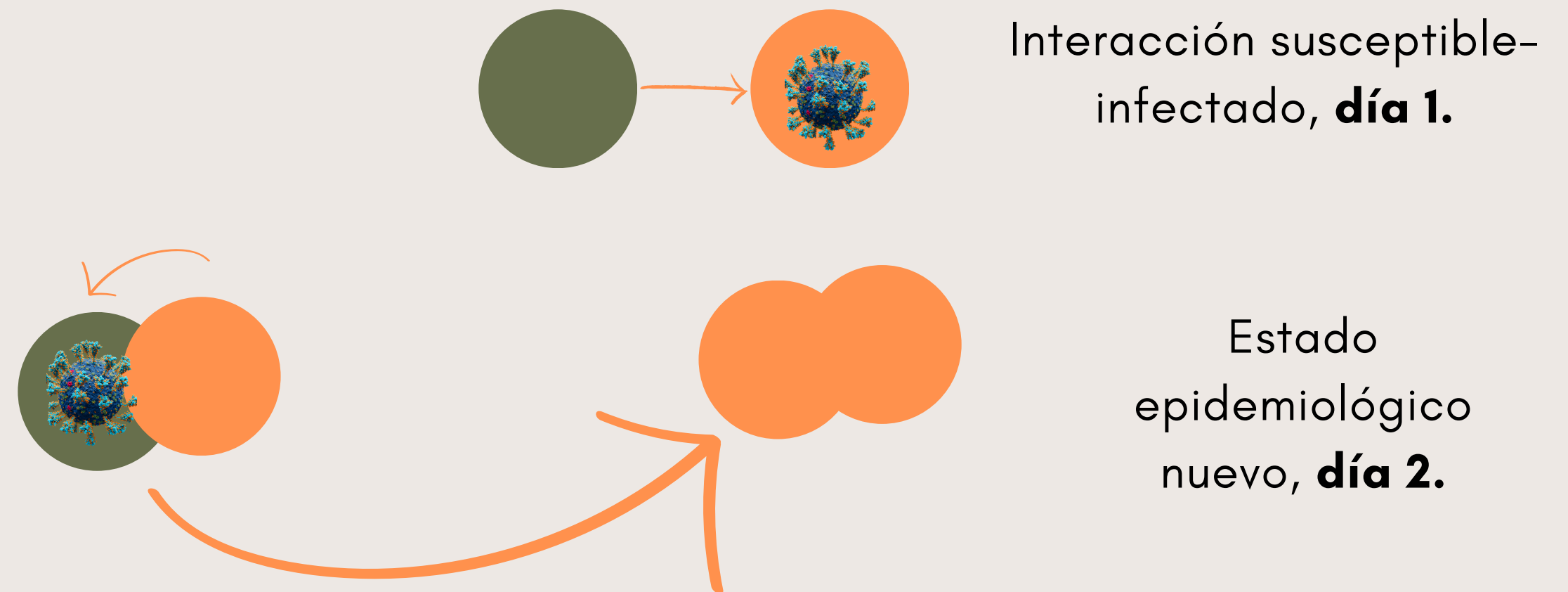
Movimiento de  
hospederos y  
microparásitos



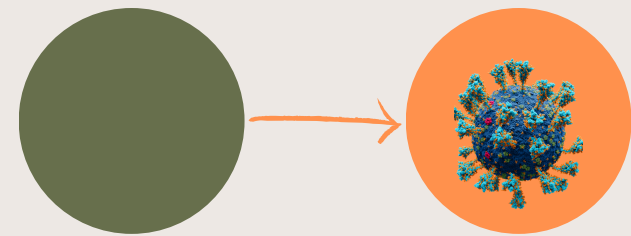
Diapo 10

# LOS CONTACTOS Y LA TRANSMISIÓN

Cercanía física o interacción que permite transferencia de microparásitos de un individuo infectado a uno susceptible, resultando en transición de estado

