



VISUALIZADOR RÁPIDO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA (VIRIC)

Ignacio Sánchez Cohen¹; Sergio Iván Jiménez Jiménez^{2*}; Ricardo Trejo Calzada³; Aurelio Pedroza Sandoval⁴; Mariana de Jesús Marcial Pablo⁵; Marco A. Inzunza Ibarra⁶; Julián Cerano Paredes⁷

^{1,2,5,6,7} Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. Km 6.5 Canal Sacramento, Gómez Palacio Durango, México. C.P. 35140

^{3,4} Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carretera. Gómez Palacio Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230

serchjimenez.1990@gmail.com – 8711499336 (*Autor de correspondencia)

Resumen

La información hidro-climática espacialmente distribuida es útil para la adecuada toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Comúnmente, su disponibilidad es incierta o discontinua lo que dificulta su pleno uso. Sin embargo, existen diferentes plataformas de dominio público de donde se puede obtener información preprocesada o asimilada útil para el diseño de estrategias de prevención o mitigación de impacto. En el presente trabajo se presenta una aplicación computacional, desarrollada en plataforma Python, para consulta, análisis y despliegue de información climática de diversas plataformas. Se señalan procedimientos para acceder a las consultas y se presenta la información en gráficas para mayor comprensión de la variabilidad temporal de las variables consultadas. Estas gráficas pueden ser editadas y almacenadas para su uso en otras aplicaciones. Algunas interfaces incluidas en la aplicación solicitan al usuario introducir la ubicación y la variable deseada para presentar la información específica del lugar de interés. Se incluye también el impacto de la variabilidad de la precipitación en los embalses (ejemplo D.R 017). Se considera que la aplicación es útil para proyectar escenarios climáticos y conocer tendencias de calentamiento global en sitios de interés como apoyo a la toma de decisiones.

Palabras claves: consulta, NASA, bases de datos

Introducción

La necesidad de contar con bases de datos actualizados en diferentes formatos como soporte a la toma de decisiones en materia de los recursos naturales, es cada día más evidente. Esto es el fundamento de las decisiones orientadas a los datos (Decision Data – Driven), Divan (2017), Kowalski y Lasley (2009). Sin embargo, es necesario contar con una red de monitoreo suficiente para obtener información espacialmente distribuida. Plataformas como Google Earth Engine, (GEE), permiten acceder a información de diferente índole distribuida espacialmente, así como a scripts que sistematizan procesos de cálculo para diferentes índices relacionados con los recursos naturales (Jiménez, *et. al.* 2022, Pôças, *et. al.* 2015). El GEE permite ver datos rápidamente, ampliar o reducir imágenes y desplazarse por ellas, así como crear capas de datos para observar los cambios que se producen a lo largo del tiempo.

También es posible acceder a bases de datos de diferentes instituciones relacionadas al monitoreo de recursos naturales (NOAA, 2022, CNA, 2022, NASA, 2022).

El uso práctico de esta información puede ser a través de aplicaciones que invoquen su consulta y desplieguen la información con algún formato especificado. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar un programa computacional (VIRIC), con una plataforma amigable con el usuario para la consulta y despliegue de información climática teniendo como fuente de información diferentes agencias nacionales e internacionales.

Materiales y Métodos

El algoritmo se desarrolló en plataforma Python. Las variables de consulta son las que comúnmente se utilizan para tener una apreciación de las variaciones climáticas globales. La figura 1 señala la estructura básica de la aplicación indicando la plataforma de consulta en cada caso.



Figura 1. Estructura general de la aplicación. Los cuadros señalan los botones que despliega la interfaz principal de la aplicación, así como la plataforma de consulta.

Consulta de información en servidores

Las consultas a las plataformas se realizan de diferentes maneras: una es mediante llamadas a través de API's (Application Programming Interfaz). Las API's simplifican el desarrollo de software permitiendo a diferentes aplicaciones intercambiar datos y funcionalidades de manera fácil y segura. Normalmente los sitios que almacenan y comparten información cuentan con accesos vía API (IBM, 2022). Otra manera es a través de licencias de acceso (TOKEN), que el administrador de los servidores debe de proporcionar previa solicitud del interesado.

