

3er Workshop sobre modelamiento aplicado al COVID-19 en Chile

Desafíos para enfrentar un desconfinamiento seguro y evitar nuevos brotes: indicadores claves y modelos predictivos

14 de septiembre 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 tercer workshop (webinar) a realizarse el próximo 14 de septiembre, a casi tres meses del [segundo de estos eventos](#). Este **3er Workshop sobre modelamiento aplicado al COVID-19 en Chile**, tiene por título “*Desafíos para enfrentar un desconfinamiento seguro y evitar nuevos brotes: indicadores claves y modelos predictivos*”. El objetivo es la presentación de investigaciones recientes relacionadas con indicadores y modelamiento en la perspectiva del futuro desconfinamiento (y posibles reconfiamentos), que se deberá implementar en las diferentes ciudades de Chile. ¿Qué indicadores considerar y cómo utilizarlos? ¿Cómo estimar indicadores clásicos y nuevos? ¿Cómo predecir los efectos del desconfinamiento en la dinámica de la epidemia? ¿Cómo mejorar y mantener la trazabilidad de contagios? son algunas de las preguntas en torno a las que esperamos generar una conversación y establecer recomendaciones.

Los invitamos a participar activamente de este evento!

Registro, informaciones y consultas en: <https://eventos.cmm.uchile.cl/3wccovid19/>

PROGRAMA LUNES 14 DE SEPTIEMBRE 2020 (9:00 - 11:30)

Apertura: Lunes 14 de septiembre 2020 (9:00 - 9:30)

Modera: Pedro Gajardo, Universidad Técnica Federico Santa María

Horario	Apertura
9:00 - 9:30	<p>Pablo Marquet (P. Universidad Católica): Coordinador Mesa Interdisciplina Mesa Social COVID-19</p> <p>Ximena Aguilera: Directora Centro de Epidemiología y Políticas de Salud, Universidad del Desarrollo, Integrante Consejo Asesor COVID-19</p> <p>Rafael Araos: Jefe Departamento de Epidemiología, Ministerio de Salud</p>

Bloque 1: Lunes 14 de septiembre 2020 (9:30 - 11:30)

Modera: Eduardo Undurraga, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
9:30 - 10:00	Héctor Ramírez Universidad de Chile	Policy assessment of non-pharmaceutical interventions triggered by events based on epidemiological indicators
10:00 - 10:30	José Zubizarreta Harvard University	Effectiveness of Localized Lockdowns in the SARS-CoV-2 Pandemic
10:30 - 11:00	Fernando Córdova Universidad Católica del Maule	Sobre el comportamiento lineal de cola de la campana y de la curva acumulada. ¿Qué tan buena noticia?
11:00 - 11:30	Tomás Veloz Fundación Ciencia y Vida	Un modelo de metapoblaciones para emergencia de brotes, y dinámicas multimodales para explicar el comportamiento de largo plazo

PROGRAMA LUNES 14 DE SEPTIEMBRE 2020 (11:30 - 14:30)

Bloque 2: Lunes 14 de septiembre 2020 (11:30 - 13:00)

Modera: Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
11:30 - 12:00	Magdalena Bennett The University of Texas at Austin	All Things Equal? Heterogeneity in Policy Effectiveness against COVID-19 Spread in Chile
12:00 - 12:30	Juan Carlos Maureira Universidad de Chile	Estrategias de CTI Digitales: : Evaluación de riesgo de contagio a partir de una red de contactos a múltiples niveles
12:30 - 13:00	Marcelo Olivares Universidad de Chile	A microsimulation model to evaluate mitigation strategies in the Covid pandemic

Bloque 3: Lunes 14 de septiembre 2020 (13:00 - 15:30)

