

# Zonificación como estrategia de salida: una propuesta

**EsadeEcPol Insight #6** Abril 2020

## AUTORES

### **Miquel Oliu-Barton**

Associate Professor  
of Mathematics,  
Université Paris-Dauphine

### **Bary Pradel**

Associate Professor  
of Economics, CNRS;  
Associate Member,  
Oxford-Man Institute

### **Luc Attia**

Mathematician at École  
Polytechnique, Francia

## RESUMEN EJECUTIVO

— La pandemia de la Covid-19 está enfrentando al mundo a una prueba sin precedentes. Para reducir la propagación de la infección, se han adoptado una gran variedad de medidas de distanciamiento social y de confinamiento. El siguiente desafío será cómo volver a la normalidad. Es importante evitar el rebrote del virus, pero también minimizar el perjuicio social y económico. Proponemos una estrategia práctica de salida, basándonos en dos factores básicos: identificar las zonas verdes e ir reagrupándolas progresivamente en cuanto sea seguro hacerlo. Basándonos en simulaciones, mostramos cómo pueden volverse a unificar rápidamente los distintos territorios, en un período de dos a cuatro meses.

# La red de proximidad física

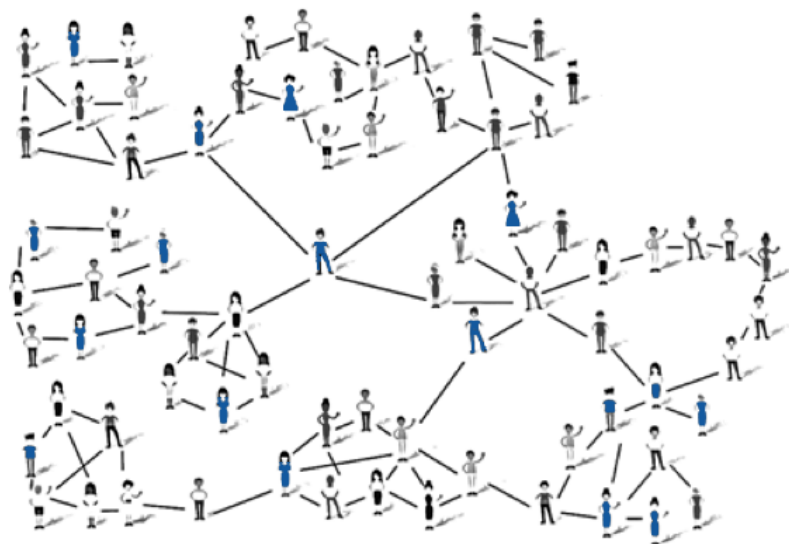
El brote actual de la Covid-19 muestra que el **crecimiento exponencial provoca una rápida aceleración del número de personas infectadas** pese a que al principio de la pandemia la cifra de infectados era baja. La propagación del virus se produce por la proximidad física, eso es, por el contacto directo entre dos personas (apretones de manos, besos, abrazos) o incluso por tocar unos mismos objetos en que permanecen algunas gotitas que contienen el virus. Por ello, resulta útil pensar que todos nosotros conformamos una red extensa y dinámica de interacciones.

Todos estamos familiarizados con Facebook, en que cada usuario tiene una media de más de 300 amigos y cada uno de estos contactos es un enlace de la red. La distancia entre dos personas se mide naturalmente como el número

de enlaces intermedios que existen entre ellas. La idea de los “seis grados de separación”, formulada por primera vez a finales de los años veinte, es que es posible llegar a cualquier persona del mundo utilizando, como máximo, seis contactos. Curiosamente, esta conjetura se formuló a raíz de la red de apretones de manos, una red de proximidad física que se define a lo largo de nuestras vidas.

Como consecuencia de la propagación de la Covid-19, nos interesamos por la **red de proximidad física actual**, esto es, la conexión entre dos personas depende del grado de proximidad física que comparten en la actualidad (v. en la figura 1 un ejemplo de red humana). Desconectar o debilitar esta amplia red es el propósito principal del distanciamiento social y de las medidas de confinamiento.

