

# 2do Workshop sobre modelamiento aplicado al COVID-19 en Chile

18 y 19 de junio 2020

Uno de los objetivos de la Mesa Social COVID-19, fue constituir una instancia de diálogo, colaboración y coordinación para definir una política nacional frente a la pandemia. Una línea de acción fue establecer un trabajo interdisciplinario académico al interior de las universidades, coordinado por la Pontificia Universidad Católica y la Universidad de Chile.

La mesa de trabajo interdisciplinar, instancia que se desprende de lo anterior, tiene por objetivo focalizarse en aspectos que puedan apoyar la gestión de la epidemia, utilizando para ello diversas disciplinas, desde la matemática a las ciencias de la ingeniería, la computación y economía. En este contexto, ha emergido la línea de Modelos Predictivos. La misión de esta línea es la de intentar coordinar los resultados de los distintos grupos de modelamiento y transmitir a la Mesa Social sus recomendaciones, resultados de los modelos, y recibir a la vez peticiones desde la Mesa Social respecto de modelamientos puntuales.

En respuesta a esta misión de obtener recomendaciones a partir de los modelos, es que se ha coordinado un segundo workshop (webinar) durante los próximos días 18 y 19 de junio, a dos meses del primero de estos eventos, oportunidad en la que se contó con catorce expositores. En este **2do Workshop sobre modelamiento aplicado al COVID-19 en Chile**, tendremos catorce presentaciones también, en las que desde diferentes enfoques y experiencias, veremos modelos para evaluar estrategias de mitigación (en pasado y futuro), comprender la dinámica de la enfermedad, realizar predicciones y, por cierto, entregar recomendaciones.

Los invitamos a participar activamente de este evento. Para asistir, solo es necesario **registrarse [AQUI](#)** para que luego les sean enviadas las coordenadas zoom de la actividad.

Finalmente, les informamos también que se ha creado un repositorio GitHub para compartir modelos/código/datos/parámetros sobre el COVID-19 de forma ordenada y así tener un lugar centralizado con todo el material para poder comparar modelos y resultados: <https://github.com/Instituto-Milenio-de-Datos/modelamiento-covid>. Quedan cordialmente invitados a incorporarse y utilizar este repositorio.

**Registro, informaciones y consultas en: <http://eventos.cmm.uchile.cl/2wcovid19/>**

El link con las coordenadas para conectarse vía zoom le será enviado a su correo electrónico el miércoles 17 de junio a las 18:00.

## PROGRAMA JUEVES 18 DE JUNIO 2020

### **Bloque 1: Jueves 18 de junio 2020 (9:00 - 11:00)**

**Modera:** Pedro Gajardo, Universidad Técnica Federico Santa María

Horario	Apertura
9:00 - 9:30	<b>Pablo Marquet</b> (P. Universidad Católica): Coordinador Mesa Interdisciplina Mesa Social COVID-19  <b>Alejandro Jofré:</b> Prorector Universidad de Chile  <b>Pedro Bouchon:</b> Vicerrector de Investigación P. Universidad Católica

Horario	Presentadores	Título de la presentación
9:30 - 10:00	<b>Mauricio Lima</b> P. Universidad Católica	Dinámica de la transmisión de COVID-19 en Chile y la respuesta a las medidas de mitigación
10:00 - 10:30	<b>Tomás Pérez-Acle</b> Fundación Ciencia & Vida	Proyección del impacto de la pandemia de COVID-19 en Chile a través de un modelo SEIRHUDB
10:30 - 11:00	<b>Fernando Córdova-Lepe</b> Universidad Católica del Maule	Sobre indicadores, aplanamiento e indentificabilidad

### **Bloque 2: Jueves 18 de junio 2020 (11:00 - 13:00)**

**Modera:** Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
11:00 - 11:30	<b>Andrés Navas</b> Universidad de Santiago	Modelos con dinámica de casos no reportados: propiedades estructurales generales
11:30 - 12:00	<b>Juan Carlos Maureira</b> Universidad de Chile	Modelo epidemiológico basado en Agentes
12:00 - 12:30	<b>Marcelo Olivares</b> Universidad de Chile	A microsimulation model to evaluate mitigation strategies in the Covid-19 pandemic
12:30 - 13:00	<b>Gonzalo Mena</b> Harvard University	¿Se puede estimar cuántos casos realmente activos hay?