Modera: Fernando Mardones, Pontificia Universidad Católica de Chile

Horario	Presentadores	Título de la presentación
13:00 - 13:30	Mauricio Canals Universidad de Chile	Buscando un indicador integrado de riesgo regional para COVID-19 en Chile
13:30 - 14:00	Camilo Mejías Neira CEO Hibring Ingeniería	Caso de estudio: Crecimiento super-exponencial de fallecidos y contagiados en Chile y una perspectiva espacio-temporal de dispersión del virus
14:00 - 14:30	Felipe Elorrieta Universidad de Santiago de Chile	GEMVEP: Dashboard e Informes Analíticos para el estudio y seguimiento del COVID-19
14:30 - 15:00	Gabriel Weintraub Stanford University	The Social Divide of Lockdowns in Santiago During the Covid-19 Pandemic
15:00 - 15:30	Pamela P. Martinez Harvard University	Measuring the impact of mobility and socioeconomic factors in the transmission of COVID-19 in the Metropolitan Region, Chile

Bloque 1

Lunes 14 de septiembre 2020 (9:30 – 11:30)

Modera: Eduardo Undurraga, Pontificia Universidad Católica de Chile

9:30 – 10:00 · Policy assessment of non-pharmaceutical interventions triggered by events based on epidemiological indicators

Expositor: Héctor Ramírez, Universidad de Chile

Co-autores: Carla Castillo (Universidad del Desarrollo), Taco de Wolff (Universidad de Chile), Pedro Gajardo (Universidad Técnica Federico Santa María), Rodrigo Lecaros (Universidad Técnica Federico Santa María), Gerard Olivar (Universidad de Aysén)

Resumen: Non-pharmaceutical interventions, such as banning public events or lockdowns, have been widely applied around the world to control the current COVID-19 pandemic. Typically, this type of intervention is imposed when an epidemiological indicator, in a given population, exceeds a certain threshold. Then, the non-pharmaceutical intervention is lifted when the levels of the indicator used have decreased sufficiently. What is the best indicator to use? In this paper, we propose a mathematical framework to try to answer this question. More specifically, the proposed framework permits to assess and compare different event-triggered controls based on epidemiological indicators. Our methodology consists of considering some observations, consequences of the non-pharmaceutical interventions, that a decision maker aims to make as low as possible. For instance, the peak of ICU beds and the total number of days of lock-down. If an epidemiological indicator is used to trigger the interventions, there is naturally a trade-off between the observations that can be seen as a curve parameterized by the trigger threshold to be used. The computation of these curves for a group of indicators allows then to choose the best indicator, the one whose curve dominates the others. The methodology is illustrated with two indicators in the context of COVID-19 using deterministic compartmental models (SEIR-type), although the framework can be easily adapted for a larger class of models.

10:00 – 10:30 · Effectiveness of Localized Lockdowns in the SARS-CoV-2 Pandemic

Expositor: José Zubizarreta, Harvard University

Co-autores: Yige Li (Harvard University), Eduardo Undurraga (Pontificia Universidad Católica de Chile)

Resumen: Six months into the pandemic, non-pharmaceutical interventions (e.g., social distancing, lockdowns) are the only available measure to control severe acute respiratory syndrome-coronavirus 2 (SARS-CoV-2) transmission. Around the world, policymakers have implemented localized lockdowns in small geographic areas to prevent the spread of the disease. As governments ease restrictions, localized lockdowns are becoming a relevant policy option in cases of resurgence, as they can, in principle, reduce social and economic costs compared to larger-scale SARS-CoV-2 suppression strategies. The effects of non-pharmaceutical interventions have been typically described using mathematical models; however, there is a lack of empirical evidence of their causal effects to inform health policy. Using an integrated dataset from Chile, we estimated the direct and indirect (spillover) causal effects of localized lockdowns on SARS-CoV-2 transmission. Our results show that the effectiveness of localized lockdowns is strongly modulated by duration and is affected by spillover effects from neighbouring geographic areas. Our projections suggest that extending localized lockdowns will slow down the epidemic. However, by themselves, localized lockdowns will be unable to control epidemic growth due to spillovers from neighbouring areas with high interdependencies, unless those contiguous areas also implement lockdowns.