Figura 1  
Una red humana



# Medidas sanitarias, distanciamiento social y confinamiento

En un mundo ideal, podrían hacerse tests a todas las personas de forma simultánea (y los tests darían un resultado correcto y preciso). En la realidad, sin embargo, **los tests son limitados**, no son simultáneos y no siempre proporcionan unos resultados correctos. Por tanto, mientras que algunas normas y recomendaciones se basan en la información observable, las demás nos afectan irremediablemente a todos.

Por el momento, estas normas y recomendaciones difieren de un país a otro, aunque progresivamente están alcanzando un consenso: todas ellas buscan eliminar los contactos o, al menos, **reducir su intensidad en la red de proximidad física**. Por una parte, la intensidad de los contactos directos **se reduce a través del distanciamiento social** (dos metros entre las personas fuera del hogar) y de medidas sanitarias como lavarse las manos con frecuencia, taparse la boca con el codo al toser o llevar mascarillas. Por otra parte, **el confinamiento elimina y debilita un gran número de conexiones** en la red.

Eso último se ha llevado a cabo con distintos grados de intensidad; por ejemplo, mientras en Francia se ha dado la orden de no alejarse más allá del radio de 1 km de la propia casa, el primer ministro indio Narendra Modi ha ordenado “la prohibición total de salir de casa” en un discurso televisado. Concretamente, ahora es casi imposible viajar entre países, lo cual los convierte en redes separadas y de menor tamaño. (v. figura siguiente).

Figura 2

**El virus no puede viajar a través de una red dividida**



Entre las normas de información observable se incluye la **cuarentena en casa para los ciudadanos** que están regresando a sus países o para aquellas personas que presentan síntomas (se ha recomendado que esta cuarentena dure al menos 14 días). Varios países también han modificado sus leyes de protección de datos, lo cual les permite básicamente rastrear los teléfonos móviles de todos sus ciudadanos.

En esta fase de la pandemia, medidas que otrora resultarían muy estrictas **parecen la única estrategia viable para aplanar la curva** de nuevas infecciones e, idealmente, reducir cualquier nueva propagación del virus, como parece que se ha logrado en China y Corea del Sur.



Una estación de metro vacía en Francia durante la epidemia de Covid-19 (Foto: L. Genet/Wikimedia)

## Zoning

Dividir la población mundial en redes separadas y de menor tamaño en cuanto a la proximidad física se refiere, es el **principal objetivo de las medidas de confinamiento**. La mayoría de los países han cerrado sus fronteras. No obstante, estas medidas no son replicadas con éxito dentro de los países. En EEUU, por ejemplo, un gran número de vuelos nacionales siguen activos.

Como ya hemos mencionado antes, en Francia se pide a la población que no se aleje más de un kilómetro de su domicilio. Aunque esta medida resulte útil para frenar y reducir las interacciones, el virus puede seguir viajando por toda la red. Dos personas que estén separadas por dos kilómetros de distancia pueden seguir compartiendo el mismo supermercado. Así pues, en una ciudad de las dimensiones de París, esto es diez kilómetros de diámetro, todo el mundo está conectado por la red de proximidad física en menos de cinco pasos.

En vez de instaurar un radio de acción para limitar los movimientos de las personas, **proponemos que las personas se desplacen dentro de unas áreas desconectadas**, como las pequeñas ciudades o

los distritos (o los *arrondissements* parisinos), con el objetivo de fragmentar la red de proximidad física en piezas separadas y así prevenir que el virus se desplace por todo el territorio.

De este modo, dos parisinos que vivan en distintos distritos no podrán infectarse entre ellos, ni siquiera a través de intermediarios. Ello tendría la ventaja importante de que flexibilizaría mucho más el seguimiento del contagio y la evaluación de cuáles son las zonas de mayor o menor riesgo. La idea de **separar las comunidades infectadas y las sanas**, mediante lo que se denomina *cordón sanitario* y *cordón sanitario revertido*, ya se ha aplicado durante siglos en varios brotes que se han sucedido a lo largo de la historia.

Basándonos en estas ideas, proponemos una forma segura, eficiente y abordable como estrategia para salir de la pandemia de la Covid-19. **Reintegrando progresivamente las zonas seguras**, al tiempo que se realiza un creciente número de tests, las interacciones sociales y económicas pueden volver a la normalidad de forma rápida y segura.