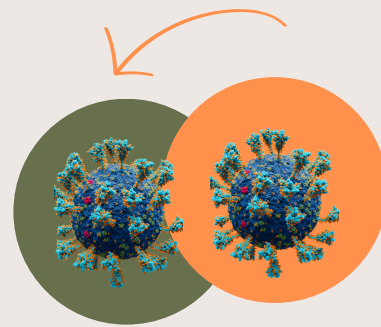


# LAS CONSECUENCIAS BIOLÓGICAS



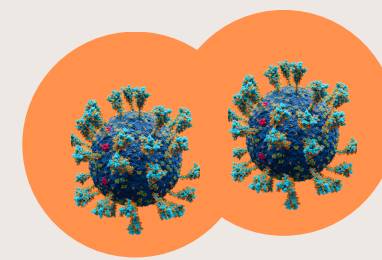
1 susceptible  
1 infectado

**día 1**



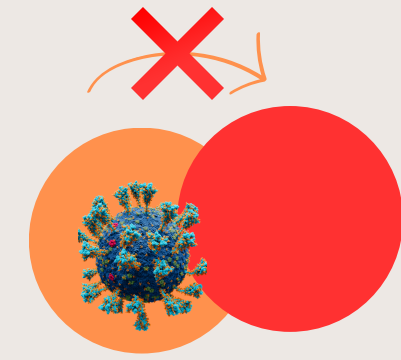
1 **expuesto**  
1 infectado

**día 2**



2 infectados

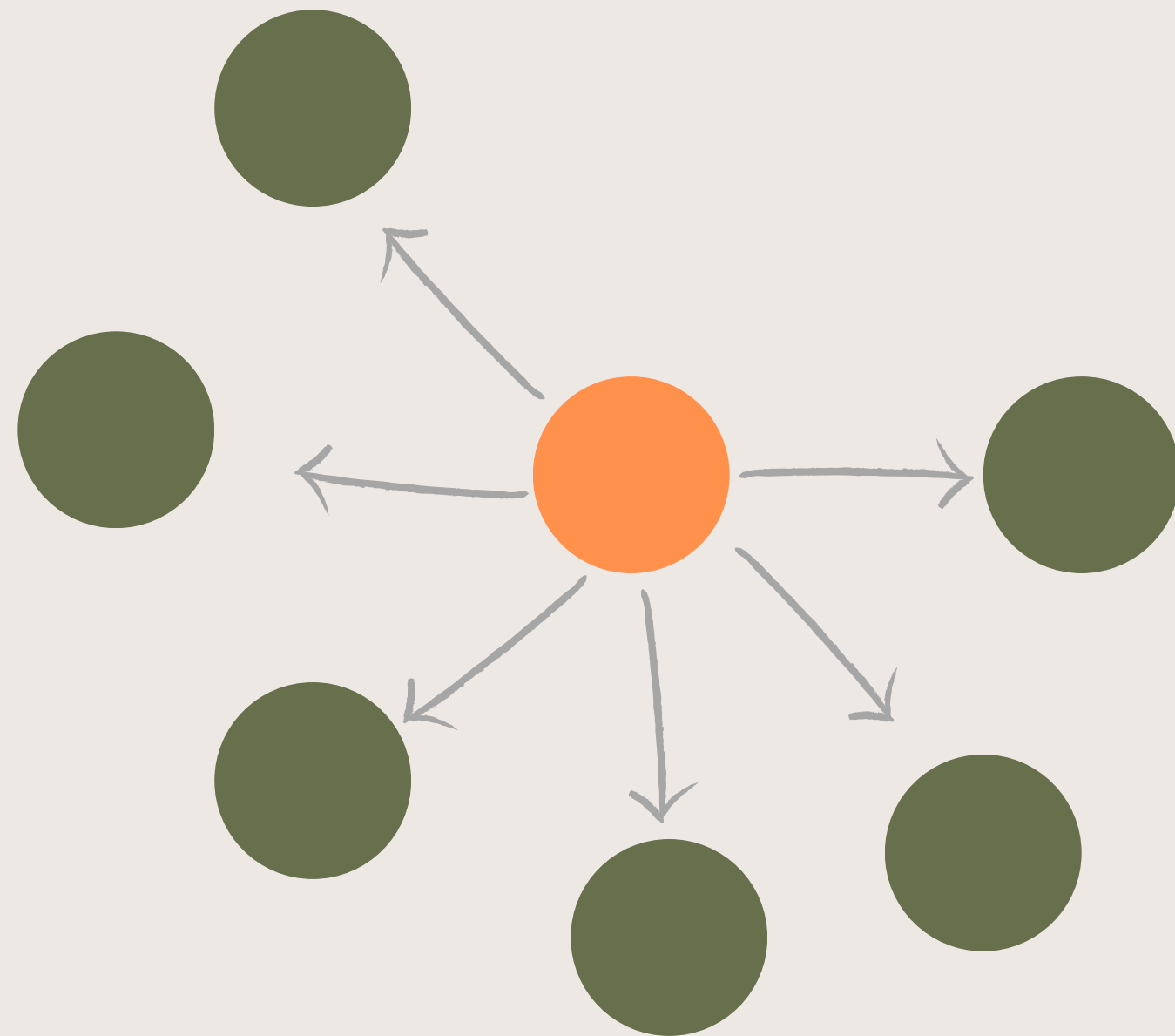
**día 3**



1 infectado  
1 recuperado

**día 4**

# LA TRANSMISIÓN A NIVEL POBLACIONAL



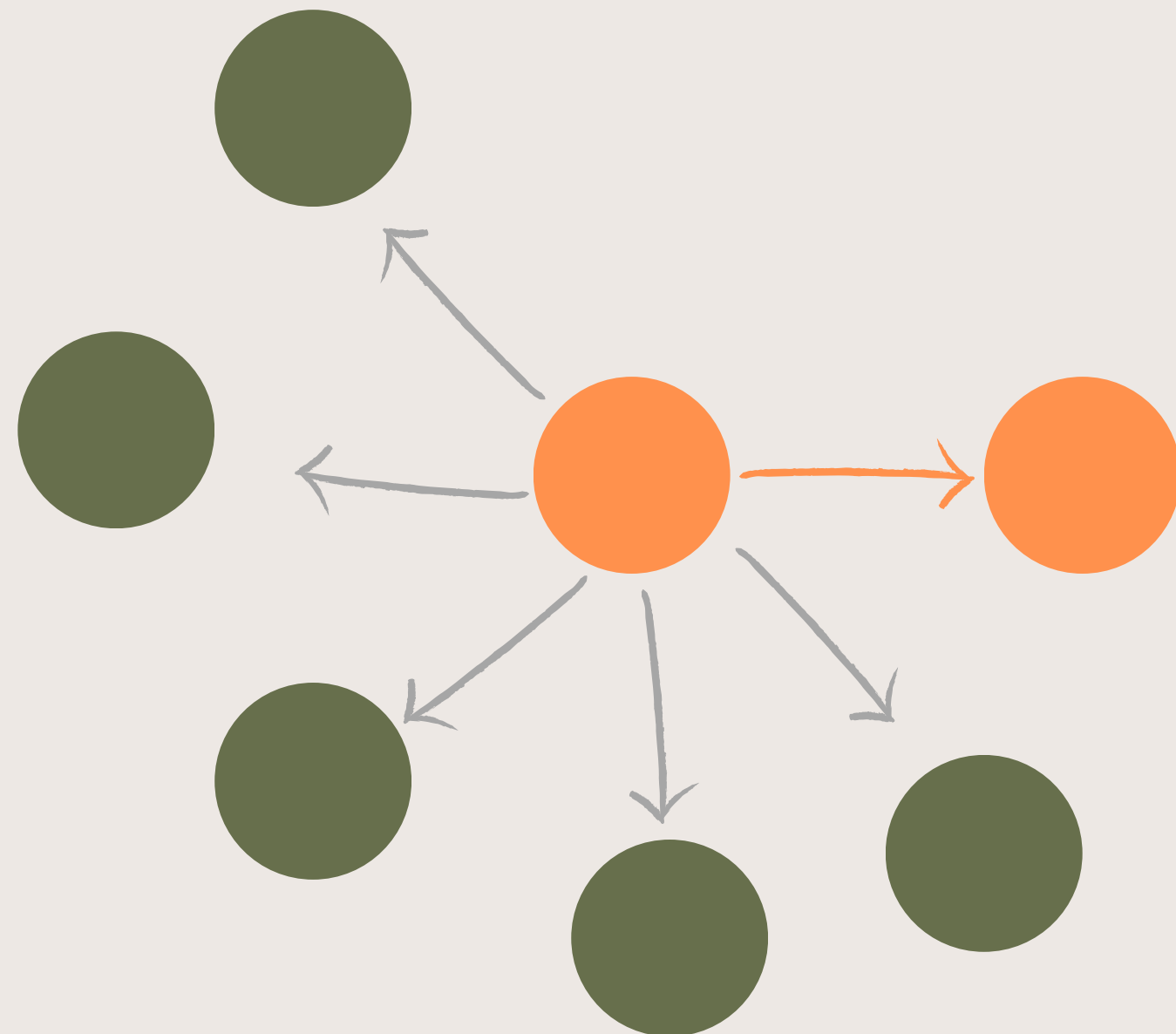
1 infectado ( $I$ )

6 susceptibles ( $S$ )

Contactos infecciosos posibles:

$$S \times I = 6 \times 1$$

# LA TRANSMISIÓN A NIVEL POBLACIONAL



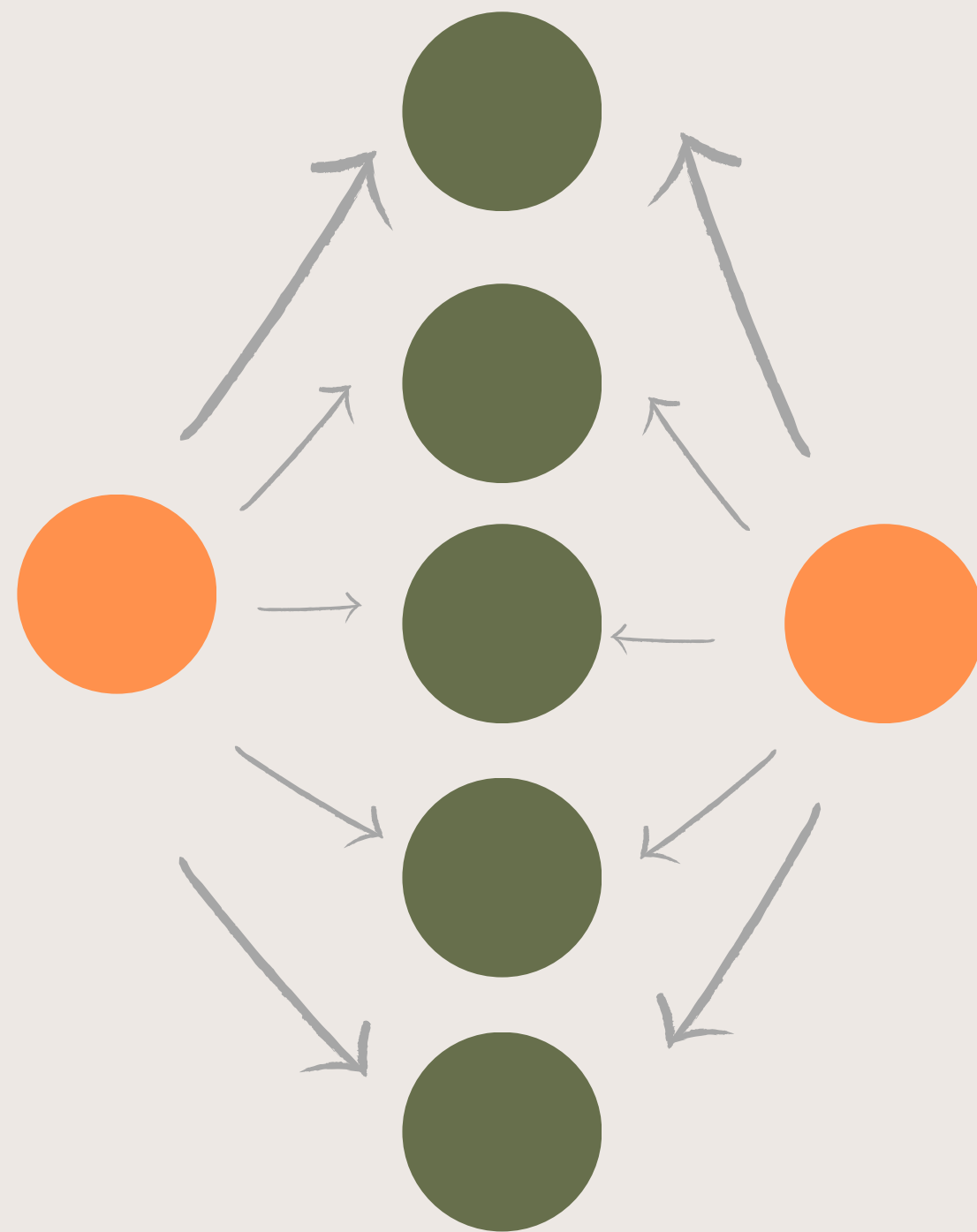
2 infectado ( $I$ )

5 susceptibles ( $S$ )

Contactos infecciosos posibles:

...

# LA TRANSMISIÓN A NIVEL POBLACIONAL



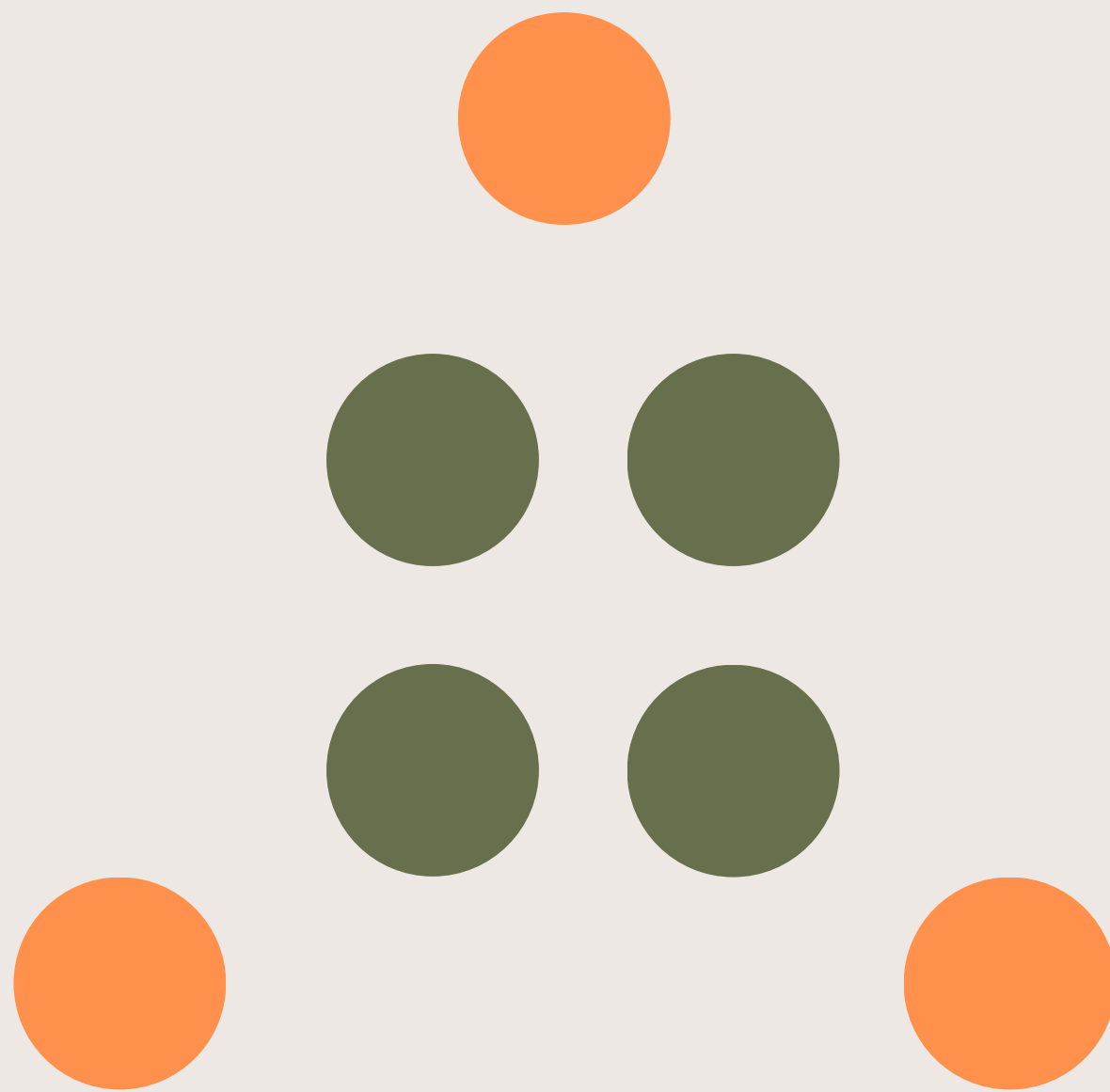
2 infectado (*I*)