Para la presente aplicación, la llamada desde el código fuente en Python para acceso a series de tiempo de clima a los servidores de la NASA, se realiza de la siguiente manera:

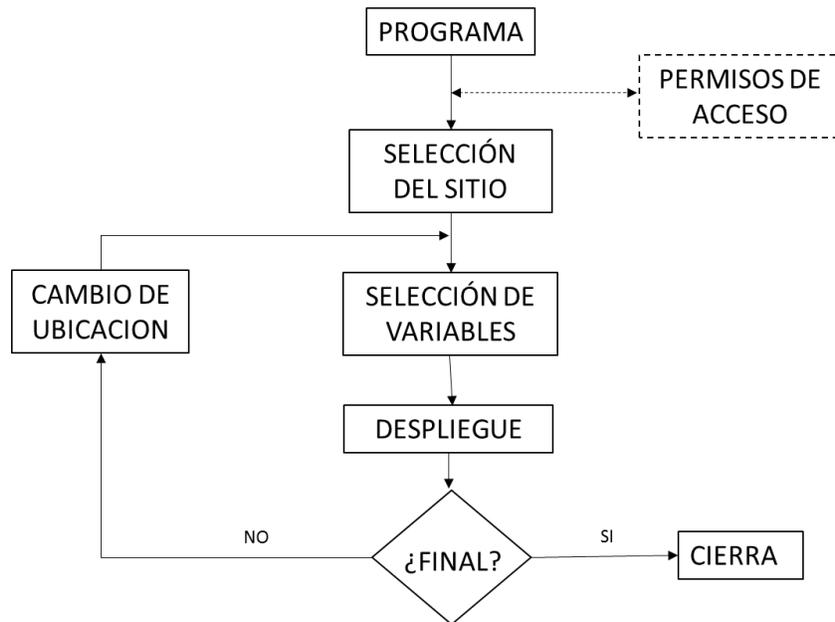


Figura 2. Seguimiento para el despliegue de información de series de tiempo

La llamada desde el código fuente en Python para las proyecciones climáticas, se realiza mediante API de la siguiente manera:

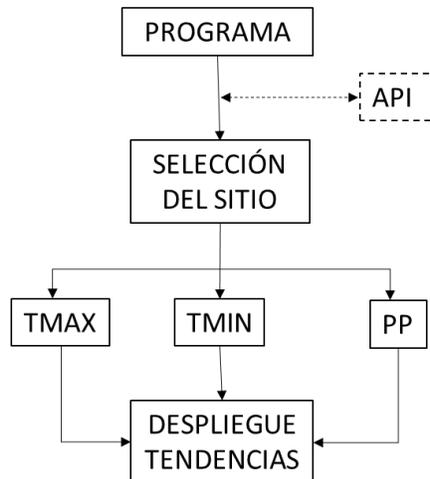


Figura 3. Seguimiento para el despliegue de información utilizando la API (Application Programming Interface)

La aplicación permite “bajar” los datos a cualquier dispositivo de almacenamiento. Cuando los datos han sido almacenados en la computadora, éstos son utilizados para los procesos de análisis y despliegue mediante interfaces que son convocadas por el usuario de la aplicación.

Consultas a Google Earth Engine (GEE)

Es necesario suscribirse a la plataforma GEE para su pleno uso. Sin embargo, se pueden realizar consultas sin la suscripción lo que limita algunas operaciones. La consulta de bases de datos a través de GEE requiere de ingresar a esa plataforma (<https://earthengine.google.com/>) y pulsar “Datasets”. A partir de este paso, existen diferentes opciones: buscar por tópico a través de la opción “Search”, buscar por satélite, o ver todos los “Datasets”. Cada opción guía paso a paso al usuario y en todo momento existen ayudas. Toda vez que se encuentra la base de datos buscada habrá que abrirla y el “script” se desplegará en la plataforma GEE. Este “script” puede ser modificado (el código está escrito en lenguaje JAVA). Posteriormente hay que “correr” el “script” y visualizar los datos mismos que pueden ser descargados en diferentes formatos. Para el presente caso, el Índice Estandarizado de Precipitación (SPP por sus siglas en ingles), así como las temperaturas, fueron descargados en formato Excel y guardados en una carpeta donde se encuentra el programa ejecutable. De ahí, los datos son invocados mediante líneas de código como se ha explicado anteriormente. Como se asentó, para el acceso sin restricciones en la plataforma GEE, se recomienda registrarse e ingresar con las respectivas credenciales.