**Registro, informaciones y consultas en:** <http://eventos.cmm.uchile.cl/2wcovid19/>

El link con las coordenadas para conectarse vía zoom le será enviado a su correo electrónico el miércoles 17 de junio a las 18:00.

## PROGRAMA VIERNES 19 DE JUNIO 2020

### **Bloque 3: Viernes 19 de junio 2020 (9:00 - 10:30)**

**Modera:** Eduardo Undurraga, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
9:00 - 9:30	<b>Julio Benavides</b> Universidad Andrés Bello	Efecto de las medidas de cuarentena en la epidemia de COVID en la Región Metropolitana
9:30 - 10:00	<b>Guillermo Cabrera</b> Universidad de Concepción	SEIR considerando escenarios y muestreo como apoyo a autoridades regionales: Biobío y Ñuble
10:00 - 10:30	<b>Héctor Ramírez</b> Universidad de Chile	Modelamiento y análisis de estrategias de mitigación para el brote COVID-19 en Chile

### **Bloque 4: Viernes 19 de junio 2020 (11:00 - 13:00)**

**Modera:** Fernando Mardones, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
11:00 - 11:30	<b>Gerard Olivar-Tost</b> Universidad de Aysén	Primeros resultados sobre cierres parciales de espacios en Coyhaique frente a la pandemia
11:30 - 12:00	<b>Gregorio Moreno</b> P. Universidad Católica	Covid-19: una mirada desde los modelos sencillos
12:00 - 12:30	<b>Marcel Goic</b> Universidad de Chile	El Rol de la Movilidad en la propagación de contagios del COVID-19 en la Región Metropolitana
12:30 - 13:00	<b>Mauricio Canals</b> Universidad de Chile	Modelo SEIR estocástico básico para COVID-19 en Chile

**Registro, informaciones y consultas en:** <http://eventos.cmm.uchile.cl/2wcovid19/>

El link con las coordenadas para conectarse vía zoom le será enviado a su correo electrónico el miércoles 17 de junio a las 18:00.

## **Bloque 1**

**Jueves 18 de junio 2020 (9:30 – 11:00)**

Modera: Pedro Gajardo, Universidad Técnica Federico Santa María

---

**9:30 – 10:00 · Dinámica de la transmisión de COVID-19 en Chile y la respuesta a las medidas de mitigación**

**Expositor: Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile**

**Resumen:** Un parámetro fundamental en la dinámica de una epidemia es la tasa o coeficiente de transmisión  $b$ . Esta tasa describe la dinámica del proceso infectivo, es decir, cómo y con qué eficiencia se transmite un patógeno (virus, bacteria) desde un individuo infectado a un individuo susceptible. Lo primero es inferir de manera indirecta la dinámica temporal de la tasa de transmisión  $b_t$ , desde el inicio de la epidemia, a partir de la dinámica de los infectados activos. Para evaluar los cambios diarios en la transmisión, asumiendo que los parámetros de recuperación y mortalidad de infectados no cambian durante el desarrollo de la epidemia, se utilizó la tasa de crecimiento exponencial observada diaria  $r_t$  del número de infectados activos, como un estimador del comportamiento dinámico de la epidemia durante su fase de expansión. El ajuste del modelo indica que hubo un primer punto de inflexión alrededor del día 21-23 de comenzada la epidemia y se ajusta a las fechas de las primeras medidas de mitigación implementadas (el estado de excepción y las cuarentenas dinámicas). Luego un claro rebrote entre los días 49 y 60 (última semana de abril) de la epidemia, una tasa estable de crecimiento diaria cercana al 6% hasta 24 de mayo y luego se confirma la tendencia de declinación en la tasa de crecimiento diaria observada a partir del 25-26 de mayo. Importante considerar que el utilizar la tasa de crecimiento diaria de infectados activos permite predecir la tendencia de la epidemia y tomar medidas más tempranas. Los resultados sugieren que las medidas de mitigación tomadas entre el 8-15 de mayo comenzaron a tener efecto entre 15-20 días después de implementadas.

