

Estado: El preprint no ha sido enviado para publicación

Modelo a escala ciudad de la epidemiología de COVID-19 con movilidad de personas y sus actividades representadas por un conjunto de Modelos Ocultos de Márkov

Carlos Pais, José Alberto Biurrún Manresa, Abelardo Del Prado, Hugo Leonardo Rufiner

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2654>

Enviado en: 2021-07-15

Postado en: 2021-07-16 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

**Modelo a escala ciudad de la epidemiología de COVID-19 con
movilidad de personas y sus actividades representadas por un
conjunto de Modelos Ocultos de Márkov**

**City-scale model for COVID-19 epidemiology with mobility and
social activities represented by a set of Hidden Markov Models**

Carlos M. PAIS^a

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9272-9100>

E-mail: carlos.pais@uner.edu.ar

José BIURRUN MANRESA^{a,b}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4060-9665>

Abelardo DEL PRADO^c

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7400-9292>

H. Leonardo RUFINER^{a,d}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-5891>

^aLaboratorio de Cibernética, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Ruta Prov. 11, Km 10, ciudad de Oro Verde,
provincia de Entre Ríos, Argentina.

^bInstituto de Investigación y Desarrollo en Bioingeniería y Bioinformática (IBB), Consejo
Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

^cFacultad de Trabajo Social, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Argentina.

^dInstituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i))
Universidad Nacional del Litoral (UNL) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas (CONICET), Argentina.

RESUMEN

En este artículo se presenta un modelo que predice la evolución semanal de la cantidad de internados con COVID-19 en terapia intensiva, mostrando resultados durante el transcurso de 2020. Además devuelve la cantidad de fallecidos, casos reportados, asintomáticos y otras variables epidemiológicas de interés, discriminadas por rango etario. Para esto se tienen en cuenta como entradas las características más relevantes del clima de la ciudad de Paraná, su dinámica social y del transporte público de pasajeros, considerando las diferentes fases de aislamiento y distanciamiento. El modelo reproduce la transmisión del virus asociado a los desplazamientos y actividades de las personas dentro de la ciudad, mediante un conjunto de Modelos Ocultos de Markov. A su vez, se simula la propagación del virus en el huésped siguiendo las etapas de la enfermedad, asumiendo la existencia de comorbilidades y de una proporción de infectados asintomáticos. Al ajustar el modelo propuesto con los datos de internados en terapia intensiva y fallecidos por COVID-19 en la ciudad en estudio, el mismo permite ser operado para analizar el impacto de las características del aislamiento y distanciamiento social en la dinámica de la población y predecir el número de internados y muertes por COVID-19. Además, permite simular combinaciones de las características que llevarían a un potencial colapso del sistema de salud por falta de infraestructura, así como también predecir el impacto de eventos sociales o aumento de la movilidad de las personas.

Palabras Clave: Modelo basado en agentes, Modelos Ocultos de Márkov, COVID-19, epidemiología, georreferenciación, transmisión de virus, propagación de virus.

ABSTRACT

In this paper, a model that predicts the weekly evolution of the number of people hospitalized with COVID-19 in intensive care during is presented, including results for 2020. In addition, the number of deaths, reported cases, asymptomatic individuals and other epidemiological variables of interest, discriminated by age range, are considered. For this purpose, the most relevant characteristics of the climate of the city of Paraná, its social dynamics and public transport are taken into account as inputs, considering the different phases of isolation and social distancing. By means of a set of Hidden Markov Models, the system reproduces the virus transmission associated with the movements and activities of people within the city. The spread of the virus in the host is also simulated by following the stages of the disease, assuming the existence of comorbidities and a proportion of asymptomatic infected. By adjusting the model to match the data on hospitalizations in intensive care and deaths from COVID-19 in the city under study, the system can be operated to analyze the impact of the characteristics of isolation and social distancing on the dynamics of the population and simulate the number of hospitalizations and deaths due to COVID-19. Further, it allows studying combinations of characteristics, so that the health system does not collapse due to lack of infrastructure, as well as predicting the impact of social events or increased mobility of people.

Keywords: Agent based model, Hidden Markov model, COVID-19, epidemiology, georeferencing, virus transmission, virus propagation

INTRODUCCIÓN

En marzo de 2020, el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 que generó el brote de COVID-19, infectó a más de 270.000 personas en todo el mundo, de las cuales, más de 11.300 fallecieron [1]. El análisis epidemiológico de los distintos brotes y rebrotes de esta enfermedad, que se han registrado a lo largo y ancho del planeta, ha servido para que diferentes modelos, principalmente matemáticos, permitan rastrear y anticipar la propagación de epidemias [2][3][4][5]. En este contexto surge el presente trabajo, con el objetivo adicional de proveer una alternativa que permita incluir más aspectos de la realidad en el modelo y predecir cómo impactará la implementación de distintas políticas socio-sanitarias.

Según los informes epidemiológicos actuales, esta pandemia cuenta con características poco vistas en otras enfermedades infectocontagiosas [6]. Entre las particularidades de la COVID-19 se encuentran: su alto número básico de reproducción (R_0) de hasta 2,79 [7], junto a un período infeccioso asintomático de hasta 14 días en el cual existe un grupo de individuos con sintomatología indetectable sin análisis serológico y una gran variabilidad en los tiempos y repercusiones clínicas [8]. Se ha comprobado que la dinámica de esta epidemia varía principalmente de acuerdo con el clima [9], las costumbres sociales y sanitarias de la localidad [10] [11], las comorbilidades [12] y el grupo etario de las personas en estudio [13], entre otros. Esta multiplicidad de factores que influyen sobre esta pandemia generada por el coronavirus, requieren un abordaje distinto, que invita a salir de los enfoques convencionales preponderantemente matemáticos, para centrarse en la formulación de modelos computacionales más complejos y realistas, que incluyan características particulares de cada zona en estudio. Es por esto que en este trabajo se propone un

nuevo modelo que incorpora aspectos locales, tanto sociales/culturales como geográficos y climatológicos, vinculados a la epidemia en estudio y a su forma de transmisión.

Gran parte de la bibliografía reportada sobre modelado y simulación de epidemias, en particular de COVID-19, propone modelos globales basados en ecuaciones diferenciales del tipo SEIR (Susceptibles, Expuestos, Infectados, Recuperados) o similares con sus diferentes variantes adaptadas rápidamente a la pandemia actual [14][15]. Sin embargo, desde hace algunos años la comunidad de modelado de epidemias ha comenzado a utilizar modelos locales o de grano fino [16], entre los que se encuentran los basados en agentes (del inglés, agent-based models, ABM) [10][13][17][18] como el planteado en este trabajo. Estos modelos permiten mayor expresividad y control de los diferentes aspectos de la epidemia, así como la inclusión de la aleatoriedad inherente a estos sistemas y la posibilidad del seguimiento espacio-temporal de las simulaciones realizadas [10][11][19]. Como contrapartida, este tipo de modelos requiere mayor poder computacional y acceso a gran cantidad de datos locales para adaptarlos a las situaciones particulares.

Los ABM constituyen un método de modelado y simulación computacional para el estudio de la organización y la dinámica de sistemas complejos. Se componen de una *sociedad* artificial integrada por agentes autónomos y heterogéneos que interactúan de modo no trivial entre sí y con el entorno, de acuerdo con ciertas reglas, conformando una arquitectura social. El aspecto social alude a su heterogeneidad, autonomía, interdependencia e *incrustamiento* social que caracteriza a los agentes computacionales [20]. A nivel mundial no existen muchos modelos de este tipo para COVID-19 reportados en la literatura [10][11][21][22][23]. La gran mayoría de estos modelos están ajustados a situaciones particulares de alguna región o país y no

permiten, al menos actualmente, adaptarlos a una nueva situación particular de manera sencilla y sin mayores conocimientos científicos y técnicos.

En este trabajo se presenta un modelo denominado *Agent based model for COVID-19 Simulation* (AbCSim) que permite la modelización mediante ABM del conjunto de personas que padecen la enfermedad causada por el SARS-CoV-2, ya sea de forma sintomática como asintomática, junto a aquellos considerados población susceptible y recuperada de la enfermedad [24]. El modelo tiene en cuenta la complejidad de la dinámica propia de la patología y de las relaciones interpersonales de las poblaciones, junto con la información geográfica y climática determinantes de la epidemia. Además, implementa un bloque de transmisión entre los huéspedes basado en un conjunto de Modelos Ocultos de Markov (MOM) [25][26][27] que reflejan los principales aspectos de la movilidad y las actividades sociales de los agentes dentro de la región geográfica modelada. El AbCSim se ejecuta sobre la plataforma de simulación computacional Repast [28] y es de código abierto (mediante GitHub)¹. El modelo propuesto permite la simulación uno a uno a la escala de una ciudad (o mayor). Este fue ajustado a la ciudad de Paraná² y probado en diferentes situaciones para predecir la evolución local de la epidemia.

MÉTODO

Modelo propuesto: Simulador de COVID-19 basado en Agentes (AbCSim)

1. Descripción y esquema general del modelo

Repast [29] es una plataforma que posee un conjunto de herramientas de modelado y simulación de código abierto basado en agentes y corre en diferentes sistemas operativos. Cada experimento o nuevo escenario que es probado requiere el uso de un

¹ <https://github.com/Repastero/GeoCOVID-19>

² <https://www.parana.gob.ar/la-ciudad/caracteristicas.php>

cluster de computadoras que habilita la ejecución concurrente de varias instancias del modelo, lo que permite generar resultados basados en tendencias centrales, dada la naturaleza estocástica del fenómeno en estudio. La plataforma Repast permite implementar las características, el comportamiento y la interacción de los agentes entre ellos y sus entornos.

El esquema general del modelo se presenta en la Figura 1 con tres diferentes niveles principales de detalle. En el primer nivel (Fig. 1-a) se representa el modelo completo, con sus condiciones iniciales, entradas y salidas. En el segundo nivel (Fig. 1-b) se muestran los bloques principales que conforman el sistema: un bloque dedicado a la simulación de la *Propagación del virus dentro de cada huésped* y otro dedicado a la *Transmisión de la enfermedad entre los huéspedes*, siguiendo la propuesta de otros autores [30]. En el siguiente nivel (Fig. 1-c) se muestran los submodelos de *Infectividad* y de *Caracterización epidemiológica* de cada agente, con los parámetros correspondientes. Además, se presentan los submodelos de *Contacto interpersonal*, *Localización y Movilidad/Actividad*, con el detalle de los parámetros específicos de este último. Finalmente, también se muestra en el tercer nivel los submodelos de *Transporte* y *Estela infecciosa*.

En las secciones siguientes se describirán con mayor detalle cada uno de ellos.

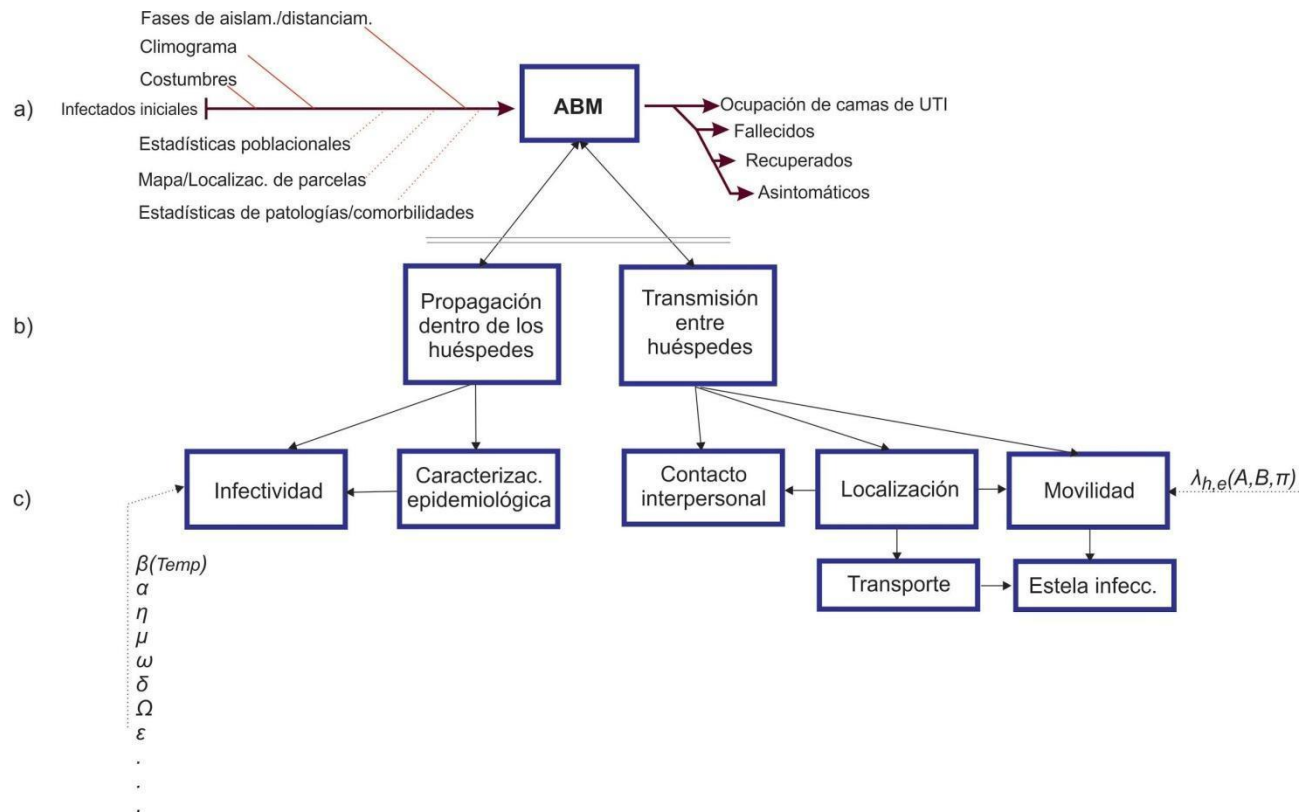


Figura 1: Diagrama en bloques del AbCSim: a) Condiciones iniciales, entradas y salidas del modelo. b) Bloques funcionales principales. c) Submodelos para cada bloque. Las flechas en línea sólida representan las relaciones entre los distintos elementos del modelo y las flechas en línea punteada los parámetros correspondientes (ver detalle en el texto).