# Cómo reconstruir nuestras relaciones: las zonas verdes

El planteamiento de la zonificación debería jugar un papel importante en la estrategia de salida de la pandemia de la Covid-19. En cuanto logremos contener el brote inicial con un poco de suerte, nos centraremos en **cómo volver a la normalidad**, eso es, cómo reconstruir las relaciones de proximidad física.

Para controlar este proceso y el inevitable rebrote parcial del virus, abogamos por la idea de crear “**zonas verdes**”, tal como ha sido descrita en un [artículo reciente de Monràs](#) [1].

## Ilustración

Para ilustrarlo, consideremos un municipio de 10.000 habitantes y supongamos que la mayoría de ellos trabajan en una fábrica local o en otros empleos dentro de la comunidad. Cada día, se realiza un número significativo de tests, a un grupo de ciudadanos escogido aleatoriamente. Tras siete días consecutivos sin nuevos casos, proponemos etiquetar este municipio como “verde”, lo cual significará que sus habitantes podrán reestablecer progresivamente sus interacciones sociales y económicas habituales.

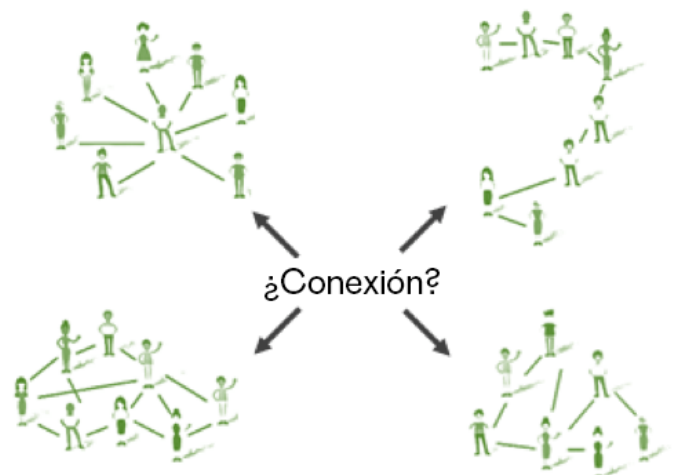
Realizar tests de la Covid-19 antes de retomar las interacciones acelerará la erradicación del virus, como ya [hemos visto en un municipio italiano](#) [2].

Tras este primer paso, se identifican otras zonas con una población media de 10.000 habitantes. El

proceso siguiente es similar al inicial. Transcurrido otro período de **siete días sin que se den casos dentro de la zona verde**, se permitirá que unas pocas zonas verdes colindantes (por ejemplo, entre dos y diez) puedan reagruparse y formar una zona verde más extensa. De este modo, se crearán zonas verdes cada vez más amplias y las personas podrán compartir las mismas tiendas, lugares de trabajo, parques y escuelas.

Dentro de una zona verde, **los habitantes deberían sentirse tan seguros como cuando mantenían su inicial confinamiento individual**, porque existen pruebas (una cantidad significativa de tests negativos) que evidencian que el virus de la Covid-19 no está presente en esta zona.

Figura 3  
**Cuatro zonas verdes colindantes se fusionan y forman una zona verde mayor**





# Analysis and results

Debido a las imperfecciones de los tests y también de la zonificación, cabe esperar inevitablemente que **en algunas zonas verdes se produzcan rebrotes de la infección**, con lo cual dejarán de ser “verdes”. Si ello ocurre, toda la zona pierde su etiqueta “verde” y vuelve a la situación anterior de confinamiento, con el fin de identificar y confinar los nuevos casos. Hemos formalizado un modelo que vamos a utilizar para evaluar el impacto de estas nuevas infecciones en el proceso de identificación de las zonas verdes.

Proponemos **dividir el país en celdas o células**, esto es en zonas geográficas con una población media de 10.000 habitantes. Estas zonas pueden venir marcadas por los límites naturales de los municipios, o mejor aún, por la actividad económica pues sería contraproducente separar una empresa de sus trabajadores. La figura siguiente ilustra un ejemplo de partición del área de Île-de-France que circunda París. Para limitar los perjuicios económicos, esta división debe tener en cuenta las “zonas de desplazamiento” a que se refieren [Charles Tolbert y Molly Sizer](#) [3].

