

Propósito: Identificación de áreas prioritarias de acción para prevención de Dengue en Rosario

A nivel mundial, 2.500 millones de personas se encuentran en situación de riesgo de contraer la enfermedad. Cada año la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta más de un millón de casos de Dengue.

El dengue afecta las regiones de clima tropical y subtropical en todo el mundo. Las áreas más afectadas son las de Asia y América Latina.

En Argentina el dengue fue erradicado en 1960. Sin embargo, la aparición de la enfermedad como endémica en países limítrofes (Brasil, Paraguay, Bolivia), y el aumento de la concentración demográfica en zonas urbanas, favorecieron la aparición de nuevos brotes en los últimos años. En el 2009 se dio la epidemia de dengue más grande registrada en territorio nacional, arrojando un total de 26.644 enfermos y 5 muertes por esta enfermedad.

En la ciudad de Rosario, se registra la presencia del mosquito transmisor del Dengue desde el año 1997. A partir de entonces, comenzaron tareas de prevención, dirigidas principalmente a la reducción de potenciales criaderos domiciliarios del mosquito. Durante el año 2009, como ocurrió en todo el país, se produjo un brote de la enfermedad, con casos importados y autóctonos, que impuso la intensificación de las tareas de prevención, monitoreo y bloqueo. Se confirmaron por laboratorio 82 casos entre el 30 de marzo y el 15 de mayo de 2009. El brote autóctono fue del tipo Den 1. Durante el año 2010, apareció por primera y única vez en forma autóctona el tipo Den 4, por la rápida y efectiva actividad de bloqueo, se controló la situación y sólo quedó reducida a la manzana en la que ocurrió el caso.

En lo que respecta al vector transmisor de la enfermedad, en el año 2000, el *Aedes Aegypti* se halló en 17 de las 24 provincias argentinas, con infecciones registradas en casi 600 municipios. En la ciudad de Rosario, se registró la presencia del mosquito transmisor del Dengue desde el año 1997. A partir de entonces, comenzaron las tareas de prevención dirigidas principalmente a la reducción de potenciales criaderos domiciliarios del mosquito. En junio de 2004, se realizó un acercamiento personalizado a 8.900 hogares con la participación de 40 personas en 20 zonas consideradas áreas críticas, con el objetivo de promover y proveer conocimiento de la enfermedad y su modo de transmisión, así como del ciclo de vida y los principales criaderos del vector. En el año 2009, además de los bloqueos de rigor en cada caso, se realizaron diferentes acciones en la ciudad: creación de la Comisión de Seguimiento de

Dengue, difusión de la información a través de campañas publicitarias, campañas de concientización particulares denominadas Días "D" (durante las cuales se brindó información casa por casa y se gestionaron los medios necesarios para lograr el descacharrado en cada casa), colocación de ovitrampas y muestreos larvarios. Bajo el lema "En una casa en la que no hay reservorios, el índice es cero", desde el mes de diciembre de 2009 hasta abril de 2012 se realizaron sendos muestreos larvarios – utilizando la metodología propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS): Levantamiento Rápido de Índices de Aedes Aegypti (LIRAA) - en los seis distritos de la ciudad de Rosario. Tal como se muestra en la Tabla 1 en los tres primeros muestreos larvarios realizados entre diciembre y septiembre de 2010 se obtuvo como resultado un nivel de control operativo "Bueno". En noviembre de 2011, el muestreo larvario realizado también arrojó un resultado "Bueno". En estos tres muestreos se obtuvo el mismo nivel de seguridad. El cuarto muestreo larvario llevado a cabo en marzo de 2011, fue planteado de forma diferente al resto, se trabajó sólo con las áreas de mayor riesgo de la ciudad. Acorde con estas áreas los valores de los índices evidencian una situación de "Emergencia". En marzo de 2012 (ML VI), a diferencia del ML IV, se monitoreó toda la ciudad y sin embargo los índices hallados muestran una situación de "Emergencia". Finalmente, en noviembre de 2012 se realizó el último muestreo larvario, dónde la situación de riesgo fue menor que en marzo de 2012, sin embargo, el valor encontrado muestra un nivel de "Alarma". Actualmente, se pretende mediante este convenio generar un mapa de riesgo de dengue a nivel urbano con el fin detectar cuáles son las áreas más críticas para esta problemática, permitiendo así optimizar el recurso disponible para acciones de control focalizadas y actividades de promoción y prevención universal.