5 susceptibles (*S*)

Contactos infecciosos posibles:

$$S \times I = 5 \times 2 = 10$$

# LA TRANSMISIÓN A NIVEL POBLACIONAL



2 infectado ( $I$ )

5 susceptibles ( $S$ )

Contactos infecciosos posibles:

$$S \times I = 4 \times 3 = 12; t = 3$$

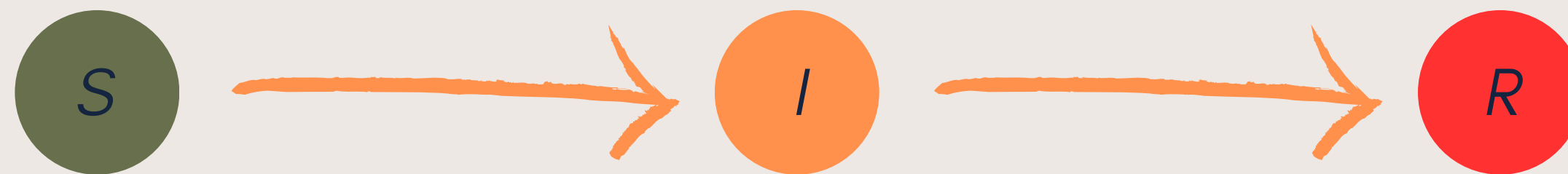
$$S \times I = 3 \times 4 = 12; t = 4$$

$$S \times I = 2 \times 5 = 10; t = 5$$

$$S \times I = 1 \times 6 = 6; t = 6$$

# REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA EPIDEMIAS EN UNA POBLACIÓN

Progresión temporal del número de individuos en cada estado epidemiológico



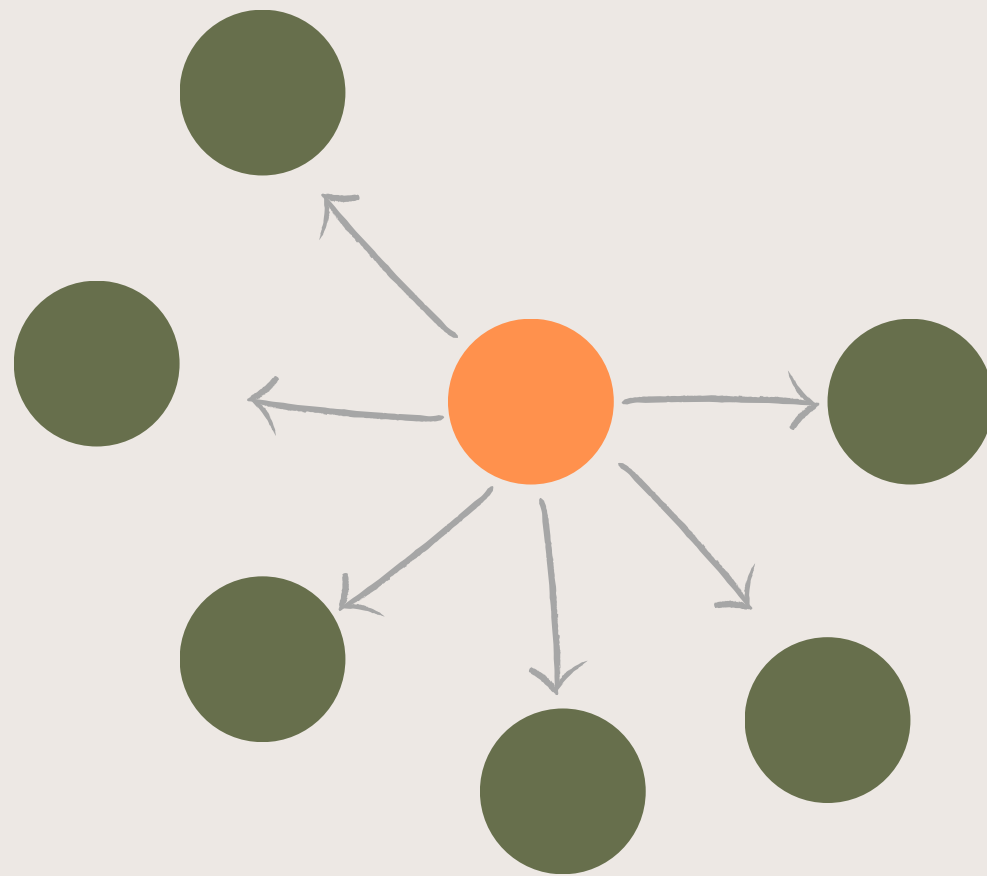
Transmisión, acción de masas:

$$S \times I$$

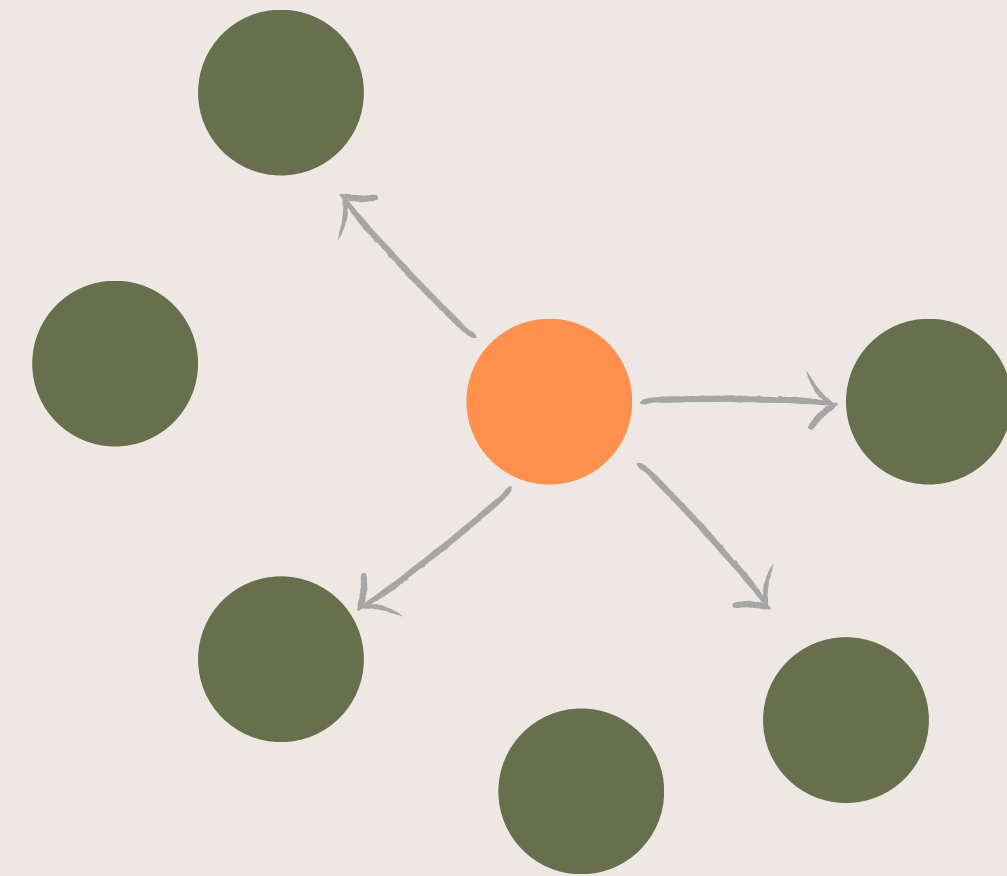
Consecuencias de interacción, frecuencia temporal con que ocurren eventos, como la recuperación

# REGULACIÓN DE LOS CONTACTOS

Pensemos en el mundo real: ¿Qué escenario es más probable?



