

Matriz para una reactivación segura, una alternativa diferente para monitorear la evolución del país, en su lucha contra el COVID-19.

1. RESUMEN:

En este documento se presenta una metodología que desarrolló el equipo de Decisiones Logísticas (DL) a raíz de la pandemia de COVID-19, con el fin de ayudar a los diferentes tomadores de decisiones de cada municipio o región, a identificar el momento de la pandemia en el que se encuentran las diferentes poblaciones y territorios para así soportar la toma de decisiones alrededor de contención, mitigación, supresión, cierres o flexibilización, diferenciadas por territorio, utilizando diferentes conceptos de ingeniería logística, analítica, estadística y por supuesto epidemiológicos. Dentro de los aportes nuevos que desarrolla esta metodología, se encuentra el cálculo de un índice de contagio que mide la velocidad con que ha venido creciendo la pandemia en cada territorio a la luz de la capacidad de las UCIs y uno de actividad que mide la cantidad de personas enfermas en el territorio, estos dos índices se grafican en una matriz y dependiendo la ubicación en esta, se hacen diferentes recomendaciones. Así mismo, un índice general que combina los conceptos de los otros dos índices y otras variables, para un análisis más rápido de cada territorio. Este análisis toma información de fuentes de datos públicas de Colombia y se realizan análisis de este país con los conceptos generados y con diferentes visualizaciones, pero esto no restringe el uso a solo este país.

2. JUSTIFICACIÓN:

No hay que indicar cuál es el impacto socio-económico o de salud de la pandemia generada por el SARS-CoV2, pero desde cualquier óptica es enorme y además hasta ahora incierto. En este contexto y en medio de la dura y compleja realidad, es necesario buscar metodologías y herramientas que apoyen a gobernantes y decisores sobre las difíciles escogencias entre medidas de confinamientos o en donde poder adelantar pilotos de apertura. El desarrollo del COVID-19, es de característica territorial, su comportamiento varía dinámicamente y la gradualidad y acciones de control deben responder a esta necesidad, siendo un fenómeno con impacto más fuerte en zonas urbanas y de mayor densidad. Así mismo, que el confinamiento general no es sostenible, ni resulta efectivo por lo que son necesarias acciones diferenciales en el tiempo y por territorios.

Con esta óptica y basado en la buena información que hay en fuentes públicas como la del INS y el Ministerio de Salud, e incorporando el uso de herramientas conceptuales y de ingeniería, como analítica, teoría de restricciones, física de planta, cadenas de Markov, análisis jerárquico, análisis multivariado y la Ley de Little e identificando que las unidades de cuidado intensivo (UCI), son el recurso crítico que gobierna la capacidad del sistema, se desarrolla la metodología que se presenta en este documento, el cual permite analizar el avance del COVID-19 de una manera diferente, buscando aportar elementos analíticos que soporten las complejas decisiones que deben tomar los gobernantes en cuanto a contención, mitigación, supresión o flexibilización de actividades.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL:

3.1. A quien está dirigido:

Este desarrollo analítico está dirigido al sector de salud pública y el objetivo es soportar la toma de decisiones de situaciones como la actual pandemia, en donde se identifique un recurso crítico que restringe la capacidad del sistema de salud, en este caso las unidades de cuidado intensivo (UCI). Nunca antes se había enfrentado una pandemia como esta y lo que busca esta metodología es enriquecer los análisis epidemiológicos, para soportar las decisiones derivadas de cierres, confinamientos, contención y en general formular recomendaciones de política pública, en diferentes escenarios como los actualmente vividos.

Se usan diferentes tecnologías que incluyen: estadística descriptiva, analítica, análisis jerárquico de dos niveles y análisis estadístico multivariado, que se combinan con diferentes principios de ingeniería y de gestión más adelante descritos. Con estos, se generan diferentes índices y herramientas descriptivas y visuales para generar ayudas gráficas con distintos colores que faciliten la comprensión por parte de diferentes usuarios.

Se generan diferentes conceptos como la matriz de reactivación segura y los índices de actividad, contagio y afectación general, que permiten desarrollar un análisis multidimensional, que permite de manera dinámica, identificar diferentes niveles de alertas que facilita entender el estado de cada población analizada desde diferentes ópticas, para así proveer una guía que facilite las medidas que debe tomar cada mandatario local. No habíamos en Colombia ni en el mundo enfrentado una pandemia con las características actuales y por eso la propuesta realizada en este documento, es una innovadora forma de analizar la información disponible y suministrar una herramienta de control de gestión. Esta metodología es una forma innovadora de enriquecer los análisis epidemiológicos realizados convencionalmente, incorporando conceptos de diferentes áreas de conocimiento.

3.2 Referencias previas

Como se indicó estamos ante una situación inédita para el mundo actual, no solo por la enfermedad en sí, sino por la disponibilidad inmediata de información que permite obtener a diario y algunas veces hasta en tiempo real, datos de muchos países a lo largo del mundo. La capacidad analítica actual permite desarrollar diferentes tipos de análisis con perfiles diferentes como el presentado aquí, que incluye conceptos de ingeniería logística e industrial, no usados previamente.

Dentro de las pocas referencias disponibles de análisis generales una primera es la referenciada por el Ministerio de Salud de Colombia denominada “Metodología de clasificación de municipios de Colombia de acuerdo a su afectación por COVID-19”ⁱ que se reglamenta en el decreto 990 del 9 de Julio de 2020. En este se relacionan 5 criterios:

- Criterio cero: Municipios no COVID
- Criterio 1: Incidencia de las últimas 4 semanas
- Criterio 2: Positividad > 20% durante toda la pandemia
- Criterio 3: Razón de transmisibilidad de la última semana (R_t) > 10%.
- Criterio 4: Crecimiento de las defunciones entre la semana -2 y -1 > 10%.

Con estos criterios se establece una clasificación para cada municipio en 4 categorías: no COVID, afectación baja, afectación moderada, afectación alta. Una imagen de la afectación

generada por este índice que es el actualmente usado se presenta en el anexo 4.

Una segunda referencia relativa es: El método de Hanlon adaptado por la Organización Panamericana de la Salud para asignar prioridad a los programas de salud ⁱⁱ. Según se relata en su descripción: “El método adaptado por la OPS mantiene los componentes A (magnitud del problema), B (gravedad del problema) y C (eficacia de la intervención) de la ecuación de Hanlon original, prescinde del componente D (resumido en la sigla PEARL, en inglés: pertinencia, factibilidad económica, aceptabilidad, disponibilidad de recursos y legalidad), e incorpora los componentes E (inequidad) y F (posicionamiento institucional)”

Si bien en este método, se mencionan algunos conceptos parcialmente aplicables, se indica puede ser útil para priorizar entre diferentes programas de salud, pero no para priorizar en acciones puntuales de una misma enfermedad.