Resultados y Discusión

La figura 4 muestra la interfaz general de la aplicación donde aparecen los botones para las diferentes opciones de despliegue de información. Es muy importante que el usuario consulte el botón “LEEME” ya que contiene una guía rápida de uso de la aplicación, así como los procesos fundamentales para entender la lógica del programa. Algunos botones están deshabilitados. Es común que, dependiendo de la base de datos a consultar, el despliegue se tarde algún tiempo debido a que las consultas se hacen a los servidores del NOAA y la NASA y depende del tráfico de datos y la magnitud de la base de datos invocada. También, es posible que el programa ejecutable le notifique que alguna base de datos ha sido consultada varias veces; esto sucede por seguridad en el acceso a los servidores de esas agencias.

El ejecutable considera datos de almacenamiento de una presa en particular (Lázaro Cárdenas en el estado de Durango), esto es debido a que el software es producto de un proyecto que considera la variabilidad en las disponibilidades de agua como función de patrones de circulación general para la región hidrológica 36, cuencas centrales del norte. Sin embargo, la base de datos se puede modificar para ingresar los datos de almacenamiento de cualquier presa. El archivo Excel se llama “VOL_PRESA” y tiene solo dos columnas. Este archivo se encuentra en el directorio donde reside el programa ejecutable, figura 5. Al modificarlo, se tiene que guardar con el mismo nombre y extensión (*.xls)

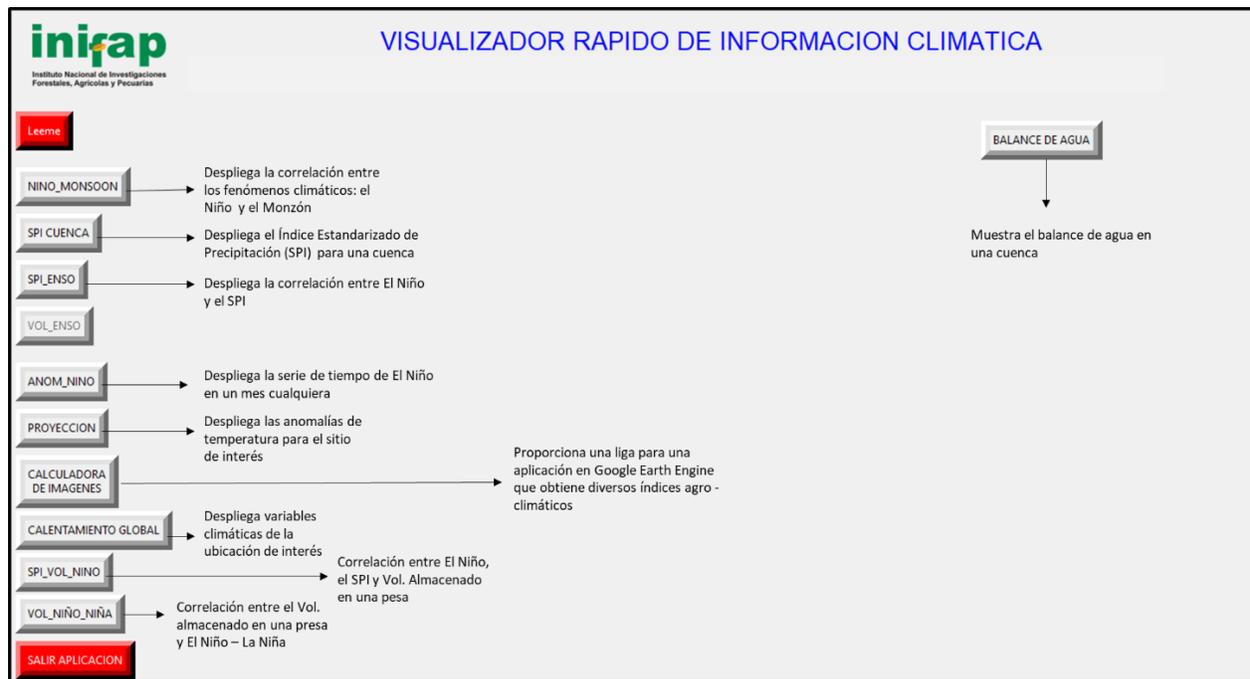


Figura 4. Interfaz principal de la aplicación VIRIC y descripción general de las acciones de cada botón.

