

SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO FORDECYT-2018-10

ANÁLISIS Y MONITOREO DEL CRECIMIENTO DEL MEDIO URBANO Y DEL COMPORTAMIENTO DE CUERPOS DE AGUA DESDE UN ENFOQUE DE SUSTENTABILIDAD; CASOS DE ESTUDIO: CORREDOR METROPOLITANO CENTRO PAÍS Y CUENCA DEL GRIJALVA.

Desarrollo tecnológico de la plataforma de Analítica Geovisual para el crecimiento urbano al interior del Corredor Metropolitano Centro País.

Marzo 25 2021

Introducción

El presente documento técnico describe los objetivos, el plan e implementación de una plataforma de analítica geovisual en el contexto de la segunda etapa del proyecto FORDECYT-2018-10, en relación al caso de estudio del Corredor Metropolitano Centro País y de acuerdo con el objetivo general en referencia a la transferencia de resultados del proyecto: “desarrollar en código abierto e implementar dos plataformas de información geoespacial para cada proceso territorial en las regiones de estudio”.

Para exponer detalladamente las funcionalidades de la plataforma, este informe está dividido en tres partes. Primero se expone la conectividad entre las ciudades del interior del Corredor Metropolitano Centro País. La segunda parte, muestra la expansión urbana de la región. Como complemento a la primera etapa del proyecto, se incluye un módulo para visualizar y analizar la evolución mensual de los cuerpos de agua en la cuenca del Grijalva con respecto a la capa base.

Esta segunda etapa del proyecto contribuye también a los objetivos particulares del proyecto:

- Contar con “plataformas interactivas de geovisualización y analítica, a fin de difundir y propiciar el uso de la información derivada del proyecto en otras investigaciones, diseño de política y planeación espacial”
- “Transferir conocimiento a los usuarios del proyecto, para su uso en funciones de diseño de política y planeación territorial sustentable”.

Desarrollo tecnológico de la plataforma de Analítica Geovisual

La plataforma de analítica visual para esta segunda etapa hereda del desarrollo llevado a cabo para la primera: uso de *software* libre y el análisis de la componente espacio-temporal en donde sea posible. En cuanto a los componentes utilizados para desarrollar esta etapa se cuentan: NodeJS, HTML y JavaScript (con la inclusión de las librerías Bootstrap, jQuery, Leaflet, Mapbox-GL, Leaflet-Mapbox-GL, jszip, D3 y amcharts, así como los complementos

de Leaflet: BeautifyIcon, VisualClick, Mapbox Omnivore, TimeDimension, Sync y CanvasFlowmapLayer).

La mayoría de los datos utilizados en esta segunda etapa de la plataforma se hospedan en un servidor de base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS para el manejo de datos espaciales. No obstante, hay algunos que, por practicidad, se guardan en formato *geojson* o *topojson* comprimidos como un archivo *zip* y son leídos y descomprimidos en el cliente cuando es necesario. La plataforma está disponible en http://rtm.centrogeo.org.mx/fordecyt_2019.

Corredor Metropolitano Centro País

Tiene el propósito de mostrar los datos obtenidos a partir del análisis de imágenes ópticas de Landsat 8 para exponer el crecimiento de los aglomerados urbanos del Corredor Metropolitano Centro País (CMCP) y los indicadores que caracterizan su evolución económica en las últimas décadas.

En la página principal están desplegadas las ventanas para cada caso de estudio. La ventana centrada en la parte inferior es la que corresponde al CMCP (ver Figura 1).



Figura 1. Pantalla de inicio y de la plataforma

Al seleccionar esta opción, la plataforma entra a un apartado con dos botones: Flujos y Urbanización. Cada botón conduce a una vertiente específica de análisis y resultados, de acuerdo a los temas delimitados en el estudio de caso del corredor metropolitano (ver Figura 2). A continuación, se describen minuciosamente los aspectos técnicos de cada sección.

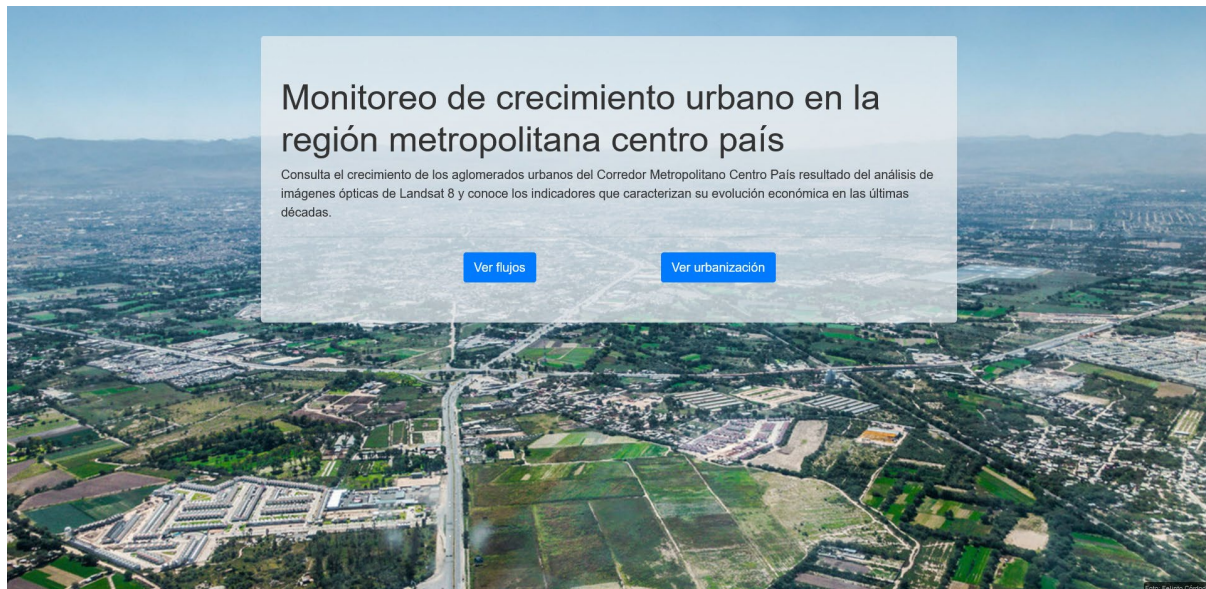


Figura 2. Pantalla de selección para la región metropolitana centro país

Módulo de flujos de personal ocupado

Es de interés analizar la distribución del personal ocupado en la región de estudio. Para este fin, se prepararon matrices de origen-destino de datos de viajes de trabajo entre distintas zonas metropolitanas y en este apartado se presentan los resultados de diversas maneras para mostrar la dinámica de flujos al interior de las ciudades que pertenecen a la región delimitada como Corredor Metropolitano Centro País.