---

**10:00 – 10:30 · Proyección del impacto de la pandemia de COVID-19 en Chile a través de un modelo SEIRHUDB**

**Expositor: Tomás Pérez-Acle, Fundación Ciencia & Vida**

**Co-autores: Tomas Veloz, Pedro Maldonado, Samuel Ropert, Cesar Ravello, Cesar Valdenegro, Tomás Villaseca, Alejandra Barrios, Soraya Mora**

**Resumen:** Measures to reduce the impact of the COVID-19 pandemic require a mix of logistic, political and social capacity. Depending on the country, different approaches to increase hospitalization capacity or to properly apply lock-downs are observed. In order to better understand the impact of these measures we have developed a compartmental model which, on the one hand allows to calibrate the reduction of movement of people within and among different areas, and on the other hand it incorporates a hospitalization dynamics that differentiates the availability of treatment that infected people may receive. By bounding the hospitalization capacity, we are able to study in detail the interplay between mobility and hospitalization capacity.

## **Bloque 1 (continuación)**

**Jueves 18 de junio 2020 (9:30 – 11:00)**

Moderador: Pedro Gajardo, Universidad Técnica Federico Santa María

---

10:30 – 11:00 · Sobre indicadores, aplanamiento e indentificabilidad

**Expositor: Fernando Córdova-Lepe, Fundación Ciencia & Vida**

**Co-autores: Colaboradores del DM2A-UCM**

**Resumen:** Uno de los problemas de interés general, en el contexto COVID-19, es conocer cuánto falta para alcanzar el tope, ya sea en la curva de incidencia o en la de infectados activos. El trabajo presenta algunas respuestas teóricas orientadoras. Por otro lado, es sabido que el modelo SIR presenta el problema de la indentificabilidad, al respecto proponemos una generalización a la clásica representación de la incidencia por ley de acción de masas.

---

## Bloque 2

**Jueves 18 de junio 2020 (11:00 – 13:00)**

Modera: Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile

---

11:00 – 11:30 · Modelos con dinámica de casos no reportados:  
propiedades estructurales generales

**Expositor:** Andrés Navas, Universidad de Santiago

**Co-autor:** Gastón Vergara (Université de Bordeaux)

**Resumen:** Incorporamos los casos no reportados a la dinámica del modelamiento, siguiendo -entre otros- el trabajo de Magall et al. Nuestros resultados son de índice teórico: existencia de umbral positivo para enfermos al final de la epidemia, multiplicidad del número de peaks del modelo, etc. De estos resultados surgen recomendaciones razonables para los tomadores de decisiones.

---

11:30 – 12:00 · Modelo epidemiológico basado en agentes

**Expositor:** Juan Carlos Maureira, Universidad de Chile

**Co-autores:** María Paz Cortés, Andrew Hart, Vicente Acuña, Sebastian López, Servet Martínez

**Resumen:** Modelo de Agentes que busca representar vía a microsimulación la evolución de la pandemia basado en parámetros diseñados tanto para representar lo observado empíricamente en Chile como tener un buen sentido epidemiológico. Este modelo representa una ciudad (Gran Santiago hasta el momento) a nivel de comuna considerando transporte público y rangos etarios de la población, y define la interacción de agentes en dos niveles: en su casa y en una comunidad de preferencia: trabajo o escuela). Es capaz de aplicar reglas que cambian los parámetros y el comportamiento de los agentes (las personas) en cualquier momento, lo que es usado para modelar las medidas de contención que la autoridad sanitaria ya ha aplicado, y también evaluar estrategias futuras de contención. Modela el sistema hospitalario considerando camas básicas/intermedias y camas UCI. A su vez, los agentes pueden tener perfiles, con los cuales es posible modelar factores de riesgo en la población y representar proporciones globales observadas a través del modelo. Las tasas de transferencia de la enfermedad se calibran de acuerdo a obtener un número de reproducción inicial ( $R_0$ ) e intervalo serial (tiempo generacional) acorde a lo visto en la literatura. Actualmente se está incluyendo el factor de sub-reportabilidad de los nuevos casos sintomáticos de acuerdo al método usado por M. Canals con el fin de representar de mejor forma la evolución de la pandemia en el Gran Santiago con el fin de entregar proyecciones que partan desde un estado de la pandemia razonablemente creíble en el Gran Santiago.

## **Bloque 2 (continuación)**

**Jueves 18 de junio 2020 (11:00 – 13:00)**

Modera: Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile

---

12:00 – 12:30 · A microsimulation model to evaluate mitigation strategies in the Covid-19 pandemic

**Expositor:** Marcelo Olivares, Universidad de Chile

**Co-autor:** Jose Correa (Universidad de Chile)

**Resumen:** We develop a network model with stochastic dynamics to simulate the Covid-19 in the city of Santiago. We formulate a Maximum Likelihood estimator to calibrate the model parameters based on infection cases and mobility data to capture the effect of different interventions on social distancing that were applied during the study period. We use the model to evaluate the effectiveness of alternative non-pharmaceutical mitigation strategies, including lockdowns and case isolation.