2. Agentes, atributos y comportamientos generales.

Dado que se trata de un ABM, la parte central del modelo está constituida por la implementación de los denominados agentes *Humanos* (H_a). Cada uno de los H_a tiene la capacidad de adquirir y transmitir el virus de COVID-19; cambiar su estado de salud y síntomas, según la propagación de su infección y cambiar su comportamiento de acuerdo con ello (submodelo de *Infectividad*, Sección 3.1), además cada agente presenta características y atributos específicos de factores de riesgo y comorbilidades (submodelo de *Caracterización epidemiológica*, Sección 3.2).

Las relaciones entre los H_a más importantes desde el punto de vista de la epidemiología de la COVID-19 se representan en el submodelo de *Contacto*

Interpersonal (Sección 4.1). En este submodelo también se presentan las relaciones de los agentes humanos con las parcelas y el entorno. La relación entre los H_a se ve afectada por la distancia promedio entre las personas en los diferentes lugares a los que asisten, su tiempo de permanencia en estos, más su adhesión al uso del barbijo y a las reglas de distanciamiento social (Secciones 4.1 y 4.2).

Para el submodelo de *Localización* se utiliza un módulo del sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) específico y propio de la plataforma Repast que se describirá en la Sección 4.2. Esto permite diferenciar y caracterizar viviendas familiares, edificios, comercios, plazas, medios de transporte y otros lugares relevantes de permanencia de las personas. El entorno geográfico y cada parcela en la que está subdividida la ciudad se definen como agentes que poseen sus propios métodos y atributos. El nivel de detalle y la calidad de la información geográfica específica en este sistema es de vital importancia para representar de manera verosímil la movilidad y actividades de los H_a de esta sociedad simulada. Además, las formas de transporte público más importantes están representadas en el modelo como otro lugar específico de confluencia de personas, que corresponde al submodelo de *Transporte* (Sección 4.2.1).

Por otra parte, cada H_a tiene un comportamiento acorde a su franja etaria, hábitos y el barrio donde *vive*, asignados aleatoriamente al principio de cada simulación siguiendo las estadísticas poblacionales de la ciudad. Teniendo esto en cuenta, cada agente se moviliza de manera individual de acuerdo con probabilidades ($A \in \lambda_{h,e,l}(A, B, \pi)$) asociadas a matrices de cambio de estados (actividades/lugares) de un conjunto $\lambda_{h,e,l}$ de MOM que representan el submodelo de *Movilidad/Actividad*. Cada uno de los MOM corresponde a un lugar (l) (barrio/ciudad/zona) donde habita el agente, la franja etaria (e) a la que pertenece y la franja horaria (h) en la que se encuentra en el

momento de la simulación. Se retomará la descripción de este submodelo en la Sección 4.3. Finalmente, la permanencia del virus activo en los diferentes lugares/ambientes se representa mediante el submodelo de *Estela infecciosa* que se describe en la Sección 4.3.1.

3. Bloque de Propagación del virus dentro del huésped.

3.1. Submodelo de Infectividad.

El submodelo de infectividad del AbCSim parte de un modelo matemático planteado por Arenas y colaboradores [31], el cual fue traducido hacia el interior del sistema en Repast como el proceso de propagación del virus dentro de los agentes humanos. Cada agente H_a posee un atributo de estado de acuerdo con uno de siete grupos (*clusters*) epidemiológicos en los que se reparte la metapoblación³: **S**: susceptibles; **E**: latentes o expuestos; **I**: infecciosos sintomáticos; **A**: infecciosos asintomáticos; **R**: recuperados; **D**: muertos y **H**: hospitalizados. En la Figura 2 se representa en forma de diagrama los distintos componentes, relaciones y parámetros de este submodelo.

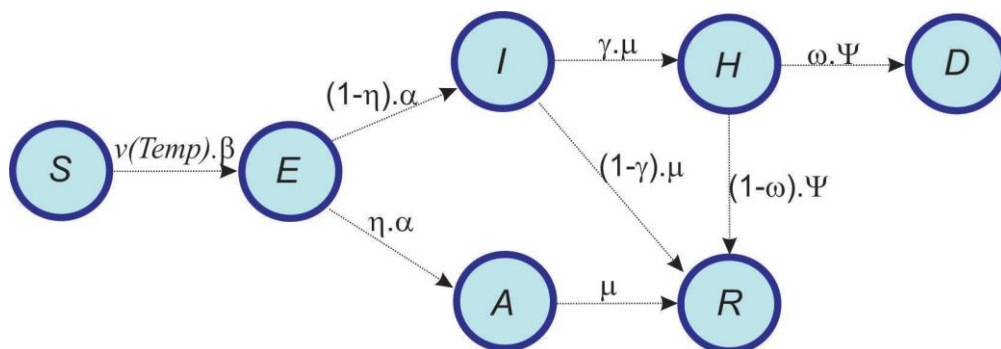


Figura 2: Submodelo de propagación con 7 grupos (*clusters*): **S**: susceptibles; **E**: latentes o expuestos; **I**: infecciosos sintomáticos; **A**: infecciosos asintomáticos; **R**: recuperados; **D**: muertos y **H**: hospitalizados. Modificado de Arenas y otros [31] (ver detalle de los parámetros en el texto).

³ Aunque el concepto de “cluster” aparece más comúnmente usado en la bibliografía del ámbito epidemiológico, desde el punto de vista formal este submodelo puede verse como un autómata estocástico de estados finitos.

Este submodelo cuenta con todas las características específicas de la pandemia por COVID-19, entre los que se encuentra el efecto epidemiológico importante que imprimen los individuos infecciosos asintomáticos (**A**, o con síntomas leves). También se considera la fracción de individuos que requieren hospitalización en terapia intensiva (**H**) y se asume que todos los agentes cuentan con la posibilidad de acceder a un respirador, dado que para la ciudad en estudio en ningún momento se superó la capacidad local instalada.

Teniendo en cuenta estas características principales de los agentes, este submodelo opera de la siguiente forma: los H_a susceptibles se infectan con una probabilidad β por haber mantenido un contacto interpersonal con otro agente infectado (sintomático **I** o asintomático **A**). Esta probabilidad de contagio es modulada por una variable v , dependiente de la temperatura media diaria. Si el individuo susceptible (**S**) se infecta pasa a formar parte del conjunto de personas expuestas al virus (**E**). Los individuos expuestos, $\frac{1}{\alpha}$ días después, se vuelven asintomáticos o sintomáticos, de acuerdo a una probabilidad η característica, dependiente de la franja etaria en la que se encuentra el agente. Una vez infectado, surgen dos caminos, la primera opción es que el H_a requiera hospitalización (**H**) en una unidad de terapia o cuidados intensivos (UTI en adelante), con una cierta probabilidad γ según su franja etaria y la existencia de comorbilidades o factores de riesgo particulares del agente. Los factores de riesgo o comorbilidades son un atributo de cada H_a y el aumento en la probabilidad de pasaje a UTI que imprime esta propiedad se presenta en la Tabla 2 de la sección siguiente (Submodelo de *Caracterización epidemiológica*). Si el H_a , luego de $\frac{1}{\mu}$ días no pasa a UTI, entonces pasa a ser recuperado y no vuelve a infectarse, al menos por un año, siguiendo la línea de conocimientos reportada en [32]. Estando en UTI, los individuos

tienen una probabilidad ω de muerte [33] después de un período promedio de $\frac{1}{\psi}$ días [34][35]. Superado este período⁴ el H_a libera su cama de UTI pasando al conjunto de recuperados.

La población de agentes se dividió en cinco grupos etarios: niños, jóvenes, adultos, adultos mayores y mayores de 65 años. Las constantes de pasaje entre los *clusters* epidemiológicos presentados anteriormente en la Figura 2 son específicas para cada rango etario y se presentan a continuación en la Tabla 1.

| Franja etaria | Niños 5-14 años | Jóvenes 15-24 años | Adultos 25-39 años | Adultos mayores 40-64 años | Mayores de 65 años |
|--|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| η | 0,74 | 0,58 | 0,42 | 0,26 | 0,10 |
| Probabilidad de pasaje a asintomático | | | | | |
| γ | 0,00011 | 0,00031 | 0,00081 | 0,0464 | 0,3051 |
| Probabilidad de pasar a UTI | | | | | |
| ω | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| Probabilidad de muerte en UTI | | | | | |
| β | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| Probabilidad de contagio | | | | | |
| $\frac{1}{\alpha}$ (días) Tiempo de Incubación | $5,2 \pm 1$ | $5,2 \pm 1$ | $5,2 \pm 1$ | $5,2 \pm 1$ | $5,2 \pm 1$ |
| $\frac{1}{\mu}$ (días) Tiempo infectado | 5 ± 1 | 5 ± 1 | 5 ± 1 | 5 ± 1 | 5 ± 1 |
| $\frac{1}{\psi}$ (días) Tiempo en UTI | 4 ± 1 | 4 ± 1 | 4 ± 1 | 4 ± 1 | 4 ± 1 |

⁴ 2020, El Clarín. 2020. “Coronavirus en Argentina: ¿cuánto tardan los enfermos en recuperarse?” Entrevista a Rosa Reina, presidenta de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva (SATI). https://www.clarin.com/sociedad/coronavirus-argentina-tardan-enfermos-recuperarse-0_M_gF-DJnj.html.

Tabla 1: Valores de los parámetros del modelo de propagación utilizado. En todos los que se especifica el valor de la media \pm el desvío standard poseen distribución normal. Adaptados de [31].

El submodelo de *Infectividad*, además, hace que los comportamientos de los H_a cambien de acuerdo al *cluster* epidemiológico en el que cada uno de estos se encuentren. Si el H_a se encuentra dentro de los susceptibles, entonces cumple con los traslados y actividades diarias preestablecidas, entre sus atributos, y definidos por el submodelo de *Movilidad*. Sin embargo, si el agente se encuentra dentro de alguno de los *clusters* distintos de susceptible o expuesto, entonces deja de trasladarse, dado que se asume que se mantiene en su vivienda evitando contagiar a otras personas. A partir de ese momento, todos los convivientes pasan a formar parte también del conjunto de expuestos.

Por último, en el AbCSim la probabilidad de contagio frente a un contacto interpersonal no es un parámetro vinculado solamente a lo estrictamente epidemiológico, sino que β se multiplica o modula por la variable ν que evoluciona a lo largo del año de forma inversamente proporcional a la temperatura media diaria, según la línea de trabajos que definen a la COVID-19 como una enfermedad estacional [36][37][38]. De esta forma, el valor de β es afectado por la variable $\nu(Temp)$ que adquiere su valor máximo (la unidad) el 15 de julio y su menor valor (0,5) el 15 de enero, cuando la temperatura diaria promedio es máxima en el hemisferio sur.

3.2. Submodelo de Caracterización epidemiológica.

Como ya se mencionó en la sección anterior, cada H_a cuenta entre sus atributos con valores epidemiológicos específicos que afectan los parámetros del submodelo de *Infectividad* ya presentados en la Tabla 1. Entre estos atributos se encuentran: la

existencia de comorbilidades o factor de riesgo y la existencia de conviviente infectado sintomático.

