



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19

EXPERIENCIAS DE COLABORACIÓN  
EN PRIMERA VOZ #3

# Una respuesta interdisciplinaria para comunicación de riesgo en pandemia.

EL PROYECTO DEL GRUPO EPIDEMIOLOGICO MATEMATICO  
PARA LA VIGILANCIA DE EPIDEMIAS Y PANDEMIAS DE LA  
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.

Felipe Elorrieta, Claudio Vargas, Fernando Crespo,  
Cesar Maripanguí, Valentina Navarro, Catalina  
Hernández, Pedro Osorio y Andrés Ayala



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## Equipo de trabajo

### **Edición**

Antonella Perini e Ignacio Lara

### **Comunicación**

Aniela Stojanowski

### **Diseño**

Jacqueline Schneider



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## Autores

**Felipe Elorrieta López** es Profesor Asociado del Departamento de Matemáticas y Ciencia de la Computación de la Universidad de Santiago de Chile. Con grado de Doctor en Estadística de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Magíster en Estadística de la Pontificia Universidad Católica de Chile e Ingeniero Estadístico de la Universidad de Santiago de Chile.

**Claudio Vargas Rona** es Medico Internista en el Hospital de Urgencia y Asistencia Pública (Posta Central) y Profesor del Departamento de Matemáticas y Ciencia de la Computación de la Universidad de Santiago de Chile.

**Fernando Crespo Romero** es Doctor en Ciencias de la Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile, Ingeniero Civil Matemático e Industrial de la Universidad de Chile. Profesor Asociado en la Universidad Alberto Hurtado, y Profesor Part-time de la Facultad Tecnológica de la USACH.

**Cesar Maripanguí González** es Ingeniero Estadístico Egresado el año 2014 de la Universidad de Santiago de Chile. Especialista en Inteligencia y Analítica de Negocios con Diplomado en Inteligencia de Negocios de la Pontificia Universidad Católica de Chile el año 2017.

**Valentina Navarro Muñoz** es Ingeniero Estadístico Egresado el año 2021 de la Universidad de Santiago de Chile.

**Catalina Hernandez Martinez** es Licenciada en Estadística y actualmente realiza su trabajo de Tesis para obtener el título de Ingeniero Estadístico en la Universidad de Santiago de Chile.



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



**Pedro Osorio Meza** es Licenciado en Estadística y actualmente realiza su trabajo de Tesis para obtener el título de Ingeniero Estadístico en la Universidad de Santiago de Chile

**Andrés Ayala Muñoz** es Licenciado en Estadística y actualmente realiza su trabajo de Tesis para obtener el título de Ingeniero Estadístico en la Universidad de Santiago de Chile.



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



Este documento está disponible bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir Igual 4.0. Usted puede remezclar, retocar y crear a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando le dé crédito a las autoras y licencie nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. Para ver una copia de esta licencia visite: <https://creativecommons.org/>



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## Colabora.Lat

La pandemia de la covid-19 nos ha puesto frente a un escenario desconocido. Es una crisis que tiene dimensiones sanitarias, económicas, sociales, y también políticas. Además, ha exacerbado las desigualdades y la exclusión de sectores que ya estaban expuestos a situaciones de vulnerabilidad. Es una crisis durante la cual se han generado preocupaciones adicionales, por la posible profundización del descontento político y la consolidación de prácticas autoritarias a través de la expansión de las atribuciones del Poder Ejecutivo y las restricciones de derechos civiles en un escenario post covid-19.

Esta realidad nos ha demostrado que la pandemia es un desafío al que no podemos dar respuestas unilaterales, desde las miradas parciales de un solo gobierno o de una comunidad en particular. Es un desafío global con impactos profundos sobre varias dimensiones de la sociedad, así como impactos diferenciales sobre la diversidad de mujeres y los sectores en situación de mayor vulnerabilidad. Por ende, es un desafío que requiere una solución multidimensional con un enfoque interseccional –solución que aún no tenemos a disposición–.

Es por ello que necesitamos prácticas políticas que promuevan una colaboración orientada a la inteligencia colectiva como forma de buscar soluciones a desafíos públicos, como el de la pandemia. La premisa de la inteligencia colectiva es, justamente, que nadie lo sabe todo pero todo el mundo conoce y sabe algo. Traducir este hecho a la forma en la que se toman decisiones, en una sociedad, es un desafío significativo y requiere de mecanismos de colaboración que involucren a una multiplicidad de actores. Requiere, específicamente, de una gobernanza colaborativa.

Estudiar y generar recomendaciones sobre los modelos de gobernanza que tienen la mayor capacidad de dar respuesta a las crisis enmarañadas, como lo es la pandemia de la covid-19, resulta así una tarea fundamental. Por este motivo, desde el proyecto Colabora.Lat: hacia un nuevo modelo de gobernanza post Covid-19, nos propusimos reunir casos de



# COLABORA.Lat

Hacia un nuevo modelo de gobernanza post Covid-19



éxito de procesos de colaboración a nivel público, privado, comunitario y/o entre distintos actores en América Latina como respuesta a la pandemia por covid-19, contados desde la experiencia de los actores que formaron parte de estas iniciativas y estuvieron en el centro de los procesos colaborativos. Estos forman parte de la serie de publicaciones Experiencias de colaboración en primera voz.

Estas experiencias nos permiten entender, en mayor profundidad, cómo se manifiesta la colaboración y sirven como base para definir un horizonte de buenas prácticas de gobernanza, inclusión y paridad de género que permita sentar las bases para un nuevo acuerdo democrático en América Latina a largo plazo.

**Antonella Perini, Ignacio Lara, Jennifer Cyr y Matías Bianchi**

---

Colabra.Lat es impulsado por un Consejo de Implementación de universidades y think tanks con experiencia en investigación y anclaje territorial en Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Guatemala y México.