Al hacer clic en el botón de “Ver flujos” (ver Figura 2) se muestran dos aspectos relevantes de la dinámica: la conectividad y la intensidad del flujo. La conectividad se expone como las conexiones existentes entre las ciudades/estados de la región, mostrando además la relación origen-destino de las conexiones. Por otra parte, la intensidad del flujo se muestra como la frecuencia de uso de la conexión. Por ejemplo, para el caso de viajes de ocupados desde centros de mercado, se encuentra que de Celaya a Salamanca hay 623 viajes mientras que de Irapuato a Silao son 7,164. Por lo tanto, el flujo de Irapuato a Silao es más intenso que el de Celaya a Salamanca. Estas relaciones de conectividad e intensidad de los flujos se muestran en distintas gráficas y mapas de la visualización

Esta visualización está dividida en dos secciones principales. Del lado izquierdo se encuentra el mapa que da el contexto geográfico de la región y de los flujos. Del lado

derecho se muestran gráficas y datos tabulares que sirven para explorar más a fondo las relaciones entre las zonas metropolitanas (ver Figura 3).

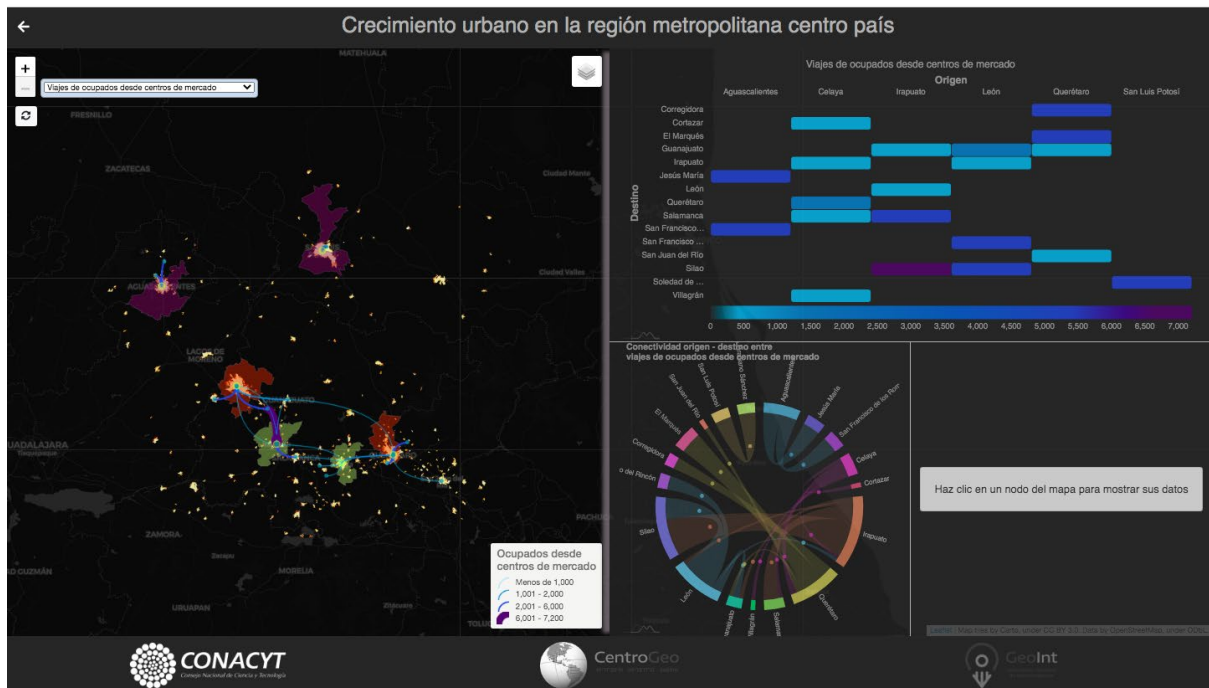


Figura 3. Ejemplo de visualización de datos de flujos de personal ocupado desde centros de mercado

El mapa incluye los controles estándar para cualquier mapa interactivo en línea, como acercarse o alejarse y seleccionar capas. Estos se encuentran en la parte superior izquierda y derecha, respectivamente. Para el mapa base se tienen disponibles capas propias y otras extraídas de servicios web de INEGI. La Tabla 1 lista capas disponibles para agregar al mapa base.

Capas propias

Mapa base de referencia: OpenStreetMap (3 modalidades de visualización)

Municipios para dar contexto a la región

Municipios que albergan las conurbaciones de la región

Crecimiento urbano 2005-2015

Unidades económicas de la industria automotriz 2010

Unidades económicas de la industria automotriz 2014

Unidades económicas de la industria automotriz 2018

Unidades económicas en las industria de tecnología media-alta 2010

Unidades económicas en las industria de tecnología media-alta 2014

Unidades económicas en las industria de tecnología media-alta 2018

Centros de mercado

Número de ocupados

Centros de mercado POIC (Personas en ocupaciones intensivas en conocimiento)

Número de viajes

Capas de servicios WMS de INEGI

Red nacional de caminos

Límite de zonas metropolitanas

Zonas metropolitanas

Localidad urbana

Límite municipal

Límite estatal

Tabla 1. Capas de información geográfica utilizadas para construir el mapa base

En la parte superior izquierda del mapa de flujos hay una caja de selección que permite cambiar los flujos origen-destino por tipo de viaje (ver Figura 4). El usuario puede escoger entre las siguientes modalidades:

Viajes de ocupados desde centros de mercado

Viajes de ocupados hacia centros de mercado

Viajes de ocupados entre zonas

Viajes de personas en OIC desde centros de mercado

Viajes de personas en OIC hacia centros de mercado

Viajes de personas en OIC entre zonas



Figura 4. Caja de selección de flujos

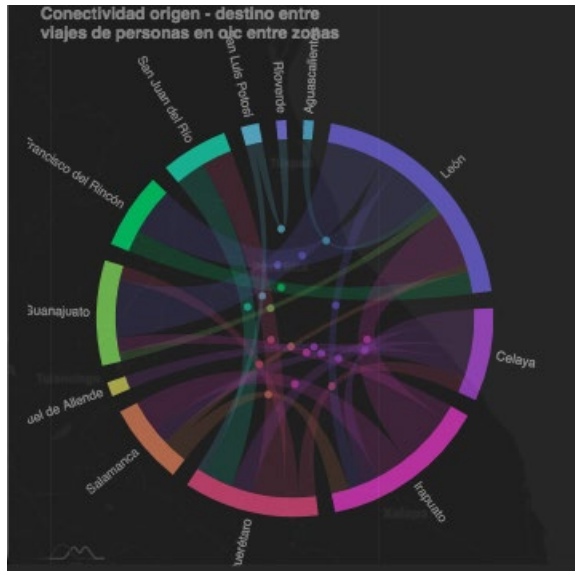
Al seleccionar una opción del menú, el mapa se actualiza para mostrar los flujos de la opción elegida. Asimismo, cambia la leyenda de acuerdo al contexto del que se trate. En el mapa, los puntos de origen o destino tienen uno de dos símbolos, dependiendo de su naturaleza. Los que solo son destinos se representan con un punto azul, los que solo son orígenes se representan con un punto amarillo con transparencia y aquellos que son tanto orígenes como destinos, se representan con el punto azul rodeado del amarillo transparente.