3.3 Novedades propuestas.

Para la inédita situación actual, la referencia más cercana es la metodología indicada usada a la fecha (septiembre 26 2020) por el gobierno de Colombia, “Metodología de clasificación de municipios de Colombia de acuerdo a su afectación por COVID-19”, con referencia a esta, la propuesta descrita en este documento representa varias novedades.

- 3.3.1 Variables: la metodología propuesta aquí incorpora 14 variables, 10 adicionales a las indicadas.
- 3.3.2 Nuevas variables: además de incorporar otras variables se crea una nueva, que es definitiva en esta situación que es la proporción de capacidad de contagio en relación a las unidades de cuidado intensivo. Esto permite una clasificación más robusta incorporando análisis de capacidad, no mencionados en las referencias indicadas.
- 3.3.3 Índices: la combinación lineal de variables es una manera de incorporar en simultánea diferentes indicadores que permite hacer más robustos análisis.
- 3.3.4 Gradualidad de acciones: si bien la metodología indica 4 categorías de afectación, la propuesta aquí, muestra nueve (9) regiones de acción que establecen un diferencial de acciones más preciso.
- 3.3.5 Visualización: la metodología propuesta permite diferentes visualizaciones que facilitan la comprensión y análisis de los tomadores de decisión.
- 3.3.6 Metodologías: la combinación de métodos estadísticos, descriptivos y analíticos favorece la comprensión.
- 3.3.7 Combinación de principios: incorporar elementos y principios de ingeniería logística a un tema epidemiológico es un aspecto completamente nuevo.
- 3.3.8 Bi-dimensionalidad: si bien los índices o reglas generan una manera de identificar zonas o alertas, la matriz permite ver dos dimensiones claves, el contagio y las acciones de salud.

Estas son algunas de las ventajas que esta propuesta tiene contra la vigente descripción que se usa en Colombia, las cuales se evidencian a lo largo de este documento que robustece y enriquece los análisis hasta ahora realizados.

4. PRINCIPIOS DE ANÁLISIS.

4.1. Principio de gestión.

Basado en teoría de restricciones, uno de sus principios es identificar cual es el recurso crítico que restringe la capacidad del sistema. Si bien en el sistema de salud hay muchos recursos y cuellos de botella y aunque como en cualquier sistema dinámico, el cuello de botella no desaparece, solo se trasladará, por ahora el recurso limitante que se identifica son la Unidades de Cuidado Intensivo (UCI). Tan es así, que para decretar medidas de confinamiento y cuarentenas uno de los indicadores claves, es la ocupación de UCI.

4.2 Cadenas de Markov.

Muchos de los modelos epidemiológicos, utilizan dentro de su modelaje, los diferentes estados de la enfermedad y el cambio entre ellos y las probabilidades asociadas. Si bien esto es requerido para estos modelos, para efectos de control de gestión del recurso crítico, se enfoca en los estados que afectan el recurso crítico, es decir en este caso las UCI.

4.3 - Ley de Little.

Este teorema rige para todos los sistemas de congestión y filas e indica que, en un sistema en estado estable, en promedio el número de entidades (L) – en este caso pacientes - es igual a la tasa de llegada promedio (λ) - nuevos pacientes – por el tiempo promedio que una entidad pasa en el sistema (W). Algebraicamente es $L = \lambda * W$. En este sistema y otros sistemas dinámicos y estocásticos, se puede hacer el equivalente así:

- $\lambda = TH$ (tasa de salida) $\approx$ pacientes que salen del estado de enfermedad por periodo de tiempo, bien sea por que se recuperan o por que fallecen.
 - Se puede asumir que es equivalente a la tasa de entrada, porque se estima cuando el sistema alcance el equilibrio.
- $L = WIP \approx$ en este caso corresponde al número de pacientes en UCI. El concepto se puede ampliar a casos activos y más adelante se presenta el ajuste requerido.
- $W = TC$ (tiempo de ciclo) $\approx$ en términos generales es el tiempo que dura un paciente en salir del estado. En este caso se asocia al tiempo de estancia en UCI, que es el recurso crítico.

Así la ley se puede reinterpretar como: $TH = WIP / TC$ que equivaldría a:

Tasa de entrada de nuevos pacientes = Pacientes en UCI / Tiempo de estancia en UCI.

4.4 Principio de control.

Basado en la teoría de física de planta presentada por Hoop & Spearmanⁱⁱⁱ este sistema se podría asemejar al descrito por ellos como CONWIP “*CONstant Work In Process*”. Esto dado a que la capacidad del sistema está dada por el número de UCI y no se podrá exceder su ocupación, porque el sistema colapsa y representa muertes adicionales por falta de capacidad. Es decir, tenemos un sistema gobernado por el WIP que en este caso son los pacientes en UCI que es el recurso crítico. Dado que el tiempo de estancia en UCI responde a un proceso médico, que es indeterminado y el número de UCI es fijo en el horizonte de corto plazo, la única alternativa para evitar que el sistema colapse es que la tasa de entrada sea inferior a la capacidad del sistema.

Suponga un ejemplo ilustrativo donde: el tiempo de estancia en UCI es de 11 días; en la región hay disponibles 100 UCI; el porcentaje de pacientes contagiados por SARS-CoV2 que van a UCI es de 4%. En este caso la tasa de contagio de nuevos casos promedio por día, debe ser

estrictamente menor a 227, para evitar que el sistema colapse. $TH = 100/0.04 * 11 = 227.27$

De manera similar los casos activos, se pueden estimar dada la capacidad de UCI y esta curva a diferencia de los diagnosticados se aplanan en el nivel donde los recuperados y fallecidos sean similares a la tasa de nuevos contagiados. Es decir, el nivel de aplanamiento, se logra si se controla que el **número de nuevos contagios**, esté acorde a la capacidad del sistema.

5. MÉTODOS ESTADÍSTICOS Y FUENTES.

4.1 Fuentes de datos:

- Para este estudio, la principal fuente de información es la plataforma de datos abiertos del gobierno de Colombia que se puede acceder en el vínculo adjunto.^{iv} De esta se toman datos desde el 6 de marzo de 2020 y se actualizan cada semana. Estos incluyen los casos diagnosticados positivos vía prueba PCR, con los campos que se precisan en el anexo 1. De esta misma fuente se obtiene el número de pruebas realizadas en el mismo periodo de tiempo.
- Una segunda fuente es el número de UCI que proviene del sistema SISPRO del Ministerio de Salud que se puede acceder en el vínculo abajo indicado ^v. Esta se toma desde 27 de julio y al igual que los casos se actualizan con un periodo semanal. De allí se extrae el número de UCI por departamento y el número de casos reportados.
- Población: se extrae de la fuente del DANE ^{vi}, de donde se extrae la población estimada para 2020 y en particular el porcentaje de adultos mayores de 60 años.
- Dado que en muchos municipios del país no hay disponibles UCI y en caso de requerirse se trasladan al hospital regional más cercano, se asume que la capacidad de UCI de la región es la determinada por el departamento.