Conformado por:



Financiado por:



Canada



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## UNA RESPUESTA INTERDISCIPLINARIA PARA COMUNICACIÓN DE RIESGO EN PANDEMIA: EL PROYECTO DEL GRUPO EPIDEMIOLÓGICO MATEMÁTICO PARA LA VIGILANCIA DE EPIDEMIAS Y PANDEMIAS DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.

FELIPE ELORRIETA<sup>1</sup>, CLAUDIO VARGAS<sup>1</sup>, FERNANDO CRESPO<sup>2</sup>, CESAR MARIPANGUI<sup>1</sup>, VALENTINA NAVARRO<sup>1</sup>, CATALINA HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, PEDRO OSORIO<sup>1</sup>, ANDRÉS AYALA<sup>1</sup>.

### Resumen

A un año y medio del inicio de la pandemia de covid-19 en el mundo, hemos visto cómo académicos e investigadores de las más diversas disciplinas se han puesto al servicio del análisis de su impacto en la población. Con este espíritu creamos el Grupo Epidemiológico Matemático de la Universidad de Santiago de Chile (GEMVEP-USACH). Nuestro grupo se ha puesto como objetivos la investigación y divulgación de indicadores que permitan vigilar, alertar y analizar brotes epidémicos estacionales, no estacionales y pandemias. De igual manera, se busca formar capital humano con experiencia en el seguimiento de datos epidemiológicos. En el primer año y medio de trabajo 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 de Chile. Para ello, programamos un

---

<sup>1</sup> Departamento de Matemáticas y Ciencia de la Computación, Universidad de Santiago de Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Gestión y Negocios. Facultad de Economía y Negocios, Universidad Alberto Hurtado.





**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



proceso de ETL en Pentaho-Spoon, el cual nos permite integrar los datos con distintos modelos estadísticos programados en el software R. Entre los métodos implementados están las tasas de reproducción efectiva, un sistema de alerta a nivel regional y corrección del sub reporte de casos activos. De forma complementaria, se han ambientado Dashboards de seguimiento tanto de cifras del día, como de análisis evolutivos diarios usando la plataforma Shiny Apps de R. Con los datos e indicadores disponibles hemos participado en la discusión pública respecto a los efectos del covid-19 en Chile.



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## 1. ¿Quiénes somos?

En Marzo del año 2020 se creó el Grupo Epidemiológico Matemático de la Universidad de Santiago de Chile (GEMVEP-USACH), gracias a un proyecto adjudicado por el Fondo VIME 2020 de la Vicerrectoría de Vinculación con el Medio de la Universidad de Santiago. El GEMVEP-USACH está conformado por académicos, profesionales y estudiantes de diversas disciplinas como Estadística, Ingeniería y Medicina, y cada uno de los miembros tiene un vínculo con la Universidad de Santiago de Chile. El listado de miembros actuales del GEMVEP-USACH es el siguiente:

- Felipe Elorrieta López (Director del proyecto - PhD en Estadística)
- Claudio Vargas Rona (Director Alterno del proyecto - Médico Internista)
- Fernando Crespo Romero (Investigador - PhD en Ingeniería)
- Cesar Maripangui Gonzalez (Investigador - Ingeniero Estadístico)
- Valentina Navarro Muñoz (Investigador - Ingeniero Estadístico)
- Catalina Hernandez Martinez (Alumno)
- Pedro Osorio Meza (Alumno)
- Andrés Ayala Muñoz (Alumno)

Los objetivos de trabajo de nuestro grupo son:

- 1.- Vigilar, alertar y analizar brotes epidémicos estacionales, no estacionales y pandemias, enfocando actualmente los esfuerzos en el comportamiento del covid-19 en Chile.
- 2.- Aportar en el debate sobre el coronavirus y otros fenómenos epidémicos a partir de la revisión del correcto uso de herramientas estadísticas y su comunicación por diversos actores.
- 3.- Proponer métodos estadísticos que sean útiles para un correcto análisis de datos epidemiológicos relacionados a brotes epidémicos.



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



#### 4.- Formar profesionales con experiencia en el análisis de datos epidemiológicos desde una perspectiva matemática y/o estadística.

Siguiendo estos lineamientos, hemos logrado contribuir, desde un punto de vista matemático y/o estadístico, al análisis de la gran cantidad de datos que se han generado debido a la pandemia covid-19 en Chile. Durante nuestro primer año y medio de trabajo hemos desarrollado un servicio web analítico, que cuenta con *dashboards* de seguimiento de los datos del covid-19 en Chile. Además, generamos informes de los principales indicadores a nivel nacional, regional y comunal, los cuales son divulgados a través de nuestras cuatro principales redes sociales (Twitter, Instagram, Facebook y Telegram). Sumando todas nuestras redes sociales, hoy contamos con aproximadamente 10.000 seguidores que reciben periódicamente nuestros resultados. Con los datos e indicadores disponibles hemos participado en la discusión pública respecto al impacto del covid-19 en Chile, a partir de columnas en medios periodísticos como CIPER y Vocería Virtual, entre otros.

Con nuestro aporte, y el de otros grupos que han participado activamente entregando información durante esta pandemia, se ha mostrado que el enfoque interdisciplinario ha generado un valor agregado muy relevante en la comunicación de riesgo durante la misma. En este sentido, destacamos la formación de iniciativas como el grupo ICOVID (<https://www.icovidchile.cl/>), en el que participan académicos de la Universidad de Chile, Universidad Católica y Universidad de Concepción o el grupo Data covid-19 Chile (<https://www.datacovid.cl/>). En ambos grupos convergen visiones que van desde la salud pública y la epidemiología hasta la ingeniería. Además, otros grupos que ya venían trabajando desde hace un tiempo, como Espacio Público, han incluido el seguimiento de la pandemia dentro de sus líneas de investigación.