En el panel derecho de la plataforma se visualiza la matriz origen – destino para el tipo de flujo seleccionado en el mapa. En esta visualización se muestra la frecuencia de los viajes realizados, utilizando la variación de color para enfatizar la intensidad de los flujos. El usuario puede pasar el cursor encima de cada celda para desplegar el detalle del origen y el destino, así como el número de viajes realizados (ver Figura 5). Los colores de los arcos que se usan para representar los flujos en el mapa son consistentes con los que se usan en esta visualización.

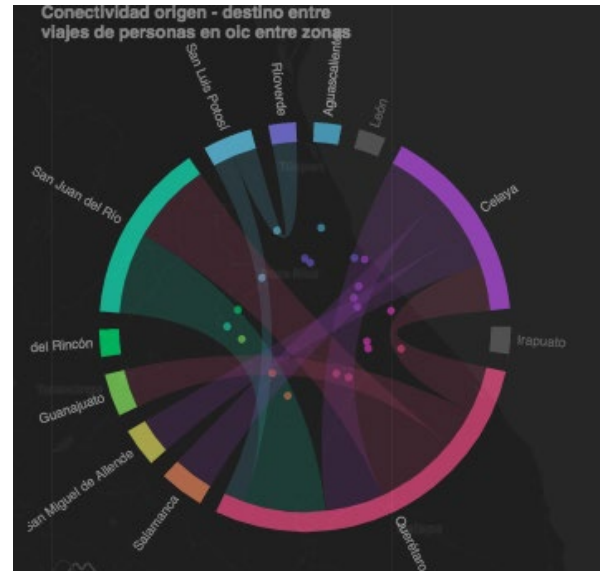


Figura 5. Visualización de la matriz origen-destino de flujos

En la esquina inferior izquierda de este panel derecho se muestra un diagrama de cuerdas que representa la conectividad entre las distintas ciudades, así como la dirección del flujo, es decir, el origen y el destino. En este diagrama se pueden activar o desactivar los nodos para modificar la vista de la gráfica. En la Figura 6 se muestra un ejemplo en el que se desactivan los flujos de la ciudad de León e Irapuato.



a)



b)

Figura 6. Diagrama de cuerdas para mostrar los flujos. **a)** El flujo para León está activado. **b)** El flujo para León e Irapuato están desactivados.

La esquina inferior izquierda del panel derecho muestra la leyenda “Haz clic en un nodo del mapa para mostrar sus datos” y cuando el usuario hace clic en algún nodo en el mapa, este espacio se actualiza para mostrar la tabla con los datos para este con flujos entrantes y salientes (ver Figura 7).

Origen	Destino	Viajes
León	Silao	4,180
León	San Francisco del Rincón	2,635
León	Guanajuato	1,286
León	Irapuato	643
Irapuato	León	729

Figura 7. Datos de flujos para un nodo seleccionado en el mapa

El mapa se actualiza y solo muestra los arcos correspondientes al nodo seleccionado. El usuario puede volver a ver todos los flujos al hacer clic en el botón de “Reiniciar flujos” que se encuentra debajo del control de zoom en el mapa (↺).

Módulo de urbanización

En este apartado, se exhibe de manera puntual la expansión de la mancha urbana al interior del Corredor Metropolitano Centro País, desde el segundo trimestre de 2014 hasta el último trimestre de 2019.

Igual que el módulo anterior, la visualización se presenta en dos paneles principales. Del lado izquierdo se muestra el mapa con la distribución espacio-temporal de la urbanización. Además de controles de zoom y para gestionar las capas adicionales, el mapa tiene una barra de reproducción en la parte inferior izquierda que permite cambiar el trimestre que se está desplegando. Tiene la modalidad de correr el tiempo hacia adelante o hacia atrás un cuadro a la vez, o de reproducirlo de manera continua. También tiene la opción de hacer que la reproducción continua se repita o no. Adicionalmente, el usuario puede hacer que la reproducción sea más rápida o más lenta al cambiar los cuadros por segundo en el extremo derecho de la barra de reproducción. En el panel derecho hay tres gráficas: un diagrama de Pareto, una gráfica de anillo y una gráfica radial (ver Figura 8).

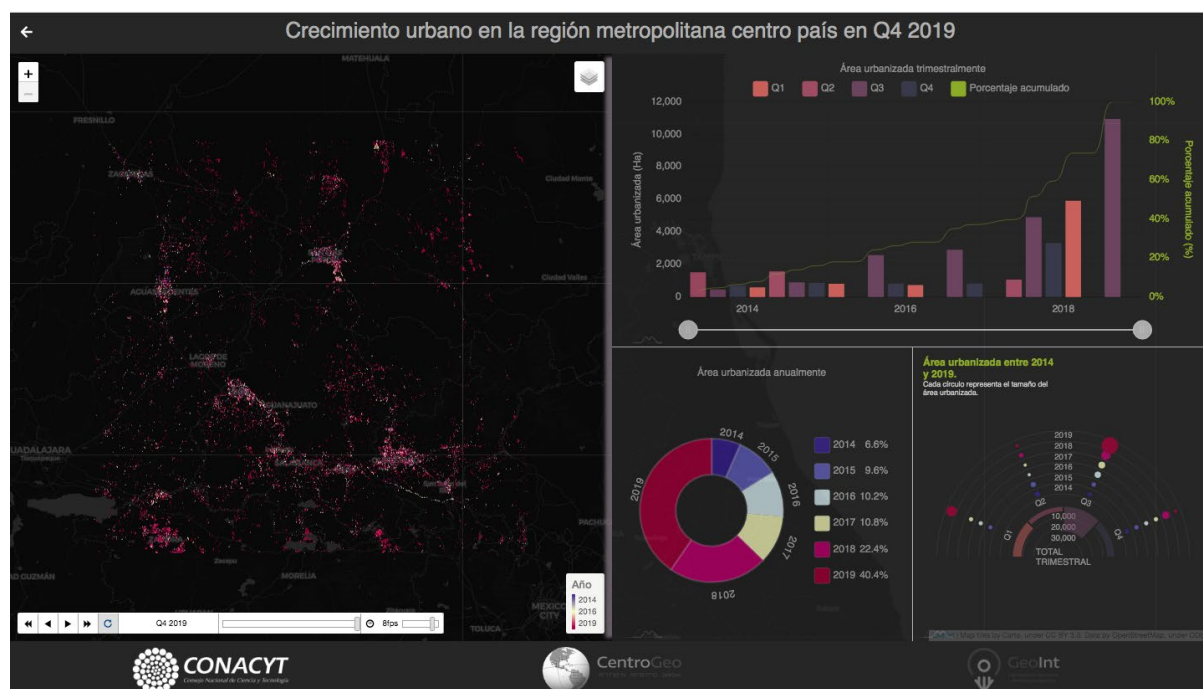
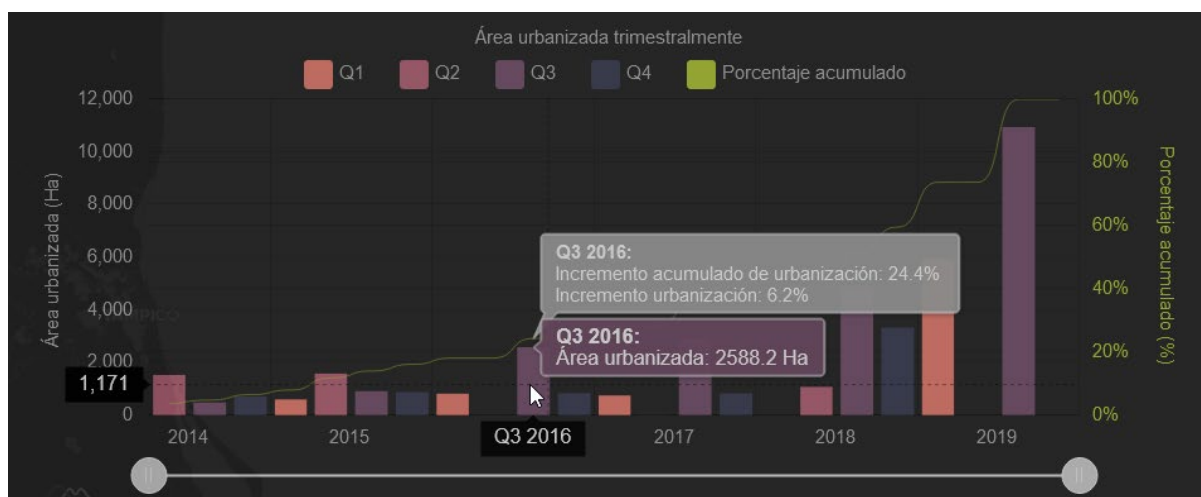