5.2 Análisis y variables cuantificadas:

En esta primera etapa se presentan una serie de variables que son cuantificadas con el fin de identificar la afectación de cada municipio. Si bien las variables incorporan muchas de las medidas epidemiológicas convencionales, se incorporan nuevas y además en el análisis jerárquico se dan calificaciones y peso a las mismas según definiciones del autor y conceptos de expertos epidemiológicos. Así mismo más adelante se planea incorporar nueva información en la medida que se encuentre disponible, con el fin de brindar más robustez al sistema y sus análisis. Las variables inicialmente incluidas son:

- 1- **Proporción capacidad de contagio:** basado en los principios ilustrados, se incorpora un concepto central que es denominado “capacidad de contagio”, que indica cual es el estimado de personas que se podrían contagiar, de manera que no se supere la capacidad del sistema de salud. Esto según el registro etario y de sexo de los casos diagnosticados, que es el disponible en la actualidad. La capacidad de un municipio está definida en función a su población como proporción de la población total de su territorio / departamento y el número de UCI. La cual se actualiza según cómo evolucionen los contagios y la capacidad.
- 2- **Razón de transmisibilidad:** es la proporción de nuevos contagios de la semana i / entre nuevos contagios de la semana $i-1$.
- 3- **Porcentaje de positividad:** definido como el número de pacientes reportados positivos (independiente de su estado), entre el número total de pruebas realizadas.
- 4- **Porcentaje de rastreo:** definido como el número de pacientes identificados como importados o relacionados, sobre el total, basado en el reporte oficial.

- 5- **Riesgo de rebrote^{vii}**: es la razón de reproducción media de los últimos 7 días multiplicada por la incidencia acumulada de los últimos 14 días.
- 6- **Número de casos activos x 1.000 Hab.:** para este análisis se define como: casos confirmados menos los recuperados, menos los fallecimientos, según la población de cada municipio. Este se toma con base en la fecha de diagnóstico.
- 7- **Número de casos activos estimados x 1.000 Hab.:** dado el retraso de información entre diagnóstico y publicación, se hace una estimación siguiendo la Ley de Little, asumiendo la ocupación promedio de UCI de la última semana que es información más reciente. El valor se asigna a cada municipio según proporción de los casos activos calculada del registro oficial según se indica en la variable # 6.
- 8- **Proporción de adultos mayores de 60 años:** esto teniendo en cuenta que la edad es uno de los factores de riesgo y la tasa de mortalidad es críticamente más alta a partir de esta edad, como se puede inferir de los diferentes reportes globales^{viii}. Se determina la población de casos activos para mayores de esta edad y se estima la proporción comparándola con la estimada poblacional.
- 9- **Ocupación de UCI:** se toma directamente del valor reportado por el INS, identificando las tres categorías allí reportadas, COVID, Sospechosos y NO COVID.
- 10- **Carga semanal:** estimado neto de cuantos pacientes ingresan al sistema en la semana: (nuevos contagios menos recuperados menos fallecidos) / 1.000 Hab. de la última semana.
- 11- **Porcentaje de severidad:** mide el % de personas en estado severo o fallecido sobre el total de diagnosticados.
- 12- **Densidad poblacional:** se basa en el número de habitantes estimado y el área del municipio respectivo.
- 13- **Mortalidad:** fallecimientos por cada 100.000 habitantes de cada población.
- 14- **Tasa de incidencia:** número de diagnosticados positivos por cada 1.000 habitantes de su población

4.3 Análisis jerárquico:

Para cada una de las diferentes variables, se analizó el histograma de frecuencia de los datos entre julio 5 y agosto 2 de 2020 y se identifican valores mínimos, máximos y *outlier*. Para cada variable se define una escala de dos niveles según la significancia de cada variable, con el fin de hacer más crítico después de cierto nivel. Por ejemplo, con respecto a la ocupación de UCI se define un límite de 70% como primera cota con asignación de 100 puntos a este tope. De allí en adelante hasta 100% se asignan 100 puntos adicionales. Si por ejemplo las UCI del departamento están al 85% el puntaje asignado sería 150. Esto permite dar mayor significancia a cierto rango de valores, que se hacen más críticos y mejora la transformación o normalización de variables que es la técnica convencional que se usa generalmente en el análisis jerárquico. Los límites calculados para cada variable se muestran en el anexo 2.

4.4 Métodos complementarios de verificación y complemento:

- Análisis estadístico multivariado.

Para estimar el peso específico de las variables y utilizando como variable de respuesta la ocupación de UCI se usa la técnica de análisis multivariado, con el fin de definir cuál de las variables indicadas es más relevante de cara a estimar la potencial congestión de UCI. Esto se combina con el concepto de expertos. Los valores de los pesos de cada variable se muestran en el anexo 3.

- Simulación discreta.

Para validación de estimación de ocupación de UCI, por cada grupo o región de análisis como complemento se usa un modelo de simulación discreta que tiene como parámetros básicos de entrada el número de nuevos contagios, el número de UCI de la región analizada y el tiempo de estancia en UCI. Continuará en desarrollo y ajuste porque el valor de tiempo de estancia en UCI y porcentaje de severidad o personas que van a UCI, varía por región y en el tiempo. Así mismo el número de UCI disponibles.

6. CONCEPTOS GENERADOS.

6.1 Índice de contagio:

Incorpora las variables que afectan el contagio y la transmisión en la última semana. Busca medir para cada municipio los nuevos contagios, pero con el componente de capacidad de UCI para que no la superen. Se construye con la combinación lineal de las variables 1 a 5 definidas previamente y en las que se asigna un peso específico según valor definido por el equipo y la relevancia del mismo con mayor peso en la variable proporción capacidad de contagio (anexo 3).

6.2 Índice de actividad:

Busca identificar como es el estado actual de cada municipio según pacientes diagnosticados. Integra las variables que indican el estado y afectación del sistema en la última semana. Se construye de la combinación lineal de las variables 7 a 11, en las que se asigna un peso específico según valor definido por el equipo y la relevancia del mismo con mayor peso en la variable proporción casos activos estimados (anexo 3).

6.3 Índice general de afectación:

A las variables indicadas en los índices se agregan las variables de densidad poblacional, mortalidad y tasa de incidencia, que todas son computadas para el cálculo de un índice denominado **índice general de afectación** y poder relacionarlo en un solo índice como complemento de la matriz (anexo 3).

Claro al ser una situación estocástica, que depende del comportamiento de la enfermedad de cada individuo y de la estructura poblacional, los índices buscan dar una comprensión general del sistema y su estado, integrando varios indicadores, claro no buscan ni pretender ser usados como predictores.

6.4 Matriz para una reactivación segura.

Este concepto se desarrolla para poder visualizar el estado de cada municipio de cara a los índices de actividad y contagio y así facilitar la visualización para dar soporte a las decisiones que deben tomar los gobernantes.