Tabla 4. Comparación de índices a través de los distintos Muestreos Larvarios.

Índices	Muestreos Larvarios						
	I	II	III	IV*	V	VI	VII
	Dic -09	Abr -10	Sept-10	Mar-11	Nov-11	Mar-12	Nov-12
Índice de casas o viviendas	3,59	3,81	0,22	13,01	3,2	16,97	5,62
Índice de Bretau	6,05	4,93	0,22	18,26	3,2	21,72	6,05
Índice de recipientes	1,07	1,28	0,07	7,39	0,33	5,67	1,22

* ML IV: se aplicó la metodología LIRAA en las áreas de mayor riesgo de la ciudad.

Objetivos.

- Generar cartografía de áreas de riesgo a escala urbana a partir de datos espaciales, que complementados con datos de campo, optimicen las acciones de control.
- Integrar información histórica de la circulación viral de Dengue, presencia de *Aedes Aegypti* (índices larvarios) y otros datos epidemiológicos (migraciones poblacionales, capacidad de respuesta ante eventos epidémicos, entre otros).

Nota: quedan pendientes para una próxima evaluación del mapa de riesgo la incorporación de imágenes satelitales que permitan dar cuenta de los siguientes objetivos, planteados en el convenio original:

- Actualizar en forma periódica datos ambientales provenientes de sensores remotos. A escala local y para el desarrollo de modelos matemáticos para la estimación del riesgo de Dengue en las localidades, se utilizarán productos derivados de sensores pasivos como los provenientes de las misiones Landsat o equivalentes y datos de radar de las misiones COSMOS. A su vez, se utilizará un modelo digital de elevación de mayor resolución espacial (30 metros de píxel), obtenido del programa ASTER_GDEM. A partir de datos de los sensores TM y ETM, a bordo de las plataformas Landsat, se generarán productos ambientales con una resolución espacial y radiométrica adecuada para productos operativos del Ministerio de Salud de la Nación, cuya escala operativa es a nivel de manzana.
- Estimaciones de la Temperatura de superficie (LST), de porcentaje de agua o humedad (NDWI y Tasseled cap), Índices de vegetación (NDVI, LAI y Verdor) e Índice de suelo (NDSI), están relacionados con los lugares de mayores tasas de desarrollo de los vectores, con los refugios y fuentes de alimento del *Aedes aegypti*, como así también asociados a variaciones intra-urbanas de las condiciones edáficas y edilicias.

Cronograma.

- **Recopilación y preparación de datos.** Duración aproximada de 3 a 6 meses: obtenidos a partir de trabajo en campo y registros sanitarios disponibles en el municipio, que se utilizarán en el análisis: índices larvarios, notificación de casos, acciones de control, entre otros.

- **Pre-procesamiento de imágenes.** Duración aproximada 1 mes. Pendiente para una próxima evaluación del mapa de riesgo.

- **Obtención de índices y clasificaciones ambientales.** Duración aproximada 6 meses:

a) Mapa de Ocupación de Suelo de cada localidad y zonas aledañas: conteniendo las siguientes clases: Tipos de vegetación (baldíos, borduras, bosques, parques/plazas, etc.), cuerpos de agua (ambientes lóticos y lénticos), construcciones, cultivos, vías de acceso, etc.

b) Mapa de distancia a cada clase de ocupación: por ejemplo, mapa de distancia a sitios baldíos, a vegetación densa y vigorosa de parques/plazas, o a construcciones.

c) Análisis de texturas ambientales y micro-ambientales. Medición de la complejidad del hábitat del *Aedes Aegypti*.

- **Construcción de Mapas de riesgo de Dengue a nivel urbano (ERDU)** Duración aproximada 2 meses.

Materiales y Métodos.