Figura 8. Mapa y panel de gráficas para el módulo de urbanización

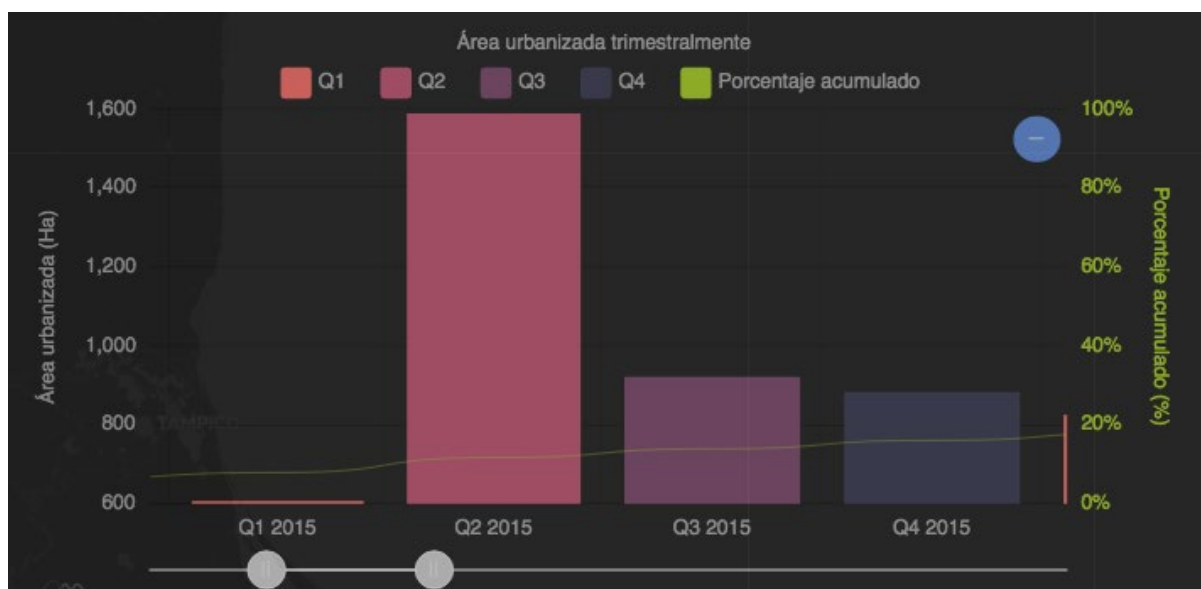
En el diagrama de Pareto, cada barra indica la superficie urbanizada en el trimestre correspondiente, mientras la línea representa la aportación porcentual de ese trimestre con respecto al total de la superficie. De este modo, la superficie acumulada representa el

100%. Para colorear las barras, se usa una rampa secuencial de colores que muestra el ciclo de los trimestres. Al pasar el ratón por la gráfica se muestran los valores de las observaciones para los periodos correspondientes.

El eje x de la gráfica tiene círculos que se pueden arrastrar para modificar la escala temporal que se presenta en la vista. Adicionalmente, una vez seleccionado un periodo de tiempo a desplegar, se puede arrastrar esa ventana de tiempo a lo largo de todo el eje x (ver Figura 9).



a)



b)

Figura 9. Gráfica de Pareto. **a)** Se muestra la gráfica para todo el tiempo de estudio. **b)** Se muestra la gráfica con una reducción temporal para ver los trimestres de 2015.

La gráfica de anillo muestra la superficie urbanizada por año. Es posible ver que 2019 es el año más fructífero en cuanto a crecimiento urbano de la región se refiere, lo cual concuerda con lo que se puede observar en la gráfica de Pareto. Al pasar el cursor sobre los segmentos del anillo, se muestran los datos de cada segmento (ver Figura 10). El usuario también puede hacer clic en alguna sección del anillo para resaltar esa sección y hacer clic en la leyenda para activar o desactivar su rebanada correspondiente en la gráfica.