Las comorbilidades aumentan la probabilidad γ de pasaje de infectado a internado en UTI según el valor de porcentaje que se presenta en la Tabla 2 [33].

| Patología | Aumento de la probabilidad de ingreso a UTI |
|--------------|---|
| Respiratoria | 0,1230 |
| Diabetes | 0,3100 |
| Hipertensión | 0,2889 |
| Obesidad | 0,5863 |

Tabla 2: Aumento en la probabilidad γ de pasar de infectado a hospitalizado en UTI, de acuerdo a la comorbilidad particular que posee el H_a .

Por último, cada agente posee dos atributos vinculados a su comportamiento con consecuencias epidemiológicas: el atributo que marca la adhesión al distanciamiento social (*distanciamiento*) y el que representa la efectividad y adherencia al uso del barbijo (*barbijo*). Si bien ambos atributos completan la caracterización epidemiológica de cada agente, su funcionamiento será descrito en el submodelo de *Contacto Interpersonal* (Sección 4.1).

4. Bloque de Transmisión entre huéspedes

4.1. Submodelo de Contacto Interpersonal

Cada uno de los H_a cuenta con un método que mide si dentro de un rango de 2 m de distancia [39][40][41] se encuentra otro agente. Si esta relación de proximidad se mantiene durante 15 minutos o más y alguno de los dos agentes se encuentra

infectado (sintomático **I** o asintomático **A**), entonces el H_a que no estuviese infectado, pasa su atributo de estado epidemiológico a expuesto **E**, mediado por la probabilidad $v(Temp) * \beta$.

Por otro lado, cada H_a tiene implementado un método que tiene en cuenta la definición de contacto estrecho nacional vigente⁵. Esta rutina produce un cambio de estado automático de susceptible **S** a expuesto **E** para todos los agentes que habitan la vivienda con un infectado sintomático, independientemente de que se haya corroborado un contacto interpersonal.

Además, como ya se mencionó previamente, cada agente tiene un atributo que expresa el nivel de adherencia al uso del barbijo. Este atributo hace que β se vea afectado por otro coeficiente, denominado *barbijo*. Este coeficiente modula β frente a un contacto estrecho, restándole un 30% [17][21][42][43] de su valor cuando el nivel de adherencia del H_a frente al uso del barbijo es alto. Cuando el nivel de adherencia al uso del barbijo del agente es bajo, entonces no se aplica el coeficiente de disminución de β .

Por último, este submodelo tiene en cuenta un atributo de cada agente que define el nivel de adherencia al distanciamiento social. Este atributo *distanciamiento* tiene dos valores posibles: *alto* o *bajo*. En el caso de que el agente cuente con un nivel de adherencia *alto*, antes de ocupar cualquier posición en la grilla geográfica que no corresponda a su vivienda, primero chequea que no haya otro agente en un diámetro de 1,8 m. Si esta condición se verifica ocupa el lugar, sino, espera hasta que el aforo correspondiente del lugar lo permita. Por otro lado, si el distanciamiento tiene valor

5

<https://www.argentina.gob.ar/salud/coronavirus-COVID-19/Identificacion-y-seguimiento-de-contactos>

bajo, entonces este agente cuando se moviliza, ocupa el lugar que le corresponde, independientemente de si el aforo del lugar lo permite.

4.2. Submodelo de Localización

Con el objetivo de lograr una representación aproximada de los lugares donde las personas de la ciudad habitan, trabajan, consumen y tienen momentos de ocio se ocuparon las herramientas GIS incluidas en Repast. Esta información, junto con los traslados que se verifican durante el día, terminan de configurar las *costumbres gregarias* de los agentes H_a . Tales costumbres fueron relevadas a través de 441 encuestas individuales en campo, cumpliendo con cuotas de edad y sexo, junto con los requerimientos del Comité de Ética que fue el encargado de evaluar y aprobar la estructura, anonimización y consentimiento informado de las mismas⁶.

Para representar los edificios que pueden ser viviendas, lugares de trabajo, tiendas, lugares de esparcimiento, etc., se contó con mapas de todas las parcelas de la ciudad, provistos por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Paraná. También se utilizaron herramientas como Google Maps⁷ y Google Places®, con las cuales se obtuvo un primer mapeo de las distintas zonas de la ciudad en estudio. Luego se realizó una inspección ocular *in situ* de las parcelas y sus etiquetados, con el objetivo de corroborar la información brindada por los recursos anteriores. De esta forma, asistidos por herramientas de movilidad basadas en GPS, se completó el mapa GIS con lo relevado en campo.

⁶ Comité Asesor de Ética y Seguridad en el Trabajo Experimental (CEYSTE), CCT Santa Fe, CONICET, Argentina, <https://santafe.conicet.gov.ar/ceyste/>, Expte. CEYSTE- CES-00622/2021.

⁷ Google. (s.f.). [Mapa de Entre Rios, Argentina en Google maps.] Recuperado en 2020, de: <https://www.google.com.ar/maps/@-31.7446799,-60.512176,13z>

A partir de esta información, en la rutina de la inicialización del sistema se asigna a cada H_a los atributos vinculados a este submodelo, hasta ocupar todo el mapa con la cantidad de agentes correspondientes para cada parcela.

En la Figura 3 se presentan los mapas de los barrios o seccionales N.º 2 y N.º 11 de la ciudad de Paraná con un nivel de aproximación que permite observar los principales lugares de interés para el AbCSim y las actividades que en ellos se llevan a cabo.

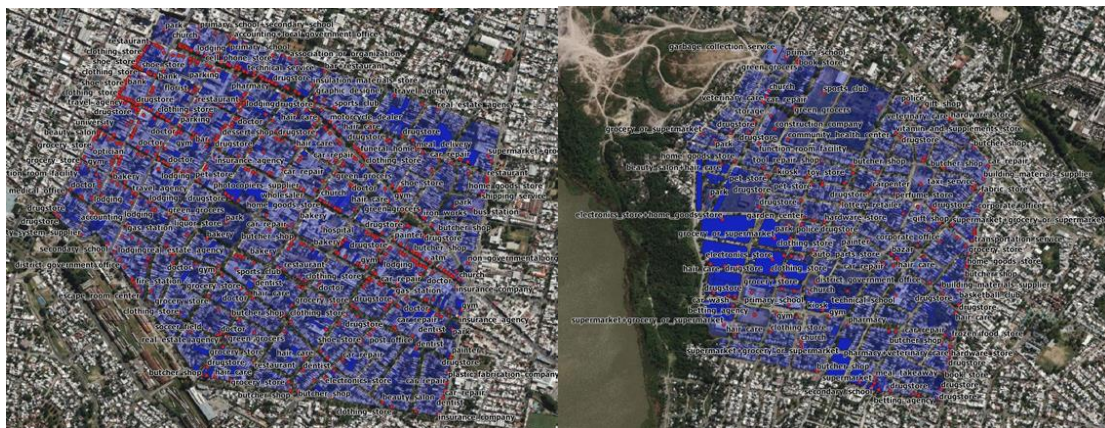


Figura 3: Mapa GIS de las Seccionales N.º 2 (izquierda) y N.º 11 (derecha) de la ciudad de Paraná utilizados para el submodelo de localización.

4.2.1. Submodelo de Transporte

Este bloque trata de representar en el AbCSim la influencia que tienen los medios de transporte público de la ciudad en la epidemiología de la COVID-19. Se representaron las distintas líneas de transporte público como lugares o posiciones fijas en el mapa, donde cada parada de colectivo es una parcela de 10 x 4 m. Esta simplificación pretende representar solo las características más relevantes de la dinámica del transporte público frente a la transmisión de la enfermedad en estudio. A esta parcela pueden ingresar agentes H_a una vez cada 20 min (simulando la frecuencia media del transporte local) y en ella confluyen un conjunto de personas que se mantienen a una

distancia de 2 m en promedio, por un lapso de tiempo de 20 min. Este distanciamiento no se cumple solo durante un minuto, plazo que representaría el traslado desde la puerta de ingreso hasta su asiento y desde su asiento hasta la puerta de egreso.

Superados los 20 min de traslado, cada agente puede saltar a una nueva posición en el mapa, o bien permanecer en el transporte por otro lapso de tiempo igual (dependiendo de una probabilidad de transición definida a partir del submodelo de *Movilidad/Actividad* que será tratado en la sección siguiente).

Como se describió, el transporte público también cuenta con su aforo propio, pero existe probabilidad de contacto estrecho, que es modulada por la adhesión del agente al uso del barbijo y al distanciamiento social (al igual que en cualquier otra localización del modelo).

4.3. Submodelo de Movilidad/Actividad

Este submodelo permite simular la movilidad o desplazamiento de las personas que habitan en una subregión o *barrio* del modelo, de acuerdo con el rango etario al que pertenecen y la franja horaria que se esté simulando. Establece también el tipo de actividad que cada agente desarrollará en el lugar al que le toque asistir en el próximo instante de tiempo considerado. Algunas de estas actividades son únicas para cada H_a a lo largo de toda la simulación (por ejemplo el tipo y ubicación del trabajo o estudio) y otras se van obteniendo en el instante que deban ser ejecutadas (por ejemplo, tipo de esparcimiento).

Para calcular la posición de cada H_a en cada instante, el AbCSim genera una serie de puntos de paso por lugares geográficos específicos a partir de un conjunto de MOM [25]. Cada uno de estos MOM define las probabilidades de pasar de una posición a

otra dentro de este submodelo, en función de la posición que ocupaba el H_a en el instante anterior y las características de las actividades definidas en sus atributos particulares.

Se considera que en diferentes horarios el comportamiento vinculado a la movilidad o desplazamiento de cada agente es distinto, por lo que se generan MOM específicos para las diferentes franjas horarias. Lo mismo ocurre con los rangos etarios, cada uno de los H_a de cada edad posee un tipo de movilidad y actividades características, las que comparte con todos los agentes de un mismo barrio o subregión.

Suponiendo que la posibilidad de contagio en las calles es prácticamente despreciable y que por lo tanto no tiene impacto en el modelo, se postula que el desplazamiento de los H_a a pie entre las parcelas es inmediato. Tal como se describió en el apartado anterior, solo se representa la dinámica del traslado de los agentes mediante medios de transporte público, cuando corresponde, ya que este tipo de traslado está previsto como una actividad posible dentro del estado *Otros* que será desarrollado a continuación.

El conjunto de los MOM que conforman el submodelo de *Movilidad* está definido como $\lambda_{h,e,l}(A,B,\pi)$. De acuerdo al rango etario (e), el barrio de la ciudad al que pertenece (l) y el rango horario (h) correspondiente al momento actual de la simulación, cada H_a utiliza un MOM $\lambda_{h,e,l}$ en particular.

Tal como se presenta en el grafo de estados de la Figura 4, todos los MOM poseen 4 estados. Cada uno de estos estados representan un tipo de lugar (o actividad) diferente, a saber: Casa (**C**), Trabajo (**T**), Esparcimiento (**E**) y Otros (**O**). A su vez, cada MOM posee su matriz de transición $A_{h,e,l}$ particular que presenta las probabilidades $a_{h,e,l}(i,j)$ de cambiar de estado, es decir, de trasladarse de un tipo de

lugar (j) a otro (i); una matriz $B_{h,e,l}$ que refleja las probabilidades $b_{h,e,l}(k, i)$ de salida de cada estado (para los K posibles lugares a dónde se movilizará el H_a al encontrarse en el estado i) y un vector π de probabilidades de lugares de inicio. El vector π siempre es $(1,0,0,0)$ para el comienzo del día, ya que se asume que todos los ciudadanos comienzan el día en su hogar.

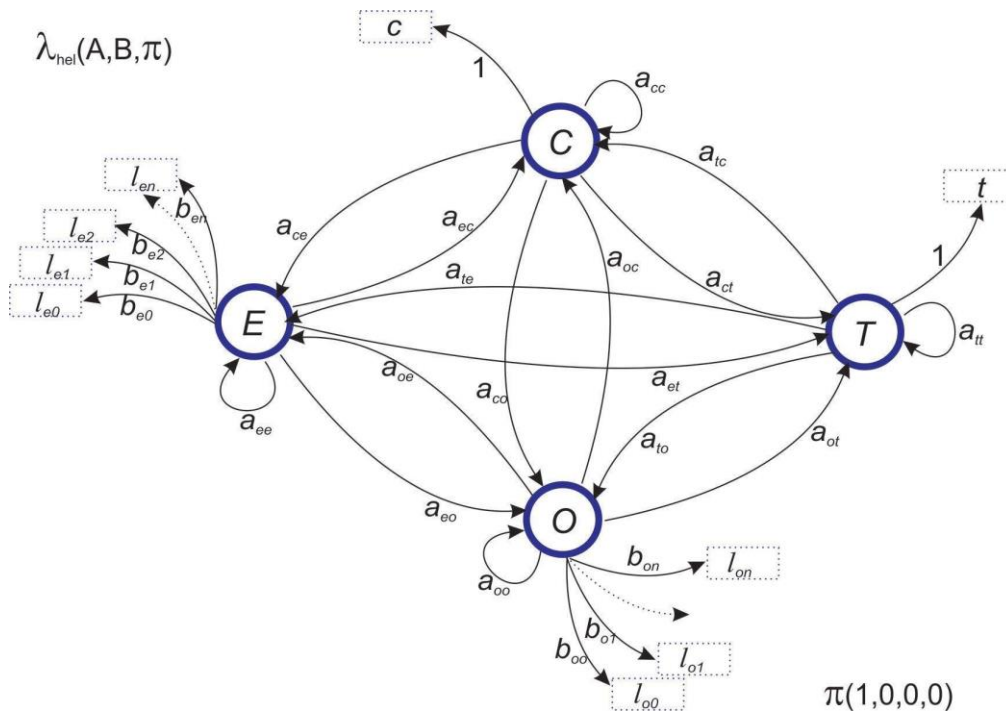


Figura 4: Grafo de estados de un submodelo de Márkov. Los cuatro estados, marcados en círculos, representan **C**: Casa; **T**: Trabajo; **E**: Esparcimiento; **O**: Otros. En los bloques rectangulares se muestran las posibles salidas de cada estado, es decir, cada posición de paso. Los estados **C** y **T** tienen una sola posible salida (definida en los atributos de cada H_a), por lo tanto esa salida posee una probabilidad 1 de ser elegida. El estado **E** tiene diferentes salidas posibles seleccionadas de una lista con lugares l_{en} que depende del barrio al que pertenece el agente. El estado **O** selecciona su salida aleatoriamente de manera equiprobable.