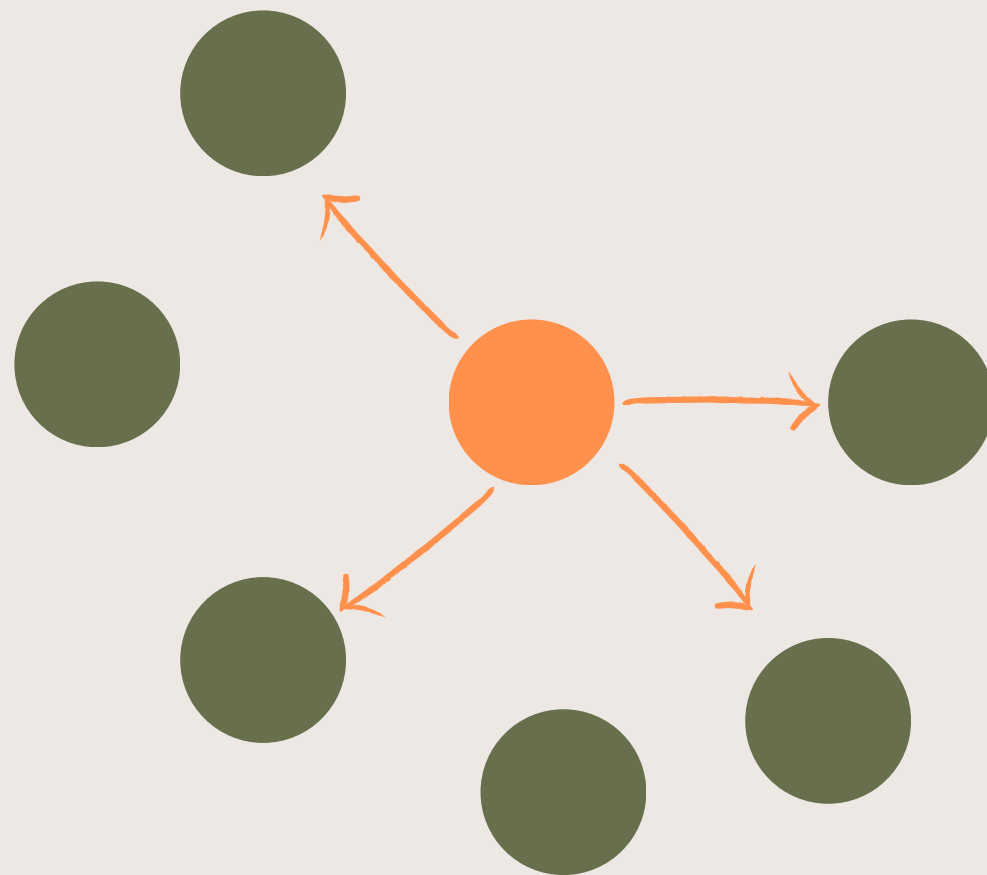
A) Todos los contactos posibles ocurren



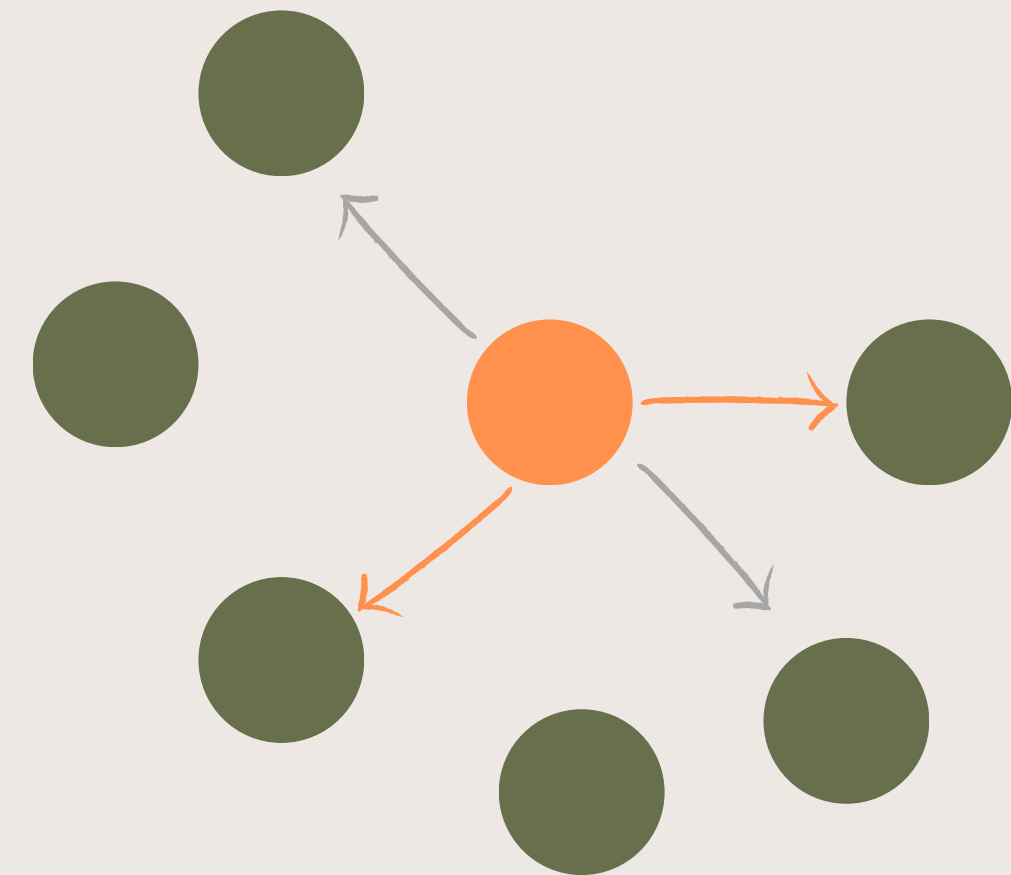
B) Sólo una fracción de los contactos posibles ocurren

# REGULACIÓN DE LOS CONTACTOS

Pensemos en el mundo real: ¿Qué escenario es más probable?



A) Todos los contactos que ocurren resultan en transmisión



B) Sólo una fracción de los contactos que ocurren resultan en transmisión

# LO QUE REPRESENTAN LOS MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

## Cantidades

Número de individuos

$$N(0) = 100$$

$$N(1) = 101$$

....