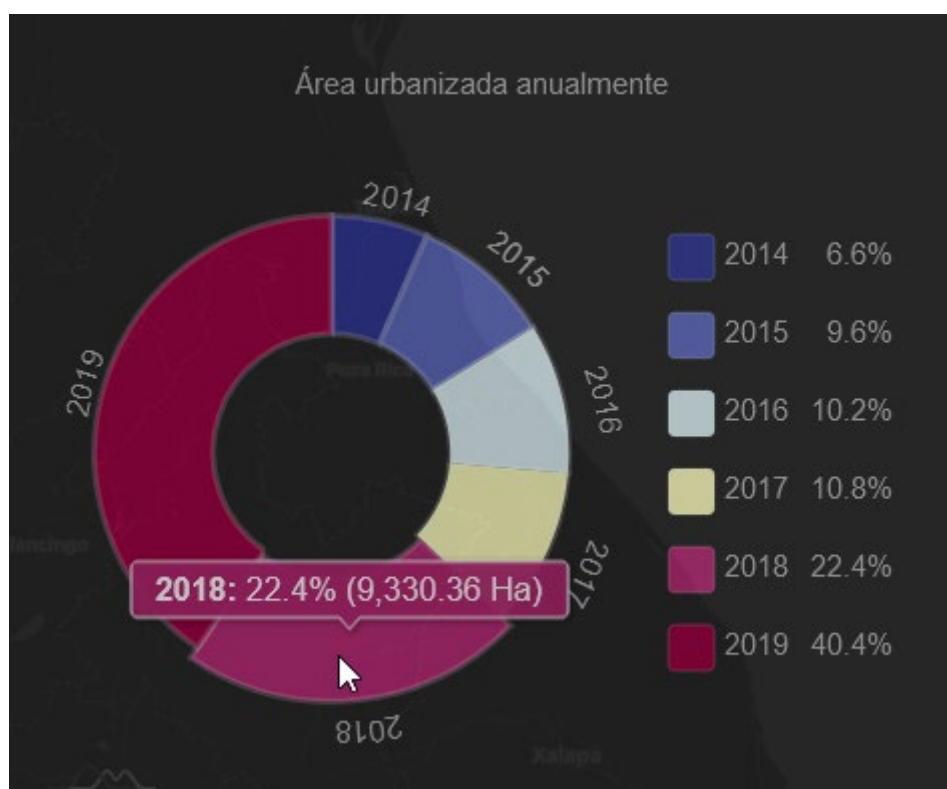


Figura 10. Gráfica de anillo que muestra la superficie urbanizada por año

Por último, la gráfica radial presenta el patrón cíclico de urbanización para cada trimestre del periodo, de 2014 a 2019. Se refuerza la idea transmitida en el diagrama de Pareto de que el tercer trimestre es el periodo de mayor observación de superficie urbana durante el periodo de estudio. Al pasar el ratón encima de alguna de las burbujas, se despliegan los datos correspondientes. Esta visualización permite mostrar de manera concisa toda la dinámica de la evolución urbana a través de los diferentes periodos estudiados (ver Figura 11).

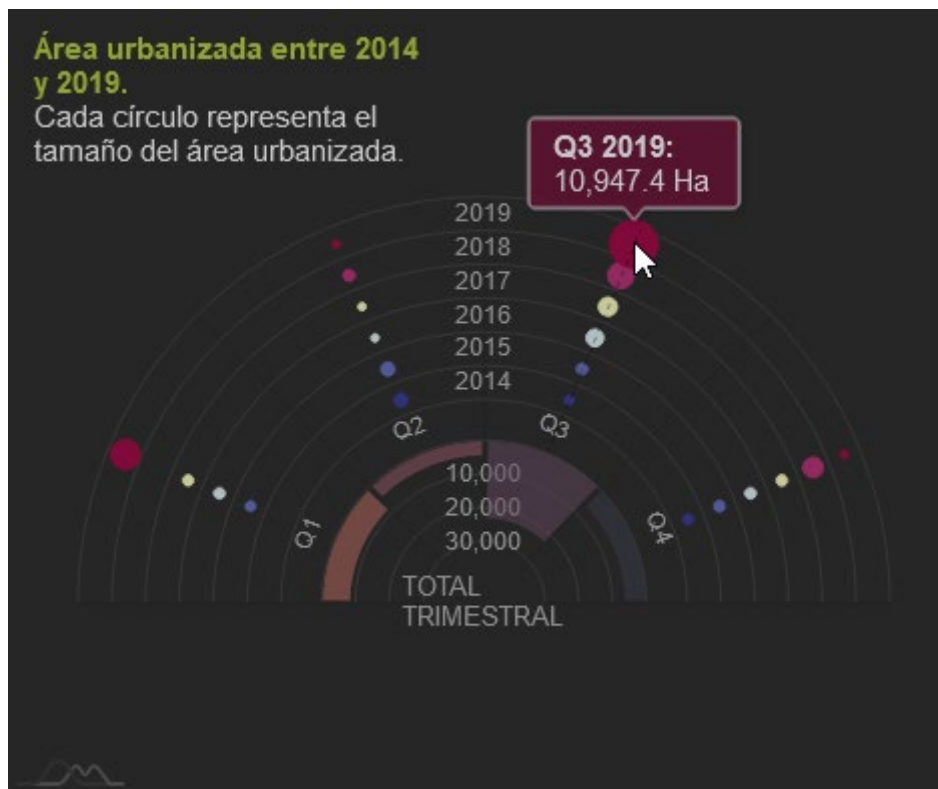


Figura 11. Gráfica radial que muestra la evolución urbana por trimestres

Módulo de evolución mensual de cuerpos de agua en la cuenca del Grijalva con respecto a la capa base

En este apartado, se complementa el estudio llevado a cabo durante la primera etapa del proyecto de la evolución de los cuerpos de agua en la cuenca del Grijalva. En la primera etapa, se estudió de la cobertura mensual de los cuerpos de agua detectados con imágenes de radar junto con algunos indicadores.

En esta segunda etapa, el estudio se complementa al presentar el cambio, mes a mes, de los cuerpos detectados con imágenes de radar respecto a una capa base de cuerpos de agua obtenida de imágenes multi-temporales Landsat que tiene una resolución espacial de 30 metros, aproximadamente 90 m.

En particular, esta capa base distingue entre cuerpos de agua permanentes, áreas temporalmente inundadas y suelos húmedos y vegetación acuática. De esta manera, es posible tener una idea de cómo va cambiando la extensión de estos distintos tipos de cobertura a lo largo de los meses.

Igual que en los módulos de urbanización, hay dos paneles principales. Del lado izquierdo se muestra el mapa con la distribución espacio-temporal de los cuerpos de agua detectados

y comparados con los de la capa base. Cuenta con los mismos controles de zoom y para gestionar las capas adicionales y la barra de reproducción en la parte inferior izquierda. En el panel derecho hay cuatro gráficas: una gráfica de radar que muestra la distribución mensual de la superficie total de cuerpos de agua por mes, una gráfica que muestra la superficie por tipo de cuerpo, la superficie acumulada y el conteo por tipo de cuerpo de agua para un mes en específico. La Figura 12 muestra la vista inicial de este módulo.