Cada uno de los posibles estados posee las siguientes características particulares:

- **C**: Este tipo de lugar representa la vivienda de cada H_a y por lo tanto tiene una única salida posible. El lugar concreto en el mapa geográfico de la ciudad que significa la salida de este estado se encuentra definido como un atributo de

cada agente y forma parte del submodelo de *Localización*. Este atributo es elegido aleatoriamente de un área geográfica de la ciudad definida como *habitable* al inicio de la ejecución, y no cambia durante el transcurso de una simulación.

- **T:** Este estado representa el lugar de trabajo o de estudio de cada H_a . Este es un espacio en el mapa geográfico que múltiples agentes pueden compartir y que para algunos H_a coincide con el de su vivienda (para el caso de aquellos agentes que no trabajan ni estudian). El lugar de trabajo/estudio es fijo para cada agente, seleccionado al inicio de la ejecución de una lista de posibles lugares, teniendo cada lugar probabilidades distintas de ser seleccionado por agentes de algunos rangos etarios específicos.
- **E:** El lugar definido como de esparcimiento representa un lugar que las personas suelen visitar rutinariamente, y que comparten varios H_a . Ejemplos de esto son un cine, una plaza, un centro comercial. Existe una lista de lugares con su probabilidad asociada que varía de acuerdo con las costumbres de los habitantes de cada barrio particular.
- **O:** Los definidos como otros lugares son menos frecuentes y entre ellos se encuentran cajeros automáticos, almacenes, restaurantes, supermercados, farmacias y transporte público, entre otros.

Las franjas horarias del día se definen de la siguiente manera:

- Mañana: 8:00 -12:00, franja horaria 0;
- Siesta: 12:00 - 16:00, franja horaria 1;
- Tarde: 16:00 - 20:00, franja horaria 2;
- Noche: 20:00 - 24:00, franja horaria 3

Los rangos etarios se definen de la siguiente forma:

- Niños: 5-14 años, franja etaria 0;
- Jóvenes: 15-24 años, franja etaria 1;
- Adultos: 25-39 años, franja etaria 2;
- Adultos mayores: 40-64 años, franja etaria 3;
- Mayores: más de 65 años, franja etaria 4;

A modo de ejemplo, se presentan en la Tabla 3 los valores de la matriz $A_{h,e,l}$ del MOM de un barrio particular l para la franja etaria 0 (*Niños*) y la franja horaria 0 (*Mañana*). Allí se pueden observar las probabilidades $a_{0,0,l}(i, j)$ de que un niño ($e = 0$), durante la mañana ($h = 0$), del barrio l pase del estado i (fila) y al estado j (columna). En particular, $a_{0,0,l}(1, 2) = 25$ es el valor de la probabilidad (multiplicado por 1000) de que un niño del barrio l , en la franja horaria 0 salga del trabajo/estudio (1) y vaya a un lugar de ocio (2). En el Apéndice A se presentan las probabilidades A y B para todos los rangos etarios, horarios y barrios típicos definidos en el AbCSim, para la primera fase de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO en adelante) decretado por el Gobierno Nacional Argentino.

| Franja horaria 0 (8.00 - 12.00) | | Vaya a | | | |
|----------------------------------|-----------------|--------|---------------------|------|-------|
| | | Casa | Trabajo/ Estudio | Ocio | Otros |
| Salga de | Casa | 50 | 875 | 25 | 50 |
| | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 25 | 50 |
| | Ocio | 25 | 900 | 25 | 50 |
| | Otros | 25 | 900 | 25 | 50 |

Tabla 3: Valores de la matriz A del modelo de Márkov para la franja etaria 0, franja horaria 0 para los agentes de un barrio particular de la ciudad (en probabilidades, multiplicadas por 1000, de que el agente “salga de” un lugar y “vaya a” otro lugar).

4.3.1. El submodelo de Estela infecciosa

Este submodelo representa la posibilidad de infección de un agente a partir del contacto con superficies contaminadas previamente por otro agente. Estudios realizados [44][45] determinaron que los materiales cotidianos más comunes al contacto humano son los plásticos, y en ellos el virus puede llegar a perdurar un tiempo que depende de forma exponencial e inversa a la temperatura ambiente. Si un individuo infectado se mantiene más de 16 minutos en un lugar fijo, es posible que deje una estela infecciosa sobre los objetos que manipuló (*fomites*), esto se puede modelar matemáticamente [44] como:

$$P(t) = e^{((-b).t)}$$

Donde b es:

$$b = e^{\left(-4.9 + \left(\frac{temp}{10}\right)\right)}$$

Aquí $P(t)$ representa la probabilidad de estar en contacto con el virus a través de una superficie plástica; t es el tiempo transcurrido desde que se manipuló el fómite en horas y $temp$ es la temperatura media ambiente del día. Esta fórmula se implementó en la proyección GIS del sistema, haciendo que cada celda donde permaneció un agente infectado pueda infectar a otro agente con la correspondiente probabilidad $P(t)$ ⁸.

⁸ Este factor se ha incluido por razones de completitud del modelo dado que tiene relación con varias de las medidas de higiene adoptadas en la prevención de la enfermedad, en la práctica y en la literatura más reciente se ha demostrado que su impacto es relativamente menor.

5. Obtención y adaptación de los parámetros del AbCSim.

Como se describió en las secciones anteriores, el modelo consta de diferentes bloques y submodelos, cada uno posee sus propios parámetros característicos que es necesario ajustar para el funcionamiento correcto del mismo.

Debido al carácter heterogéneo del AbCSim, cada submodelo utiliza distintos mecanismos de obtención, ajuste y adaptación de parámetros. Algunas de las constantes se obtuvieron directamente a partir de lo reportado en la bibliografía, mientras que otras se ajustaron mediante el método de búsqueda por grilla y comparación de la salida de la simulación con los datos reales disponibles.

Finalmente, debido a que el modelo representa muchos aspectos de la realidad mediante distintos parámetros en forma explícita, se realizó un análisis de información obtenida *ad hoc* y se ajustaron los mismos mediante conocimiento de un experto del área.

A continuación se describen las particularidades de cada bloque, mientras que en el Apéndice A se detallan las tablas con los principales parámetros del modelo con el fin de proveer reproductibilidad a este trabajo y sus resultados.

5.1. Bloque de Propagación del virus dentro del huésped

Partiendo de los valores propuestos por la literatura [31], se generó una primera calibración de los parámetros vinculados principalmente a la propagación del virus dentro de los huéspedes.

Para ajustar los valores de los parámetros de propagación dentro del huésped, se utilizó la información sobre la evolución de las variables epidémicas de marzo a mayo

de 2020 en el municipio de Vo (pequeño pueblo del norte de Italia) [46], más los datos geográficos, climáticos, demográficos y de costumbres de sus pobladores.^{9 10}

Para validar el modelo, se aplicaron las condiciones iniciales y los parámetros vinculados a la transmisión entre los huéspedes de la ciudad de Hoyo de Manzanares¹¹ [47]. En este caso, siguiendo la metodología presentada por otros modelos epidemiológicos basados en agentes [13][48], se verificó que las salidas del AbCSim son compatibles con datos recolectados en campo y que la dispersión de la salida del modelo, medida en términos del intervalo intercuartil, es aceptable.

Por último, con el fin de poner a prueba el funcionamiento del modelo frente a las costumbres que se verifican en localidades argentinas, se simuló lo sucedido en el departamento de Loncopué de la provincia de Neuquén^{12 13}. En esta implementación no solo se tuvieron en cuenta las costumbres locales, sino también se implementó un cambio de fase de ASPO. Dado que los datos reportados de casos diarios para esta ciudad son compatibles con las salidas del modelo, se puede utilizar esta información como una medida de la validez del AbCSim, quedando definidos los valores presentados en la Tabla 1.

⁹ <https://it.wikipedia.org/wiki/Vo%27>

¹⁰

<https://www.google.com/maps/place/35030+Vo',+Padua,+Italia/@45.3302273,11.6410366,12.28m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x477f21b5a67dbbe9:0x407098715916650!8m2!3d45.3220524!4d11.6500219>

¹¹

https://comunidadmadrid.maps.arcgis.com/apps/PublicInformation/index.html?appid=cdfb61b3eb3a49c2b990b4fdb41dfcfe&fbclid=IwAR1LGWldM48rEcPXA9EouUaKip_B756HsY0NLRVHKKyLMO0XVs1LXVZYGz0

¹² https://www.clarin.com/sociedad/coronavirus-argentina-loncopue-pueblo-asado-propago-enfermedad_0_t7IEWiIT6.html

¹³ <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/coronavirus-neuquen-aisla-loncopue-pueblo-donde-se-nid2352684/>

5.2. Bloque de Transmisión entre huéspedes

Se comenzó por fijar los valores de *barbijo* y *distanciamiento* del submodelo de *Contacto Interpersonal* siguiendo lo propuesto por la bibliografía presentada en la Sección 4.1. A medida que fueron cambiando las fases de aislamiento y distanciamiento, se fue verificando el aumento de la movilidad de las personas, lo que se veía reflejado en la información que provee Google Mobility ¹⁴. El conocimiento de este cambio en la movilidad de las personas hacia actividades de la vida normal pre-pandemia, se ve reflejado en los cambios de los parámetros de las matrices *A* y *B* de los distintos MOM que se presentan en el Apéndice A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados de salida de las simulaciones realizadas con AbCSim, con la carga de los datos y el ajuste de todos los parámetros correspondientes a la ciudad bajo estudio en el período que va desde que comienzan a subir los casos locales en forma más importante, el 12 de junio y hasta el 30 de diciembre de 2020. Se alimentó el modelo con el climograma, los cambios en las fases de aislamiento/distanciamiento y la cantidad de infectados iniciales correspondientes a este período.

En la Figura 5 se muestra la comparación entre la cantidad de camas de UTI ocupadas por pacientes COVID-19 positivos (validadas) en la ciudad de Paraná durante el período considerado y la estimación realizada por el modelo. Esta información es de suma importancia para poder prever una posible saturación del sistema sanitario local. Además, este es un conjunto de datos que puede obtenerse de la realidad con bastante

¹⁴ <https://www.google.com/COVID19/mobility/>

exactitud. Como puede verificarse en esta figura, los reportes semanales de ocupación de camas de UTI por COVID-19 son compatibles con los valores de salida del modelo.

En la Figura 6 se presenta la cantidad de casos diarios de COVID-19 (sintomáticos más asintomáticos) estimados por el modelo en el período considerado. En este caso las cifras oficiales sólo contemplan un muestreo del total de los casos reales, ya que esto es muy dependiente de las políticas de testeo y seguimiento de casos, sumado a la dificultad de detección de los casos asintomáticos. La estimación del modelo es que las cifras de infectados reales son más grandes que las oficiales y esto coincide con lo reportado en la bibliografía para otros casos de estudio [49].

Finalmente, en la Figura 7 se presenta la cantidad de fallecidos por COVID-19 acumulados estimados por el modelo en el período considerado. Este dato si es directamente contrastable con la realidad y de allí se desprende que la cantidad de fallecidos acumulados coincide con la cantidad reportada para la ciudad de Paraná por el Grupo de Investigación en Bases de Datos UTN FRCU – COVID-19 GIBD¹⁵.