Pese a que nuestra mayor participación ha estado en la divulgación de resultados e indicadores del covid-19 al público general, creemos importante mostrar nuestros resultados en la comunidad científica. En este sentido, también hemos participado en diversos congresos y seminarios nacionales e internacionales presentando el proyecto del



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de gobernanza post Covid-19



GEMVEP-USACH y nuestros principales hallazgos.

En este artículo contamos la experiencia de la creación de nuestro grupo, mostrando los principales aportes durante esta pandemia y discutiendo sobre nuestros próximos desafíos. El artículo está estructurado de la siguiente manera. En la Sección 2 contamos la historia de la formación del grupo. En la Sección 3 mostramos el proceso de recolección de información e integración con softwares estadísticos. Las metodologías que hemos implementado son presentadas en la Sección 4. Los productos de divulgación del primer año y medio de trabajo son presentados en la Sección 5. Finalmente, en la sección 6, discutimos sobre nuestros próximos desafíos.

## 2. Historia

En el área de Estadística del Departamento de Matemáticas y Ciencia de la Computación de la Universidad de Santiago de Chile ha habido un interés muy importante en la investigación estadística aplicada en datos de salud. Este interés se ha reflejado en que muchos de los trabajos de tesis de los alumnos de pregrado de Ingeniería Estadística se han enfocado en el análisis de datos de esta área científica. Debido a este interés, los académicos Felipe Elorrieta y Claudio Vargas consideramos importante consolidar estos trabajos independientes en un solo proyecto de trabajo.

Como paso inicial, a finales del año 2019 presentamos un proyecto de Vinculación con el Medio para la implementación de la metodología de Nowcasting para corregir la vigilancia de los datos de influenza de acuerdo con el retraso observado en las notificaciones y permitir así un reconocimiento precoz del inicio del brote epidémico estacional, su *peak* y estimar su magnitud. De ese modo se puede anticipar un brote especialmente severo en término de número de casos, hospitalizaciones y mortalidad. Para ello, consideramos relevante la vinculación con el Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) para que fueran la contraparte técnica y nos pudieran aportar con datos indispensables en la ejecución del proyecto. Este proyecto fue



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de gobernanza post Covid-19



adjudicado por la Vicerrectoría de Vinculación con el Medio de la Universidad de Santiago de Chile con un puntaje de 3.89 sobre 4.

Con el inicio de la pandemia covid-19 este proyecto tuvo que ser modificado de manera importante por dos razones. La primera de ellas es que el MINSAL de Chile se volvió inaccesible por la gran carga de trabajo que implicó la pandemia. La segunda razón es que el seguimiento de los datos de la pandemia era una oportunidad de hacer investigación de impacto social que no se podía dejar pasar. Es por esto que decidimos orientar gran parte de nuestro trabajo en la divulgación e investigación de los datos que se generaron a partir del covid-19 en Chile.

### 3. Procesamiento de Datos

Para el desarrollo de todos nuestros proyectos, la integración de datos fue fundamental. En este sentido, trabajamos en la consolidación de bases de datos de indicadores de covid-19 a nivel nacional, regional y comunal. Estas bases de datos se alimentan de distintas fuentes de información, las que principalmente se seccionan en los avances diarios oficiales del MINSAL y los Informes Epidemiológicos que se publican dos veces por semana (miércoles y sábado). Estos datos se publican en el repositorio de GitHub del Ministerio de Ciencia de Chile (Ministerio de Ciencia, 2020). Además, en nuestras bases de datos, incorporamos información de otras fuentes de datos como por ejemplo los datos de movilidad de Google (Google, 2020).

En la figura 1, mostramos que la implementación de este desarrollo está basado en trabajar toda la recurrencia, tratamiento y carga de datos siguiendo el proceso “ETL” (Extracción, Transformación y Carga) utilizando el software Pentaho-Data Integration en conjunto con R, Telegram y Power BI. Este proceso fue desarrollado con un enfoque adaptable ante modificaciones desde la fuente de origen de los datos, de manera de hacer un seguimiento adecuado a los índices estimados.

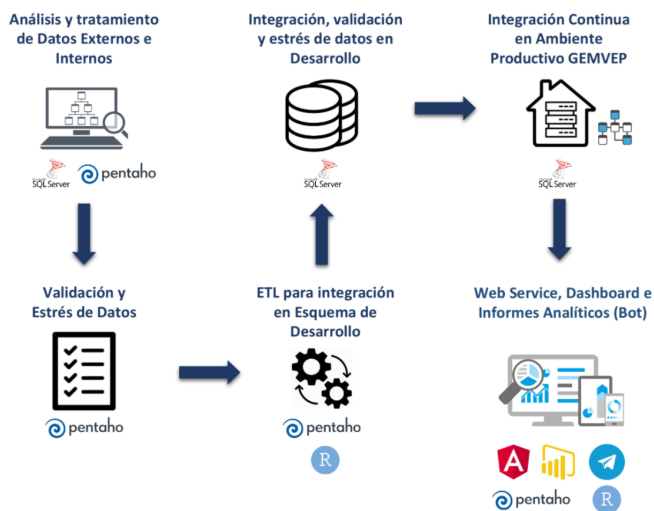


Complementariamente, la funcionalidad de los softwares se extendió para tener un bot analítico que publica informes resumidos de tendencias a nivel nacional y regional en un grupo abierto de Telegram.