La división de un territorio puede hacerse de varias formas distintas. A continuación, ilustramos la división de la región francesa de Île-de-France en pequeñas celdas o células geográficas (*communes*) pertenecientes a áreas más grandes o mucho más grandes (*départements* y *régions*, respectivamente).



**Dinámica.** Cada celda se etiqueta con el color rojo o verde según el estado actual de salud de sus habitantes. Las celdas verdes representan aquellas zonas que en la actualidad no están afectadas por la Covid-19, mientras que las rojas son las regiones infectadas. Cada día, se detectan posibles nuevas infecciones y la tasa en que ello se produce depende del número total de celdas rojas. Las celdas que presentan nuevos casos de infección contaminan a algunas de las vecinas, y la infección en cada celda dura un número aleatorio de días. Mientras que las celdas rojas permanecen aisladas, las celdas verdes, por el contrario, se van reagrupando progresivamente para formar zonas verdes más amplias. De este modo, tanto el color de la células como el tamaño de las zonas verdes va cambiando, según la progresión del virus. Habremos vencido cuando todas las células formen una única zona verde.

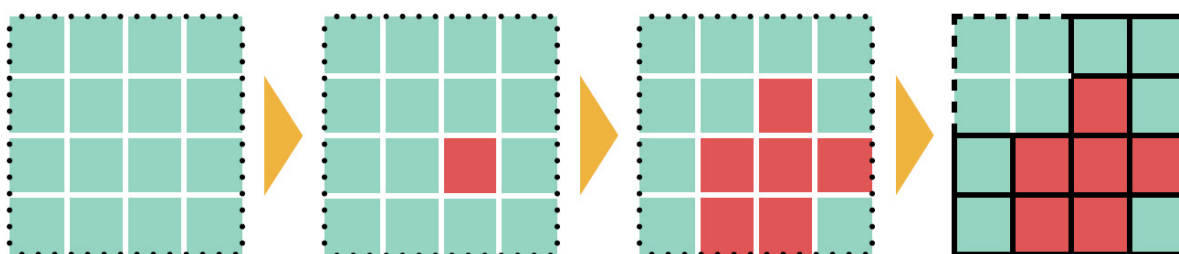
Dentro de las zonas verdes, se permiten progresivamente las interacciones.

**Fragmentación de una zona verde.** Si se detectan nuevos episodios de contaminación en una zona verde, esto es en alguna de las celdas que la constituyen, ésta se fragmenta progresivamente en zonas más pequeñas hasta lograr aislar cada una de las celdas rojas (y ponerlas en confinamiento).

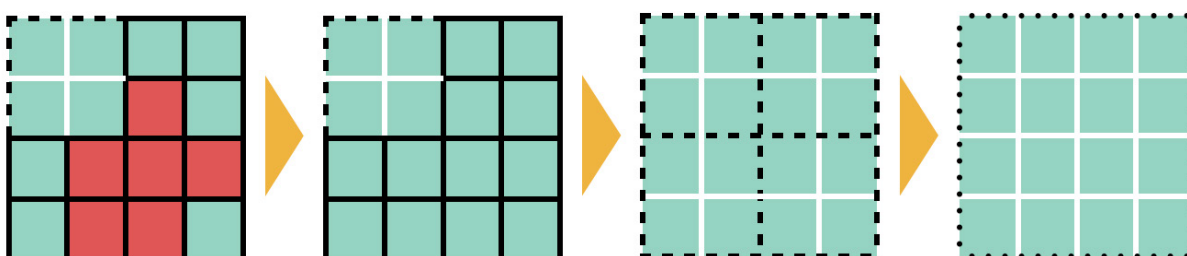
**Unificación de las zonas verdes.** Las zonas que no presentan nuevas infecciones durante 7 días pese un número significativo de tests se etiquetan con el color verde. Transcurridos 7 días más, las zonas verdes vecinas se fusionan entre ellas para formar una zona verde más extensa (donde se permiten de nuevo las interacciones, con las restricciones que se consideren necesarias).

Figura 4

En esta figura, utilizamos una división simplificada de un área en celdas de 4x4 y tres niveles de zonificación: 1x1, 2x2 y 4x4.