En el eje horizontal (X) se grafica el índice de contagio. La primera cota (35 puntos) se estima basada en el hecho que se considera que la capacidad general del sistema no se considera comprometida. El segundo (70 puntos) donde si bien todavía presenta holgura su presenta mayor congestión y potencialmente mayor vulnerabilidad. Esto permite generar tres zonas de baja, media y alto contagio en relación a la capacidad de UCI.

En el eje vertical (Y) el índice de actividad, que busca identificar la cantidad de pacientes que hay en la región. De manera similar, se establecen dos cotas dadas por un límite de 35 y 70 puntos, que están asociadas a un límite teórico de pacientes y su estado de salud. La calificación está dada por un estimado de las variables que cambia según la población, su demografía y la evolución del paciente.

Al ser una condición estocástica no se puede anticipar un valor exacto, pero cada cota brinda una estimación que evita que el sistema de salud colapse, hecho que es altamente indeseable y puede acarrear muertes adicionales.

La combinación de los dos ejes y sus cotas genera una estructura matricial con nueve (9) regiones, que relacionan el estado de afectación. Para cada municipio se calcula el valor de cada índice y se grafica en el cuadro adjunto (ilustración 1)

Índice de actividad.	Reforzar salud (3,1)	Cierres locales (3,2)	Supresión estricta (3,3)
	Mitigación básica + Salud (2,1)	Mitigación (2,2)	Cierres locales (2,3)
	Flexibilización & contención (1,1)	Mitigación básica + pedagogía (1,2)	Cerco estricto (1,3)
Índice de contagio.			

Ilustración 1: Matriz para una reactivación segura.

Los colores indican alertas respectivas de cada zona y acciones que se recomiendan de manera general. Por su puesto las medidas básicas de prevención y autocuidado, que en esta ocasión son lavado de manos, uso de tapabocas, distancia segura y limpieza de superficies, se deben mantener mientras se controla la pandemia, pero la gradualidad de las medidas es importante de cara al balance, económico, social y de salud.

- Región **1,1**. Son aquellos municipios donde tanto la actividad como el contagio es bajo. Como indicación general se pueden adelantar pilotos y actividades de reapertura y mayor movilidad de personas, debido a que la incidencia es baja y si bien pudo tener brotes, se han controlado.
- Región **1,2**. Zona denomina mitigación + pedagogía, esto a que, si bien no entran en zona de riesgo, es necesario reforzar acciones pedagogía para evitar nuevos brotes o amplia dispersión.
- Región **1,3**. Zona que entraría en alerta naranja ya que los contagios reportados fueron muy cercanos o superiores a la capacidad del sistema y se debe hacer un cerco estricto, en las personas diagnosticadas para evitar que se pierda control de la situación.
- Región **2,1**. Es una zona de media actividad, pero bajo contagio. Si bien sus acciones han

evitado un alto contagio, hay un número medio de pacientes, en los que se debe estar alerta.

- Región **2,2**. Es una zona donde tanto los contagios, como la actividad son medios y las medidas de mitigación debe ser más estrictas para evitar comprometer la capacidad del sistema de salud y que este colapse.

- Región **2,3**. Es una zona de alerta roja, porque está en zona media de actividad, pero alta de contagio y puede presentar riesgo de colapso, en particular a la luz de cómo evolucionen los contagiados y si se controla el brote.

- Región **3,1**. Es una zona de bajo contagio, pero un relativo alto número de enfermos. Se deben revisar el estado actual de los diagnosticados, su perfil y las acciones de foco son más de salud, como énfasis en tratamientos médicos.

- Región **2,3**. En esta zona hay una alta actividad y un contagio medio, por lo cual tiene una alerta roja debido a que el sistema de salud esta con una ocupación alto y existe alta probabilidad de que lleguen varios enfermos nuevos.

- Región **3,3**. Es la de mayor cuidado ya que allí tanto el número de enfermos como los nuevos casos son altos y tiene más riesgo de colapsar el sistema de salud. Claro hay que considerar otras variables, como el perfil demográfico de la población, el tamaño, la cercanía y movilidad con otros municipios y regiones cercanas, para establecer acciones específicas.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta los movimientos que hacen las ciudades y municipios dentro de la matriz en las últimas semanas, en la siguiente ilustración, se observan los movimientos más frecuentes dentro de la matriz en donde la dirección indicada en rojo son los menos deseables y los verdes los que indican una mejora en el sistema.

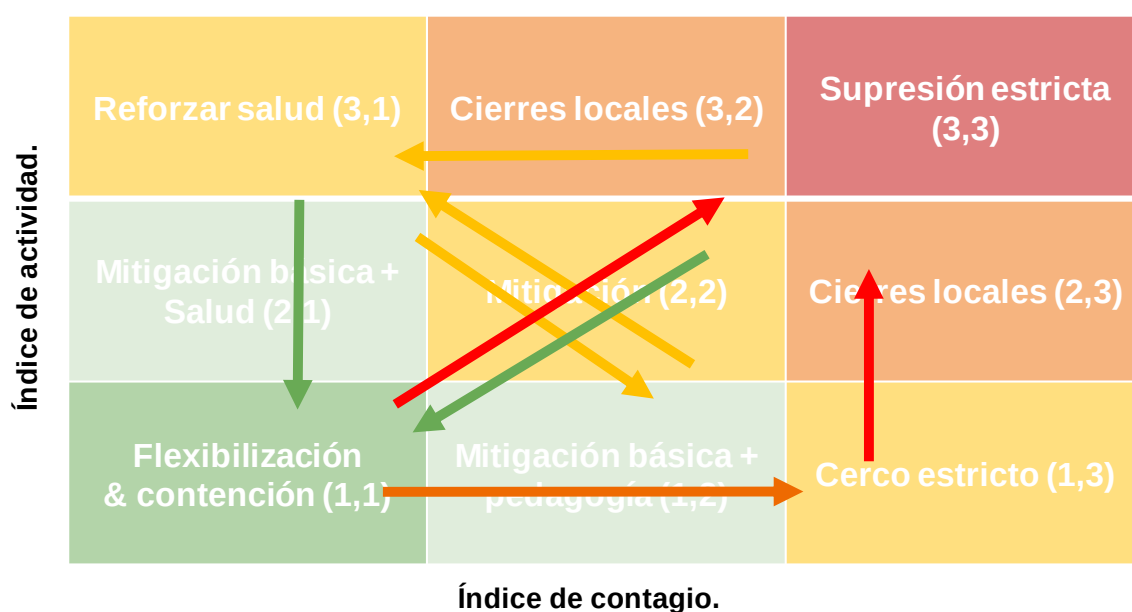


Ilustración 2. Posibles movimientos en la matriz.

7. DIAGRAMAS DE VISUALIZACION

En esta sección se aprecian algunos de los diagramas de visualización, desarrollados con la información de Colombia.