## Clasificación

Estado epidemiológico

$$N = S + I + R + \dots$$

## Dimensiones

A lo largo del tiempo

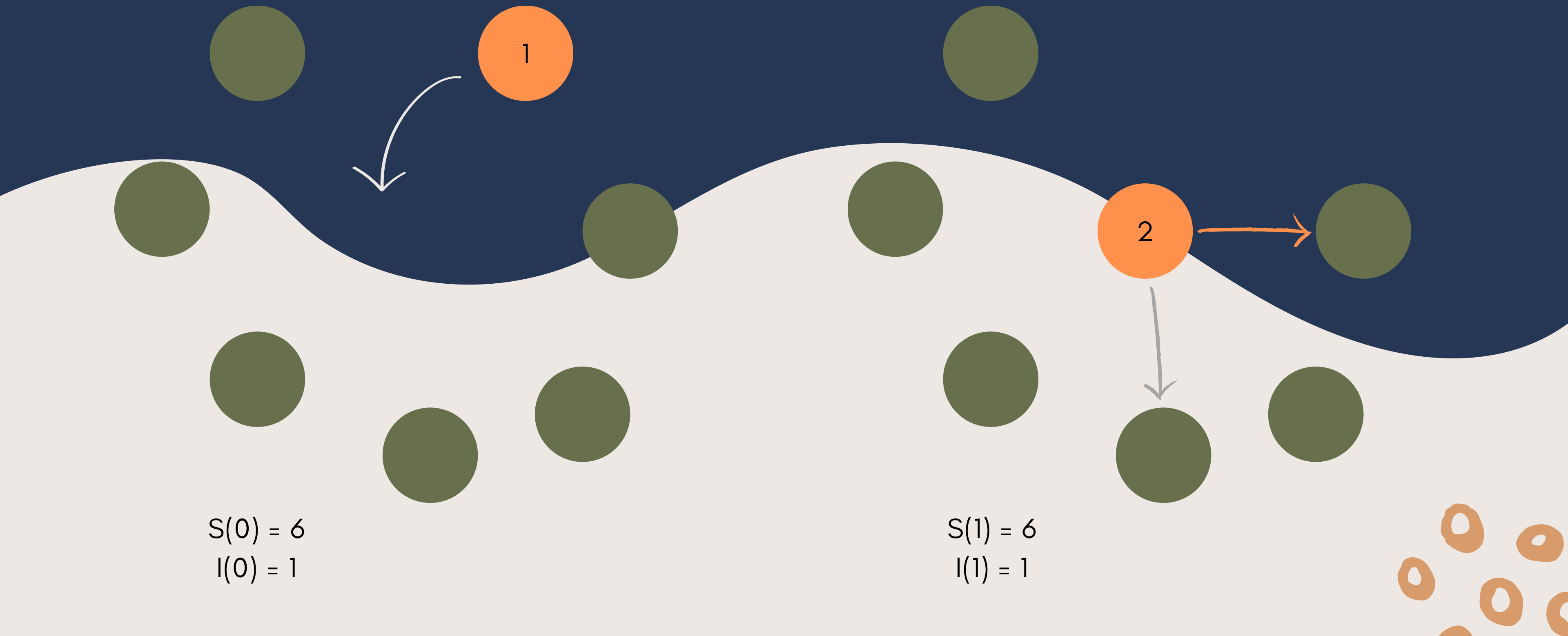
$$I(0) = 1 \quad S(0) = 99$$

$$I(1) = 1 \quad S(1) = 99$$

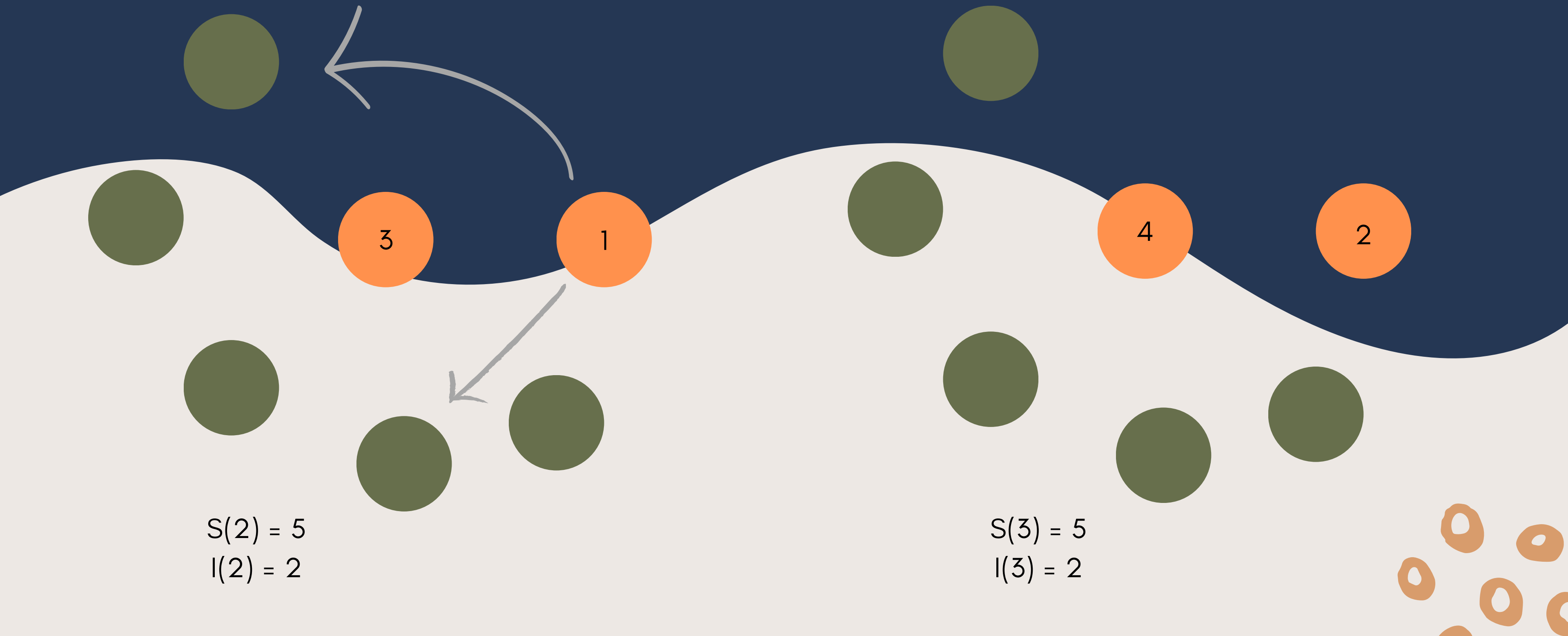
$$I(2) = 2 \quad S(2) = 98$$

$$I(3) = 3 \quad S(3) = 97$$

# GRÁFICAMENTE



# GRÁFICAMENTE

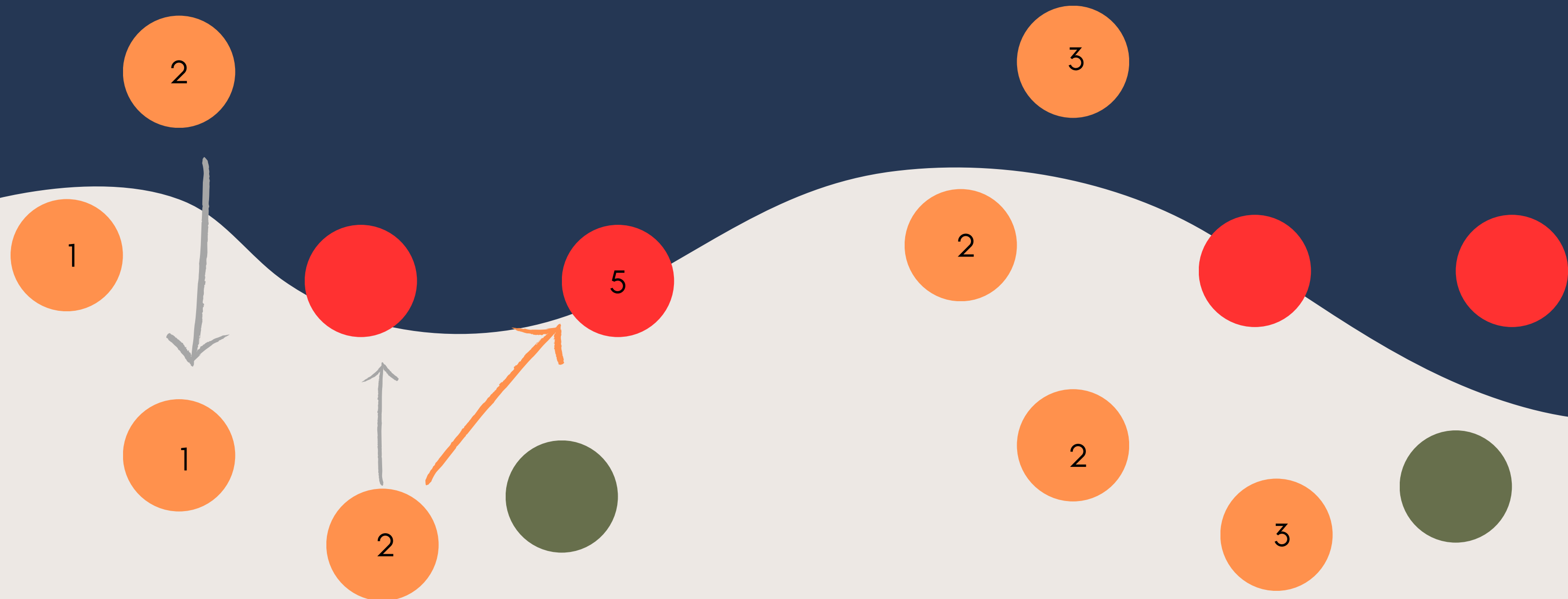


# GRÁFICAMENTE

$S(4) = 5$   
 $I(4) = 2$

$S(5) = 5$   
 $I(5) = 2$   
 $R(5) = 1$

# GRÁFICAMENTE



$$\begin{aligned} S(6) &= 1 \\ I(6) &= 4 \\ R(6) &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S(7) &= 1 \\ I(7) &= 4 \\ R(7) &= 2 \end{aligned}$$