Figura 1. Flujo del Procesamiento de Datos Interno del GEMVEP-USACH

## Esquema de Desarrollo y Generación de Servicios

*Traza de integración e implementación*



## 4. Metodologías Implementadas

### 4.1. R efectivo comunal, regional y nacional

Un indicador importante para medir la intensidad de la pandemia es el parámetro  $R$ , conocido como Número Reproductivo Básico, definido como el número de casos adicionales que genera un caso infectado, en promedio, sobre el curso de su período infeccioso sobre la población no infectada (Li, et al. 2020). Para el desarrollo de la metodología de predicción del avance de la pandemia, en un comienzo se revisaron varios indicadores como el  $R_0$  clásico (C. Osemwinyen & Diakhaby, 2015) suponiendo población



fallecida y reincorporación en la población susceptible, sin embargo, el  $R_0$  es un estimador que una vez que se inicia la pandemia tiende a sobreestimar el efecto de esta. Por esta razón se terminó utilizando el R efectivo de Cori (Cori, et al., 2013), usando el paquete EpiEstim de R software (Cori et al., 2021). El R efectivo de Cori es definido como el número de infectados actuales por infectado reconocido de los períodos anteriores al período observado, asumiendo una ventana de contacto efectiva entre que un infectado comienza su proceso de infección y es reconocido como tal, lo que se denomina intervalo serial. En el caso de Chile, se asumió un intervalo serial de 7 días con desviación de tres días basados en la evidencia registrada en Wuhan (Wu, et al., 2020).

Lo interesante es que el R efectivo ha mostrado de manera plausible la intensidad de la infección mientras esta se produce. Como consecuencia de ello, el R efectivo tarda mucho más tiempo en bajar que cuando lo hace la tasa de infectados observada en los informes diarios del MINSAL.

## 4.2. Clusters de Alerta

En nuestro análisis de la pandemia, nos parece relevante hacer la distinción por región del país, ya que hemos observado que la propagación del covid-19 tiene un comportamiento distinto en cada una de ellas. Además, las medidas de contención del virus que restringen la movilidad de las personas (cuarentenas, con distintos niveles de confinamiento) implementadas por el MINSAL en Chile se han aplicado de manera independiente en cada región y comuna del país.

Para realizar una vigilancia de la circulación del virus en las distintas regiones, construimos un sistema de alerta que usa indicadores del nivel de propagación del virus para clasificar las regiones de Chile en 3 grupos, según su grado de riesgo al contagio de covid-19. Para la creación de estos grupos, consideramos como indicadores la Tasa de Incidencia, R efectivo y Tasa de positividad en cada región del país. Además, incluimos las variaciones semanales de cada uno de estos indicadores.



Los grados de circulación que definimos son:

- De Riesgo bajo o contención sostenida: En ésta clasificación se encontrarán las regiones con los más bajos indicadores, para estar en esta clasificación las regiones deben cumplir con los criterios mínimos que exige la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2020) y en especial se considera que la región tenga un R efectivo inferior a uno, además que presente una incidencia menor a 10 casos/100.000 habitantes y una tasa de positividad menor al 5%.
- De Riesgo medio o de Probable Crecimiento: Para esta clasificación se consideran las regiones que tengan indicadores que se mantengan estables. En este grupo esperamos que no se flexibilicen las medidas de confinamiento y analicen las comunas que estén principalmente afectadas, se considera que los indicadores presenten una incidencia entre 30 y 10 casos/100.000 habitantes y una tasa de positividad entre el 5% y el 10%.
- De Riesgo alto o Tendencia en Crecimiento: Esta clasificación sugiere medidas pertinentes de confinamiento ya que representa altas tasas de contagio. En esta clasificación se encuentran las regiones que tengan una incidencia mayor a 30 casos/100.000 habitantes, una tasa de positividad mayor al 10% y un R efectivo mayor a 1.

Para la automatización de esta metodología, se consideran las 6 variables mencionadas previamente. Luego, se realiza una clasificación inicial, mediante componentes principales en la que se usan los dos primeros componentes para separar las zonas de riesgo en cuadrantes. En una segunda etapa, miembros del GEMVEP-USACH hacen revisión de los grupos y verifican que se cumplan los criterios. En caso contrario se realizan las correcciones necesarias. Finalmente, estos grupos son calculados y monitoreados día a día para entregar una alerta lo más temprana posible.

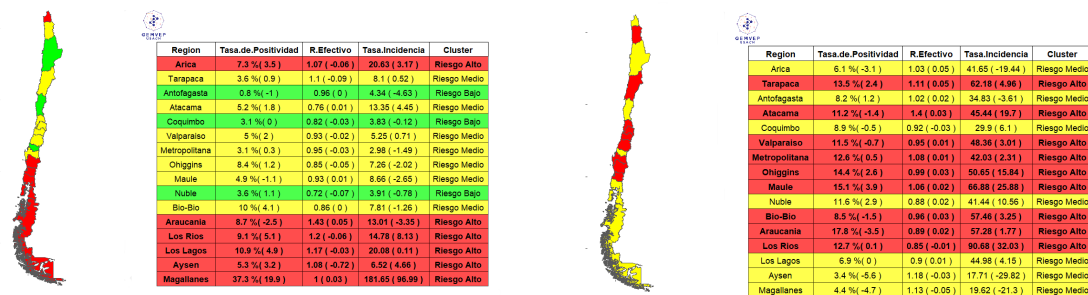
En la Figura 2 se muestran ejemplos de nuestros clusters de alertas implementados en distintos momentos de la pandemia en Chile. En el gráfico de la izquierda se presentan los grupos obtenidos el día 6 de Octubre de 2020, día en la región de Magallanes alcanzó





la mayor tasa de incidencia de cualquier región desde el inicio de la pandemia en Chile. En la figura de la derecha se presentan los clusters obtenidos el día que se registró la mayor cantidad de casos de covid-19 en Chile (9.171 casos el día viernes 9 de abril de 2021).