7.1 Matriz

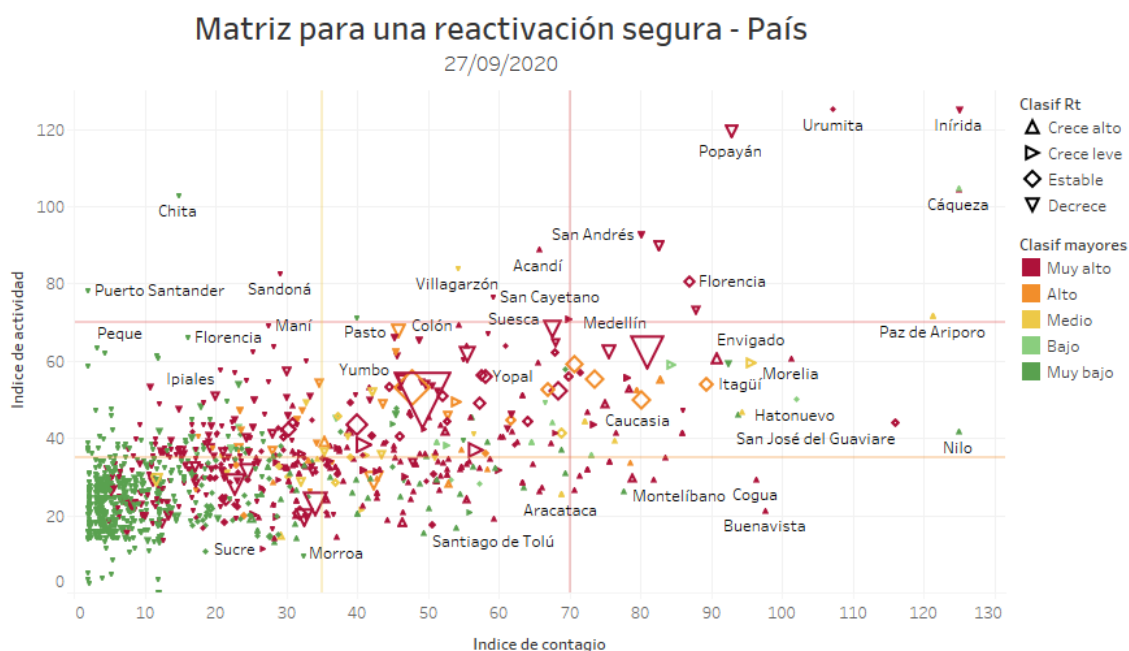


Ilustración 3. Ejemplo de matriz.

La matriz permite visualizar todas las ciudades y municipios del país con una ubicación en el eje x correspondiente al índice de contagio, y en el eje y al índice de actividad, el tamaño de la figura relaciona el número de habitantes de la población, la figura representa el Rt (razón de transmisibilidad) en donde para valores mayores a 1.3 se clasifica con un crecimiento alto, entre 1.1 y 1.3 es un crecimiento leve, entre 0.85 y 1.1 estable y menores de 0.85 están decreciendo. Por último, el color corresponde a la proporción de adultos mayores contagiados de cada municipio comparado contra la proporción poblacional del departamento. Por ejemplo, en Atlántico la proporción poblacional de mayores es de 12.2%, siendo así, si Barranquilla tiene una proporción de adultos mayores contagiados menor a 3.05% su clasificación será muy baja, si esta entre 3.05% y 6.1% será baja, entre 6.1% y 9.15% se clasifica como medio, entre 9.15% y 12.2% es alta y para valores mayores es muy alta.

Adicionalmente, la matriz cuenta con una descripción emergente en donde se puede observar la evolución en las últimas semanas de cada ciudad y el valor de las variables que se miden dentro de los índices.

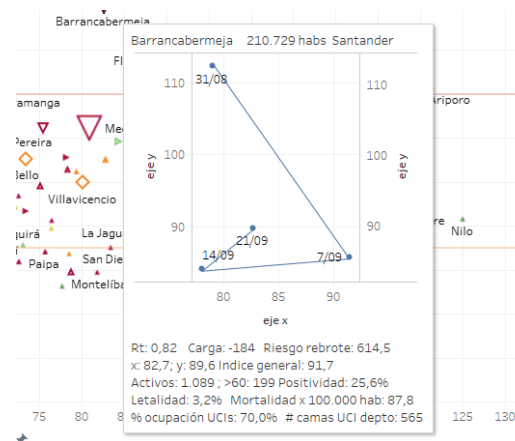


Ilustración 4. Descripción emergente

7.2 Índice general de afectación.

La visualización del índice general de contagio, permite ver cómo evoluciona en el tiempo la cada región, acorde a la definición del mismo. Este se aprecia en la ilustración 5. Se actualiza cada semana y se lleva registro de que cantidad habitantes de la población de cada departamento se encuentra en los diferentes niveles de alerta.

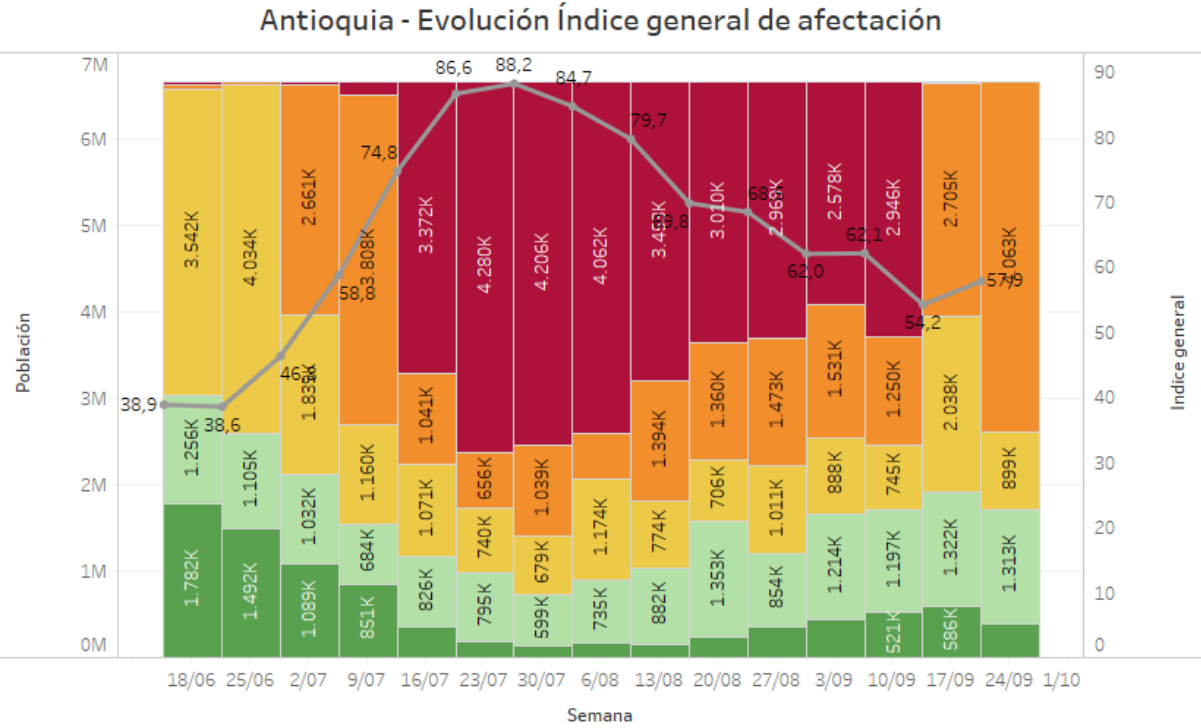


Ilustración 5. Evolución del índice general.