# LOS CONTACTOS

## MECANISMO POBLACIONAL DE TRANSMISIÓN

1

Número de contactos posibles

$$S \times I$$

2

Fracción de contactos que ocurren

$$c S \times I$$

3

Fracción de contactos donde ocurre transmisión

$$vc S \times I$$

# LOS CONTACTOS BASE DE MODELACIÓN

$$\beta S \times I$$

$$\beta SI$$

Número de susceptibles

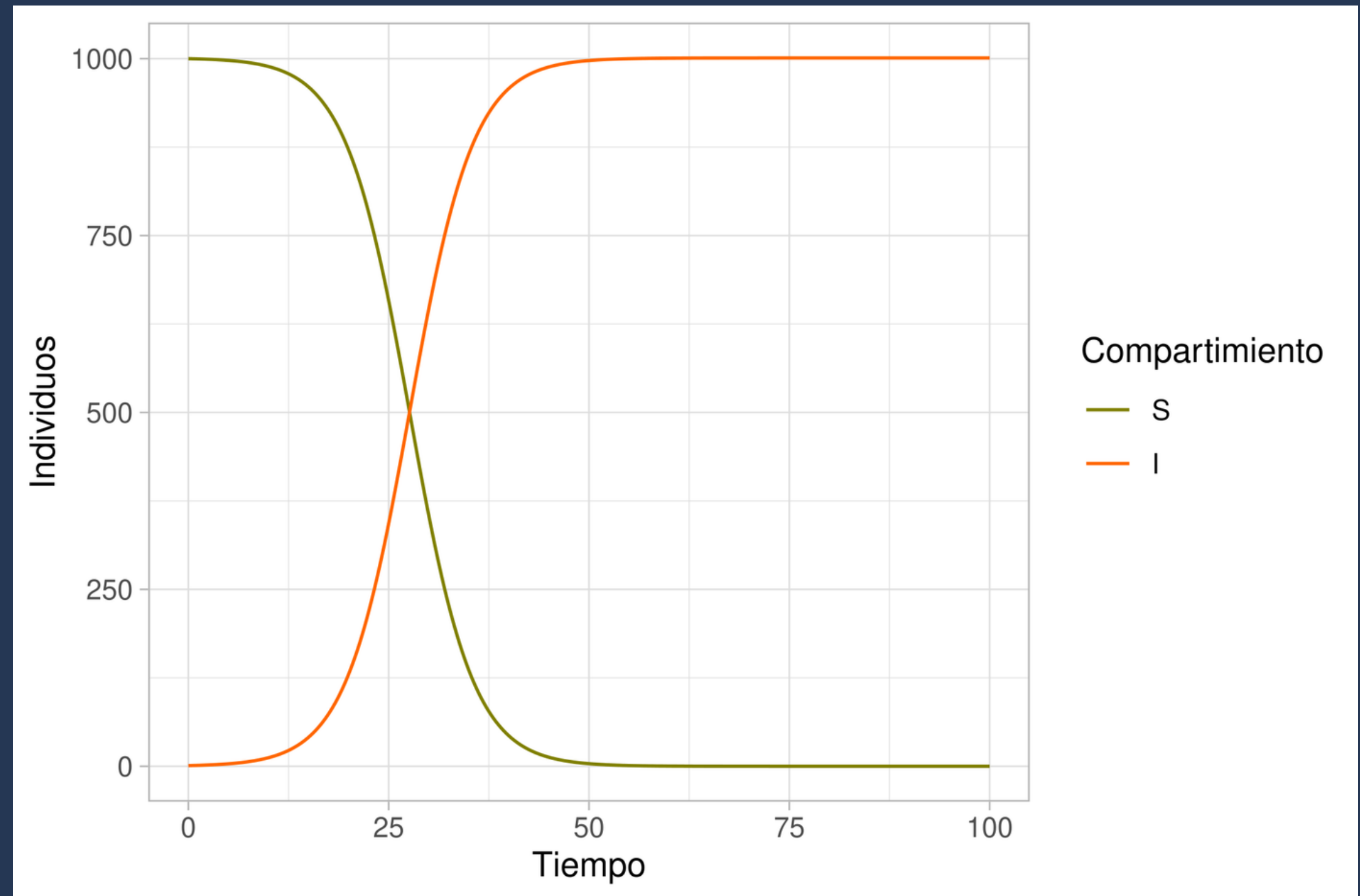
Número de infectados

Contactos que ocurren y que  
son infecciosos por unidad de  
tiempo

# Ejemplo de la progresión temporal de una epidemia



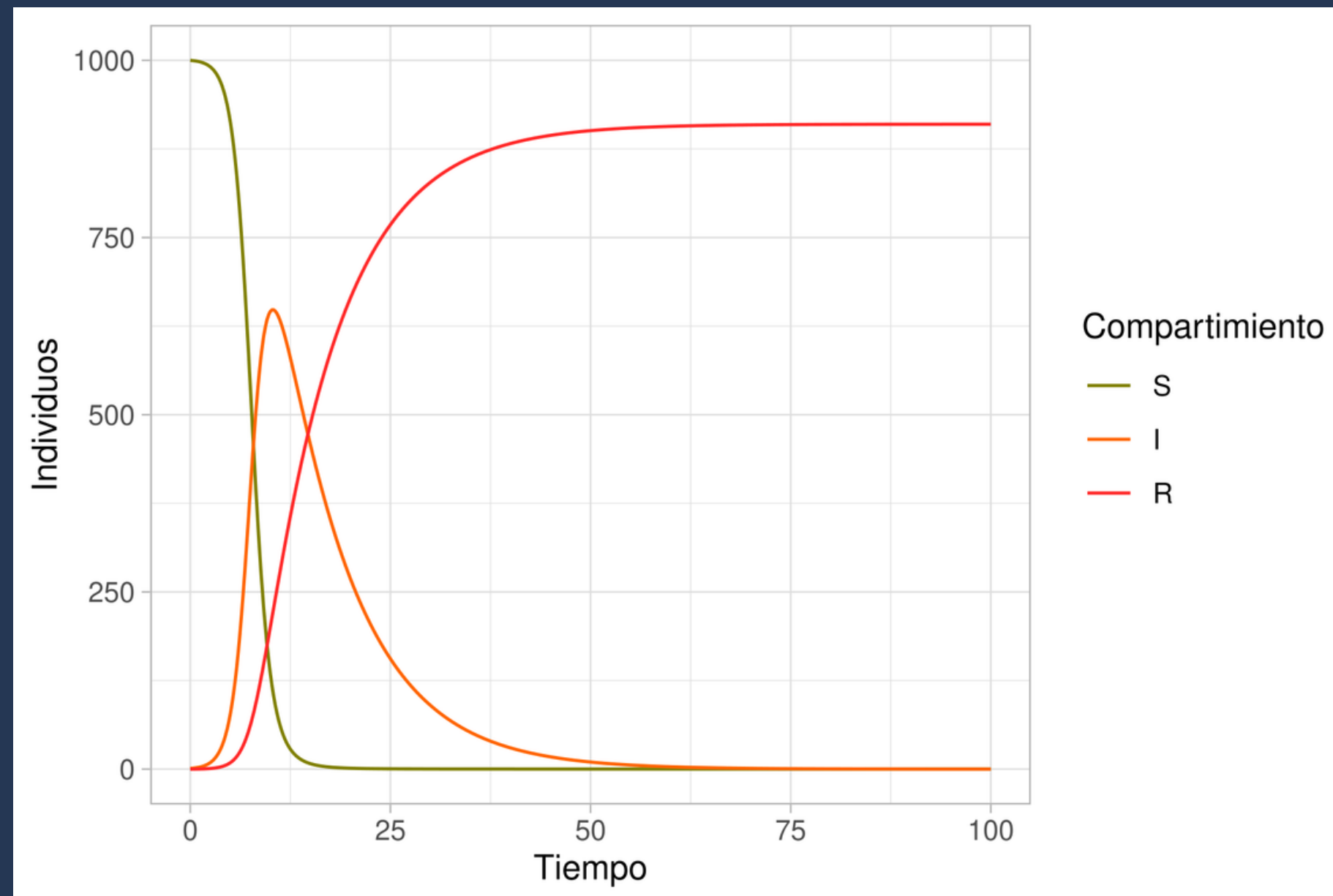
*Cuando nadie se recupera de la infección*



# Ejemplo de la progresión temporal de una epidemia



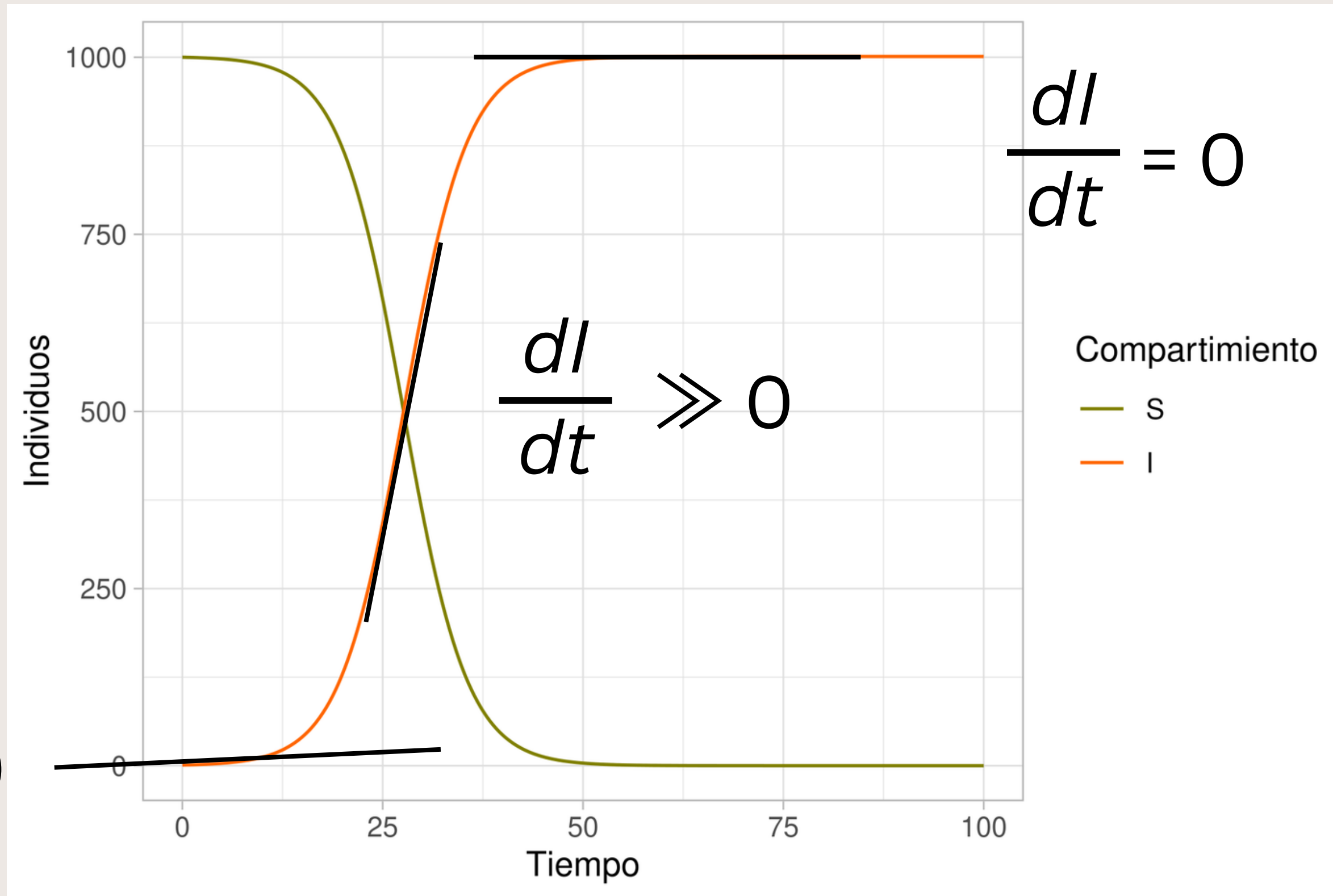
*Cuando hay  
recuperación d  
la infección*