AÑO	VOL
1990	3165
1991	3329
1992	3324
1993	2591
1994	1363
1995	693
1996	1776
1997	1152
1998	59

Figura 5. Fragmento del formato de la base de datos de almacenamiento en las presas.

La figura 6 muestra las salidas de consulta de las bases de datos del Monzón, El Niño y el Índice estandarizado de precipitación para el sitio de interés. Se puede notar que

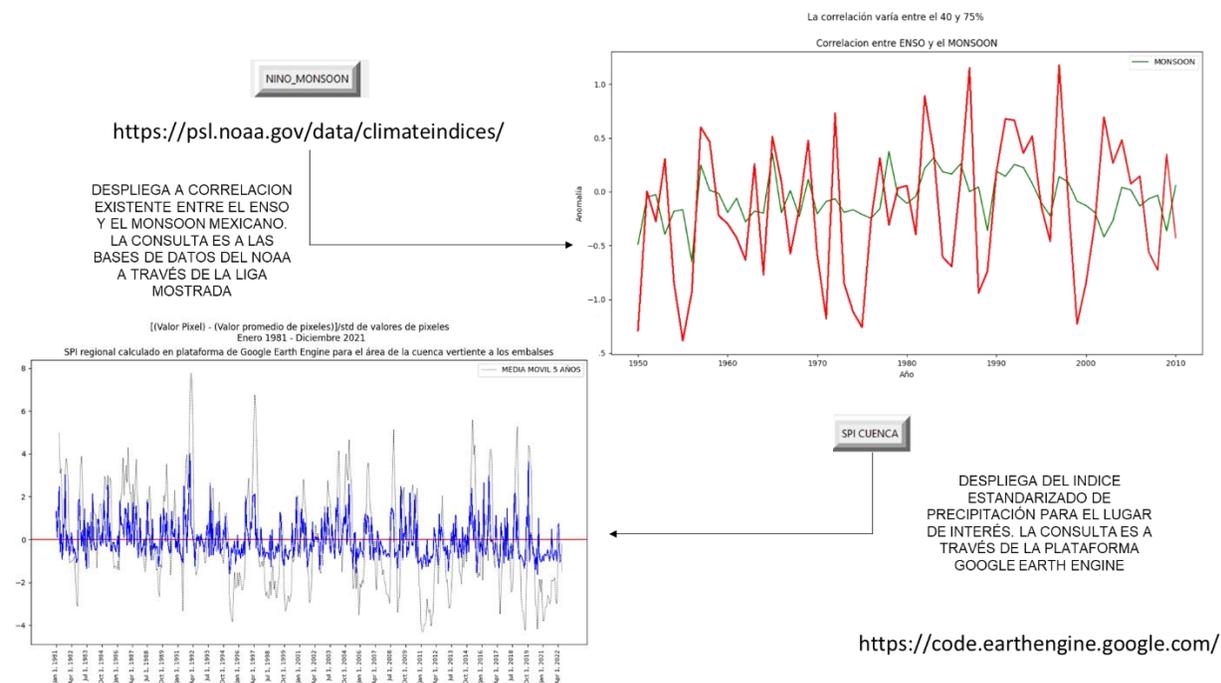


Figura 6. Información desplegada al presionar los botones: NINO_MONSOON y SPI_CUENCA, en la interfaz principal de la aplicación.

ambos fenómenos siguen los mismos impulsos indicando que la presencia de uno (EL NIÑO), modula la magnitud del otro (El Monzón). La figura 7 muestra el despliegue al utilizar los botones SPI_ENSO y ANOM_NINO. Para el primero, existe una clara correlación entre los fenómenos del El Niño y el SPI. Esto es de importancia ya que el SPI es un parámetro que cuantifica las anomalías de la precipitación en el tiempo y puede ser utilizado para verificar la vulnerabilidad de los ecosistemas productivos. El segundo,

indica el comportamiento del fenómeno del niño a escala mensual y su relación con el valor anual de esta variable. Las correlaciones mencionadas han sido documentadas previamente por Sánchez *et. al.* 2020 y Sánchez *et. al.* 2018.