10:30 – 11:00 · Sobre el comportamiento lineal de cola de la campana y de la curva acumulada. ¿Qué tan buena noticia?

Expositor: Fernando Córdova, Universidad Católica del Maule

Resumen: Al alero de un modelo por compartimentos SIR simple, se estudian las consecuencias epidemiológicas del estancamiento de número de caso activos diario. Un resultado teórico, es que la tasa de contagio en forma PREOCUPANTE debe estar aumentando. Se observan correlaciones con los datos.

11:00 – 11:30 · Un modelo de metapoblaciones para emergencia de brotes, y dinámicas multimodales para explicar el comportamiento de largo plazo

Expositor: Tomás Veloz, Fundación Ciencia y Vida

Co-autores: Bassi (Fundación Ciencia y Vida), Maldonado (Fundación Ciencia y Vida), Ropert (Fundación Ciencia y Vida), Ravelo (Fundación Ciencia y Vida), Barrios (Fundación Ciencia y Vida), Bernardin (Fundación Ciencia y Vida), Villaseca (Fundación Ciencia y Vida), Valdenegro (Fundación Ciencia y Vida), Perez-Acle (Fundación Ciencia y Vida)

Resumen: Presentaremos un modelo de ecuaciones diferenciales en que distintas poblaciones (representando comunas) tienen la posibilidad de desplazarse diariamente y volver a su comuna origen. Mostraremos algunos resultados teóricos sobre la emergencia de brotes y la importancia de atajar tempranamente los contagios, algunos ajustes iniciales de los datos entregados por el Minsal, y luego discutiremos el concepto de dinámica multimodal como una posibilidad de mejorar los modelos de ecuaciones diferenciales para el ajuste y predicción en el largo plazo.

Bloque 2

Lunes 14 de septiembre 2020 (11:30 – 13:00)

Moderador: Mauricio Lima, Pontificia Universidad Católica de Chile

11:30 – 12:00 · All Things Equal? Heterogeneity in Policy Effectiveness against COVID-19 Spread in Chile

Expositora: Magdalena Bennett, The University of Texas at Austin

Resumen: A number of variables affect the evolution and geographic spread of COVID-19. Some of these variables pertain to policy measures such as social distancing, quarantines for specific areas, and testing availability. In this paper, I analyze the effect that lockdowns and testing policies had on new contagions in Chile, especially focusing on potential heterogeneity given by population characteristics. Using an Augmented Synthetic Control Method, I find substantial differences in the impact that quarantine policies had for different populations: While lockdowns were highly effective in containing and reducing new cases of COVID-19 in higher-income municipalities, I find no significant effect of this measure for lower-income areas. These differences could be partially attributed to heterogeneity in quarantine compliance, as well as differential testing availability for higher- and lower-income areas.

12:00 – 12:30 · Estrategias de CTI Digitales: : Evaluación de riesgo de contagio a partir de una red de contactos a múltiples niveles

Expositor: Juan Carlos Maureira, Universidad de Chile

Co-autores: María Paz Cortes (Universidad de Chile), Sebastian Lopez (Universidad de Chile)