¹⁵ <https://gibd.github.io/covid/Entre-Rios.html>

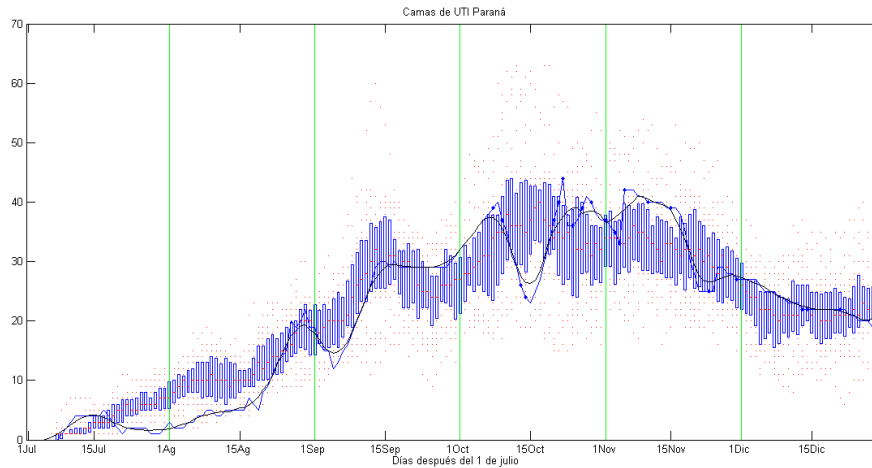


Figura 5: Cantidad de camas de UTI ocupadas por pacientes COVID-19 positivos en el período considerado. En negro las camas de UTI Covid-19+ relevadas por el programa PMUC, en azul la dispersión de la salida correspondiente del modelo y en rojo su tendencia central.

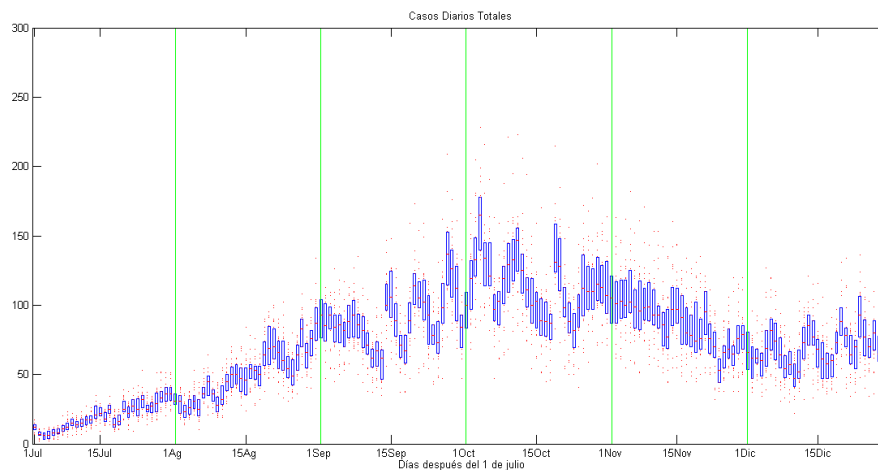


Figura 6: Cantidad de casos diarios de COVID-19 (sintomáticos+asintomáticos) estimados por el modelo en el período considerado. En azul la dispersión de la salida del modelo y en rojo su tendencia central.

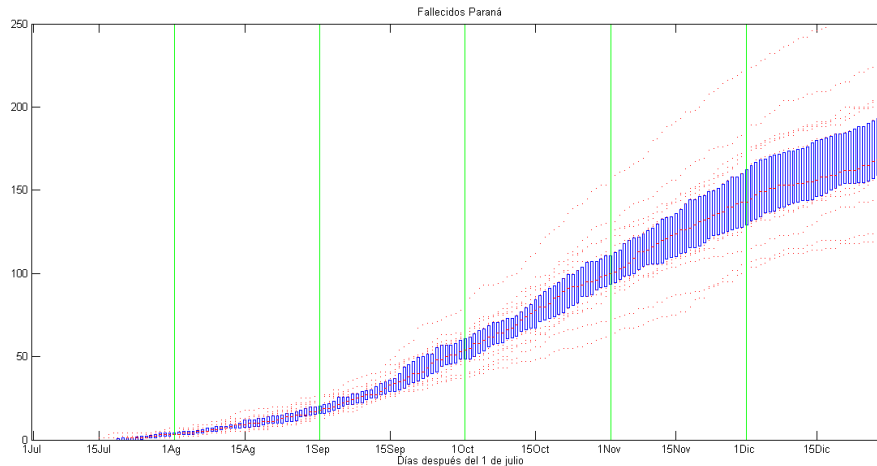


Figura 7: Cantidad de fallecidos por COVID-19 acumulados estimados por el modelo en el período considerado. En azul la dispersión de la salida del modelo y en rojo su tendencia central.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un modelo basado en agentes, denominado AbCSim, capaz de reproducir la evolución de la epidemia de COVID-19 a escala local de una ciudad. El modelo incorpora diversos aspectos de la epidemia en forma explícita, lo que facilita su ajuste a diferentes situaciones de estudio. Se describe la metodología empleada para ajustar los parámetros del sistema, así como también la forma de contemplar los cambios en las medidas de distanciamiento sociales, en la actividad de las personas y las variaciones climáticas a lo largo del tiempo. Como caso de estudio se aplica el modelo a la ciudad de Paraná durante la segunda mitad del año 2020.

Los resultados obtenidos son acordes a los registrados por las distintas fuentes de datos oficiales disponibles, centrándose principalmente en la cantidad de camas de UTI registradas como dedicadas para atender a pacientes con COVID-19 en la ciudad. También se verificó cómo las salidas del modelo coinciden con la cantidad de personas fallecidas que se reportan hasta la fecha considerada y es capaz de predecir

cuál será el desarrollo más probable de la cantidad de casos y cantidad de camas a ocupar en el corto plazo.

AbCSim brinda información que permite cuantificar el efecto de la implementación de diferentes políticas sanitarias a nivel local. Estas características convierten al modelo en una herramienta útil a la hora de tomar decisiones que permitan mantener un sistema sanitario operativo, evitando que llegue al colapso, incluyendo además una contextualización de las personas en su entorno económico-social local. En trabajos futuros se presentarán diversos casos de estudios en este sentido.

Agradecimientos:

Los autores agradecen al Bioingeniero Emanuel Juarez por sus aportes para la generación de las tablas y figuras que se presentan en este trabajo, a la Med. Vet. Silvina Saavedra por su colaboración en los aspectos epidemiológicos, al Programador Matías Godano por su contribución a través de las innumerables líneas de código que implementan el programa resultante de este modelo.

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo y la Innovación, perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Argentina a través del proyecto IP 362 de la línea Prioridad Coronavirus.

Conflictos de intereses:

Los autores no tienen conflictos de interés para declarar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Rahman and M. A. Kuddus, “Modelling the transmission dynamics of COVID-19 in six high burden countries,” pp. 1–13, 2020.
- [2] P. M. Tchepmo Djomegni, M. S. D. Hagggar, and W. T. Adigo, “Mathematical model for COVID-19 with ‘protected susceptible’ in the post-lockdown era,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 60, no. 1, pp. 527–535, 2021.
- [3] M. Chinazzi *et al.*, “Estimating the risk of sustained community transmission of COVID-19 outside Mainland China,” 2020.
- [4] G. Cacciapaglia, C. Cot, and F. Sannino, “Second wave COVID-19 pandemics in Europe: a temporal playbook,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [5] A. J. Kucharski *et al.*, “Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study,” *Lancet Infect. Dis.*, vol. 3099, no. 20, pp. 1–7, 2020.
- [6] H. A. Rothan and S. N. Byrareddy, “The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak,” *J. Autoimmun.*, no. February, p. 102433, 2020.
- [7] Y. Liu, A. Gayle, A. Wilder-Smith, and J. Rocklöv, “The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus,” *J. Travel Med.*, pp. 4–10, 2020.
- [8] J. Hellewell *et al.*, “Feasibility of controlling COVID-19 outbreaks by isolation of cases and contacts,” *Lancet Glob. Heal.*, vol. 8, no. 4, pp. e488–e496, 2020.
- [9] M. M. Sajadi, P. Habibzadeh, A. Vintzileos, S. Shokouhi, F. Miralles-Wilhelm,

- and A. Amoroso, “Temperature, Humidity, and Latitude Analysis to Estimate Potential Spread and Seasonality of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19),” *JAMA Netw. open*, vol. 3, no. 6, p. e2011834, 2020.
- [10] Y. Wang, B. Li, R. Gouripeddi, and J. C. Facelli, “Human activity pattern implications for modeling SARS-CoV-2 transmission,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 199, p. 105896, 2021.
- [11] T. Gwizdała, “Viral disease spreading in grouped population,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 197, 2020.
- [12] E. for public Health and Istituto Superiore di Sanità, “Characteristics of SARS-CoV-2 patients dying in Italy Report,” Trento and Bozen, 2020.
- [13] R. Hinch *et al.*, “OpenABM-COVID19 - An agent-based model for non-pharmaceutical interventions against COVID-19 including contact tracing,” *medRxiv*. pp. 1–23, 2020.
- [14] L. Peng, W. Yang, D. Zhang, C. Zhuge, and L. Hong, “Epidemic analysis of COVID-19 in China by dynamical modeling,” *medRxiv*, no. February, 2020.
- [15] G. B. Libotte, F. S. Lobato, G. M. Platt, and A. J. Silva Neto, “Determination of an optimal control strategy for vaccine administration in COVID-19 pandemic treatment,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 196, p. 105664, 2020.
- [16] P. H. T. Schimit, “A model based on cellular automata to estimate the social isolation impact on COVID-19 spreading in Brazil,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, no. xxxx, p. 105832, 2020.
- [17] N. Hoertel *et al.*, “A stochastic agent-based model of the SARS-CoV-2

- epidemic in France,” *Nat. Med.*, vol. 26, no. 9, pp. 1417–1421, 2020.
- [18] E. Cuevas, “An agent-based model to evaluate the COVID-19 transmission risks in facilities,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 121, no. May, p. 103827, 2020.
- [19] B. Vermeulen, A. Pyka, and M. Müller, “An agent-based policy laboratory for COVID-19 containment strategies,” Hohenheim, 2020.
- [20] M. W. Macy and R. Willer, “From Factors to Factors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling,” *Annu. Rev. Sociol.*, vol. 28, no. 1, pp. 143–166, 2002.
- [21] P. C. L. Silva, P. V. C. Batista, H. S. Lima, M. A. Alves, F. G. Guimarães, and R. C. P. Silva, “COVID-ABS: An agent-based model of COVID-19 epidemic to simulate health and economic effects of social distancing interventions,” *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 139, 2020.
- [22] S. Agrawal *et al.*, “City-Scale Agent-Based Simulators for the Study of Non-Pharmaceutical Interventions in the Context of the COVID-19 Epidemic,” pp. 1–56, 2020.
- [23] S. L. Chang, N. Harding, C. Zachreson, O. M. Cliff, and M. Prokopenko, “Modelling transmission and control of the COVID-19 pandemic in Australia,” *Nat. Commun.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, 2020.
- [24] A. Danchin, T. W. P. Ng, and G. Turinici, “A new transmission route for the propagation of the SARS-CoV-2 coronavirus,” *medRxiv*, p. 2020.02.14.20022939, 2020.
- [25] S. Banisch, “Markov chain aggregation for agent-based models,” Max Planck Institute for Mathematics in the Sciences, Bielefeld, 2014.