Para este trabajo se utilizaron datos provenientes de diferentes sectores de la Municipalidad de Rosario (IDE Rosario, Mejora continua, SiME, Servicios Públicos), INDEC (Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, Año 2001), Aguas Santafesinas S.A. y CONAE. Los mismos se recuperaron en formatos de bases de datos (dbf, xls), bases cartográficas (shp), imágenes satelitales (pendiente para próxima evaluación del mapa de riesgo) y registro en soporte papel que luego se digitalizó en formato shp. La información disponible en estas bases se fusionó en una única base de datos (en formato dbf) con el fin de construir un modelo predictor del riesgo de contraer dengue en la ciudad de Rosario. Se utilizó el radio censal como unidad de análisis debido a que no se dispone de toda la información necesaria para la construcción del mapa de riesgo a nivel de manzana. Esta base de datos resultante contiene las siguientes variables:

Nombre de la variable	Descripción de la variable	Valor de la variable	Fuente	Formato
CONTEO	Presencia de uno o más casos de dengue autóctono confirmado entre los años 2009-2012 en el radio censal.	1: Si 0: No.	Base de datos de vigilancia intensificada generada en el Sistema Municipal de Epidemiología.	dbf
REC_POS	Cantidad de recipientes con presencia de larvas de aedes en el radio censal encontrados en los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012.	De 0 a 5.	Base de datos generada a partir de los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012 por el Sistema Municipal de Epidemiología.	xls
REC_NEG	Cantidad de recipientes sin presencia de larvas de aedes en el radio censal encontrados en los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012.	De 0 a 24.	Base de datos generada a partir de los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012 por el Sistema Municipal de Epidemiología.	xls
CANT_PT	Cantidad total de recipientes en el radio censal encontrados en los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de	De 0 a 25.	Base de datos generada a partir de los 7 muestreos larvarios realizados entre	xls

PROYECTO: 'Estratificación de riesgo de Dengue a escala Urbana (ERDU)'

	2009 y Noviembre de 2012.		Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012 por el Sistema Municipal de Epidemiología.	
C_HAB	Cantidad de chatarrerías habilitadas en el radio censal por la Municipalidad de Rosario.	De 0 a 6.	Base cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
C_NOHAB	Cantidad de chatarrerías no habilitadas en el radio censal por la Municipalidad de Rosario.	De 0 a 5.	Base cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
ICS	Índice de condiciones saludables (continuo).	De -44,99 a 8,05	Base cartográfica desarrollada por el Sistema Municipal de Epidemiología en el año 2005 a partir de información del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, año 2001.	shp
ICSC	Índice de condiciones saludables (categórico).	1: Muy Alto 2: Alto 1- 3: Medio 2- 4: Bajo 3- 5: Muy Bajo	Base cartográfica desarrollada por el Sistema Municipal de Epidemiología en el año 2005 a partir de información del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, año 2001.	shp
MCA	Presión de agua medida en metros columna de agua (mca) en el radio censal (categórica).	1: Menos de 4 mca 2: De 4 a 7 mca 3: De 7 a 10 mca 4: De 10 a 15 mca 5: De 15 a 20 mca 6: Más de 20	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de la información en papel del mapa de presiones brindada por Aguas Santafesinas S.A. registrado al 18 de Enero de 2011 con 30° de temperatura entre las 12:00 y las 15:00hs.	shp

PROYECTO: 'Estratificación de riesgo de Dengue a escala Urbana (ERDU)'

		mca		
MCA_DICOT	Presión de agua medida en metros columna de agua (mca) en el radio censal (dicotómica).	1: Presión baja (menos de 7 mca) 0: Presión normal (7 mca o más)	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de la información en papel del mapa de presiones brindada por Aguas Santafesinas S.A. registrado al 18 de Enero de 2011 con 30° de temperatura entre las 12:00 y las 15:00hs.	shp
hacinam	Hacinamiento por radio censal.	De 0 a 22,93	Base cartográfica generada a partir del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, Año 2001. INDEC.	shp
basura	Cantidad de basurales crónicos y por áreas en el radio censal.	De 0 a 6.	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica provista por el equipo de mejora continua de la Secretaría General de la Municipalidad de Rosario.	shp
puerto	El radio censal se encuentra dentro de un área de influencia del puerto de 200 metros.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
terminal	El radio censal se encuentra dentro de un área de influencia de la terminal de ómnibus de 200 metros.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
hipódromo	El radio censal se encuentra dentro de un área de influencia del hipódromo de 200 metros.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
ffcc	El radio censal se encuentra dentro de un área de influencia de las líneas de ferrocarriles de 200 metros.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible	shp