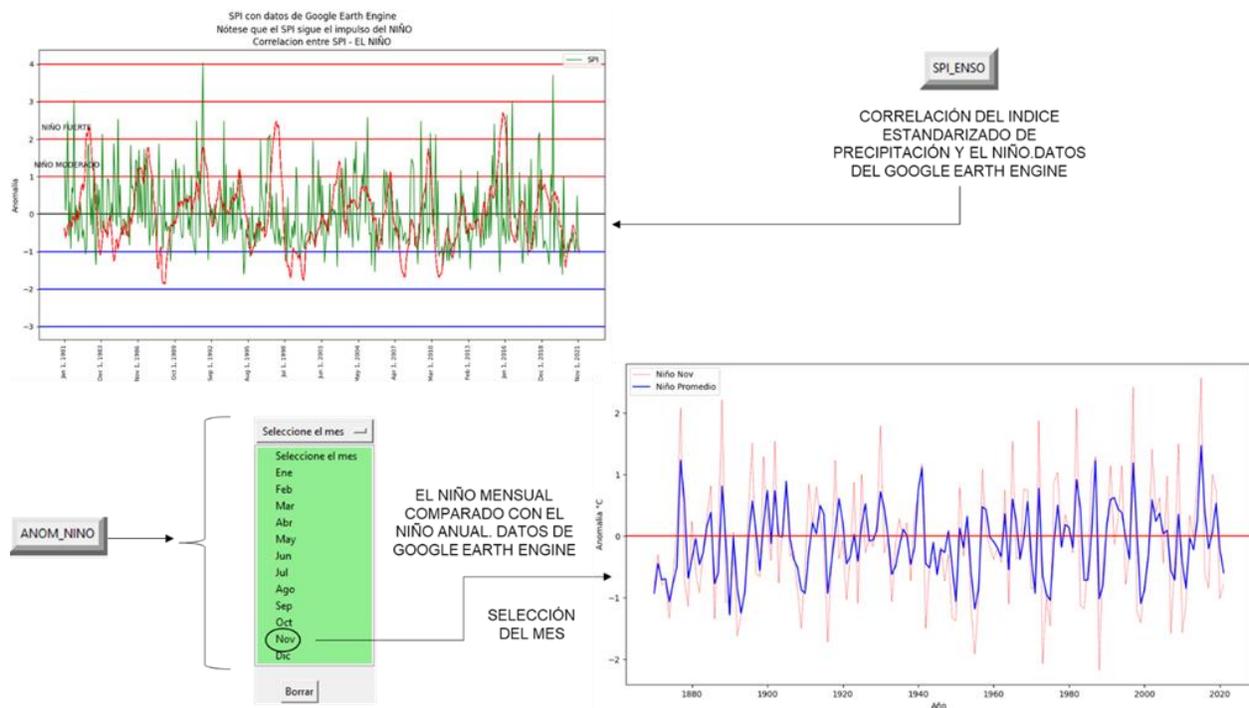


Figura 7. Información concerniente a la correlación entre el Niño y el índice estandarizado de precipitación para el sitio de interés (parte superior) y la comparación del Niño anual con El Niño mensual (noviembre para el ejemplo mostrado)

La figura 8 (A), despliega la interfaz para obtener la tendencia de la temperatura en el tiempo, en términos de sus anomalías con respecto a la media histórica, para el sitio de interés.

El usuario debe introducir las coordenadas del lugar y se puede auxiliar del mapa mostrado en la pantalla. Los resultados (B, C, D), muestran la pendiente de la recta que define la tasa del calentamiento del sitio de interés, lo que indica los grados centígrados de calentamiento por década. Este es un valor crítico para definir si el sitio se está enfriando o calentando y a que tasa lo hace; con este valor, se puede hacer proyecciones futuras.