- [26] P. Brémaud, *Markov chains: Gibbs fields, Monte Carlo simulation, and queues*. 1999.
- [27] S. Gambs, M.-O. Killijian, and M. N. del P. Cortez, “Towards Temporal Mobility Markov Chains,” *1st Int. Work. Dyn. Collocated with OPODIS 2011, Toulouse, Fr.*, p. 2 pages, 2012.
- [28] M. J. North, “Repast Reference,” pp. 4–5, 2009.
- [29] C. M. Macal and M. J. North, “AGENT-BASED MODELING AND SIMULATION,” pp. 86–98, 2009.
- [30] E. Hunter, B. Mac Namee, and J. Kelleher, “A taxonomy for agent-based models in human infectious disease epidemiology,” *Jasss*, vol. 20, no. 3, 2017.
- [31] A. Arenas *et al.*, “A mathematical model for the spatiotemporal epidemic spreading of COVID19,” *medRxiv*, p. 2020.03.21.20040022, 2020.
- [32] T. Sekine *et al.*, “Robust T Cell Immunity in Convalescent Individuals with Asymptomatic or Mild COVID-19,” *Cell*, vol. 183, no. 1, pp. 158-168.e14, 2020.
- [33] Secretaria de Gobierno de Salud, “Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentino,” 2019. [Online]. Available: <https://sisa.msar.gov.ar/sisa/>. [Accessed: 04-Mar-2021].
- [34] E. Bullinger and M. Schliemann, “Review of three Recent Books on the Boundary of Bioinformatics and Systems Biology,” *Biomed. Eng. Online*, vol. 9, no. 1, p. 33, 2010.
- [35] Y. Wang *et al.*, “Clinical course and outcomes of 344 intensive care patients with COVID-19,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 201, no. 11, pp. 1430–

- 1434, 2020.
- [36] J. Wang *et al.*, “High temperature and high humidity reduce the transmission of COVID-19,” *arXiv*, 2020.
- [37] B. Chen *et al.*, “Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on a worldwide scale,” 2020.
- [38] A. Audi, M. Allbrahim, M. Kaddoura, G. Hijazi, H. M. Yassine, and H. Zaraket, “Seasonality of Respiratory Viral Infections: Will COVID-19 Follow Suit?,” *Front. Public Heal.*, vol. 8, no. September, pp. 1–8, 2020.
- [39] Z. Qureshi, N. Jones, R. Temple, J. P. Larwood, T. Greenhalgh, and L. Bourouiba, “What is the evidence to support the 2-metre social distancing rule to reduce COVID-19 transmission?” *Cebm*, vol. 2, pp. 1–36, 2020.
- [40] M. J. Keeling, T. Déirdre Hollingsworth, and J. M. Read, “The efficacy of contact tracing for the containment of the 2019 novel coronavirus (COVID-19).,” *medRxiv*, 2020.
- [41] D. Huremović, “Social Distancing, Quarantine, and Isolation,” in *Psychiatry of Pandemics*, Springer International Publishing, 2019, pp. 85–94.
- [42] C. M. Clase *et al.*, “Cloth Masks May Prevent Transmission of COVID-19: An Evidence-Based, Risk-Based Approach,” *Ann. Intern. Med.*, vol. 1, no. 10, pp. 1–4, 2020.
- [43] M. Zamir, Z. Shah, F. Nadeem, A. Memood, H. Alrabaiah, and P. Kumam, “Non Pharmaceutical Interventions for Optimal Control of COVID-19,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 196, p. 105642, 2020.
- [44] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, and E. Steinmann, “Persistence of

- coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents,” *J. Hosp. Infect.*, vol. 105, no. 3, p. 587, 2020.
- [45] N. van Doremalen *et al.*, “Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 16, pp. 1564–1567, 2020.
- [46] E. Lavezzo *et al.*, “Suppression of a SARS-CoV-2 outbreak in the Italian municipality of Vo’,” vol. 584, no. August, 2020.
- [47] “Mapa de riesgo COVID-19 - España,” 2020. [Online]. Available: <https://COVID-19-risk.github.io/map/spain/es/>. [Accessed: 10-Mar-2021].
- [48] C. A. Marques-Toledo, M. M. Bendati, C. T. Codeço, and M. M. Teixeira, “Probability of dengue transmission and propagation in a non-endemic temperate area: Conceptual model and decision risk levels for early alert, prevention and control,” *Parasites and Vectors*, vol. 12, no. 1, pp. 1–15, 2019.
- [49] L. Peng, W. Yang, D. Zhang Ch. Zhuge, and L. Hong, “Epidemic analysis of COVID-19 in China by dynamical modeling” *MedRxiv*, feb., 2020.

Contribuciones de los autores:

Carlos M. PAIS ha sido el encargado de generar la *conceptualización* del trabajo; hacer su *análisis formal*; *obtener los fondos* provenientes de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo y la Innovación; generar la *investigación* necesaria para la producción de conocimientos; proponer la *metodología* de trabajo; *administrar* el proyecto y los *recursos* necesarios para su desarrollo; *supervisar* el trabajo de todo el equipo de investigación y *validar* sus resultados; *redactar el borrador* original y colaborar en la *revisión y edición* finales.

José BIURRUN MANRESA ha colaborado en el *análisis formal* del documento; propuso parte de la *metodología de trabajo*; supervisó el *trabajo estadístico sobre los datos y resultados*; participó en la *validación* de los resultados y en la *revisión y edición* del documento final.

Abelardo DEL PRADO hizo sus aportes en la investigación y conceptualización de las dinámicas sociales implementadas en el trabajo; propuso la *metodología* ocupada para obtener la información socioeconómica implicada en la dinámica del sistema; fue quien supervisó el trabajo del grupo de encuestadores y colaboró en la *redacción del borrador original*.

H. Leonardo RUFINER ha colaborado con la *conceptualización* del trabajo y su *análisis formal*. Participó en la *obtención de los fondos* provenientes de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo y la Innovación; dirigió la *investigación* necesaria para la producción de conocimientos; participó en las discusiones para fijar la *metodología* de trabajo y colaboró en la *validación* de resultados junto con la *redacción del borrador original* y la *revisión y edición* finales.

Declaraciones de los autores:

- Los autores declaran ser conscientes de que son los únicos responsables del contenido de la preimpresión y que el depósito en SciELO Preprints no supone ningún compromiso por parte de SciELO, salvo su conservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los Términos de Consentimiento Libre e Informado necesarios de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de la comunicación científica.
- Carlos M. Pais, el autor remitente, declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente en el manuscrito.
- Los autores acuerdan que el manuscrito aprobado estará disponible bajo una licencia Creative Commons CC-BY.
- Los autores declaran que se hace referencia a los datos, aplicaciones y otro contenido subyacente al manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o puesto a disposición previamente en otro servidor de preimpresión o publicado por una revista.
- Carlos Pais, el autor remitente, declara que todos los autores del manuscrito están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.

- Los autores declaran que la investigación que originó el manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de la investigación se describen en el manuscrito.
- Los autores acuerdan que si el manuscrito es aceptado y publicado en el servidor de SciELO Preprints, será retirado frente a una solicitud de retracción.

APÉNDICE A: VALORES DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL MODELO

A.1 Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov

Los valores de las Tabla A.1.1 a A.1.5 determinan la movilidad y actividades de los agentes según su rango etario de pertenencia y barrio de vivienda. En cada renglón se exhiben en la mitad izquierda los valores vinculados a las seccionales representativas de barrios con alto índice de necesidades básicas satisfechas (INBS) y a la derecha los correspondientes a los barrios con bajo INBS. Dado que el comportamiento de cada agente cambia de acuerdo con la franja horaria del día y al rango etario al que pertenece, se presenta cómo van cambiando de forma cronológica estas Matrices de Markov en función de los cambios en la movilidad de las personas, que son influenciados principalmente por los cambios en las fases de aislamiento y distanciamiento que se verificaron durante el año en estudio (2020).

FEBRERO-MARZO-2020 (PRE-PANDEMIA)

| Niños-Seccional 2 | | | | | Niños-Seccional 11 | | | | |
|-------------------|------|-----------------|------|-------|--------------------|------|-----------------|------|-------|
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 75 | 850 | 50 | 25 | Casa | 275 | 650 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 175 | 550 | 250 | 25 | Casa | 150 | 525 | 300 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 | Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 |
| Ocio | 200 | 350 | 400 | 50 | Ocio | 175 | 325 | 450 | 50 |
| Otros | 200 | 350 | 300 | 150 | Otros | 175 | 325 | 350 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Casa | 175 | 550 | 250 | 25 | Casa | 425 | 100 | 375 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 | Trabajo/Estudio | 325 | 150 | 225 | 300 |
| Ocio | 200 | 350 | 400 | 50 | Ocio | 475 | 0 | 425 | 100 |
| Otros | 200 | 350 | 300 | 150 | Otros | 425 | 0 | 325 | 250 |
| Jóvenes-Seccional 2 | | | | | Jóvenes-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 75 | 850 | 50 | 25 | Casa | 275 | 650 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 175 | 550 | 250 | 25 | Casa | 150 | 525 | 300 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 | Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 |
| Ocio | 200 | 350 | 400 | 50 | Ocio | 175 | 325 | 450 | 50 |
| Otros | 200 | 350 | 300 | 150 | Otros | 175 | 325 | 350 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 175 | 550 | 250 | 25 | Casa | 425 | 100 | 375 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 50 | 850 | 75 | 25 | Trabajo/Estudio | 325 | 150 | 225 | 300 |
| Ocio | 200 | 350 | 400 | 50 | Ocio | 475 | 0 | 425 | 100 |
| Otros | 200 | 350 | 300 | 150 | Otros | 425 | 0 | 325 | 250 |
| Adultos-Seccional 2 | | | | | Adultos-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 25 | 925 | 25 | 25 | Casa | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 200 | 575 | 200 | 25 | Casa | 175 | 550 | 250 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 100 | 850 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 100 | 850 | 25 | 25 |
| Ocio | 200 | 675 | 100 | 25 | Ocio | 175 | 650 | 150 | 25 |
| Otros | 200 | 675 | 100 | 25 | Otros | 175 | 650 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 525 | 150 | 225 | 100 | Casa | 450 | 150 | 300 | 100 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 | Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 |
| Ocio | 575 | 100 | 225 | 100 | Ocio | 500 | 100 | 300 | 100 |
| Otros | 525 | 0 | 225 | 250 | Otros | 450 | 0 | 300 | 250 |
| Adultos Mayores-Seccional 2 | | | | | Adultos Mayores-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 25 | 925 | 25 | 25 | Casa | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 200 | 575 | 200 | 25 | Casa | 175 | 550 | 250 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 100 | 850 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 100 | 850 | 25 | 25 |
| Ocio | 200 | 675 | 100 | 25 | Ocio | 175 | 650 | 150 | 25 |
| Otros | 200 | 675 | 100 | 25 | Otros | 175 | 650 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 525 | 150 | 225 | 100 | Casa | 450 | 150 | 300 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 | Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 |
| Ocio | 575 | 100 | 225 | 100 | Ocio | 500 | 100 | 300 | 100 |
| Otros | 525 | 0 | 225 | 250 | Otros | 450 | 0 | 300 | 250 |
| Mayores de 65 años-Seccional 2 | | | | | Mayores de 65 años-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 700 | 0 | 125 | 175 | Casa | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 700 | 0 | 125 | 175 | Ocio | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Otros | 700 | 0 | 125 | 175 | Otros | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 950 | 0 | 25 | 25 | Casa | 925 | 0 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 850 | 0 | 75 | 75 | Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 800 | 0 | 175 | 25 | Casa | 750 | 0 | 225 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 700 | 0 | 300 | 0 | Ocio | 650 | 0 | 350 | 0 |
| Otros | 700 | 0 | 0 | 300 | Otros | 650 | 0 | 50 | 300 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 950 | 0 | 25 | 25 | Casa | 940 | 0 | 35 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|---|----|----|-------|-----|---|----|----|
| Ocio | 950 | 0 | 25 | 25 | Ocio | 940 | 0 | 35 | 25 |
| Otros | 950 | 0 | 25 | 25 | Otros | 940 | 0 | 35 | 25 |

Tabla A.1.1 : Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov para las diferentes seccionales para febrero-marzo-2020 (pre-pandemia). Se muestran los valores correspondientes para cada probabilidad de transición (multiplicados por el valor 1000) en función de los rangos etarios, los rangos horarios y los cambios de lugar/actividad considerados.