La asignación de los colores dependiendo el índice general se muestra en la siguiente tabla.

Índice general	Color
0 - 20	Verde oscuro
21 - 40	Verde claro
41 - 60	Amarillo
61 - 80	Naranja
>80	Rojo

7.3 Mapa

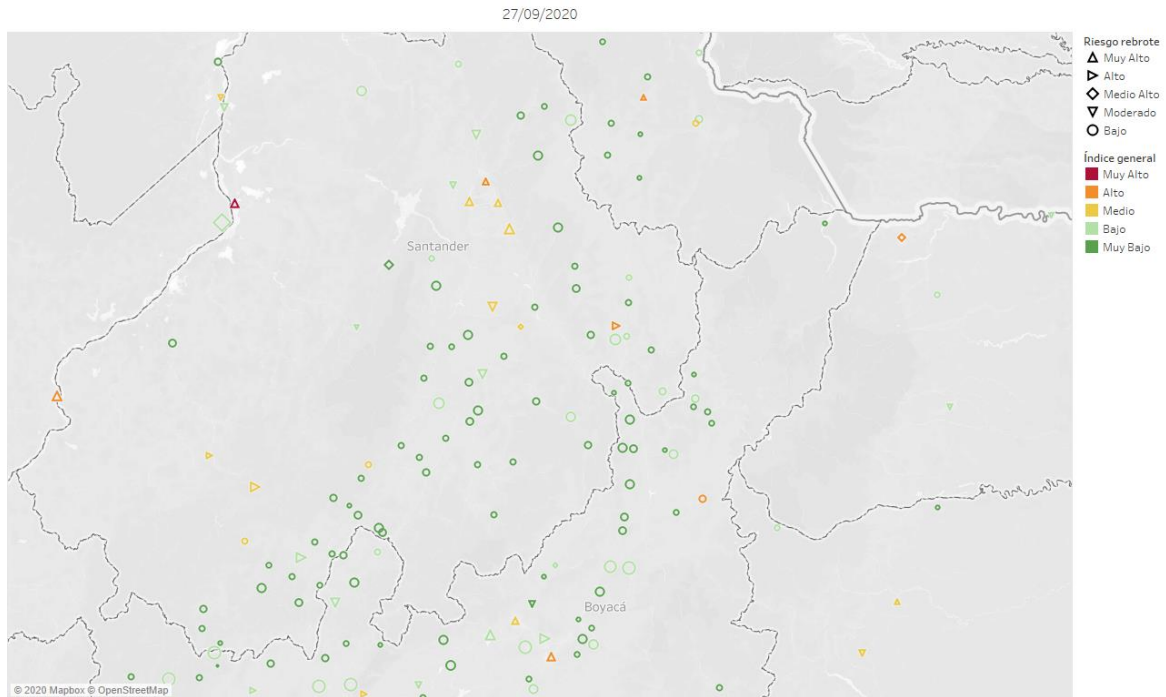


Ilustración 6. Ejemplo de mapa.

Entendiendo que el comportamiento del virus tiene un fuerte componente territorial, es importante ubicar geográficamente las ciudades y municipios y para ello se ubican los diferentes municipios en el mapa respectivo de la región. El tamaño de la figura es proporcional al número de casos activos por 1.000 habitantes, el color la clasificación (nivel de alerta) con respecto al índice general y por último, la forma está relacionada con el riesgo de rebrote, en donde, si el valor es mayor a 200 es clasificado muy alto, entre 100 y 200 es alto, entre 70 y 100 medio alto, entre 30 y 70 moderado y menores de 30 es bajo.

7.4 Grafica de serie de casos nuevos y activos con la cota.

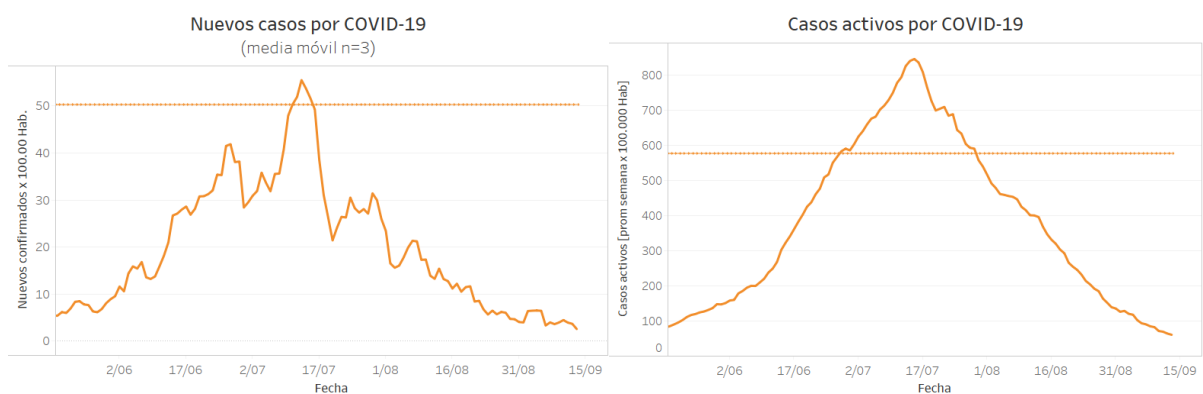


Ilustración 7. Histórico casos activos y nuevos

Las gráficas indicadas son una serie de tiempo básica, lo novedoso es la definición de la cota estimada para evitar que el sistema colapse y la cual es calculada con los principios de la Ley de Little y CONWIP.

La serie actual descrita es la base, pero se podrán incluir nuevas visualizaciones y diagramas con el fin de clarificar.

7. EJEMPLO DE APLICACIÓN: HALLAZGOS Y RESULTADOS PRELIMINARES.

Semanalmente se revisa y actualiza la información y se corren todos los cálculos y actualizan los diferentes índices. Se tienen resultados para todo el país, pero dado que este es un fenómeno territorial, se muestra aquí como ejemplo un análisis del departamento de Antioquia. Por ejemplo, en la ilustración 8 se observa el comportamiento de la semana del 13 al 19 de julio muestra que, si bien algunos de los más importantes municipios del Valle de Aburra, como Sabaneta, Medellín, Bello e Itagüí estaban en la región 3,3, donde se indican deben adelantarse medidas de supresión como cuarentenas, no obstante, varios municipios están en zonas de alerta amarilla y otros en la zona verde donde se podrían habilitar pilotos de apertura. Se menciona este resultado porque justo en esa semana, había diferencias entre los gobernantes de la región con respecto a las medidas a tomar y con la herramienta se puede visualizar que ambas posiciones podrían conciliarse.