PROYECTO: 'Estratificación de riesgo de Dengue a escala Urbana (ERDU)'

			en IDE Rosario.	
Cementer	El radio censal se encuentra dentro de un área de influencia de los cementerios de 200 metros.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
J_contened	Presencia de contenedores por radio censal.	0: No 1: Si	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información brindada por la Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de Rosario.	shp
CANT_EV	Cantidad total de espacios verdes en el radio censal (parques, paseos, plazas y plazoletas)	De 0 a 22.	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica disponible en IDE Rosario.	shp
disposicion_residuos	Presencia de basurales crónicos y/o contenedores por radio censal.	0: Sólo contenedor 1: Contenedor y basural 2: Sólo basural 3: Ni contenedor, ni basural	Base cartográfica desarrollada por el SiME a partir de información cartográfica provista por el equipo de mejora continua de la Secretaría General de la Municipalidad de Rosario.	shp
prop_rec_pos	Proporción de recipientes con presencia de larvas de aedes en el radio censal encontrados en los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012.	De 0 a 1.	Base de datos generada a partir de los 7 muestreos larvarios realizados entre Diciembre de 2009 y Noviembre de 2012 por el Sistema Municipal de Epidemiología.	xls

Nota: de las variables anteriormente enunciadas no se tuvieron en cuenta en la incorporación del modelo las provenientes del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (año 2001, INDEC) debido a la falta de actualización con respecto al territorio en análisis.

Para la obtención del modelo predictor se utilizó el método de análisis estadístico llamado "Regresión logística" el cual es una forma de análisis de regresión que tiene como objetivo predecir la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado, como función de otros factores o variables. En este estudio, el evento particular es el de enfermarse de dengue en la ciudad de Rosario. Los factores utilizados fueron tenidos en cuenta en una primera instancia de forma individual, planteando un modelo univariado y a partir de los resultados obtenidos se consideraron en forma conjunta, con el fin de encontrar el mejor modelo predictor que fuera función de las variables y/o factores que más influyen en la probabilidad de enfermarse de dengue en la ciudad de Rosario, o bien, los que mejor la explican.

Los ajustes de los diferentes modelos, tanto univariados como el modelo final resultante, se trabajaron con el programa estadístico PASW Statistics 18. Se utilizó el método de regresión logística binaria con selección de modelo condicional hacia adelante (forward conditional). También se realizaron pruebas con el método de regresión logística binaria con selección de modelo condicional hacia atrás (backward conditional) encontrándose los mismos resultados que con el método de selección antes mencionado. Para ambos métodos de selección se trabajó con un nivel de significación del 10% tanto para la incorporación como la eliminación de variables al modelo.

Mediante el programa gvSIG versión 1.10 se incorporaron las probabilidades de riesgo de enfermarse de dengue a escala urbana (radio y fracción censal) en la ciudad de Rosario. Estas probabilidades de riesgo se trabajaron con la opción de intervalos naturales disponible en el software de georreferencia (se especifica el número de intervalos y se divide la muestra en este número de intervalos según el método de Jenks¹ de optimización de la localización natural de los intervalos). Se probaron en primera instancia 15 y 10 categorías que luego se simplificaron en 4 categorías de riesgo finales. Estas categorías se reflejan en un mapa de coropletas² creado a partir de los intervalos naturales definidos en la instancia anterior.

¹ Método de Jenks o de análisis de la varianza: este método propone, sobre base de un análisis de la varianza, minimizar la varianza dentro de cada clase, y maximizar la varianza entre las clases.

Ventajas: es el mejor desde el punto de vista estadística porque constituye grupos con máxima homogeneidad y busca una máxima heterogeneidad entre los grupos. Desventaja: cada configuración da clases muy diferentes.