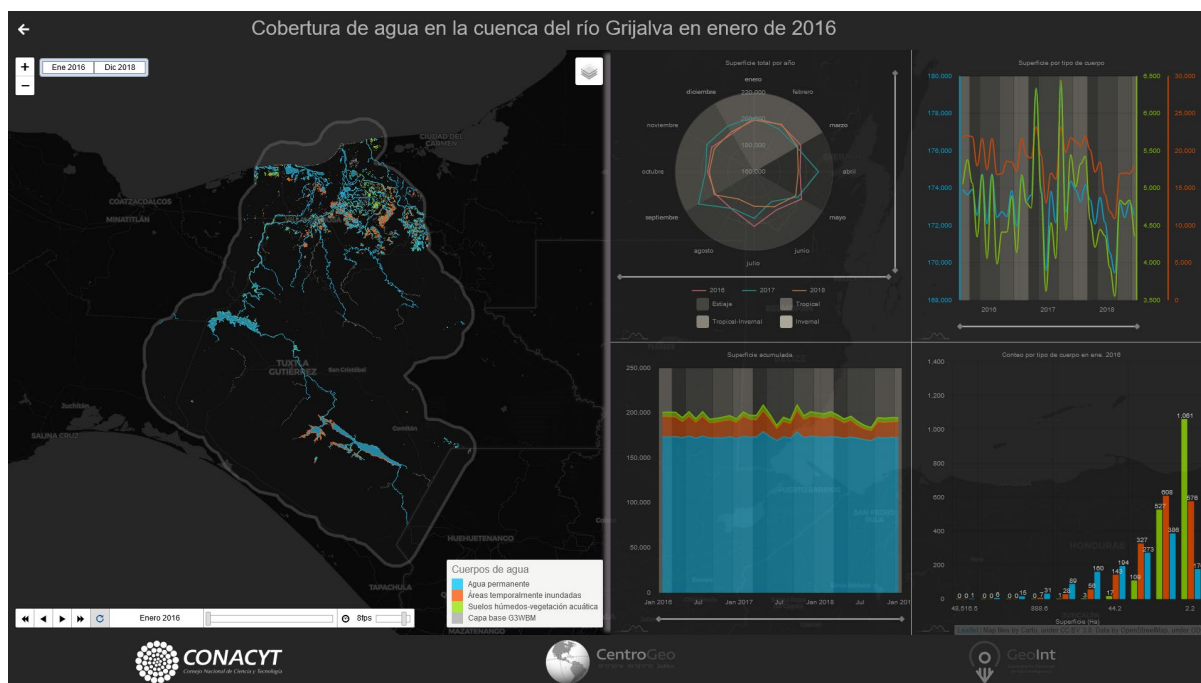


Figura 12. Mapa y panel de gráficas para el módulo de comparación de cuerpos de agua con el mapa base.

Para diferenciar las capas de aquellas mostradas en la primera etapa, en este caso están coloreadas con tonos divergentes que permitan su fácil identificación. Los cuerpos de agua permanentes se muestran en azul, las áreas temporalmente inundadas, en anaranjado, y los suelos húmedos y vegetación acuática, en verde. La capa base de cuerpos de agua se muestra en un tono gris con los bordes punteados y del mismo color de las capas anteriores. Esto tiene como propósito permitir al usuario identificar inmediatamente el tipo del cuerpo de agua observado y si en un mes en particular fue detectado o no por el algoritmo que procesa las imágenes de radar. La Figura 13 muestra un acercamiento a una zona en donde hay varios cuerpos que están en la capa base pero no en la del mes que se despliega.

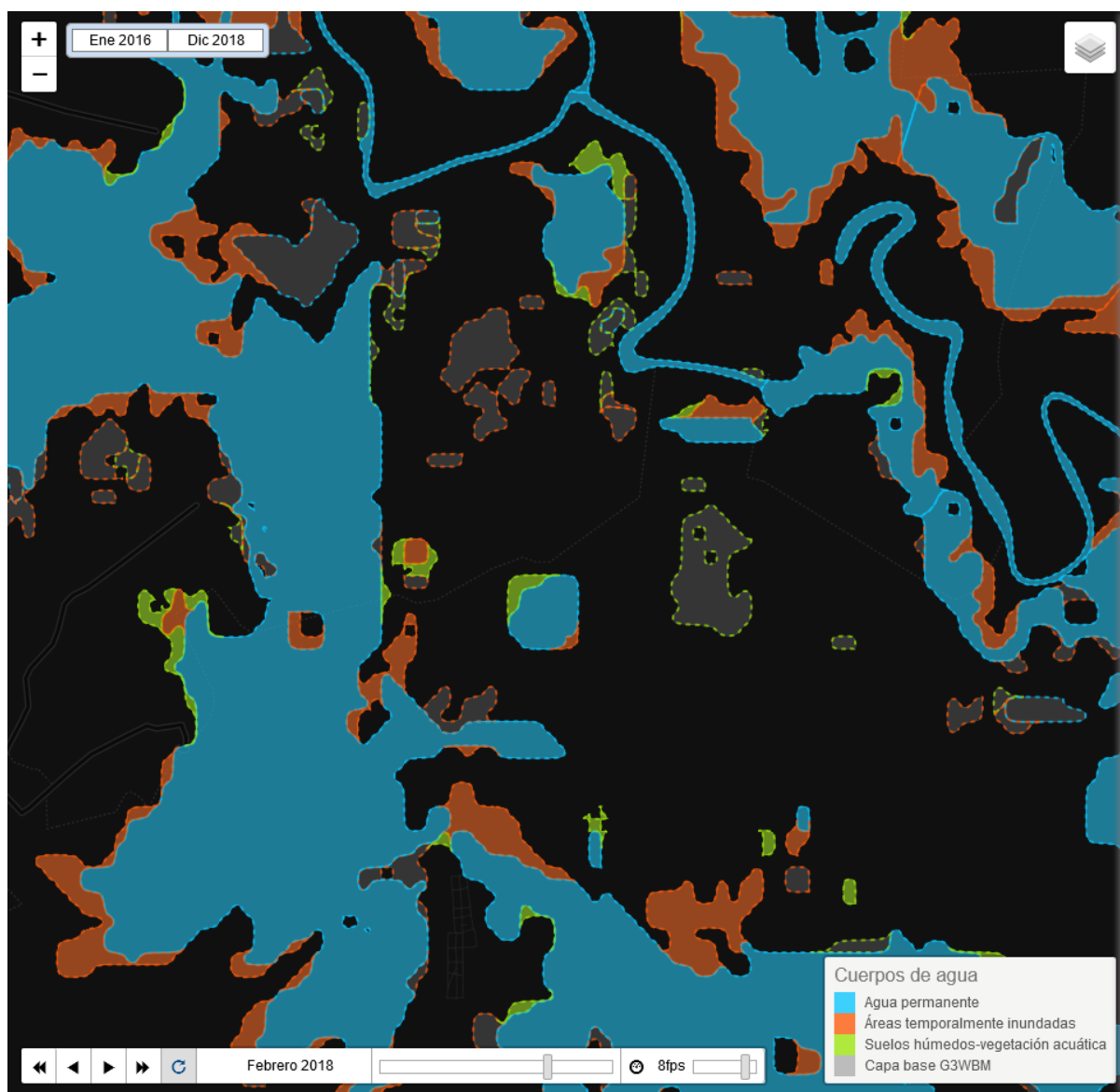


Figura 12. Mapa de cuerpos de agua detectados y la capa base

La gráfica de radar que muestra la distribución mensual de la superficie total de cuerpos de agua por mes tiene tres series de valores, una por cada año. Estas series en gráfica se ajustan en caso de que el usuario seleccione un rango de fechas diferentes. El eje radial es el valor de la superficie total por año, mientras que el eje angular es el mes del año. La gráfica indica regiones ligeramente sombreadas que se identifican como distintas épocas de lluvias del año. Cuando el usuario pasa el puntero encima de la gráfica, se indican los valores para ese mes y se resalta el periodo al que corresponde. La gráfica tiene un par de controles, en la parte inferior y a la izquierda, que permiten ajustar los ejes para mostrar más o menos meses en el caso angular y un mayor o menor valor en el caso del eje radial (ver Figura 13).