---

12:30 – 13:00 · ¿Se puede estimar cuántos casos realmente activos hay?

**Expositor:** Gonzalo Mena, Harvard University

**Co-autores:** Jorge Pérez (Universidad de Chile)

**Resumen:** La definición de "caso activo" puede ser desafortunada en términos de comunicación de riesgo, ya que individuos recientemente contagiados no serán diagnosticados sino hasta quizás mucho después, dependiendo de la saturación del sistema de salud. En esta charla mostramos metodología estadística basada en el análisis Bayesiano para corregir este sesgo intrínseco, incluso en la precaria situación actual: mostramos que es posible dar cantidades más fidedignas en escalas espacio-temporales suficientemente finas como para ser útiles en la toma de decisiones.

## **Bloque 3**

**Viernes 19 de junio 2020 (9:00 – 10:30)**

Modera: Eduardo Undurraga, Pontificia Universidad Católica de Chile

---

**9:00 – 9:30 · Efecto de las medidas de cuarentena en la epidemia de COVID en la Región Metropolitana**

**Expositor: Julio Benavides, Universidad Andrés Bello**

**Co-autores: Daniel Pons (Universidad Andrés Bello), Fernando Mardones (P. Universidad Católica), Joaquín Escobar-Dodero (Universidad de Minnesota)**

**Resumen:** A través de un modelo SEIR, exploramos el efecto de las diferentes medidas de cuarentena tomadas hasta la fecha en la RM sobre la dinámica temporal de la enfermedad. En particular, modelamos el efecto que han tenido las diferentes estrategias adoptadas en la reducción de la tasa de transmisión. Presentamos predicciones futuras sobre el resultado de estas medidas en las próximas semanas.

---

**9:30 – 10:00 · SEIR considerando escenarios y muestreo como apoyo a autoridades regionales: Biobío y Ñuble**

**Expositor: Guillermo Cabrera, Universidad de Concepción**

**Co-autores: Roberto Molina, Cristóbal Donoso, Alexis Sánchez, Monserrat Martínez**

**Resumen:** Desde marzo de este año, la Universidad de Concepción ha apoyado a las autoridades locales en distintos ámbitos, muchos de ellos apoyados en datos. En esta charla, presentaremos la metodología que usamos al momento, la cual considera distintos escenarios y deficiencias en el muestreo. Mostraremos como ha evolucionado el modelo durante las últimas semanas, donde las medidas han resultado y donde no.

---

**10:00 – 10:30 · Modelamiento y análisis de estrategias de mitigación para el brote Covid-19 en Chile**

**Expositor: Héctor Ramírez, Universidad de Chile**

**Co-autores: Pedro Gajardo (Universidad T. Federico Santa María), Carla Castillo (Universidad del Desarrollo), Axel Osses (Universidad de Chile), Rodrigo Lecaros (Universidad T. Federico Santa María), Taco de Wolff (Universidad de Chile)**

**Resumen:** En esta charla mostramos los resultados de un análisis costo-efectividad del uso de ciertos indicadores para decretar cuarentenas en Chile. Para efectuar este análisis nos basamos en simulaciones de un modelo compartimental que nos permite estimar la demanda máxima de camas críticas necesarias para enfrentar este brote en diversas regiones. Así, para comparar la eficacia de los indicadores estudiados, contrastamos la cantidad de camas críticas requerida en el peak con los días que es necesario pasar en cuarentena (sin aplicar otra medida mitigadora) utilizando el indicador en estudio. El primero se relaciona con el costo en salud mientras que el segundo con el costo económico de la medida.



## **Bloque 4**

**Viernes 19 de junio 2020 (11:00 – 13:00)**

Modera: Fernando Mardones, Pontificia Universidad Católica de Chile

---

**11:00 – 11:30 · Primeros resultados sobre cierres parciales de espacios en Coyhaique frente a la pandemia**

**Expositor: Gerard Olivar-Tost, Universidad de Aysén**

**Co-autores: Rafael R. Rentería (Universidad Nacional y a Distancia, Colombia)**

**Resumen:** En esta presentación se muestran simulaciones de la dinámica de contagio con medidas de contención para la reducción de la transmisión del Covid-19 a los grupos poblacionales con mayor prevalencia de esta enfermedad en Coyhaique y la región de Aysén. Este modelo consiste en una sociedad artificial en el cual se replica la estructura poblacional de todas las comunas de la región de Aysén. A partir de principios basados en agentes y microsimulación, se calculan las poblaciones de los estados epidemiológico de cada individuo (S: Susceptible, E: Expuesto, I: Infectado, R: Recuperado), teniendo en cuenta además cuestiones de movilidad e interacciones sociales de cada uno de los individuos.