**Fragmentación de una zona verde.** Se detecta una nueva infección en una zona verde de 4x4 (fase 1). Ello desencadena la realización de tests para determinar los casos de Covid-19 en esta área, y así se detectan otras infecciones en las celdas vecinas (fase 2). Finalmente, se revisa la zonificación verde para procurar la contención del virus (fase 3).



**Unificación de las zonas verdes.** Tras un número aleatorio de días (entre 14 y 28 días), todas las celdas vuelven a ponerse en verde (fase 1). Transcurridos 7 días, las celdas verdes se fusionan entre ellas para formar zonas verdes más amplias (fase 2). Al cabo de 7 días más, estas zonas verdes se fusionan y forman una zona verde aún mayor (fase 3).

**Resultados.** Este proceso de reunificación puede parecer tedioso, ya que la extensión de las zonas verdes, aunque suele aumentar paulatinamente, también puede reducirse. Sin embargo, en cuanto logre controlarse la probabilidad de nuevas infecciones, el proceso que proponemos permitirá volver a la normalidad a una rapidez exponencial. Basándonos en nuestro estudio de simulación (v. anexo), la reunificación total de un país como Francia (67 millones de habitantes) tardaría entre 2 y 4 meses, suponiendo que se mantuvieran en vigor las suficientes medidas sanitarias y que los tests sean cada vez más accesibles.

# Ventajas de las zonas verdes

Aunque a la hora de fusionar distintas zonas verdes debe seguirse un proceso minucioso y esmerado, resulta muy eficiente porque la ampliación de las zonas verdes es exponencial, al igual que la propagación del virus.

Sin embargo, la diferencia ahora es que **nosotros elegimos con quién nos fusionamos y cuándo**, y llevamos un control de todo ello, para el caso de que necesitemos volver a una política de confinamiento. En cierto modo, deconstruimos la sociedad en sus bloques esenciales para después reconstruirla a partir de estos mismos bloques.

El significado de una zona verde puede variar de un país a otro y evolucionar con el tiempo. Por ejemplo, una zona verde puede significar la plena interacción dentro de su área, la interacción entre una parte de la población (entre la población de menor riesgo, por razón de edad o por carecer de afecciones médicas previas) o una interacción restringida, como impedir reuniones de más de 50 personas, y otras medidas de distanciamiento social, como llevar mascarillas.

En resumen, las ventajas de las zonas verdes son:

## **Minimización del perjuicio económico.**

Al reabrir zonas con fuertes relaciones económicas, como las zonas de desplazamiento [definidas por Tolbert y Sizer](#) [3], el perjuicio global puede reducirse significativamente.

## **Rastreo no invasivo.**

El inevitable rebrote del virus en algunas zonas verdes puede localizarse fácilmente. El método del seguimiento macroscópico se complementa con el seguimiento microscópico a través de tests de la Covid-19 y la toma frecuente de la temperatura corporal, pero no interfiere en la intimidad (p. ej., no es necesario rastrear los teléfonos móviles individualmente).

## **Minimización del perjuicio social.**

El distanciamiento social puede desembocar en la desconfianza y en varias formas de ostracismo dentro de la sociedad, mientras que reiniciar paulatinamente las relaciones normales con nuestros vecinos y colegas de forma organizada puede ayudarnos a superar el aislamiento recién adquirido.

## **Un rápido proceso de reunificación.**

La fusión simultánea de varias zonas lleva a reducir exponencialmente el número de zonas. Ello facilita el proceso de rehacer nuestra vida tal como la vivíamos antes, así como nuestra red de proximidad física, en unos pocos meses.

## **Fácil combinación con otras medidas.**

Gracias a la flexibilidad del concepto de zona verde, es fácil adaptarlo con el fin de adecuarlo a las posibilidades actuales de cada región, p. ej., la disponibilidad de tests o de certificados de inmunidad, la adopción de precauciones sanitarias, el distanciamiento social voluntario, etc.