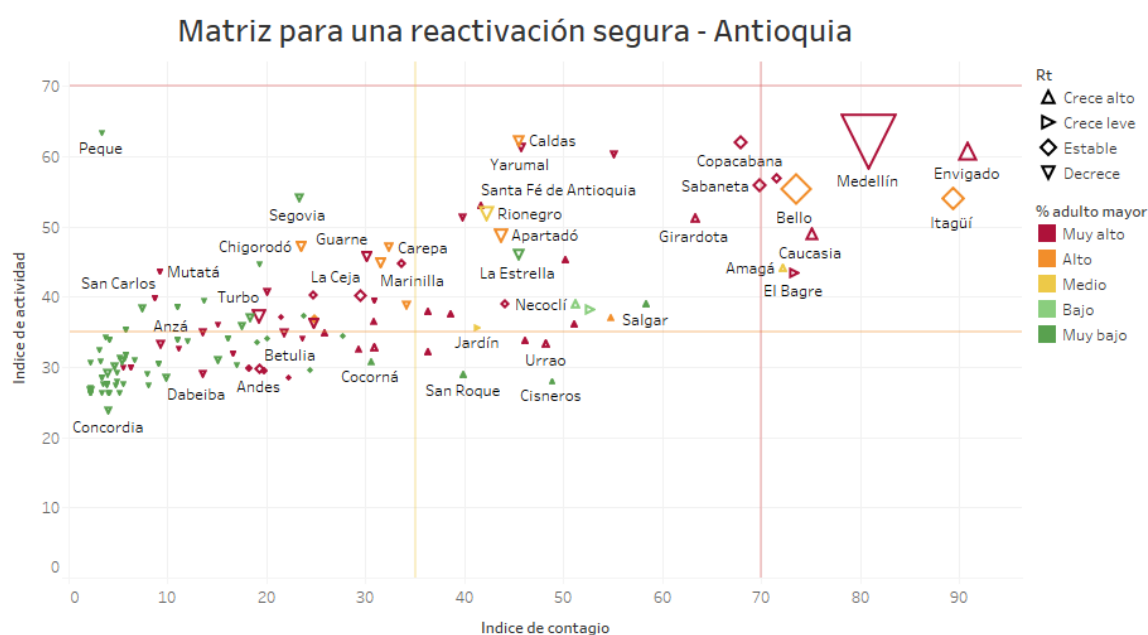


Ilustración 8. Matriz Antioquia 13-19 jun 2020

Otro resultado ejemplo es el del departamento del Atlántico. Se observa, como en la semana del 6 al 12 de julio la mayoría de la población del departamento deberían estar en medidas de supresión al tener una transmisión comunitaria que no se podía controlar, medidas que se tomaron y se ven reflejadas en el índice general de las siguientes semanas.

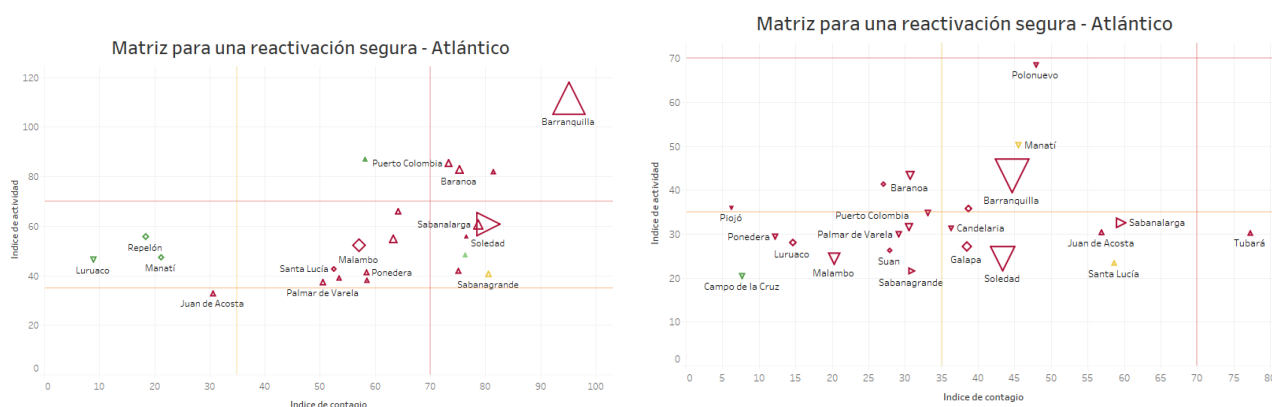


Ilustración 9: Matriz 6-12 de Julio - Atlántico

Ilustración 10: Matriz 10-16 - Agosto - Atlántico

Esto también se evidencia es la del Índice general de afectación, que se aprecia en la ilustración 11. En este se observa que alcanzó un tope muy alto de 97.1 puntos pero que después fue decreciendo y las diferentes poblaciones de la región fueron cambiando su estatus.

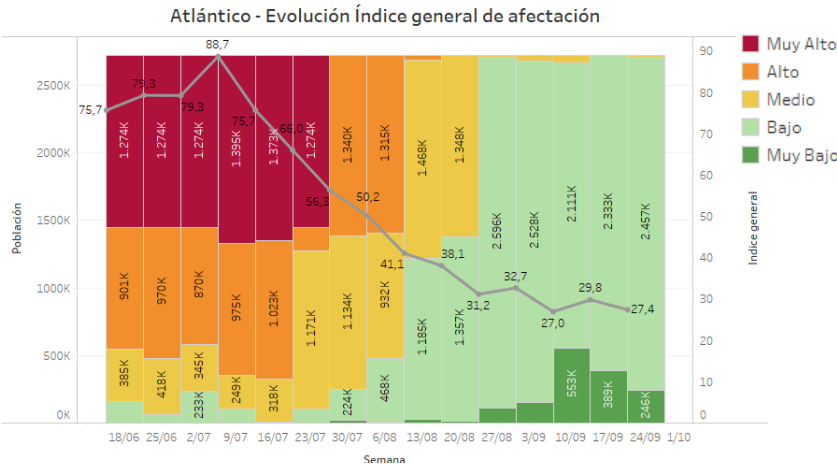


Ilustración 11: Evolución índice general de afectación - Atlántico

En particular después de observar que varias de las poblaciones del departamento, que representaban la mayoría de la población deberían estar con medidas de supresión (muy alto). Luego de este pico de contagio, la situación mejoró y el índice de afectación disminuye y desaparecen las zonas de cuarentena estricta.