Resumen: Se presentan los resultados preliminares de la evaluación de una estrategia de CTI (contact tracing and isolation) de contención de la pandemia de COVID-19 en Santiago de Chile. Esta estrategia se basa en la trazabilidad de contactos usando teléfonos móviles, y el aislamiento se realiza en base al cálculo del riesgo de contagio de cada individuo a partir del análisis de su red de contactos a múltiples niveles de profundidad. A través de un simulador basado en agentes, se simuló la evolución de la pandemia considerando densidades poblacionales, transporte público y un conjunto de reglas de contención que emulan las medidas tomadas por la autoridad sanitaria. De este modo se obtuvo una calibración que logra representar de manera razonable la evolución de nuevos casos sintomáticos observada en la realidad. Se evaluó la estrategia de CTI considerando hasta 3 niveles de profundidad en la red de contactos y diferentes niveles de adopción y acatamiento en la población. Estos resultados son contrastados contra múltiples escenarios de referencia que describen una evolución posible de la pandemia hasta el 31 de Marzo 2021. Finalmente, del análisis de diferentes métricas de efectividad de la estrategia de CTI en términos de los porcentajes de reducción de los nuevos casos sintomáticos, camas utilizadas y fatalidades, se concluye que una estrategia de CTI a 3 niveles de profundidad y con tasas de adopción del 50% es posible contener considerablemente la evolución de la pandemia manteniendo un régimen de aislamiento alternado y selectivo de la población que podría ser compatible con una reactivación laboral y escolar de la ciudad.

12:30 – 13:00 · A microsimulation model to evaluate mitigation strategies in the Covid pandemic

Expositor: Marcelo Olivares, Universidad de Chile

Co-autores: Jose Correa, Felipe Subiabre, Simon Maturana, Rodrigo Guerra, Matias Cerda

Resumen: We develop an agent-based simulation model to evaluate the impact of alternative social distancing and contact tracing strategies in the city of Santiago. We model the transmission process through a social network with stochastic dynamics, using data from school admissions, public transportation, cellphone mobility and the census to construct the social network. A novel Simulated Maximum Likelihood estimator is developed to estimate the parameters of the infection process, using observed confirmed cases with date of symptom onset. This parsimonious model adjusts the observed data well, capturing the effects of the localized and city-wide lockdowns implemented in Santiago, both in and out-of-sample. We generate projections of alternative contact tracing approaches under different social distancing regimes.

Bloque 3

Lunes 14 de septiembre 2020 (13:00 – 15:30)

Moderadora: Fernando Mardones, Pontificia Universidad Católica de Chile

13:00 – 13:30 · Buscando un indicador integrado de riesgo regional para COVID-19 en Chile

Expositora: Mauricio Canals, Universidad de Chile

Co-autores: Andrea Canals (Universidad de Chile), Alejandra Fuentes (Universidad de Chile) y Cristobal Cuadrado (Universidad de Chile)