² Los mapas de coropletas son una forma de cartografiado cuantitativo utilizada para la representación de fenómenos discretos asociados a unidades de enumeración (países, provincias, municipios, radios, fracciones censales, etc.) a las que se aplican símbolos superficiales de acuerdo a su valor. Se asume que el valor dentro de cada unidad de enumeración se mantiene constante y que sólo varía entre unidades.

Resultados.

Se ajustaron de regresiones logísticas univariadas con cada una de las variables y factores que podrían influir o predecir la probabilidad en análisis. Luego se incorporaron todas las variables significativas en forma univariada para construir un modelo multivariado que permita predecir la probabilidad de enfermarse de dengue en la ciudad de Rosario, bajo el método y nivel de significación utilizados se obtuvo finalmente el modelo predictor presentado a continuación.

Siendo π_i la probabilidad de enfermarse de dengue en la ciudad de Rosario, dentro del radio censal i ; dicha probabilidad estimada viene dada por:

$$\hat{\pi}_i = \frac{\exp(\widehat{\beta x}_i)}{1 + \exp(\widehat{\beta x}_i)}$$

Donde

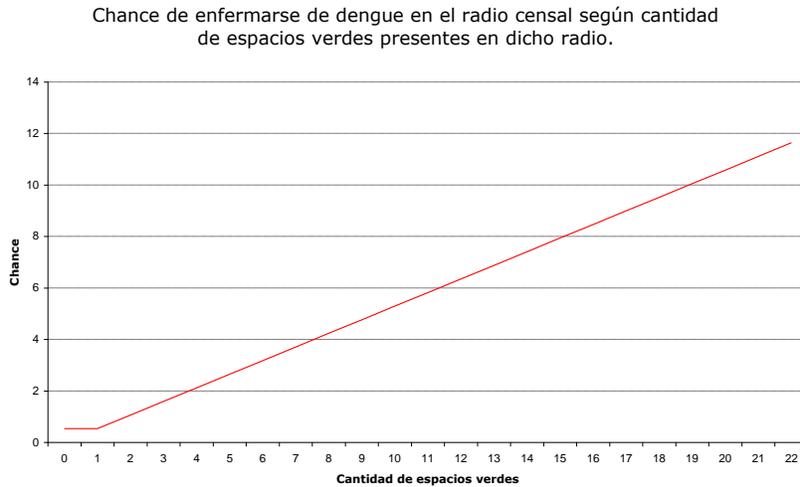
$$\widehat{\beta x}_i = -2.209 * \text{disposicion_residuos1}_i - 1.026 * \text{disposicion_residuos2}_i - 2.222 * \text{disposicion_residuos3}_i - 1.337 * \text{mca_dicot}_i - 0.636 * \text{cant_ev}_i$$

En base al resultado anterior se deduce que la probabilidad en estudio se ve influenciada por la "disposición de residuos" que resume la presencia o ausencia de basurales y contenedores en el radio censal. Dicha probabilidad también varía según la presión de agua (baja o normal) y según la cantidad de espacios verdes en el radio censal lo cual tiene en cuenta plazas, parques y plazoletas dentro del radio.