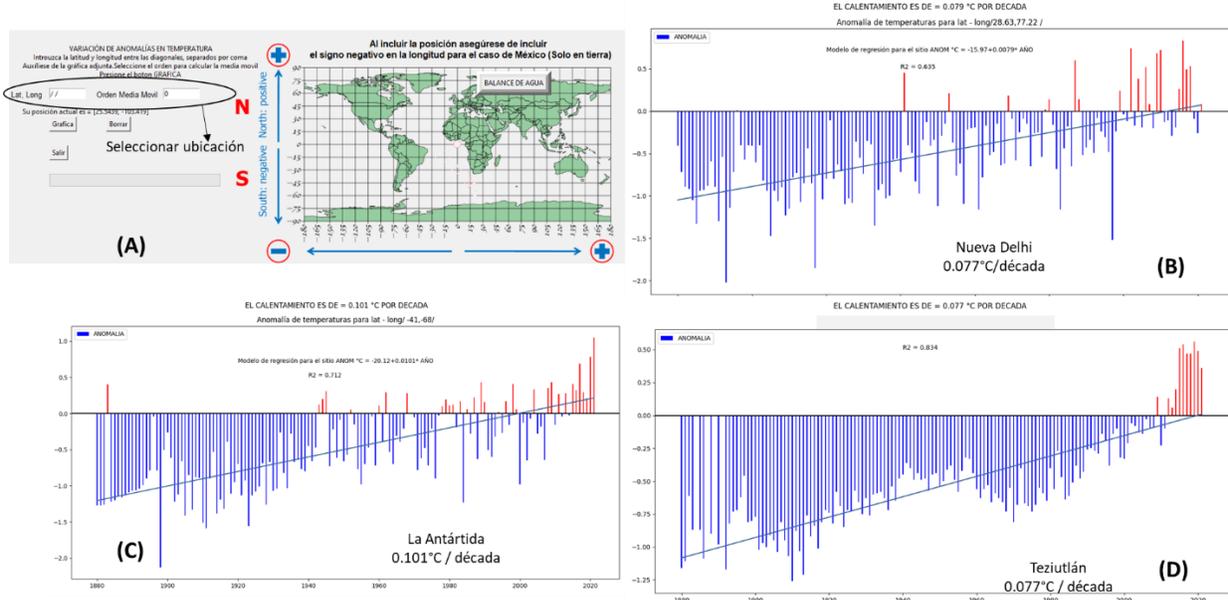


Figura 8. Tendencia de las anomalías de temperatura para diferentes localidades. La tendencia hacia el calentamiento se marca con rojo. Nótese la pendiente de la tendencia para La Antártida más pronunciada.

Se puede observar en la gráfica que el calentamiento “notable”, inicia en la década de los 90, con intervalos hacia el enfriamiento; sin embargo, sin pérdida de generalidad, consultando la base de datos para diferentes localidades, se observa que la tendencia ha sido hacia el calentamiento.

El impacto más severo se ha cuantificado en los polos lo que ha ocasionado un permanente deshielo y pérdida de cubierta de “permafrost” (NASA, 2022). La gráfica (C), muestra como la temperatura en la Antártida se ha incrementado 0.10°C por década; a esta tasa de calentamiento, el límite impuesto de temperatura por el panel intergubernamental de cambio climático, de 1.5°C en los próximos 30 años, se habrá alcanzado. Estabilizar la temperatura en ese valor, significa lograr cero emisiones netas de dióxido de carbono a nivel mundial a principios de la década de 2050. (IPCC, 2022). La base de datos de la NASA comprende desde el año 1890 hasta el 2021.

Al presionar el botón “**calentamiento global**”, se despliega la figura 9. El usuario tiene que introducir las coordenadas del sitio de interés y la variable a graficar; ésta puede ser: temperatura máxima, temperatura mínima o precipitación. También debe de elegir el mes de consulta. El algoritmo desplegará la tendencia en el tiempo de la variable y el mes elegidos, comparándola con la tendencia anual de esa variable.