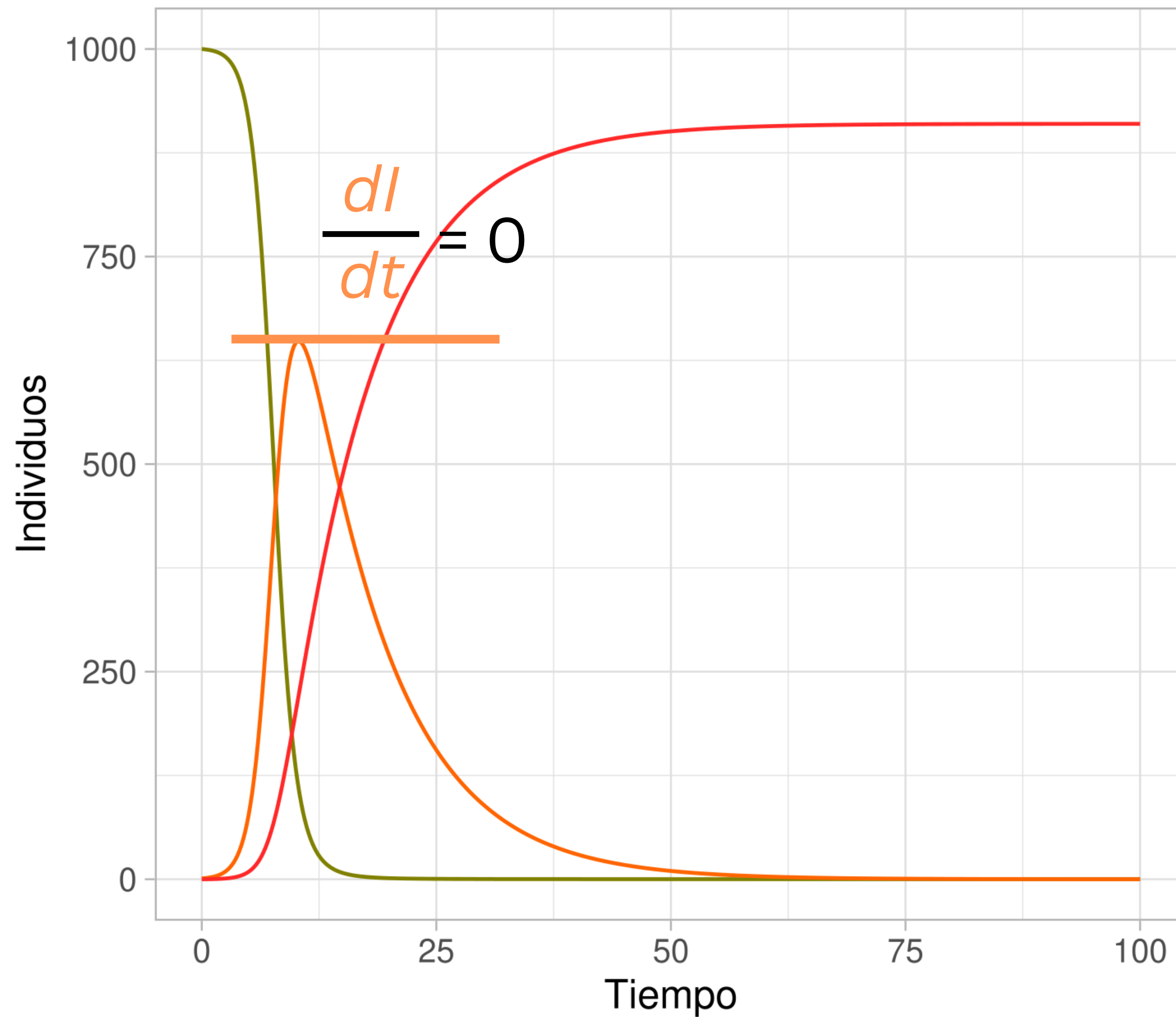
Muchos infectados,  
muchos susceptibles

$$\frac{dI}{dt} \approx 0$$

Pocos infectados,  
muchos susceptibles



Todos infectados,  
ningún susceptible



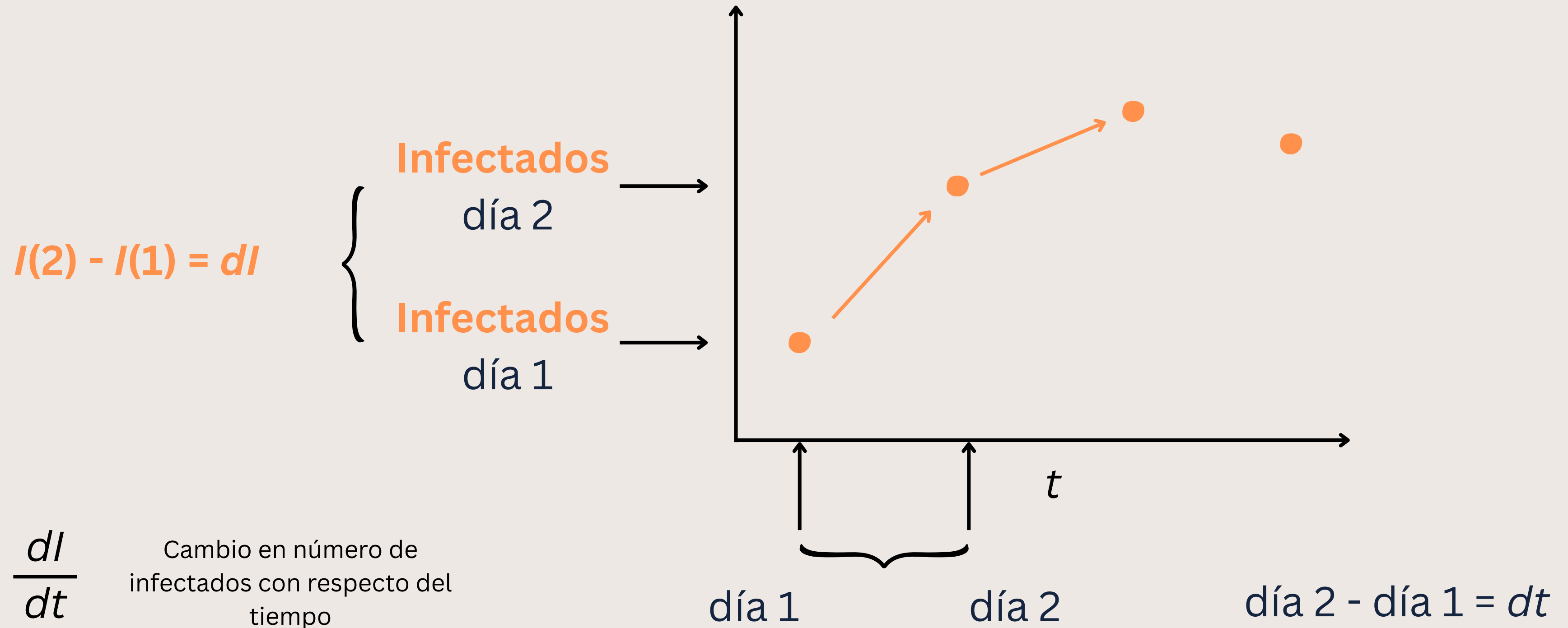
Compartimiento

S

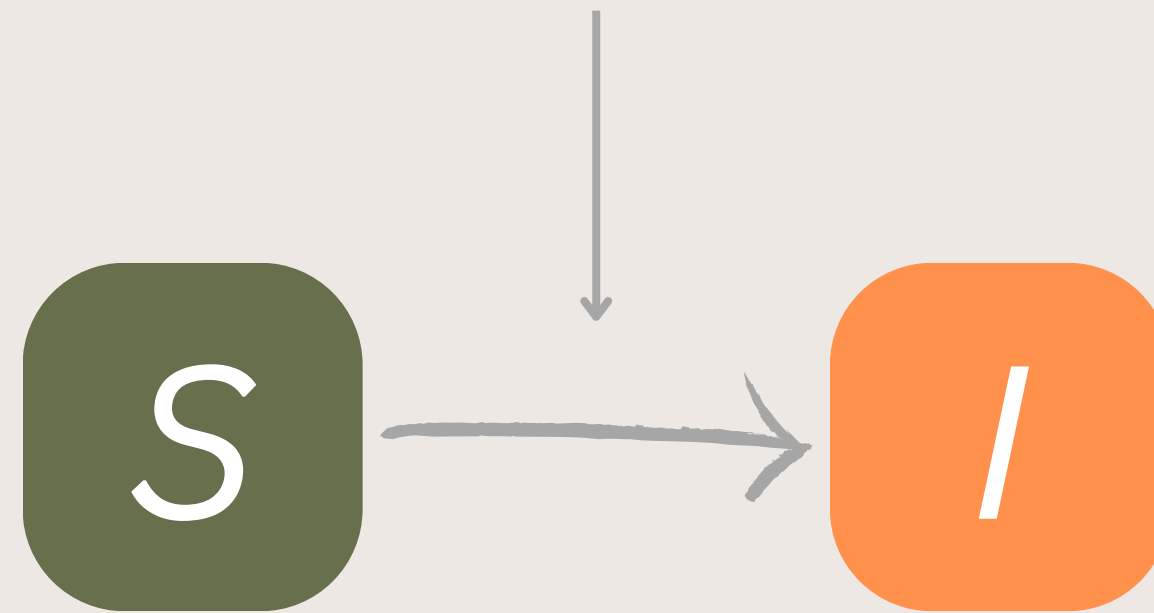
I

R

# Ecuaciones Diferenciales



Número de susceptibles que  
transitan al estado infectado



$$\frac{dS}{dt}$$

Cambio en número de  
susceptibles con respecto del  
tiempo

$$\frac{dI}{dt}$$

Cambio en número de  
infectados con respecto del  
tiempo

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI$$



$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \quad \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I$$

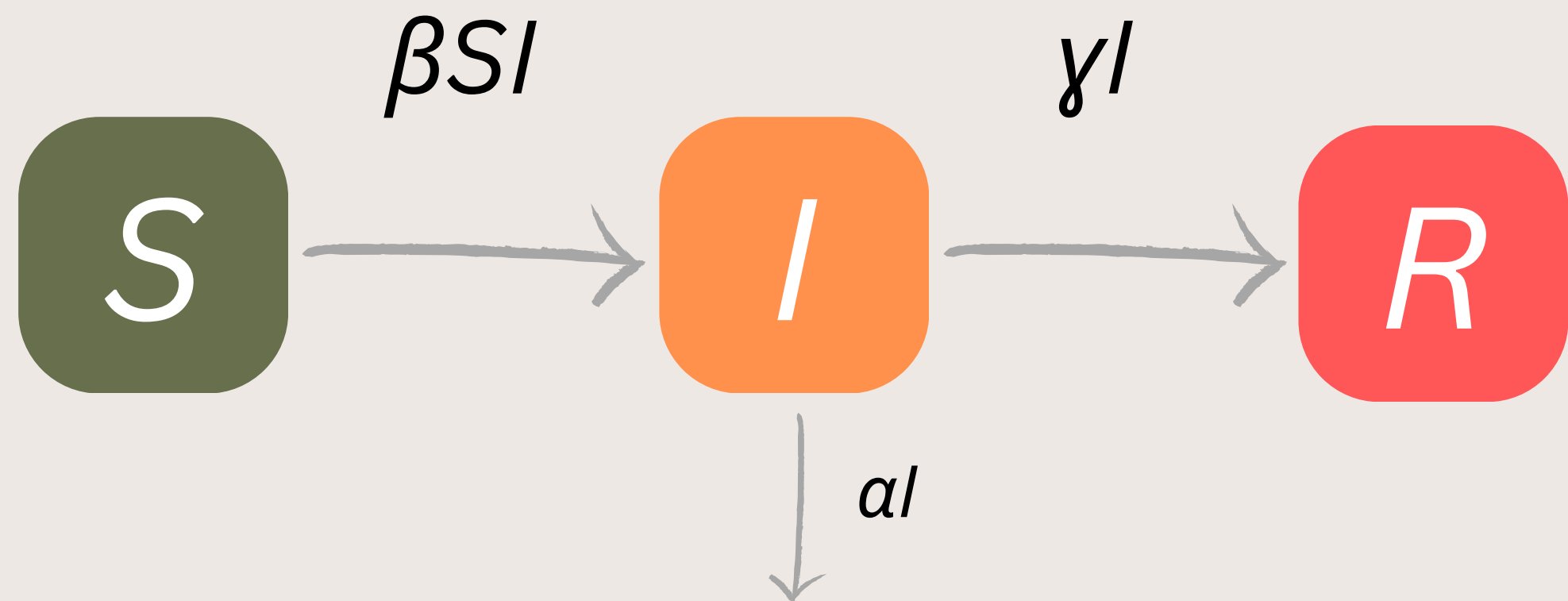
$\beta$  - Tasa de transmisión de la enfermedad