Resumen: La toma de decisiones en Salud debe ser sustentada por indicadores que nos permitan monitorear el estado de salud de la población y evaluar el riesgo de la toma de decisiones, especialmente en situaciones como la epidemia COVID-19. Es necesario estudiar indicadores que permitan racionalizar las medidas y el ritmo de levantamiento de las intervenciones. Hay al menos cuatro dimensiones de interés en el desarrollo de la epidemia en Chile: la dinámica del contagio, la capacidad hospitalaria, la capacidad de diagnóstico y la trazabilidad. El objetivo es unificar estas dimensiones en un indicador que integre estas cuatro dimensiones a un nivel regional para medir el riesgo en la toma de decisiones. El riesgo de levantar medidas será mayor mientras mayor el número de infectados activos, mayor el número reproductivo y mayor sea la carga sobre la red de salud. Por otra parte será menor mientras mayor sea el esfuerzo diagnóstico que permita trazabilidad y aislamiento. La dinámica del contagio la mediremos considerando la evolución de la tasa de infectados activos por cien mil habitantes (I^*) y el número reproductivo ($Re(t)$). Ensayaremos el producto $P = I^*Re(t)$ que representa la máxima carga potencial (o Momentum). Consideraremos como indicador principal de capacidad hospitalaria, la proporción de UCI ocupadas: $CUCI = \%UCI$ ocupadas. Indicador de capacidad diagnóstica será la tasa de testeo PCR por cien mil habitantes $D = (\text{número de PRC}/\text{población}) \times 100000$. Para tener una buena trazabilidad necesitamos que aquellos pacientes que inician síntomas y sus contactos sean rápidamente aislados o cuarentenados. Como indicador de trazabilidad consideraremos la proporción de confirmados temprano, entendidos como la proporción de confirmados reportados al MINSAL antes de 48 hrs. $X = \text{reportados antes de 48hrs}/\text{sintomáticos}$. El riesgo es mayor si aumentan P y C y que disminuye si aumentamos el esfuerzo diagnóstico (D) y la capacidad de trazar. Proponemos como indicador de riesgo $Rg = PCUCI/DX$. Considerando que una buena disponibilidad UCI es un 30% ($CUCI = 0.7$), que una adecuada X es 0.7, que un umbral adecuado de infectados activos y una adecuada capacidad de testeo se obtienen con tasas de 100/ 100mil habitantes; entonces el valor umbral para Rg es $Rg = 1$. Nuestro indicador refleja la dinámica de la epidemia a nivel nacional, amplificando sus variaciones, lo que permite capturar en forma efectiva el riesgo inminente en la toma de decisiones. Al ser un indicador multiplicativo es sensible a las variaciones de la máxima carga potencial, y a los efectos de la trazabilidad y capacidad de testeo. Desde abril siempre nos hemos encontrado en situaciones de alto riesgo y actualmente, a pesar del fuerte descenso de la epidemia en el país, sólo hay tres regiones: Los Ríos, Los Lagos y Aysén que tienen una situación de un riesgo menor que permitirían relajar las intervenciones con cierta confianza. En el sur, Magallanes tiene un riesgo muy alto, en el centro, Ñuble, Bío Bío y Valparaíso tienen riesgos altos y en el Norte aún hay situaciones graves en Arica & Parinacota, Atacama y Coquimbo.

13:30 – 14:00 · Caso de estudio: Crecimiento super-exponencial de fallecidos y contagiados en Chile y una perspectiva espacio-temporal de dispersión del virus

Expositora: Camilo Mejías Neira, CEO Hibring Ingeniería

Co-autores: Joaquín Fernández (UBB), Gonzalo Benavides (Univ. of Maryland), Vicente Marchant (Hibring), Francisca Larach (CLC), Fredy Montoya (C3-8va) Sebastián Dominguez (Univ. of Sackatchewan)

Resumen: Mostraremos el caso chileno de un crecimiento super-exponencial que viola la teoría SIR durante una ventana de casi un mes continuo de la mano de la gran crisis de Santiago, en conjunto a gráficas comparativas de sudamérica y algunos países seleccionados del mundo. Además haremos un análisis regional y comunal del virus, mostrando tendencias de propagación espacial, en conjunto con una evolución temporal individual para cada uno de estos territorios.

14:00 – 14:30 · GEMVEP: Dashboard e Informes Analíticos para el estudio y seguimiento del COVID-19

Expositor: Felipe Elorrieta, Universidad de Santiago de Chile

Co-autores: Claudio Vargas (Universidad de Santiago de Chile), Camila Guerrero Padilla (Universidad de Santiago de Chile), Francisco Oviedo (Universidad de Santiago de Chile), Valentina Navarro (Universidad de Santiago de Chile), Fernando Crespo (DAiTA Lab, Universidad Mayor), Cesar Maripangui, Mario Salazar