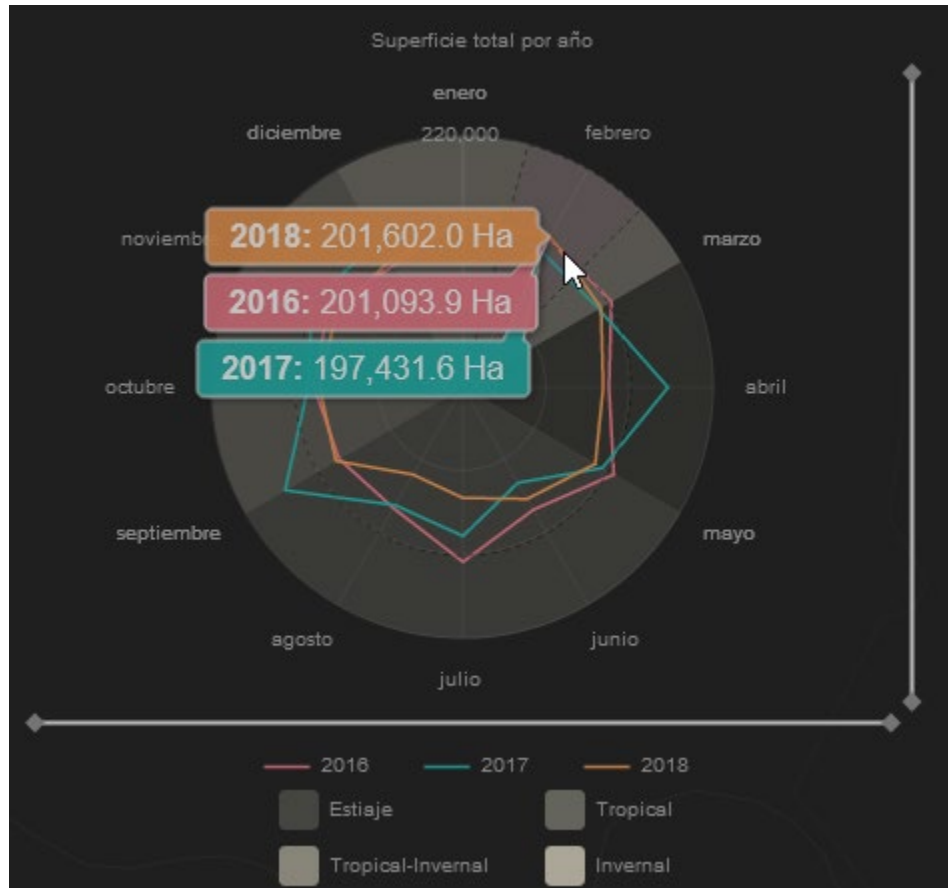


Figura 13. Gráfica radial para la superficie total por año de los cuerpos de agua

La siguiente gráfica es la de superficie por tipo de cuerpo que muestra la cantidad de superficie de agua a través del tiempo para cada tipo. Es una gráfica con tres ejes verticales, de modo que el usuario debe tener precaución al leer esta gráfica, pues no porque se vea que las líneas se cruzan, significa que los valores observados sean los mismos. Es importante prestar atención a la escala correspondiente. Cuando el usuario pasa el puntero encima de la gráfica, se indican los valores para ese mes y se resalta el periodo al que corresponde. También tiene las regiones ligeramente sombreadas como en el caso de la gráfica radial para indicar temporadas del año y un control inferior para modificar la extensión del eje temporal (ver Figura 14).

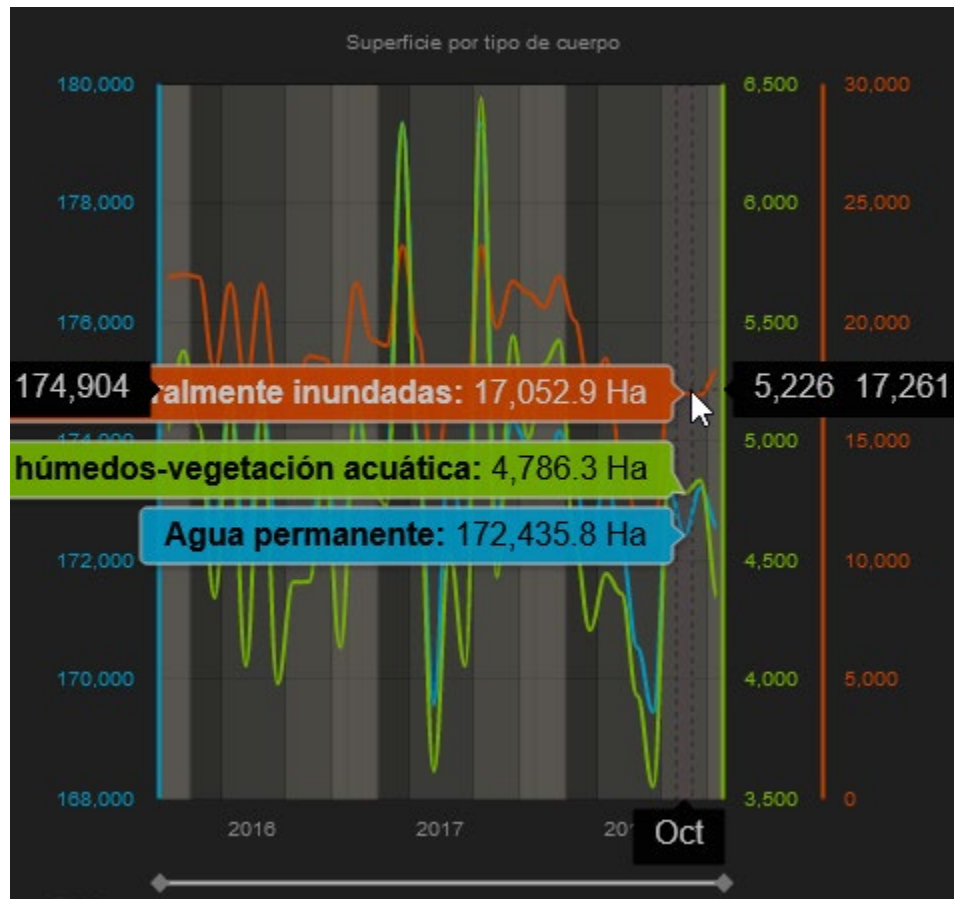


Figura 14. Gráfica de superficie por tipo de cuerpo de agua

La gráfica de superficie acumulada muestra las variaciones de acumulación por tipo de cuerpo a lo largo del tiempo. Como es de esperarse, el agua permanente domina la acumulación. Cuando el usuario pasa el puntero encima de la gráfica, se indican los valores para ese mes y se resalta el periodo al que corresponde. También tiene las regiones ligeramente sombreadas como en el caso de la gráfica radial para indicar temporadas del año y un control inferior para modificar la extensión del eje temporal (ver Figura 15).