| JUNIO 2020 | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-----------------|------|-------|----------------------|------|-----------------|------|-------|
| Niños-Seccional 2 | | | | | Niños-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 275 | 650 | 50 | 25 | Casa | 475 | 450 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 250 | 400 | 250 | 100 | Casa | 225 | 375 | 300 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 625 | 75 | 75 | Trabajo/Estudio | 225 | 625 | 75 | 75 |
| Ocio | 300 | 300 | 350 | 50 | Ocio | 275 | 275 | 400 | 50 |
| Otros | 300 | 300 | 250 | 150 | Otros | 275 | 275 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 725 | 100 | 100 | 75 | Casa | 625 | 100 | 200 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 725 | 150 | 50 | 75 | Trabajo/Estudio | 725 | 150 | 50 | 75 |
| Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 | Ocio | 725 | 0 | 200 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 750 | 0 | 175 | 75 |
| Jóvenes-Seccional 2 | | | | | Jóvenes-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 275 | 650 | 50 | 25 | Casa | 475 | 450 | 50 | 25 |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |
| Casa | 250 | 400 | 250 | 100 | Casa | 225 | 375 | 300 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 625 | 75 | 75 | Trabajo/Estudio | 225 | 625 | 75 | 75 |
| Ocio | 300 | 300 | 350 | 50 | Ocio | 275 | 275 | 400 | 50 |
| Otros | 300 | 300 | 250 | 150 | Otros | 275 | 275 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 725 | 100 | 100 | 75 | Casa | 625 | 100 | 200 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 725 | 150 | 50 | 75 | Trabajo/Estudio | 725 | 150 | 50 | 75 |
| Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 | Ocio | 725 | 0 | 200 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 750 | 0 | 175 | 75 |
| Adultos-Seccional 2 | | | | | Adultos-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 200 | 750 | 25 | 25 | Casa | 400 | 550 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |
| Casa | 250 | 450 | 200 | 100 | Casa | 225 | 425 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 675 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 225 | 675 | 25 | 75 |
| Ocio | 300 | 575 | 100 | 25 | Ocio | 275 | 550 | 150 | 25 |
| Otros | 300 | 575 | 100 | 25 | Otros | 275 | 550 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 700 | 150 | 50 | 100 | Casa | 625 | 150 | 125 | 100 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Trabajo/Estudio | 700 | 150 | 50 | 100 | Trabajo/Estudio | 700 | 150 | 50 | 100 |
| Ocio | 825 | 50 | 50 | 75 | Ocio | 750 | 50 | 125 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 50 | 100 | Otros | 775 | 0 | 125 | 100 |
| Adultos Mayores-Seccional 2 | | | | | Adultos Mayores-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 200 | 750 | 25 | 25 | Casa | 400 | 550 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |
| Casa | 250 | 450 | 200 | 100 | Casa | 225 | 425 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 675 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 225 | 675 | 25 | 75 |
| Ocio | 300 | 575 | 100 | 25 | Ocio | 275 | 550 | 150 | 25 |
| Otros | 300 | 575 | 100 | 25 | Otros | 275 | 550 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 700 | 150 | 50 | 100 | Casa | 625 | 150 | 125 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 700 | 150 | 50 | 100 | Trabajo/Estudio | 700 | 150 | 50 | 100 |
| Ocio | 825 | 50 | 50 | 75 | Ocio | 750 | 50 | 125 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 50 | 100 | Otros | 775 | 0 | 125 | 100 |
| Mayores de 65 años-Seccional 2 | | | | | Mayores de 65 años-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 800 | 0 | 75 | 125 | Casa | 850 | 0 | 25 | 125 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 800 | 0 | 75 | 125 | Ocio | 850 | 0 | 25 | 125 |
| Otros | 800 | 0 | 75 | 125 | Otros | 850 | 0 | 25 | 125 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 950 | 0 | 25 | 25 | Casa | 925 | 0 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 850 | 0 | 75 | 75 | Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Casa | 900 | 0 | 75 | 25 | Casa | 850 | 0 | 125 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 900 | 0 | 100 | 0 | Ocio | 850 | 0 | 150 | 0 |
| Otros | 850 | 0 | 0 | 150 | Otros | 800 | 0 | 50 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 990 | 0 | 5 | 5 | Casa | 980 | 0 | 15 | 5 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 990 | 0 | 5 | 5 | Ocio | 980 | 0 | 15 | 5 |
| Otros | 990 | 0 | 5 | 5 | Otros | 980 | 0 | 15 | 5 |

Tabla A.1.2: Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov para las diferentes seccionales a partir de junio-2020. Se muestran los valores correspondientes para cada probabilidad de transición (multiplicados por el valor 1000) en función de los rangos etarios, los rangos horarios y los cambios de lugar/actividad considerados.

| AGOSTO 2020 | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Niños-Seccional 2 | | | | | Niños-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 225 | 700 | 50 | 25 | Casa | 425 | 500 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |
| Casa | 225 | 450 | 250 | 75 | Casa | 200 | 425 | 300 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 700 | 75 | 75 | Trabajo/Estudio | 150 | 700 | 75 | 75 |
| Ocio | 300 | 300 | 350 | 50 | Ocio | 275 | 275 | 400 | 50 |
| Otros | 300 | 300 | 250 | 150 | Otros | 275 | 275 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 625 | 100 | 200 | 75 | Casa | 525 | 100 | 300 | 75 |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Trabajo/Estudio | 575 | 150 | 125 | 150 | Trabajo/Estudio | 575 | 150 | 125 | 150 |
| Ocio | 725 | 0 | 200 | 75 | Ocio | 625 | 0 | 300 | 75 |
| Otros | 725 | 0 | 125 | 150 | Otros | 625 | 0 | 225 | 150 |
| Jóvenes-Seccional 2 | | | | | Jóvenes-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 225 | 700 | 50 | 25 | Casa | 425 | 500 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |
| Casa | 225 | 450 | 250 | 75 | Casa | 200 | 425 | 300 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 700 | 75 | 75 | Trabajo/Estudio | 150 | 700 | 75 | 75 |
| Ocio | 300 | 300 | 350 | 50 | Ocio | 275 | 275 | 400 | 50 |
| Otros | 300 | 300 | 250 | 150 | Otros | 275 | 275 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 3 | | | | |
| Casa | 625 | 100 | 200 | 75 | Casa | 525 | 100 | 300 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 575 | 150 | 125 | 150 | Trabajo/Estudio | 575 | 150 | 125 | 150 |
| Ocio | 725 | 0 | 200 | 75 | Ocio | 625 | 0 | 300 | 75 |
| Otros | 725 | 0 | 125 | 150 | Otros | 625 | 0 | 225 | 150 |
| Adultos-Seccional 2 | | | | | Adultos-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 0 | | | | |
| Casa | 150 | 800 | 25 | 25 | Casa | 350 | 600 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 1 | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | | 2 | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Casa | 200 | 500 | 200 | 100 | Casa | 175 | 475 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 175 | 725 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 175 | 725 | 25 | 75 |
| Ocio | 275 | 600 | 100 | 25 | Ocio | 250 | 575 | 150 | 25 |
| Otros | 275 | 600 | 100 | 25 | Otros | 250 | 575 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 3 | | | | | |
| Casa | 600 | 150 | 150 | 100 | Casa | 525 | 150 | 225 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 600 | 150 | 150 | 100 | Trabajo/Estudio | 600 | 150 | 100 | 150 |
| Ocio | 700 | 50 | 150 | 100 | Ocio | 625 | 50 | 225 | 100 |
| Otros | 700 | 0 | 150 | 150 | Otros | 625 | 0 | 225 | 150 |
| Adultos Mayores-Seccional 2 | | | | | Adultos Mayores-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 0 | | | | | |
| Casa | 150 | 800 | 25 | 25 | Casa | 350 | 600 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 1 | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 2 | | | | | |
| Casa | 200 | 500 | 200 | 100 | Casa | 175 | 475 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 175 | 725 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 175 | 725 | 25 | 75 |
| Ocio | 275 | 600 | 100 | 25 | Ocio | 250 | 575 | 150 | 25 |
| Otros | 275 | 600 | 100 | 25 | Otros | 250 | 575 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 3 | | | | | |
| Casa | 600 | 150 | 150 | 100 | Casa | 525 | 150 | 225 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 600 | 150 | 150 | 100 | Trabajo/Estudio | 600 | 150 | 100 | 150 |
| Ocio | 700 | 50 | 150 | 100 | Ocio | 625 | 50 | 225 | 100 |
| Otros | 700 | 0 | 150 | 150 | Otros | 625 | 0 | 225 | 150 |
| Mayores de 65 años-Seccional 2 | | | | | Mayores de 65 años-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 0 | | | | | |
| Casa | 750 | 0 | 100 | 150 | Casa | 800 | 0 | 50 | 150 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 750 | 0 | 100 | 150 | Ocio | 800 | 0 | 50 | 150 |
| Otros | 800 | 0 | 75 | 125 | Otros | 800 | 0 | 50 | 150 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |

| 1 | | | | | | | | | |
|------------------|------|-----------------|------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-------|
| Casa | 950 | 0 | 25 | 25 | Casa | 925 | 0 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 850 | 0 | 75 | 75 | Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 875 | 0 | 100 | 25 | Casa | 825 | 0 | 150 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 850 | 0 | 150 | 0 | Ocio | 800 | 0 | 200 | 0 |
| Otros | 800 | 0 | 0 | 200 | Otros | 750 | 0 | 50 | 200 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 975 | 0 | 10 | 15 | Casa | 965 | 0 | 20 | 15 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 975 | 0 | 10 | 15 | Ocio | 965 | 0 | 20 | 15 |
| Otros | 975 | 0 | 10 | 15 | Otros | 965 | 0 | 20 | 15 |

Tabla A.1.3: Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov para las diferentes seccionales a partir de agosto-2020. Se muestran los valores correspondientes para cada probabilidad de transición (multiplicados por el valor 1000) en función de los rangos etarios, los rangos horarios y los cambios de lugar/actividad considerados.

| OCTUBRE 2020 | | | | | | | | | |
|-------------------|------|-----------------|------|-------|--------------------|------|-----------------|------|-------|
| Niños-Seccional 2 | | | | | Niños-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 200 | 725 | 50 | 25 | Casa | 400 | 525 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Casa | 200 | 475 | 250 | 75 | Casa | 175 | 450 | 300 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 725 | 75 | 50 | Trabajo/Estudio | 150 | 725 | 75 | 50 |
| Ocio | 275 | 325 | 350 | 50 | Ocio | 250 | 300 | 400 | 50 |
| Otros | 275 | 325 | 250 | 150 | Otros | 250 | 300 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 3 | | | | | |
| Casa | 600 | 100 | 225 | 75 | Casa | 500 | 100 | 325 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 425 | 150 | 175 | 250 | Trabajo/Estudio | 425 | 150 | 175 | 250 |
| Ocio | 675 | 0 | 250 | 75 | Ocio | 575 | 0 | 350 | 75 |
| Otros | 600 | 0 | 175 | 225 | Otros | 500 | 0 | 275 | 225 |
| Jóvenes-Seccional 2 | | | | | Jóvenes-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 0 | | | | | |
| Casa | 200 | 725 | 50 | 25 | Casa | 400 | 525 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 1 | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 2 | | | | | |
| Casa | 200 | 475 | 250 | 75 | Casa | 175 | 450 | 300 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 725 | 75 | 50 | Trabajo/Estudio | 150 | 725 | 75 | 50 |
| Ocio | 275 | 325 | 350 | 50 | Ocio | 250 | 300 | 400 | 50 |
| Otros | 275 | 325 | 250 | 150 | Otros | 250 | 300 | 300 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 3 | | | | | |
| Casa | 600 | 100 | 225 | 75 | Casa | 500 | 100 | 325 | 75 |
| Trabajo/Estudio | 425 | 150 | 175 | 250 | Trabajo/Estudio | 425 | 150 | 175 | 250 |
| Ocio | 675 | 0 | 250 | 75 | Ocio | 575 | 0 | 350 | 75 |
| Otros | 600 | 0 | 175 | 225 | Otros | 500 | 0 | 275 | 225 |
| Adultos-Seccional 2 | | | | | Adultos-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| | | | | 0 | | | | | |
| Casa | 125 | 825 | 25 | 25 | Casa | 325 | 625 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |

| 1 | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 175 | 525 | 200 | 100 | Casa | 150 | 500 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 25 | 75 |
| Ocio | 150 | 750 | 25 | 75 | Ocio | 225 | 600 | 150 | 25 |
| Otros | 150 | 750 | 25 | 75 | Otros | 225 | 600 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 600 | 150 | 150 | 100 | Casa | 525 | 150 | 225 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 475 | 150 | 200 | 175 | Trabajo/Estudio | 475 | 150 | 200 | 175 |
| Ocio | 650 | 50 | 200 | 100 | Ocio | 575 | 50 | 275 | 100 |
| Otros | 650 | 0 | 200 | 150 | Otros | 575 | 0 | 275 | 150 |
| Adultos Mayores-Seccional 2 | | | | | Adultos Mayores-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 125 | 825 | 25 | 25 | Casa | 325 | 625 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 175 | 525 | 200 | 100 | Casa | 150 | 500 | 250 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 25 | 75 | Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 25 | 75 |
| Ocio | 150 | 750 | 25 | 75 | Ocio | 225 | 600 | 150 | 25 |
| Otros | 150 | 750 | 25 | 75 | Otros | 225 | 600 | 150 | 25 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 600 | 150 | 150 | 100 | Casa | 525 | 150 | 225 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 475 | 150 | 200 | 175 | Trabajo/Estudio | 475 | 150 | 200 | 175 |
| Ocio | 650 | 50 | 200 | 100 | Ocio | 575 | 50 | 275 | 100 |
| Otros | 650 | 0 | 200 | 150 | Otros | 575 | 0 | 275 | 150 |
| Mayores de 65 años-Seccional 2 | | | | | Mayores de 65 años-Seccional 11 | | | | |

| Franja horaria 0 | | | | | Franja horaria 0 | | | | |
|------------------|-----------------|------|-------|------|------------------|------|-------|------|-------|
| Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Otros |
| 725 | 0 | 100 | 175 | 775 | 0 | 50 | 175 | 775 | 175 |
| 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 |
| 725 | 0 | 100 | 175 | 775 | 0 | 50 | 175 | 775 | 175 |
| 725 | 0 | 100 | 175 | 775 | 0 | 50 | 175 | 775 | 175 |
| Franja horaria 1 | | | | | Franja horaria 1 | | | | |
| Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Otros |
| 950 | 0 | 25 | 25 | 925 | 0 | 50 | 25 | 925 | 25 |
| 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 |
| 850 | 0 | 75 | 75 | 825 | 0 | 100 | 75 | 825 | 75 |
| 850 | 0 | 75 | 75 | 825 | 0 | 100 | 75 | 825 | 75 |
| Franja horaria 2 | | | | | Franja horaria 2 | | | | |
| Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Otros |
| 850 | 0 | 125 | 25 | 800 | 0 | 175 | 25 | 800 | 25 |
| 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 |
| 800 | 0 | 200 | 0 | 750 | 0 | 250 | 0 | 750 | 0 |
| 800 | 0 | 0 | 200 | 750 | 0 | 50 | 200 | 750 | 200 |
| Franja horaria 3 | | | | | Franja horaria 3 | | | | |
| Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Casa | Otros |
| 965 | 0 | 15 | 20 | 955 | 0 | 25 | 20 | 955 | 20 |
| 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 |
| 965 | 0 | 15 | 20 | 955 | 0 | 25 | 20 | 955 | 20 |
| 965 | 0 | 15 | 20 | 955 | 0 | 25 | 20 | 955 | 20 |

Tabla A.1.4: Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov para las diferentes seccionales a partir de octubre-2020. Se muestran los valores correspondientes para cada probabilidad de transición (multiplicados por el valor 1000) en función de los rangos etarios, los rangos horarios y los cambios de lugar/actividad considerados.