**Figura 2. Grupos de Alerta regional en los días 6 de octubre de 2020 y 9 de abril de 2021.**



### 4.3. Nowcasting - Corrección Casos Activos

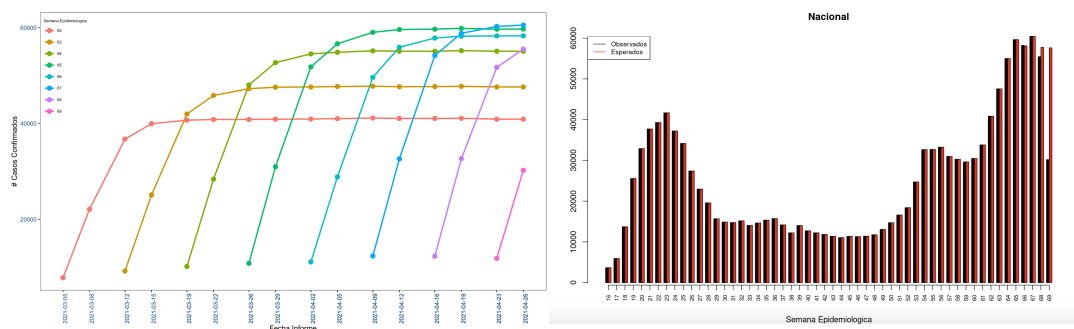
En Chile, uno de los indicadores que el MINSAL usa más frecuentemente para la comunicación del estado de la pandemia de covid-19 es el número de casos activos. Sin embargo, no se reconoce en general que este indicador tiene un subreporte importante debido al rezago en la notificación. Esto se debe al desfase que se produce entre que un infectado inicia sus síntomas y se reconoce su caso como confirmado. Por ello, en este grupo hemos puesto un esfuerzo importante en la implementación de un método que sea capaz de estimar de manera precisa el número real de casos activos. Los datos utilizados para realizar esta corrección son el número de casos totales (casos confirmados y probables) por semana epidemiológica (SE) de inicio de síntomas que se obtienen de los informes epidemiológicos oficiales del MINSAL. Los métodos elegidos para realizar esta corrección fueron propuestos por Yan y Chowell (Yan & Chowell, 2019) y por Donker (Donker et al., 2011), ambos métodos siguen el enfoque de escalera encadenada (Chain



Ladder Method) (England & Verrall, 2002). Para la implementación de ambos métodos, se utiliza una tabla de contingencia de dos vías donde se organizan los recuentos de casos por semana epidemiológica de inicio de síntomas. Para la corrección de casos activos, usamos el primer informe que se publica al finalizar cada semana epidemiológica. Ambos métodos se implementaron en el software R a partir de funciones de elaboración propia.

En la Figura 3 se muestran dos gráficos que ilustran el procedimiento de corrección de casos por semana epidemiológica. En la figura de la izquierda se presentan los casos confirmados por semana epidemiológica de inicio de síntomas y fecha de publicación de cada informe epidemiológico. En esta figura se puede observar que pueden pasar más de dos semanas para conocer los casos totales de cada semana epidemiológica. En la figura de la derecha se muestran las estimaciones de casos para las semanas 68 y 69 (15 y 16 del año 2021) usando el método de Yan & Chowell.

**Figura 3. Procedimiento de corrección de casos con informe epidemiológico del día 26 de abril de 2021.**



Además, en el trabajo de Tesis de la alumna Valentina Navarro, estudiamos dos métodos adicionales de nowcasting denominados el método de Mack (Mack, 1999) y el método de Sobre dispersión de Poisson (Zhang, 2013), usando el paquete ChainLadder del software R (Carrato et al., 2018). Estos métodos difieren de los mencionados previamente, en que



permiten calcular la incerteza de las correcciones de casos por semana epidemiológica.

Realizar esta corrección de casos activos es de suma importancia para una adecuada comunicación de riesgo. Sin embargo, no hacer esta corrección de casos también puede tener otras implicaciones. Por ejemplo, el cálculo de otros indicadores epidemiológicos que sirven para evaluar el estado de la pandemia (como el R efectivo) pueden verse afectados por que usan como insumo los casos confirmados que están desfasados.

#### 4.4. Estudio de la inequidad en la carga de enfermedad estimada a través de los AVPP comunales por covid-19 en el primer año de pandemia en Santiago.

Además, como grupo, nos parece relevante el estudio del impacto de la inequidad en los fallecimientos debido al covid-19. En muchos países se han reportado brechas significativas en las tasas de mortalidad por covid-19 asociadas a un gradiente socioeconómico. Sin embargo, las tasas de mortalidad son un indicador limitado de la carga que una enfermedad presenta para una población en comparación con los Años de Vida Ajustados por Discapacidad (DALY o AVISA) (Murray, 1994). Los AVISA tienen dos componentes: los años de vida perdidos por muerte prematura (PLLY o AVPP) (OCDE, 2019) y los años de vida perdidos por discapacidad (DALY). Lamentablemente, aún no se cuenta con suficiente información para estimar el efecto del covid-19 en la calidad de vida a través de la metodología AVISA. Sin embargo, es posible estimar los años de vida perdidos prematuramente por la enfermedad.

A partir de la base de muertes publicada por el Departamento de Estadística e Información de Salud (DEIS, 2021) para el período comprendido entre el 1 de marzo 2020 al 28 de febrero 2021 en las comunas del Gran Santiago y las proyecciones comunales de población realizadas por el INE a partir del censo de 2017 para las mismas comunas en el año 2020 se estimaron las tasas de mortalidad estandarizada por método directo y AVPP por grupo de causas, entre ellas covid-19. Para los AVPP se utilizó metodología OCDE 2019 (OCDE, 2019) que estandariza por edad a una población estándar de ese



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



grupo de países y considera 75 años la edad bajo la cual se contabilizan los años perdidos prematuramente.

Nuestro principal hallazgo fue que hubo 5.581 AVPP por 100.000 habitantes en el primer año de pandemia en el Gran Santiago, de los cuales 1.123 corresponden a fallecidos con diagnóstico de covid-19 confirmado lo que representa un 20,1% de la tasa de AVPP. En términos absolutos hubo 355.353 AVPP en el período de los cuales 69.312 (19,5%) fueron por covid-19 confirmado. La tasa de AVPP por covid-19 presentó un rango entre 172,6 en la comuna menos impactada (Vitacura, una comuna del sector oriente de Santiago con residentes de altos ingresos) hasta 2.377,4 en la más afectada (San Ramón, una comuna del sector sur de Santiago, con residentes de bajos ingresos). La tasa de mortalidad por covid-19 confirmado fue 80,9 por 100000 en Vitacura y 341,3 por 100000 en la comuna más afectada (La Pintana, otra comuna pobre del sector sur de Santiago).