Resumen: En Marzo de este año se formó el Grupo Epidemiológico Matemático de la Universidad de Santiago de Chile (GEMVEP-USACH). El grupo está conformado por académicos de diversas disciplinas como Estadística, Ingeniería Matemática y Medicina junto a alumnos con formación matemática. En este tiempo, hemos desarrollado un servicio web analítico, que cuenta con dashboards de seguimiento de los datos del COVID-19 proporcionados por el Ministerio de la Ciencia. Para ello programamos un proceso de ETL en Pentaho-Spoon, el cual nos permite integrar los datos con distintos modelos estadísticos programados en el software R. Los métodos integrados nos permiten calcular diversos indicadores como la tasa de reproducción instantánea, estimada a partir del método de Cori et al (2013), y la tasa de positividad corregida con modelos GAM (Generalized Additive Models) usando splines cúbicos. Basados en los indicadores anteriores y su variación se reportan clusters de alerta por region y comuna. Finalmente, hemos implementado métodos para corregir el sub reporte de casos activos debido al rezago desde que un paciente inicia síntomas hasta que es ingresado al sistema epivigila (nowcasting). De forma complementaria, se han ambientado Dashboard de seguimiento tanto de cifras del día, como de análisis evolutivos diarios en Power BI. Los dashboards implementados permiten hacer seguimiento del número de casos confirmados de Covid19 a nivel nacional, regional y comunal. Además, se han incorporado visualizaciones del número de exámenes PCR realizados, datos de hospitalizaciones y número de fallecidos. Finalmente, generamos informes analíticos, los cuales están integrados con la aplicación Telegram, los cuales llegan a todos nuestros usuarios diariamente. Con los datos e indicadores disponibles hemos participado en la discusión pública respecto a los efectos del COVID-19 en Chile, a partir de columnas en medios periodísticos como CIPER.

14:30 – 15:00 · The Social Divide of Lockdowns in Santiago During the Covid-19 Pandemic

Expositor: Gabriel Weintraub, Stanford University

Co-autores: Aldo Carranza (Stanford U.), Marcel Goic (U. Chile e ISCI), Eduardo Lara (U. Chile e ISCI), Marcelo Olivares (U. Chile e ISCI), Julio Covarrubia (Entel), Cristian Escobedo (U. Chile y Entel), Natalia Jara (Entel), and Leonardo J. Basso (U. Chile e ISCI).

Resumen: Lockdowns have been one of the main non-pharmaceutical interventions that governments around the globe have implemented to contain the Covid-19 pandemic. In this paper we study the impact of lockdowns in the capital of a developing country, Santiago, Chile, that exhibits large socioeconomic inequality. A distinctive feature of our study is that we use granular geo-located cell-phone data to measure shelter-at-home behavior as well as trips within the city, thereby allowing to capture the adherence to lockdowns. Using panel data linear regression models we first show that a 10% reduction in mobility implies a 13-26% reduction in infections. However, the impact of lockdowns on mobility is highly heterogeneous and dependent on socioeconomic level; while high income zones can exhibit reductions in mobility of around 60-80%, lower income zones only reduce mobility by 20-40%. Our results show that failing to acknowledge the heterogeneous effect of lockdowns even within a city can have dramatic consequences in the contention of the pandemic. It also confirms the challenges of implementing mandatory lockdowns in lower-income communities, where people generate their income from their daily work. To be effective, lockdowns in counties of low socioeconomic levels have to be complemented with other measures that support their inhabitants, providing aid to increase compliance.

15:00 – 15:30 · Measuring the impact of mobility and socioeconomic factors in the transmission of COVID-19 in the Metropolitan Region, Chile

Expositora: Pamela P. Martinez, Harvard University

Co-autores: Gonzalo Mena (University of Oxford), Ayesha S. Mahmud (University of California, Berkeley), Pablo Marquet (PUC), Mauricio Santillana (Harvard Medical School), and Caroline O. Buckee (Harvard School of Public Health).

Resumen: We looked at the association of mobility and socioeconomic factors with the transmission of COVID-19 in the urban Metropolitan Region. We analyzed disparities in the excess deaths, delays in testing results, and inferred new infection counts using multiple inference algorithms, including Richardson-Lucy and covidestim. We found a strong association between reduction in mobility data provided by Facebook and the socioeconomic status of the municipalities, we also showed that socioeconomic status is highly correlated with the different disease measures. We concluded that demographic and socioeconomic factors need to be considering when making public health decisions during the emergence of new infectious diseases such as SARS-CoV-2.