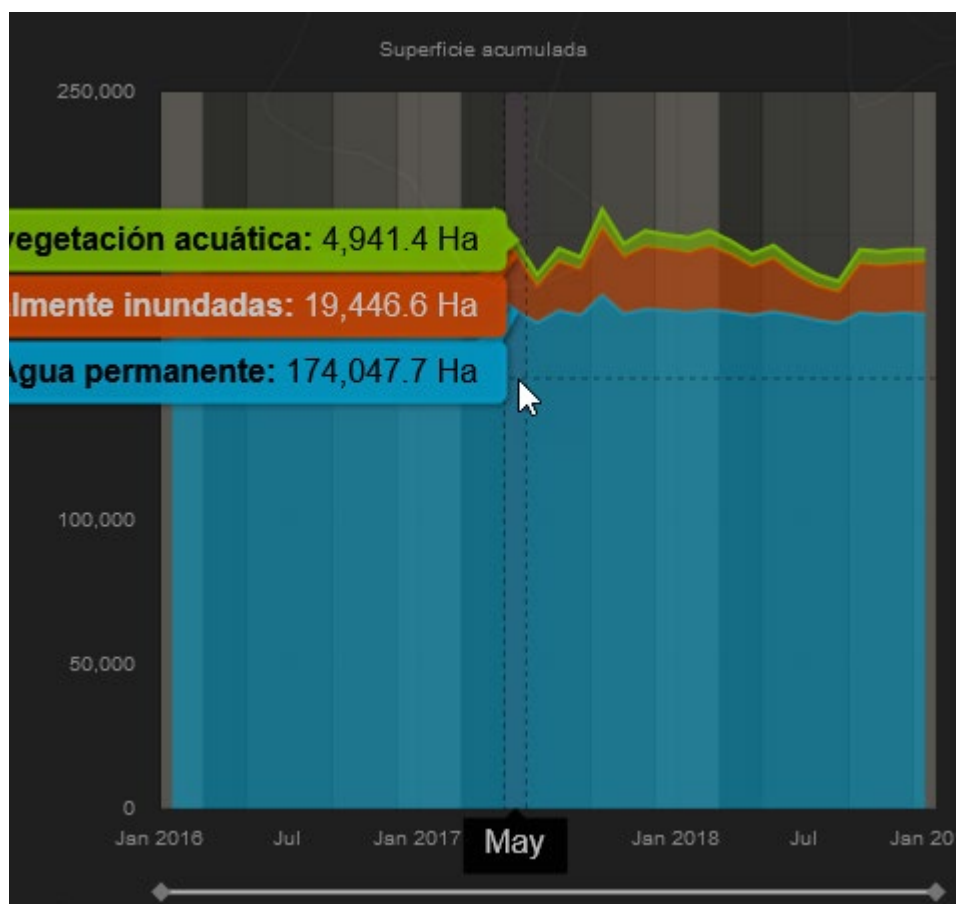


Figura 15. Gráfica de superficie acumulada por tipo de cuerpo de agua

Por último, cuando el usuario pasa el puntero encima de la gráfica de superficie acumulada, se actualiza la gráfica que muestra el conteo por tipo de cuerpo de agua para mostrar los valores para ese mes en específico. Esta es una gráfica que muestra la distribución de los tamaños de los distintos tipos de cuerpos de agua con grupos de barras. Inmediatamente sirve para tener una idea de si hay cuerpos chicos, medianos o grandes y cuántos de cada uno. Cuando el usuario pasa el puntero encima de una barra, se muestra la cuenta del número de cuerpos que son de ese tamaño o menores (ver Figura 16).

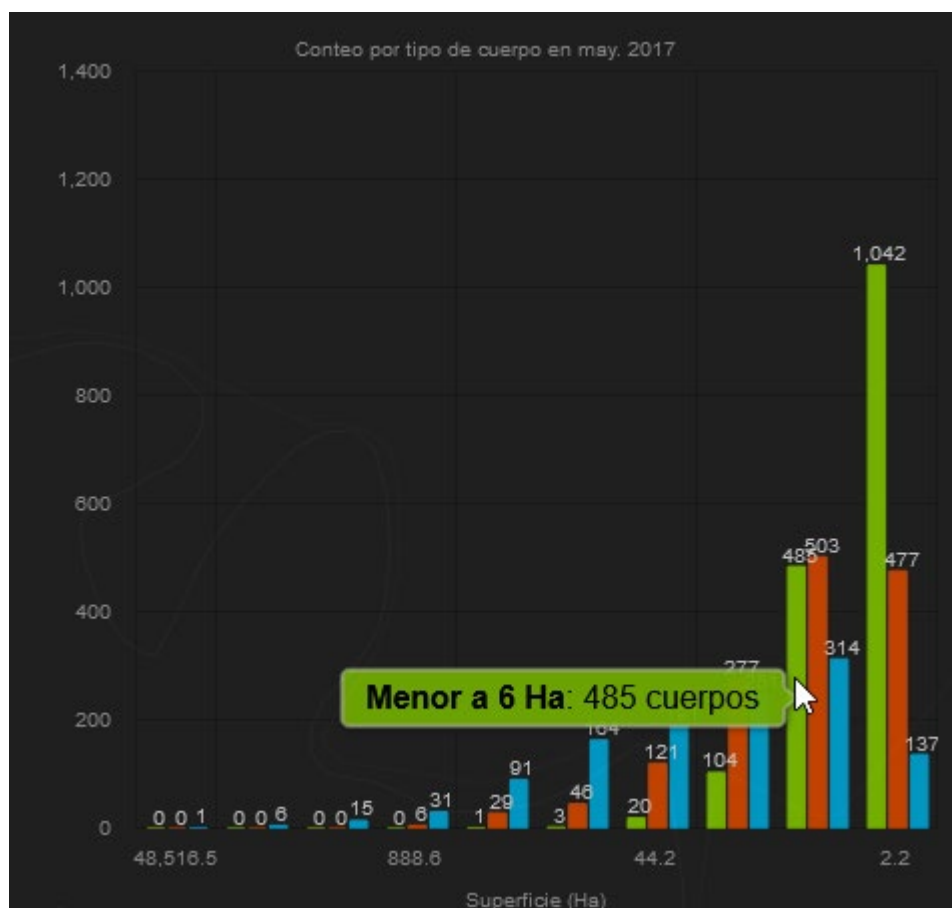


Figura 16. Gráfica de conteo del número de cuerpos de agua por tipo para el mes seleccionado en la gráfica de la Figura 15.