Se calculó también el Índice de Concentración (IdC) (Harper & Lynch, 2017) a partir de las tasas comunales ordenando las comunas según el ingreso promedio por hogar obtenidas de la Encuesta CASEN 2017 (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017). El Índice de Concentración (IdC) para las tasas comunales de AVPP por covid-19 fue de -0,193, que es superior al IdC de -0,12 para la mortalidad por covid-19. Comparando el IdC de los diferentes grupos de causas, se aprecia que covid-19 fue la segunda más desigual después de los AVPP producto de accidentes y violencias (IdC de -0,227 para AVPP e IdC de -0,14 para tasa de mortalidad). Las diferencias en las tasas ajustadas de AVPP comunales son superiores a las diferencias de mortalidad ajustadas por método directo para todos los grupos de causas y en particular covid-19. Hubo también un aumento en la inequidad de la mortalidad general, al comparar con los años previos, aumento que se mantuvo aún descontando los AVPP correspondientes a covid-19 confirmado.

En síntesis, encontramos una gran inequidad en las tasas de mortalidad estandarizada entre las comunas del Gran Santiago según el nivel promedio de ingreso por hogar de cada comuna. Esa inequidad es mayor al estimar la carga de enfermedad comunal usando AVPP, sugiriendo una desigualdad mayor en grupos de edad más jóvenes. El primer año de



pandemia produjo un aumento en la inequidad de la carga de enfermedad medida como AVPP por todas las causas, aún descontando las muertes por covid-19 en Santiago.

## 5. Vinculación con el Medio

En esta sección presentamos los productos de divulgación que hemos generado en nuestro primer año y medio de trabajo para vincularnos con el medio.

### 5.1. Shiny Dashboards

Se implementaron dashboards de seguimientos de indicadores de covid-19 que representan el avance de la pandemia a nivel nacional, regional y comunal de Chile. Estos indicadores muestran datos de contagios, hospitalizaciones, fallecimientos, trazabilidad y vacunación para las distintas localidades del país, también haciendo distinción por rangos etarios. Además, en estos *dashboards* se presentan las metodologías implementadas y descritas en la sección anterior. Gran parte de los *dashboards* fueron implementados a partir de la aplicación Shiny del software R (Chang et al., 2018). Los *dashboards* usan en general la información que nosotros integramos en nuestro proceso de recolección de datos, pero también incorporamos otras fuentes de información como los datos publicados diariamente por el Ministerio de la Ciencia o los datos que provienen del Departamento de Estadística e Información de Salud (DEIS). Las apps implementadas son las siguientes:

- **Balance Regional Diario:** Aplicación que presenta los resultados de la metodología de clusters de alerta presentada en la sección 4.2.
- **Situación camas UCI:** Aplicación que presenta desglose de pacientes covid-19 en UCI por región de Chile.
- **Fallecimientos en Chile – DEIS:** Aplicación que entrega estadísticas de fallecidos por causa de defunción, región y año. Los datos se obtienen desde DEIS.



- **Mapas comunales:** Aplicación para visualizar indicadores comunales de covid-19 en mapas temáticos por región y provincia.
- **Datos por grupo etario:** Aplicación que entrega estadísticas de pacientes en UCI, fallecimientos y contagios por grupo de edad.
- **Casos por semana epidemiológica corregidos por el rezago del reporte:** Aplicación que presenta los resultados de la metodología de corrección de casos presentada en la sección 4.3.
- **Visualizador Regional:** Aplicación que presenta gráficos de dispersión para la comparación bivariada de indicadores regionales de covid-19.
- **Indicadores comunales:** Aplicación que presenta comunas con los más altos (o bajos) indicadores de covid-19 en una región y semana particular.
- **R Efectivo Regional (Comunal):** Aplicación que presenta evolución histórica del R efectivo en cada región (comuna) del país de acuerdo a la metodología presentada en la sección 4.1.
- **Tasa de positividad Regional:** Aplicación que presenta desglose de tasa de positividad tipo de test (antígeno o PCR) y región.
- **Resumen de datos comunales:** Aplicación que presenta indicadores actualizados en cada comuna del país. Se presentan indicadores de contagios, fallecimientos, trazabilidad, estado de confinamiento y porcentaje de vacunación
- **Mapas de situación nacional por covid-19:** Aplicación para visualizar contagios, cantidad de PCR y fallecidos por covid-19 por región en mapas temáticos.
- **Monitoreo nacional – Cifras del día:** Aplicación que presenta resumen de indicadores diarios de covid-19 en Chile. Aplicación realizada en Power-BI.

## 4.2. Columnas de Divulgación

En nuestro afán de contribuir en el debate sobre el impacto de la pandemia en Chile, presentamos columnas de divulgación para el proyecto CIPER/Académico. A continuación se nombran las columnas que publicamos en este medio:



- ***“Dudas sobre el incremento de contagios por coronavirus ¿hay un rebrote o solo se debe a que estamos haciendo más test?”*** 6 de mayo del año 2020

Al inicio de la primera ola de contagios en Chile, el ex-ministro de salud Jaime Mañalich atribuía el aumento de casos nuevos a la realización de más exámenes PCR. En esta columna presentamos datos que refutan esta afirmación.

- ***“¿Cual es la mortalidad potencial de la pandemia en Chile? ¿Que significa caminar lento, pero seguro, hacia la inmunidad de rebaño?”***14 de mayo del año 2020

En las mismas fechas, las autoridades del MINSAL planteaban que su estrategia consistía en el contagio progresivo hasta alcanzar la inmunidad de rebaño. En esta columna, planteamos una proyección de fallecidos por covid-19 al alcanzar la inmunidad de rebaño antes de disponer de un tratamiento médico o vacuna.