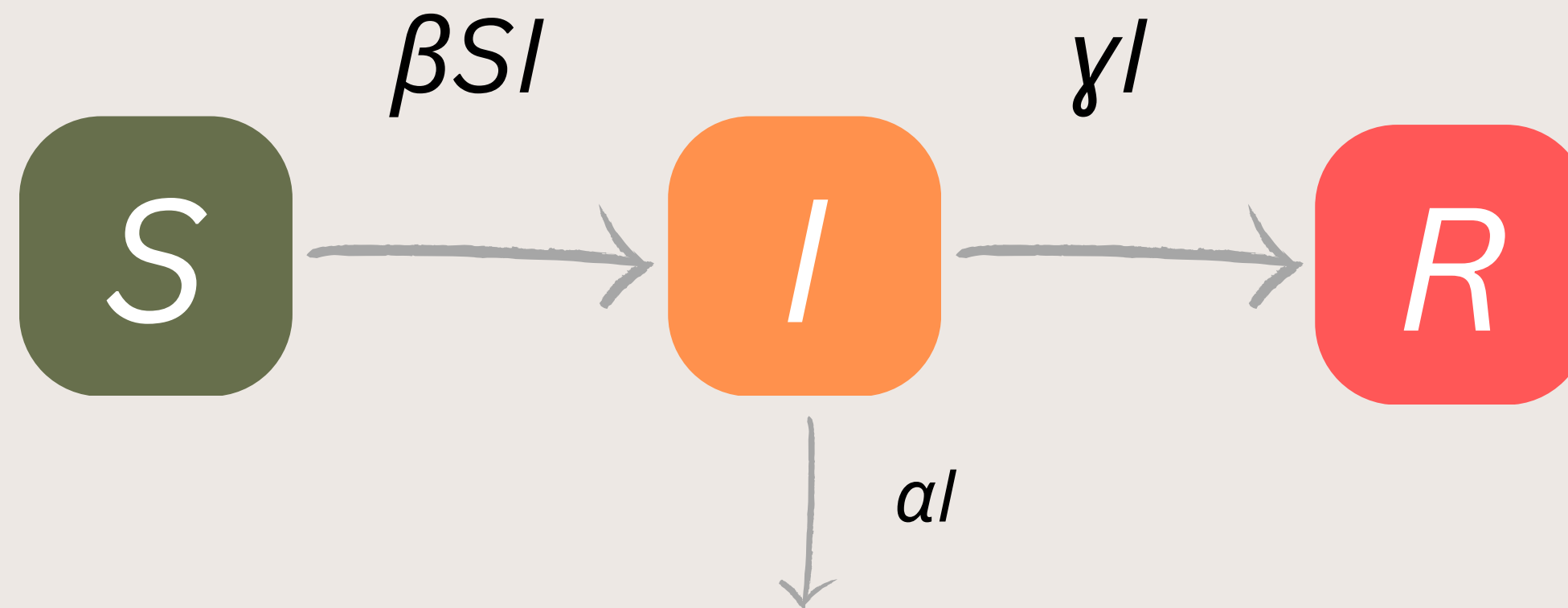
$\gamma$  - Tasa de recuperación ó adquisición de inmuidad

# INTERPRETACIÓN DE **PARÁMETROS**

$\beta$  - Número de contactos que resultan en infección por  
unidad de tiempo

$\gamma$  - 1/unidades de tiempo que tardan infectados en  
recuperarse de infección





$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \quad \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I - \alpha I \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I$$

$\beta$  - Tasa de transmisión de la enfermedad

$\gamma$  - Tasa de recuperación ó adquisición de inmuidad

$\alpha$  - Tasa de mortalidad inducida por enfermedad

# IMPLICACIONES

01

**Signo de  $\frac{dl}{dt}$**

---

Indica estado de contagios

$$\frac{dl}{dt} > 0$$

Transmisión  
epidémica  
efectiva

02

**Implicaciones de  $\frac{dl}{dt} > 0$**

---

Si  $\frac{dl}{dt} < 0$   
en  $I_0$ , no habrá  
epidemia

03

**Excepciones**

---

¡Es más interesane  
si hay inmunidad y  
mortalidad!

Utilizar la expresión:

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I - \alpha I$$

**E implicaciones (1) y (2), para:**

- Anticipar ocurrencia de epidemias
- Anticipar tamaño de epidemias
- Identificar condiciones para control

$$\frac{dl}{dt} = \beta SI - \gamma I - \alpha I = 0$$

Y simplificamos:

$$\beta SI - \gamma I - \alpha I = 0$$

$$\begin{aligned}\beta SI &= \gamma I + \alpha I \\ \beta S &= \gamma + \alpha\end{aligned}$$

$$\longrightarrow \frac{\beta S}{\gamma + \alpha} = 1$$

$$R_0 = \frac{\beta S}{\gamma + \alpha} = 1$$

Número reproductivo básico

Número mínimo promedio de casos por infectado

$$\frac{\gamma + \alpha}{\beta} = S$$

Tamaño mínimo de la población para  
brote epidémico

# INTERPRETACIÓN DE **PARÁMETROS**

$\beta$  - Número de contactos que resultan en infección por  
unidad de tiempo

$\gamma$  - 1/unidades de tiempo promedio que tardan infectados  
en recuperarse de infección

$\alpha$  - 1/unidades de tiempo que tardan infectados en morir

# CONCLUSIONES

1

Una epidemia es in proceso de invasión de hábitats disponibles

2

La invasión es más rápida a niveles intermedios de infección

3

Las consecuencias biológicas de la interacción hospedero-parásito le distinguen de las invasiones o dinámicas metapoblacionales

# CONCLUSIONES

4 ...

5 ...

6 ...

# MUCHAS GRACIAS

¿Preguntas?



**ESCUELA  
NACIONAL DE  
ESTUDIOS  
SUPERIORES**

**UNIDAD**

**MÉRIDA**

# LOS CONTACTOS

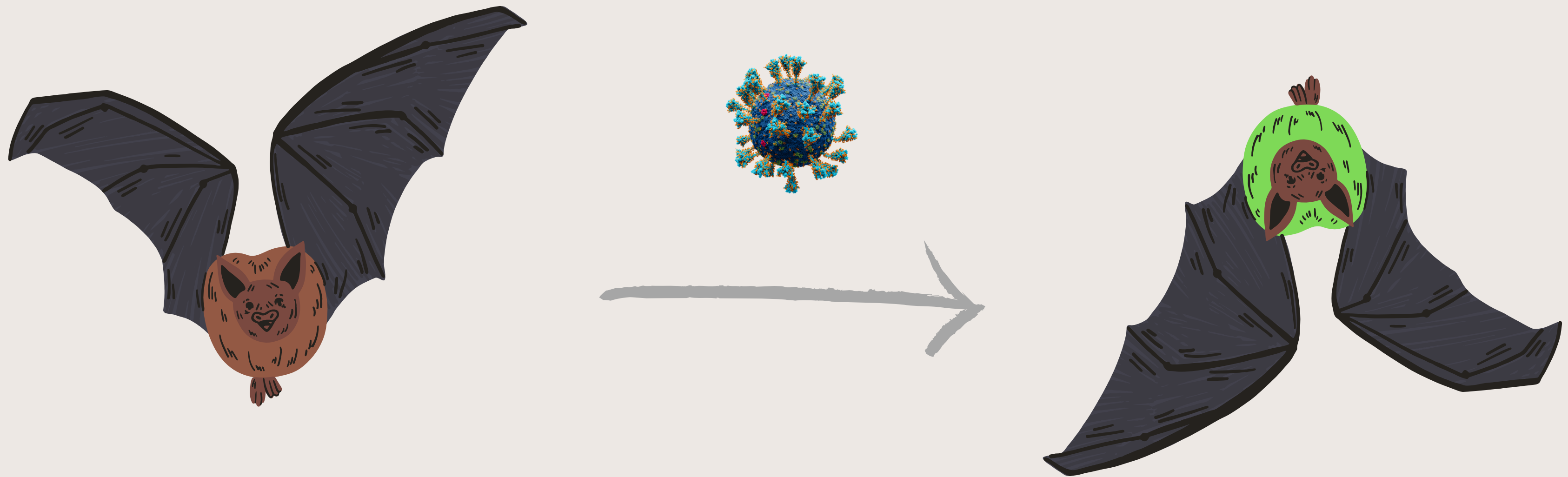
Definición depende del organismo en cuestión, el más tradicional es el físico



Tras contacto físico hay transferencia de propágulos del microparásito

Tras un tiempo de infección, hay respuestas defensivas del organismo infectado, resultando en inmunidad (**Recuperados**)

Nacimiento o inmigración de hospederos



Ya tenemos una expresión simple para representar parte del fenómeno demográfico, ¿cómo la utilizamos para representar progresión temporal?