DICIEMBRE 2020

| Niños-Seccional 2 | | | | | Niños-Seccional 11 | | | | |
|-------------------|------|-----------------|------|-------|--------------------|------|-----------------|------|-------|
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| Casa | 175 | 725 | 75 | 25 | Casa | 375 | 525 | 75 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |

| 1 | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-----------------|------|-------|----------------------|------|-----------------|------|-------|
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 150 | 500 | 300 | 50 | Casa | 125 | 475 | 350 | 50 |
| Trabajo/Estudio | 100 | 725 | 125 | 50 | Trabajo/Estudio | 100 | 725 | 125 | 50 |
| Ocio | 200 | 325 | 425 | 50 | Ocio | 175 | 300 | 475 | 50 |
| Otros | 200 | 325 | 325 | 150 | Otros | 175 | 300 | 375 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 550 | 100 | 250 | 100 | Casa | 450 | 100 | 350 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 350 | 150 | 225 | 275 | Trabajo/Estudio | 350 | 150 | 225 | 275 |
| Ocio | 600 | 0 | 300 | 100 | Ocio | 500 | 0 | 400 | 100 |
| Otros | 550 | 0 | 225 | 225 | Otros | 450 | 0 | 325 | 225 |
| Jóvenes-Seccional 2 | | | | | Jóvenes-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 175 | 725 | 75 | 25 | Casa | 375 | 525 | 75 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 900 | 50 | 25 |
| Ocio | 25 | 900 | 50 | 25 | Ocio | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Otros | 25 | 900 | 50 | 25 | Otros | 225 | 700 | 50 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 550 | 300 | 100 | 50 |
| Ocio | 800 | 10 | 95 | 95 | Ocio | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Otros | 800 | 10 | 95 | 95 | Otros | 750 | 60 | 95 | 95 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 150 | 500 | 300 | 50 | Casa | 125 | 475 | 350 | 50 |
| Trabajo/Estudio | 100 | 725 | 125 | 50 | Trabajo/Estudio | 100 | 725 | 125 | 50 |
| Ocio | 200 | 325 | 425 | 50 | Ocio | 175 | 300 | 475 | 50 |
| Otros | 200 | 325 | 325 | 150 | Otros | 175 | 300 | 375 | 150 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 550 | 100 | 250 | 100 | Casa | 450 | 100 | 350 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 350 | 150 | 225 | 275 | Trabajo/Estudio | 350 | 150 | 225 | 275 |
| Ocio | 600 | 0 | 300 | 100 | Ocio | 500 | 0 | 400 | 100 |
| Otros | 550 | 0 | 225 | 225 | Otros | 450 | 0 | 325 | 225 |
| Adultos-Seccional 2 | | | | | Adultos-Seccional 11 | | | | |

| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
|------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|-------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 75 | 825 | 50 | 50 | Casa | 275 | 625 | 50 | 50 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 150 | 525 | 225 | 100 | Casa | 125 | 500 | 275 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 50 | 50 | Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 50 | 50 |
| Ocio | 200 | 625 | 125 | 50 | Ocio | 175 | 600 | 175 | 50 |
| Otros | 200 | 625 | 125 | 50 | Otros | 175 | 600 | 175 | 50 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 525 | 150 | 225 | 100 | Casa | 450 | 150 | 300 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 | Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 |
| Ocio | 575 | 100 | 225 | 100 | Ocio | 500 | 100 | 300 | 100 |
| Otros | 525 | 0 | 225 | 250 | Otros | 450 | 0 | 300 | 250 |
| Adultos Mayores-Seccional 2 | | | | | Adultos Mayores-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 75 | 825 | 50 | 50 | Casa | 275 | 625 | 50 | 50 |
| Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 | Trabajo/Estudio | 25 | 925 | 25 | 25 |
| Ocio | 25 | 925 | 25 | 25 | Ocio | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Otros | 25 | 925 | 25 | 25 | Otros | 225 | 725 | 25 | 25 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 900 | 50 | 25 | 25 | Casa | 850 | 100 | 25 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 | Trabajo/Estudio | 450 | 400 | 100 | 50 |
| Ocio | 700 | 120 | 90 | 90 | Ocio | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Otros | 700 | 120 | 90 | 90 | Otros | 650 | 170 | 90 | 90 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 150 | 525 | 225 | 100 | Casa | 125 | 500 | 275 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 50 | 50 | Trabajo/Estudio | 150 | 750 | 50 | 50 |
| Ocio | 200 | 625 | 125 | 50 | Ocio | 175 | 600 | 175 | 50 |
| Otros | 200 | 625 | 125 | 50 | Otros | 175 | 600 | 175 | 50 |

| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 525 | 150 | 225 | 100 | Casa | 450 | 150 | 300 | 100 |
| Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 | Trabajo/Estudio | 225 | 250 | 225 | 300 |
| Ocio | 575 | 100 | 225 | 100 | Ocio | 500 | 100 | 300 | 100 |
| Otros | 525 | 0 | 225 | 250 | Otros | 450 | 0 | 300 | 250 |
| Mayores de 65 años-Seccional 2 | | | | | Mayores de 65 años-Seccional 11 | | | | |
| Franja horaria 0 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 0 | | | | | | | | | |
| Casa | 700 | 0 | 125 | 175 | Casa | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 700 | 0 | 125 | 175 | Ocio | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Otros | 700 | 0 | 125 | 175 | Otros | 750 | 0 | 75 | 175 |
| Franja horaria 1 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 1 | | | | | | | | | |
| Casa | 950 | 0 | 25 | 25 | Casa | 925 | 0 | 50 | 25 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 850 | 0 | 75 | 75 | Ocio | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Otros | 850 | 0 | 75 | 75 | Otros | 825 | 0 | 100 | 75 |
| Franja horaria 2 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 2 | | | | | | | | | |
| Casa | 800 | 0 | 150 | 50 | Casa | 750 | 0 | 200 | 50 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 675 | 0 | 300 | 25 | Ocio | 625 | 0 | 350 | 25 |
| Otros | 675 | 0 | 25 | 300 | Otros | 625 | 0 | 75 | 300 |
| Franja horaria 3 | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros | Franja horaria | Casa | Trabajo/Estudio | Ocio | Otros |
| 3 | | | | | | | | | |
| Casa | 960 | 0 | 20 | 20 | Casa | 950 | 0 | 30 | 20 |
| Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 | Trabajo/Estudio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Ocio | 960 | 0 | 20 | 20 | Ocio | 950 | 0 | 30 | 20 |
| Otros | 960 | 0 | 20 | 20 | Otros | 950 | 0 | 30 | 20 |

Tabla A.1.5: Matrices de transición de estados del conjunto de Modelos Ocultos de Markov para las diferentes seccionales a partir de diciembre-2020. Se muestran los valores correspondientes para cada probabilidad de transición (multiplicados por el valor 1000) en función de los rangos etarios, los rangos horarios y los cambios de lugar/actividad considerados.

A.2 Matrices de emisión de salida para los estados “Ocio” y “Otros”

Dado que el conjunto de Modelos Ocultos de Markov empleado por AbCSim posee 2 estados visibles (existe una única actividad posible para ese estado) y 2 estados ocultos que pueden emitir diferentes salidas, debajo se presentan las probabilidades de emisión de los estados ocultos correspondientes a los estados “Ocio” y “Otros”.

Tabla A.2: Matrices de emisión de salida para los estados “Ocio” y “Otros” del conjunto de Modelos Ocultos de Markov utilizados en las simulaciones.

| Estado | Actividad | Niños | Jóvenes | Adultos | Adultos Mayores | Mayores de 65 |
|--------|-----------------|-------|---------|---------|--------------------|------------------|
| Ocio | airport | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Ocio | night_club | 0 | 25 | 10 | 0 | 0 |
| Ocio | art_gallery | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Ocio | bank | 0 | 0 | 50 | 100 | 100 |
| Ocio | bar | 0 | 50 | 100 | 100 | 100 |
| Ocio | beauty_salon | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Ocio | bus_station | 100 | 100 | 50 | 10 | 10 |
| Ocio | casino | 0 | 0 | 50 | 80 | 80 |
| Ocio | church | 60 | 35 | 50 | 100 | 100 |
| Ocio | dentist | 50 | 50 | 10 | 50 | 50 |
| Ocio | doctor | 60 | 60 | 10 | 100 | 100 |
| Ocio | gym | 100 | 100 | 100 | 10 | 10 |
| Ocio | hair_care | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 |
| Ocio | hospital | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| Ocio | movie_theater | 100 | 100 | 100 | 10 | 10 |
| Ocio | museum | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Ocio | physiotherapist | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| Ocio | restaurant | 50 | 50 | 50 | 10 | 10 |
| Ocio | stadium | 150 | 100 | 100 | 50 | 50 |
| Ocio | spa | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 |

| | | | | | | |
|--------------|------------------------------|-----|-----|----|----|----|
| Otros | atm (cajeros automáticos) | 0 | 10 | 50 | 50 | 50 |
| Otros | bakery | 25 | 25 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | bicycle_store | 50 | 40 | 25 | 25 | 0 |
| Otros | book_store | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | cafe | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | car_dealer | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | car_repair | 0 | 2 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | car_wash | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | cemetery | 0 | 2 | 10 | 10 | 50 |
| Otros | clothing_store | 50 | 38 | 50 | 50 | 50 |
| Otros | convenience_store | 25 | 25 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | drugstore | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Otros | electronics_store | 100 | 100 | 50 | 50 | 50 |
| Otros | florist | 0 | 0 | 10 | 10 | 50 |
| Otros | furniture_store | 0 | 1 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | gas_station | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | hardware_store | 100 | 100 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | home_goods_store | 25 | 24 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | insurance_agency | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | jewelry_store | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | laundry | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | lawyer | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | library | 25 | 25 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | liquor_store | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Otros | locksmith | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | meal_delivery | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | meal_takeaway | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | movie_rental | 50 | 50 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | parking | 0 | 0 | 25 | 25 | 20 |
| Otros | pet_store | 100 | 80 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | pharmacy | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 |
| Otros | post_office | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |

| | | | | | | |
|--------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Otros | real_estate_agency | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | shoe_store | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | shopping_mall | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 |
| Otros | storage | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Otros | supermarket | 50 | 50 | 100 | 100 | 100 |
| Otros | travel_agency | 25 | 25 | 10 | 10 | 10 |
| Otros | veterinary_care | 47 | 47 | 10 | 10 | 10 |

A.3 Variación de los parámetros de la Tabla 1 según la fecha

Debido a que algunos de los valores de los parámetros del modelo dependen de los cambios de fase de aislamiento o distanciamiento, a continuación se presenta cómo cambian de acuerdo a la altura del año que se realiza la simulación y las disposiciones correspondientes (2020).

Tabla A.3: Variación de los parámetros de la Tabla 1 según la fecha y cambios en las fases de aislamiento o distanciamiento (2020).

| Fechas | 12/ jun | 01/ jul | 20/ jul | 03/ ago | 17/ ago | 31/ ago | 11/ sep | 14/ sep | 21/ sep | 01/ oct | 29/ oct | 06/ nov | 06/ dic | 09/ dic | 14/ dic | 24/ dic | 31/ dic |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Protección de Barbijo (%) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 |
| Acatamiento de distanciamiento social (%) | 80 | 80 | 60 | 60 | 30 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | 10 |
| Aforo en "Otros" (m²) | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| Aforo en "Ocio" (m²) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.1 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.5 | 1.5 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores aceptan que si el manuscrito es aceptado y publicado en el servidor SciELO Preprints, será retirado tras su retractación.