- ***“Razones para dudar de la leve mejoría”*** 4 de julio del año 2020

Cuando en Chile los casos disminuyeron luego de la fuerte primera ola, las autoridades hablaban de que estábamos en presencia de una “leve mejoría”. Sin embargo, esta “leve mejoría” no se observaba en todas las regiones del país. En esta columna discutimos sobre esto.

- ***“El preocupante nivel de contagio en las comunas mineras”*** 24 de julio del año 2020

En esta columna discutimos con datos sobre las razones que generaron que en regiones las comunas con mayor cantidad de casos y fallecimientos por covid-19 fueran comunas con alta actividad minera, como Antofagasta, Calama y Rancagua.

- ***“Trazabilidad: El factor clave que fue olvidado”*** 6 de abril del año 2021

Desde el inicio de la pandemia en Chile, nunca volvimos a tomar el control de la pandemia. Una de las razones para ello es que la trazabilidad nunca llegó a niveles óptimos en Chile. En esta columna discutimos al respecto, planteando, además, la alta heterogeneidad en los



indicadores de trazabilidad dentro de la Región Metropolitana y a lo largo del país.

### 4.3. Presentaciones en Seminarios

El activo rol en investigación de nuestro grupo nos ha llevado a exponer de manera frecuente nuestros principales resultados y metodologías en espacios educativos y de carácter técnico. A continuación, se listan algunas de las instancias de diálogo y colaboración en que ha participado nuestro grupo desde su inicio, junto con el tema expuesto.

- **Conversatorio COVID-19 SOCHE.** 17 de junio de 2020. *SARS-CoV2: Desafíos en la vigilancia de la pandemia en Chile.*
- **3er Workshop Modelamiento COVID (Chile).** 14 de septiembre de 2020. *GEMVEP: Dashboard e informes analíticos para el estudio y seguimiento del COVID-19.*
- **Día Mundial de la Estadística-Colombia; Estadística y COVID-19.** 20 de octubre de 2020. *Métodos Estadísticos para el estudio y seguimiento del COVID-19 en Chile.*
- **V Workshop de Ciencia.** 6 de noviembre de 2020. *GEMVEP: Dashboard e informes analíticos para el estudio y seguimiento del COVID-19 en Chile.*
- **III Jornadas de Ingeniería Estadística de la UBB.** 14 de enero de 2021. *GEMVEP: Dashboard e Informes Analíticos para el estudio y seguimiento del COVID-19.*
- **XXXIII Jornada de Matemática de la Zona Sur.** 21 de abril de 2021. *Estimación del subreporte de casos activos debido al rezago en el reporte: Una aplicación en la pandemia del Coronavirus en Chile.*
- **VI Congreso Chileno de Salud Pública y VIII Congreso Chileno de Epidemiología.** 7 de mayo de 2021. *Estimación del subreporte de casos activos debido al rezago en el reporte: Una aplicación en la pandemia del Coronavirus en Chile.*
- **VI Congreso Chileno de Salud Pública y VIII Congreso Chileno de Epidemiología.** 7 de mayo de 2021. *Inequidad en Tasas de Mortalidad y AVPP Causadas por COVID-19 en las comunas del Gran Santiago.*





Estas situaciones no hacen más que destacar el trabajo del equipo en la producción de conocimiento científico, tanto en materias de estadística/matemática como en salud pública, y su influencia en políticas para enfrentar la situación sanitaria actual de la mejor manera.

#### 4.4. Formación Capital Humano

En el proyecto del GEMVEP-USACH tenemos un compromiso fuerte en la formación de capital humano. En este sentido, hemos ofrecido prácticas profesionales y puestos de tesis dentro del equipo, contribuyendo al desarrollo de futuros profesionales con experiencia en el área epidemiológica, desde una perspectiva estadística y matemática. Los integrantes tienen la posibilidad de participar en el desarrollo de investigaciones sobre temas de relevancia actual y perfeccionar el uso de herramientas de análisis estadístico y de visualización de datos, así como el análisis crítico de la información y su contexto. Desde su creación, cinco alumnos han realizado su práctica profesional en nuestro grupo. Ellos son:

- Alejandra Muñoz Cantillana (Periodismo)
- Francisca Palominos Hinojosa (Periodismo)
- Catalina Hernandez Martinez (Ingeniería Estadística)
- Pedro Osorio Meza (Ingeniería Estadística)
- Andrés Ayala Muñoz (Ingeniería Estadística)

Además, tres alumnos se han graduado como Ingeniero Estadísticos con trabajos de tesis realizados dentro de nuestro Grupo.

- Camila Guerrero Padilla (Ingeniería Estadística)
- Francisco Oviedo Fernández (Ingeniería Estadística)
- Valentina Navarro Muñoz (Ingeniería Estadística)



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



## 6. Futuros Proyectos y Discusión

En este documento presentamos los principales resultados alcanzados por nuestro Grupo en su primer año y medio de funcionamiento. Durante este tiempo hemos logrado contribuir al debate sobre el impacto del covid-19 en Chile, a partir de la divulgación de indicadores, *dashboards*, metodologías y columnas. De esta manera, hemos acumulado más de 10.000 seguidores en todas nuestras redes sociales, alrededor de 100 apariciones en medios de comunicación y cerca de 10 presentaciones en seminarios. Además, hemos contribuido a la formación de capital humano guiando 5 prácticas profesionales y 3 exámenes de grado.

Una parte importante del alto impacto de nuestro grupo se logró gracias a la flexibilidad que tuvimos para movernos desde nuestro proyecto inicial al seguimiento de los datos del covid-19 en Chile, adaptándonos a la coyuntura de los últimos dos años en el mundo. Esto fue posible, gracias a que Chile, ha logrado implementar un buen sistema de acceso público a la información de la pandemia, que con limitaciones ha ido mejorado en el tiempo.