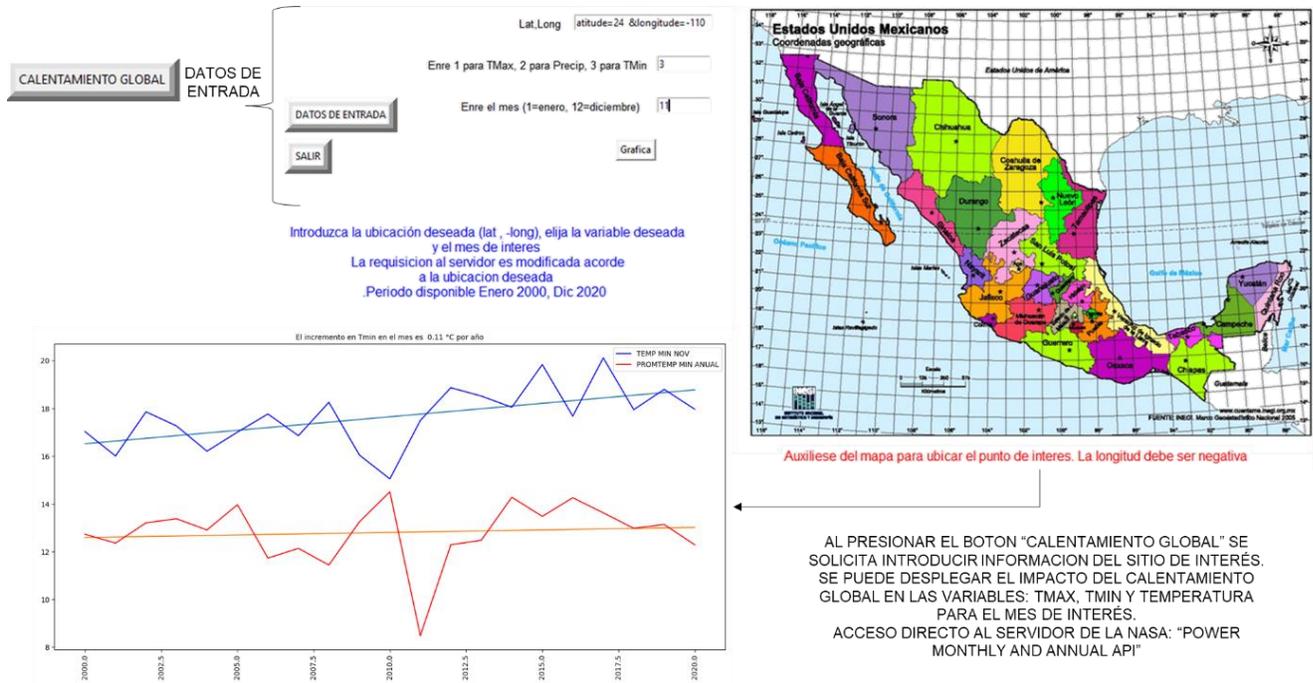


Figura 9. Tendencia mensual (mes a elegir), de variables (temperatura máxima, mínima o precipitación) comparadas con la tendencia anual.

El botón **"spi_vol_nino"** (figura 10), despliega la relación existente entre las variables EL NIÑO, SPI y los volúmenes almacenados en la presa Lázaro Cárdenas del Distrito de Riego No. 017 en la Comarca Lagunera. Esta información es útil para conocer a priori el impacto en la disponibilidad de agua de fenómenos de circulación general como el Niño.