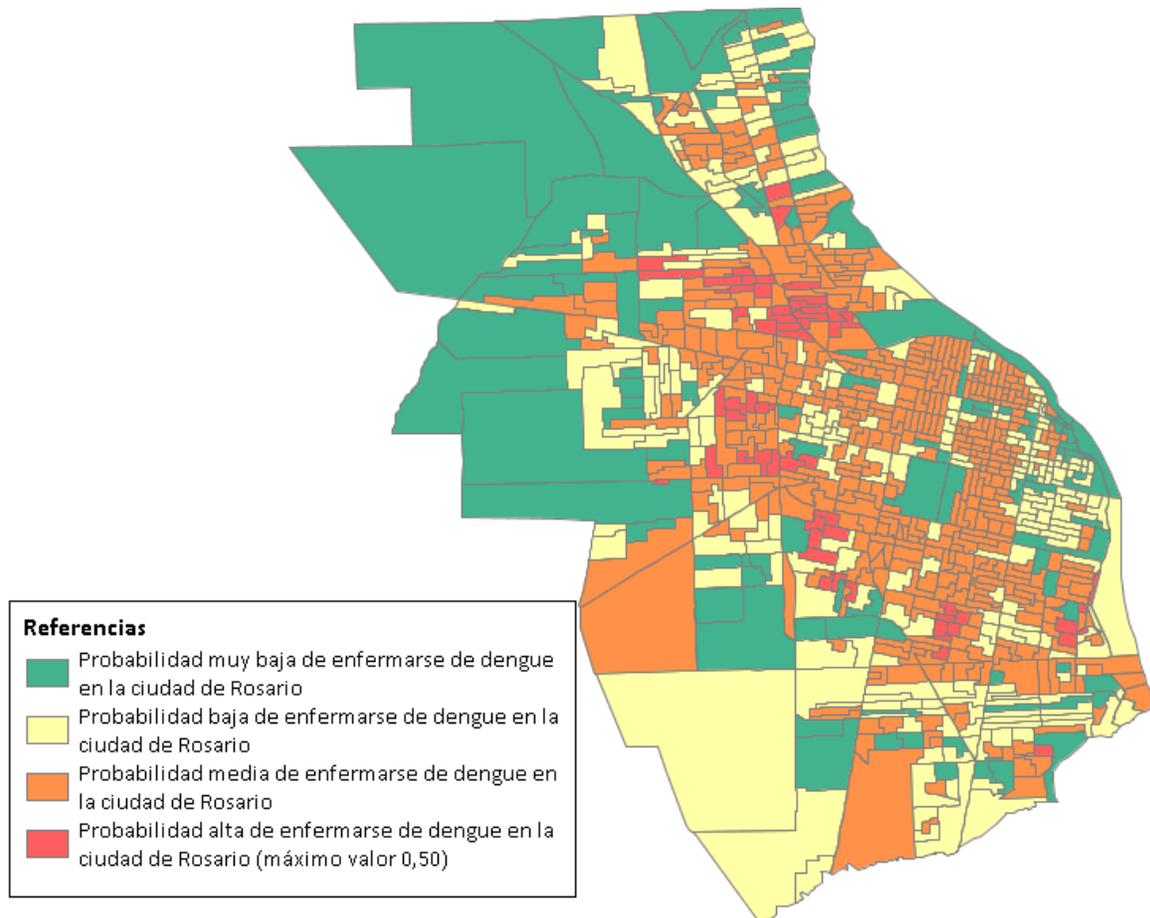
La probabilidad de enfermarse de dengue en la ciudad de Rosario en los radios censales que tienen presión de suministro de agua "baja" es un 26% mayor que en aquellos en que la presión de suministro de agua es "normal".

En cuanto a la disposición de residuos se observa que la probabilidad de enfermarse en los radios censales de la ciudad de Rosario que tienen sólo contenedores, es un 11% mayor que dicha probabilidad en aquellos radios censales que no tienen ni contenedores ni basurales. Si el radio censal tiene basurales y contenedores, la probabilidad de enfermarse de dengue en dicho radio es un 35% mayor que en los radios censales que no tienen ni contenedores ni basurales. Por último, la probabilidad en estudio es un 10% mayor en radios censales que sólo tienen basurales en comparación a la probabilidad para aquellos radios que no tienen ni contenedores ni basurales.