Además, gracias a este proyecto nos hemos podido vincular con diversos actores, como periodistas de diversos medios o académicos de distintas disciplinas también interesados en el seguimiento de datos epidemiológicos. De esta manera, ya hemos concretado un proyecto de investigación con académicos del centro de salud pública de la Universidad de Santiago de Chile.

En este sentido, nuestros futuros desafíos son trabajar en buscar mayor comprensión del impacto de la pandemia en Chile así como del proceso de vacunación llevado a cabo en nuestro país. Además, pretendemos extender las metodologías que hemos aplicado a otras enfermedades infecciosas como la influenza. Otro escenario diferente sería utilizar nuestro sistema de alerta para detectar precozmente brotes intrahospitalarios. Finalmente, nos interesa ampliar nuestro estudio de inequidad en covid-19 a otros fenómenos de salud, por ejemplo en acceso a exámenes o atención y profundizar en la desagregación de las causas



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



que la provocan. La consolidación del grupo depende de que los proyectos iniciales finalicen apropiadamente, para luego concretar nuevos proyectos.

## 6. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Vinculación con el medio de la Universidad de Santiago de Chile por el apoyo brindado para llevar a cabo este estudio.



## Referencias

C. Osemwinyen, A., & Diakhaby, A. (2015). Mathematical Modelling of the Transmission Dynamics of Ebola Virus. *Applied and Computational Mathematics*, 4(4), 313. <https://doi.org/10.11648/j.acm.20150404.19>

Carrato, A., Concina, F., Gesmann, M., Murphy, D., Wüthrich, M., & Zhang, W. (2018). *ChainLadder: Statistical Methods and Models for Claims Reserving in General Insurance*. <https://mran.microsoft.com/snapshot/2018-07-20/web/packages/ChainLadder/vignettes/ChainLadder.pdf>

Chang, W., Borges, B., RStudio, Almasaeed Studio, & Adobe Systems Incorporated. (2018). *shinydashboard: Create Dashboards with "Shiny."* <https://cran.r-project.org/web/packages/shinydashboard/index.html>

Cori, A., Cauchemez, S., Ferguson, N. M., Fraser, C., Dahlgvist, E., Demarsh, P. A., Jombart, T., Kamvar, Z. N., Lessler, J., Li, S., Polonsky, J. A., Stockwin, J., Thompson, R., & van Gaalen, R. (2021). *EpiEstim: Estimate Time Varying Reproduction Numbers from Epidemic Curves (2.2-4)*. <https://cran.r-project.org/package=EpiEstim>

Cori, A., Ferguson, N. M., Fraser, C., & Cauchemez, S. (2013). A New Framework and Software to Estimate Time-Varying Reproduction Numbers During Epidemics. *American Journal of Epidemiology*, 178(9), 1505–1512. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt133>

DEIS. (2021). *Defunciones por causa de muerte 2016-2021 (Actualización semanal)*. <https://deis.minsal.cl/#datosabiertos>

Donker, T., van Boven, M., van Ballegooijen, W. M., van't Klooster, T. M., Wielders, C. C., & Wallinga, J. (2011). Nowcasting pandemic influenza A/H1N1 2009 hospitalizations in the Netherlands. *European Journal of Epidemiology*, 26(3), 195–201. <https://doi.org/10.1007/s10654-011-9566-5>



England, P. D., & Verrall, R. J. (2002). Stochastic Claims Reserving in General Insurance. *British Actuarial Journal*, 8(3), 443–518. <https://doi.org/10.1017/S1357321700003809>

Google. (2020). *Informes de Movilidad Local*. Recuperado 21 de julio 2021 de <https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=es>

Harper, S., & Lynch, J. (2017). 5 Health Inequalities: Measurement and Decomposition 91. In *Methods in Social Epidemiology, 2nd Edition* (pp. 91–132).

Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., Ren, R., Leung, K. S. M., Lau, E. H. Y., Wong, J. Y., Xing, X., Xiang, N., Wu, Y., Li, C., Chen, Q., Li, D., Liu, T., Zhao, J., Liu, M., ... Feng, Z. (2020). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *New England Journal of Medicine*, 382(13), 1199–1207. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316>

Mack, T. (1999). The Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates: Recursive Calculation and Inclusion of a Tail Factor. *ASTIN Bulletin*, 29(2), 361–366. <https://doi.org/10.2143/AST.29.2.504622>

Ministerio de Ciencia. (2020). *Datos-COVID19*. Recuperado 21 de julio 2021 de <https://github.com/MinCiencia/Datos-COVID19>

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2017). *Encuesta de caracterización socioeconómica nacional*. <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-2017>

Murray, C. J. (1994). Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bulletin of the World Health Organization*, 72(3), 429–445. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8062401>

OCDE. (2019). *OECD Health Statistics 2021 Definitions, Sources and Methods: Potential years of life lost by ICD categories*

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Criterios de salud pública para ajustar las*



**COLABORA.Lat**

Hacia un nuevo modelo de  
gobernanza post Covid-19



*medidas de salud pública y sociales en el contexto de la COVID-19.*

[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332169/WHO-2019-nCoV-](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332169/WHO-2019-nCoV-Adjusting_PH_measures-Criteria-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[Adjusting\\_PH\\_measures-Criteria-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332169/WHO-2019-nCoV-Adjusting_PH_measures-Criteria-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Wu, J. T., Leung, K., Bushman, M., Kishore, N., Niehus, R., de Salazar, P. M., Cowling, B. J., Lipsitch, M., & Leung, G. M. (2020). Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nature Medicine*, 26(4), 506–510. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0822-7>

Yan, P., & Chowell, G. (2019). *Quantitative Methods for Investigating Infectious Disease Outbreaks* (Springer N).

Zhang, Y. (2013). Likelihood-based and Bayesian methods for Tweedie compound Poisson linear mixed models. *Statistics and Computing*, 23(6), 743–757. <https://doi.org/10.1007/s11222-012-9343-7>