Otro de los posibles análisis, incluyen una visualización geográfica, lo que permite ubicar los diferentes municipios. Por ejemplo, Santander que en la fecha (última semana de agosto 2020) tenía índice general de afectación de 67 puntos (zona roja) tenía un territorio con alto compromiso alrededor del área metropolitana, pero a su vez varios territorios con baja o nula afectación donde es más seguro adelantar pilotos de reapertura de diferentes sectores.

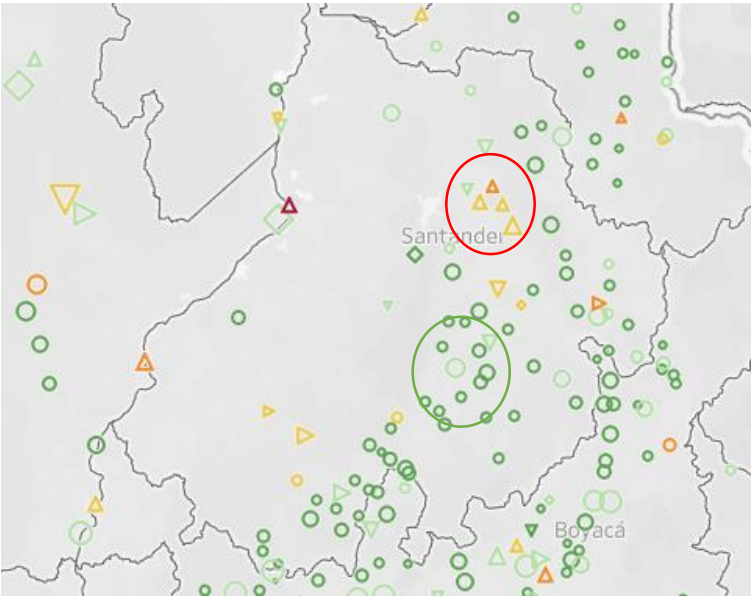


Ilustración 12: Mapa general de la región de Sannatder.

En síntesis, con los conceptos desarrollados, la matriz presentada y el índice se brinda una herramienta que permite soportar la toma de decisiones, cuantificando las variables claves en salud y propagación de manera objetiva, facilitando la toma de decisiones que debe obedecer a condiciones locales de cada territorio, sobre todo después que la fase de contención no fue efectiva y ante condiciones como la alta transmisibilidad en este caso del SARS CoV2 y donde se identifica un recurso claro como cuello de botella en este caso las UCI.

Las decisiones generales no son efectivas y desconocen la temporalidad, territorialidad y gradualidad que se requiere tener acorde al comportamiento de la enfermedad.

8. DESARROLLOS EN CURSO Y FUTUROS.

Al igual que todas las metodologías, se va ir enriqueciendo en la medida que se obtenga información complementaria, nuevos desarrollos o ajustes de visualización entre otros. No obstante, el concepto de matriz, los índices y visualización inicial y los cálculos es lo que se requiere proteger esto además de la forma de los cálculos que son novedosos.

Algunos de los desarrollos en curso:

- Territorios: en la actualidad las UCI están asignadas por departamento. Para algunas zonas las UCI cercanas son de un territorio que no pertenece a su departamento. Se pretende reasignar las zonas en territorios geográficos más cercanos.
- Movilidad: de cara a la apertura de actividades que implican mayor movilidad de las personas, esta se torna clave en particular en la propagación. En desarrollo está incorporar esta variable u otras variables en los diferentes índices según aplique.
- Módulo de predicción de corto plazo: Incorporar con base en los modelos epidemiológicos de MINSALUD ó propios, predicción de corto plazo, que enriquezca algunas variables y los diferentes índices.

Versión preliminar pública: <https://tabsoft.co/2EwzcVS>

9. ANEXOS.

Anexo 1. Campos fuente de datos

Los campos que se tienen en cuenta de la base de datos son:

- Ciudad de ubicación
- Departamento o Distrito
- Edad
- Tipo
- Estado
- Fecha de muerte
- Fecha diagnostico
- Fecha recuperado.

Anexo 2. Limites análisis jerárquico

Variable	Valor base (100%)	Valor base (200%)
1- Relación: nuevos contagiados / capacidad contagio.	1	2
2- Razón de transmisibilidad. Nuevos contagios sem i / Nuevos contagios sem i-1.	1,5	3
3- Porcentaje positividad.	50%	100%
4- Porcentaje rastreo	50%	100%
5- Riesgo de rebrote	200	400
7- Número de casos activos estimados* (X 1.000 Hab)	4	8
8- Casos activos de adultos > 60 (* X 1.000 Hab).	1	1,5
9- Ocupación UCI del departamento.	70%	100%
10- Carga semanal: (nuevos contagios - Recuperados – Fallecidos) / 1.000 Hab	1,5	3
11- Porcentaje de severidad	10%	20%
12- Densidad poblacional	4.722	9.444
13- Mortalidad	50	100
14- Tasa de incidencia X (1.000 Hab.)	8	16

Anexo 3. Pesos de las variables

Indice de contagio	
Variable	%
1- Relación: nuevos contagiados / capacidad contagio.	50%
2- Razón de transmisibilidad. Nuevos contagios sem i / Nuevos contagios sem i-1.	20%
3- Porcentaje positividad.	8%
4- Porcentaje rastreo	7%
5- Riesgo de rebrote	15%

Indice de actividad	
Variable	%
1- Relación: nuevos contagiados / capacidad contagio.	25%
2- Razón de transmisibilidad. Nuevos contagios sem i / Nuevos contagios sem i-1.	10%
3- Porcentaje positividad.	3%
4- Porcentaje rastreo	3%
5- Riesgo de rebrote	7%
7- Número de casos activos estimados* (X 1.000 Hab)	17%
8- Casos activos de adultos > 60 (* X 1.000 Hab).	12%
9- Ocupación UCI del departamento.	12%
10- Carga semanal: (nuevos contagios - Recuperados – Fallecidos) / 1.000 Hab	5%
11- Porcentaje de severidad	2%
12- Densidad poblacional	2%
13- Mortalidad	1%
14- Tasa de incidencia X (1.000 Hab.)	1%

Fuente: <https://minsalud.maps.arcgis.com/apps/opstdashboard/index.html#/e18894fa4dd546d094e8267179562413>

← → ↻ minsalud.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/e18894fa4dd546d094e8267179562413 ☆ ○ ⚙ N



ⁱ Cuellar Ortiz Diego, agosto 10 de 2020. Ministerio de Salud de Colombia.

<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51105/v43e612019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

iv <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>

<https://minsalud.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/ee50239596654cf8930d105c970037b3>

vi <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

vii Tomado de Generalitat de Catalunya - <https://dadescovid.cat/documentacio?lang=cas>

viii <https://ourworldindata.org/mortality-risk-covid>