---

**11:30 – 12:00 · Covid-19: una mirada desde los modelos sencillos**

**Expositor: Gregorio Moreno, Pontificia Universidad Católica de Chile**

**Co-autores: Katia Vogt (Universidad Adolfo Ibáñez), Duvan Henao (P. Universidad Católica)**

**Resumen:** La velocidad de propagación del SARS-CoV2 es altamente sensible a pequeños cambios en las conductas de distanciamiento y prevención. Se ha visto como las estadísticas en ocasiones han permanecido estables en períodos de incluso varias semanas, mientras que en otras ocasiones se ha gatillado súbitamente una fase de crecimiento exponencial. Presentamos algunas recomendaciones para el monitoreo de estos cambios repentinos en las cifras, centrando nuestra atención en los individuos y actores sociales que deseen o deban hacer esta vigilancia contando con relativamente pocos recursos (o deban tomar decisiones bajo presión y sin las condiciones para hacer análisis más sofisticados). Apelamos para este propósito a modelos sencillos, como la versión del S-I-R discreto presentada por Pastén & Castillo (2020), aprovechando su ubicuidad y el uso de pocos parámetros. A pesar de que sus hipótesis simplificadoras distan bastante de la dinámica real de la epidemia, en horizontes cortos de dos o tres semanas estos modelos tienen la capacidad de ser calibrados para entregar proyecciones bastante precisas, son más fáciles de comprender e interpretar y se requieren pocos datos para el ajuste de sus parámetros.

## **Bloque 4 (continuación)**

**Viernes 19 de junio 2020 (11:00 – 13:00)**

Modera: Fernando Mardones, Pontificia Universidad Católica de Chile

---

**12:00 – 12:30 · El Rol de la Movilidad en la propagación de contagios del COVID-19 en la Región Metropolitana**

**Expositor: Marcel Goic, Universidad de Chile**

**Co-autores: Marcelo Olivares, Marcel Goic, Eduardo Lara (Universidad de Chile, Institute of Complex Engineering Systems), Gabriel Weintraub (Stanford University), Aldo Carranza (Stanford University), Julio Covarrubia (Universidad de Chile), Cristian Escobedo (Universidad de Chile), Natalia Jara (Institute of Complex Engineering Systems)**

**Resumen:** Una de las claves para el monitoreo de la evolución de la pandemia del COVID-19 es entender cómo progresa el número de contagios. En este trabajo usamos una serie de variables espaciales que pueden correlacionar con la propagación de la enfermedad. Usando información demográfica y datos derivados del uso de infraestructura de telecomunicaciones agrupadas a nivel de zona censal, caracterizamos los patrones de movilidad en la Región Metropolitana como mediador en la velocidad a la que evolucionan los contagios.

---

**12:30 – 13:00 · Modelo SEIR estocástico básico para COVID-19 en Chile**

**Expositor: Mauricio Canals, Universidad de Chile**

**Co-autores: Equipo Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile**

**Resumen:** Las curvas epidémicas locales, continentales y mundial muestran grandes fluctuaciones estocásticas que las alejan de la regularidad propia de los modelos clásicos SEIR. Por otra parte estas también muestran que la desaceleración en presencia de cierre de fronteras, cuarentenas locales y de grandes localidades se produzca antes de que ocurra el efecto rebaño. Intentamos modelar la evolución de la epidemia en Chile con modelos SEIR determinísticos y en paralelo para introducir las fluctuaciones, consideramos un modelo SEIR estocástico con método de Montecarlo, algoritmo de Gillespie. Sobreponemos además la variabilidad que ha mostrado la curva europea, lo que nos permite aproximarnos a la variabilidad que podría tener la evolución de esta epidemia en Chile.

**Registro, informaciones y consultas en:** <http://eventos.cmm.uchile.cl/2wcovid19/>

El link con las coordenadas para conectarse vía zoom le será enviado a su correo electrónico el miércoles 17 de junio a las 18:00.