# Implicaciones políticas

Para aprovechar al máximo las ventajas que pueden proporcionar las zonas verdes, deben tomarse importantes decisiones políticas y adoptar medidas complementarias, como realizar tests generalizados (v. el [blog de Paul Romer](#) [4] para un análisis esclarecedor), cumplir las más estrictas normas sanitarias y seguir los siguientes pasos, que son inherentes al planteamiento de crear zonas verdes:

## 1. Delimitar las zonas.

Definir las celdas y las zonas respetando sus vínculos sociales y económicos en la medida de lo posible. En concreto, no debería darse por sentado que las particiones actuales (como la división en *commune*, *département* y *région* en Francia) son las más apropiadas. Deberían tenerse en cuenta las zonas de transferencia económica, así como otras limitaciones (p.ej. si se puede controlar el acceso o realizar tests en las fronteras de las zonas).

## 2. Explicar el significado de las etiquetas roja y verde.

Por ejemplo, especificar semanalmente qué implica estar en una zona roja o verde para sus respectivos habitantes, en lo referente a las normas sanitarias (p. ej., no darse la mano, llevar mascarillas), a las restricciones por razones de edad o por afecciones médicas previas o a la intensidad de los tests dentro de cada zona y en sus fronteras.

## 3. Informar a la población.

Debe facilitarse continuamente información sobre la zonificación actual y sus implicaciones. Ello puede efectuarse a través de una plataforma *online*, una aplicación para móviles o anuncios por radio o la TV.

## 4. Hacer cumplir la zonificación.

Finalmente, es esencial la colaboración de todos los ciudadanos. Tal como ha sucedido durante el confinamiento, distintos países han aplicado diferentes medidas, que van desde recomendaciones hasta normas cuya infracción se ha castigado con fuertes multas, o rastrear los movimientos de todos los ciudadanos a través de sus teléfonos móviles, por ejemplo con la aplicación *TraceTogether* de Singapur.

# Conclusión: una forma segura y eficiente para lograr una nueva normalidad

La pandemia de la Covid-19 está poniendo a prueba a la humanidad. Un mundo sumamente conectado –modelado a través de una red– ha acelerado la propagación del virus a prácticamente todos los países del mundo en pocas semanas.

La respuesta inicial a esta pandemia se basa en medidas sanitarias, investigaciones médicas, medidas de flexibilización económica, pero acaso la medida más importante y decisiva consiste en unas decisiones políticas claramente comunicadas y coordinadas. Las medidas generalizadas de distanciamiento social obligado, con frecuencia a través del confinamiento, se han convertido en la respuesta de consenso a corto plazo.

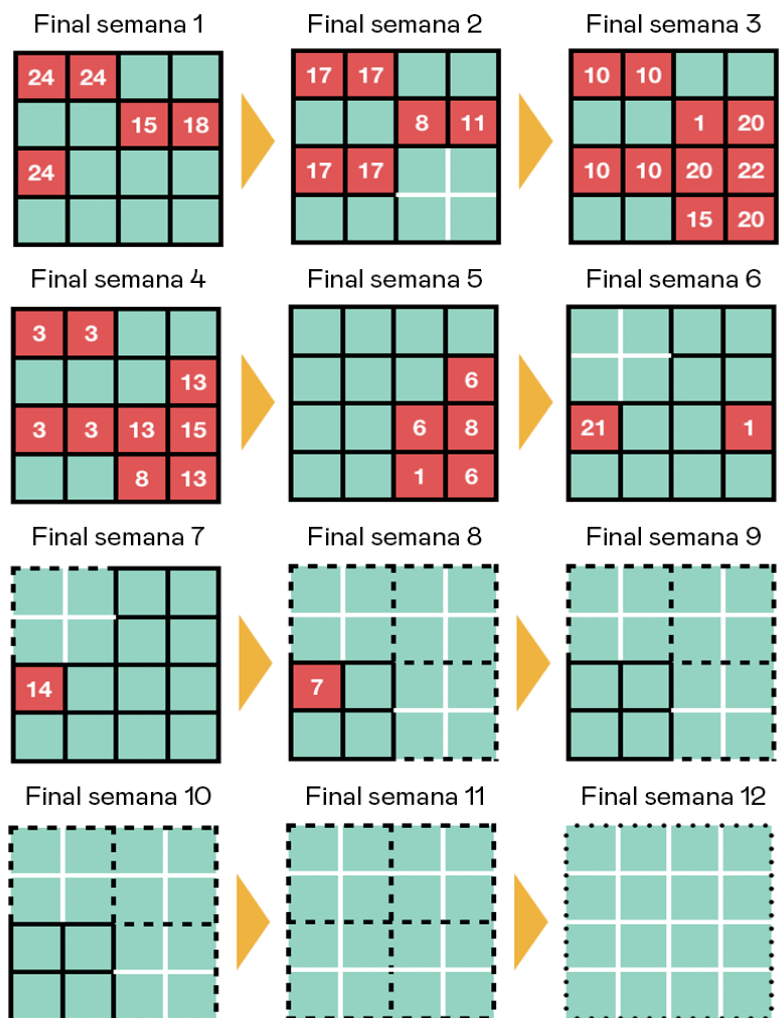
Ahora ha llegado el momento de pensar en una estrategia de salida. Hemos explicado que esta segunda fase puede organizarse de una forma segura, eficiente y abordable. Reconstruyendo nuestras interacciones sociales y económicas a través de la **ampliación progresiva de las zonas verdes, lograremos reunificar el país en un plazo de dos a cuatro meses.**