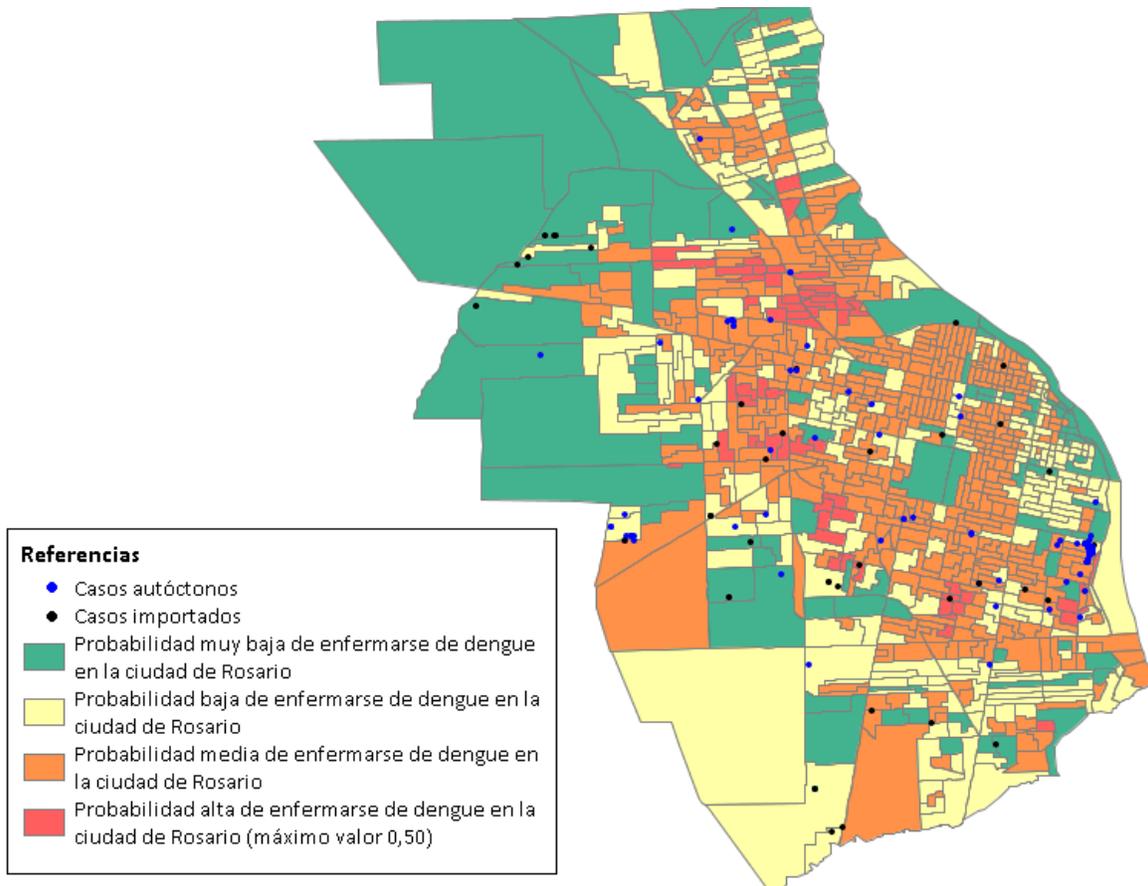
Teniendo en cuenta la cantidad de espacios verdes, la probabilidad de enfermarse en la ciudad de Rosario en cada radio censal, se incrementa según el gráfico que se presenta a continuación.



Mapa 1: Mapa de riesgo de dengue a escala urbana, ciudad de Rosario.



Mapa 2: Mapa de riesgo de dengue a escala urbana, ciudad de Rosario, con casos confirmados importados y autóctonos detectados entre los años 2009 y 2013 (hasta 30 de abril).



Consideraciones finales.

La construcción de este mapa de riesgo a escala urbana permitió el análisis de la información disponible en el municipio de Rosario y en otras instituciones externas a la Municipalidad. A partir de esto se pudo discriminar entre información actualizada y no actualizada, de diferentes calidades y de mayor utilidad para este trabajo.

El ajuste del modelo refleja que el valor máximo de probabilidad de contraer la enfermedad en la ciudad de Rosario es del 50% dadas las condiciones evaluadas. Es importante resaltar que las tres variables que intervienen en el modelo se relacionan con el estilo de vida de las personas, la forma en que disponen de la basura, la forma en que se abastecen de agua y la cercanía a los espacios verdes de la ciudad.

En una próxima instancia de revisión del modelo se debería tener en cuenta información de migración de la población e información de imágenes satelitales que permitan evaluar la temperatura de superficie (LST), porcentaje de agua o humedad

(NDWI y Tasseled cap), índices de vegetación (NDVI, LAI y Verdor) e índice de suelo (NDSI).