Nuestro planteamiento no implica hacer el seguimiento de los habitantes de forma personal, con lo cual **se respeta la intimidad de las personas.** Además, es compatible con la mayoría de las medidas objeto de debate actualmente. En resumen, creemos firmemente que el establecimiento de zonas verdes puede desempeñar un papel importante para minimizar el perjuicio social y económico de esta crisis.

# Anexo: Un ejemplo de realización de una simulación

El estudio completo de simulación está en fase de preparación para su publicación académica, pero sus autores pueden proporcionarlo en cualquier momento. Nuestro modelo matemático sirve para visualizar y entender mejor el proceso de zonificación. Sin embargo, cabe precisar que no está calibrado con respecto a los datos de ningún país, y que no toma en cuenta el comportamiento detallado del virus. Por esta razón, los números que obtenemos deben considerarse como un indicador cualitativo y no como una predicción real.

Figura 5.  
Ejemplo de realización de una simulación



Aquí mostramos una simulación realizada para un área con 4x4 celdas, cinco de las cuales están infectadas inicialmente. Cada día, todas las celdas son infectadas (o reinfectadas) con una probabilidad  $p$ , donde  $l$  es la fracción actual de celdas rojas y  $p=0,005$  es un parámetro. Estas infecciones se propagan instantáneamente a una fracción  $q=0,95$  de las celdas dentro de las correspondientes zonas verdes, y a cada nueva celda infectada se le asigna un número aleatorio de días  $d$  (entre 14 y 28) antes de que vuelva a ponerse verde.

Nuestra simulación muestra la situación al final de cada semana, y el número que figura dentro de cada celda roja indica el número de días que faltan para que cambie a verde, salvo que se vea infectada de nuevo. Primero, puede observarse la infección de la celda (3,2), es decir, de la 3ª fila, 2ª columna, durante la segunda semana. Como esta celda está aislada, la infección no se propaga. Segundo, puede verse la reinfección de la celda (2,4) y la infección de toda la zona 2x2 durante la tercera semana. Tercero, aparece un nuevo brote infeccioso en la celda (3,1) durante la sexta semana. Por último, se observa cómo a partir de este punto, el área se va curando y reagrupando paulatinamente, hasta alcanzar una única zona verde, lo cual marca el fin de la batalla.

## REFERENCIAS

[1] Monras, Joan (2020): **“Some thoughts on Covid-19 from a labour mobility perspective: From ‘red-zoning’ to ‘green-zoning’”**.

VOX CEPR Policy Portal.

<https://voxeu.org/article/some-thoughts-covid-19-labour-mobility-perspective>.

[2] Crisanti, Andrea; Cassone, Antonio (2020): **“In one Italian town, we showed mass testing could eradicate the coronavirus”**.

*The Guardian*, 20 de marzo.

<https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/mar/20/eradicated-coronavirus-mass-testing-covid-19-italy-vo>.

[3] Tolbert, Charles M.; Sizer, Molly (1996): ***U.S. Commuting Zones and Labor Market Areas: A 1990 Update***. Informe técnico.

[4] Blog del Premio Nobel Paul Romer:

<https://paulromer.net>.