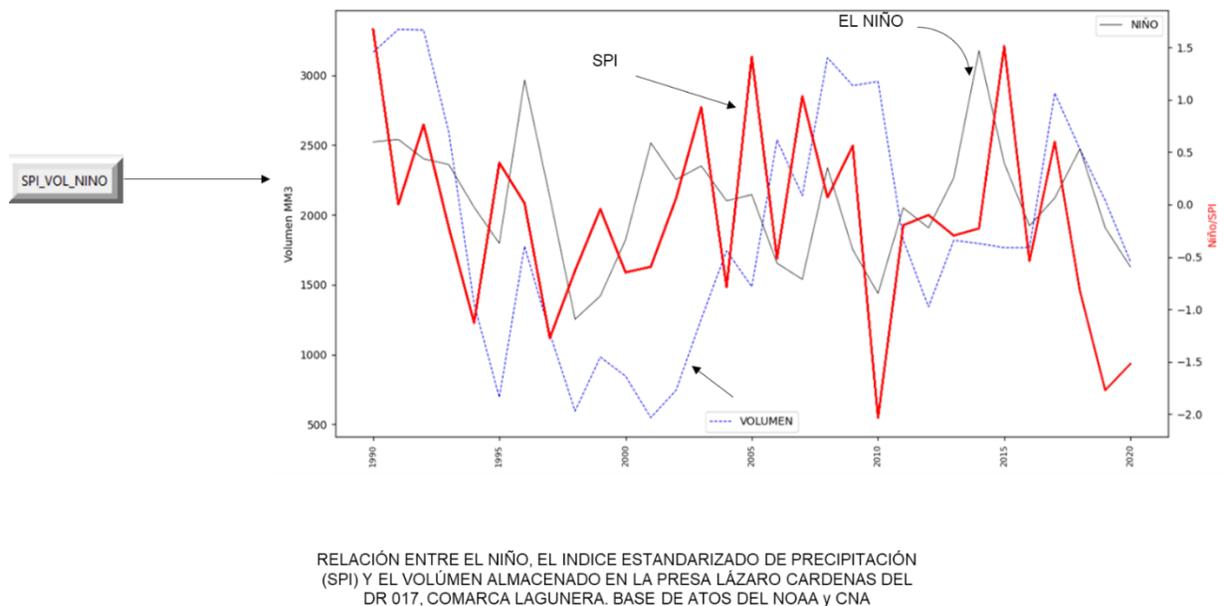


Figura 10. Variación temporal de las variables: EL NIÑO, SPI y volúmenes almacenados en la presa Lázaro Cárdenas del Distrito de Riego No. 017, Comarca Lagunera.



Conclusiones

Se ha construido un sistema de consulta rápida de información climática en plataforma Python. Para la consulta y despliegue de algunas variables, la plataforma accede a servidores del NOAA y la NASA vía licencia de esas agencias. También se accede a bases de datos descargadas de la plataforma Google Earth Engine y almacenadas en formato *XLS o CSV. Las gráficas que genera la aplicación son editables y se pueden descargar para su uso en otros programas o bases de datos.

Se considera que la aplicación es útil para proyectar escenarios climáticos y conocer tendencias de calentamiento global en sitios de interés. Es importante considerar que el futuro del análisis de bases de datos espaciales se encuentra en el uso de plataformas de dominio público. Sin embargo, es pertinente tener un conocimiento elemental de programación (actualmente los lenguajes en boga en estas aplicaciones son: R, JAVA y Python) para acceder y aprovechar al potencial la información existente. Esta aproximación evita la necesidad de contar con gran capacidad de almacenamiento de información lo que reduce considerablemente el costo del análisis y resguardo de información; así también, se solventa de manera parcial, la carencia de información hidro-climática espacialmente distribuida. Los datos observados, son indispensables en los procesos de calibración cuando se trabaja con modelo de simulación de procesos hidrológicos.

Referencias Bibliográficas

- Comisión Nacional del Agua. 2022. Sistema Nacional de Información del Agua. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>. Ultimo acceso octubre 2022.
- Diván, Mario. 2017. Data-driven decision making. 50-56. 10.1109/ICTUS.2017.8285973. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323059235_Data-driven_decision_making.
- IBM. 2022. <https://www.ibm.com/cloud/learn/api>. Ultimo acceso, octubre 2022.
- IPCC.2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Ultimo acceso, octubre 2022.
- Jiménez-Jiménez, S.I.; Marcial-Pablo, M.d.J.; Ojeda-Bustamante, W.; Sifuentes-Ibarra, E.; Inzunza-Ibarra, M.A.; Sánchez-Cohen, I. 2022. VICAL: Global Calculator to Estimate Vegetation Indices for Agricultural Areas with Landsat and Sentinel-2 Data. *Agronomy* 2022, 12, 1518. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071518>.
- Kowalski, T.J. y T. Lasley II. 2009. Handbook of Data-Based Decision Making in Education. Routledge Ed. 485 pp.
- NASA. A catalog of publicly available NASA datasets. <https://data.nasa.gov/>. Ultimo acceso octubre 2022.



NASA. Six Questions to Help You Understand the 6th Warmest Year on Record. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/149321/2021-continued-earths-warming-trend>. Ultimo acceso octubre 2022.

NOAA. Physical Sciences Laboratory. <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/>. Ultimo acceso octubre 2022.

Pôças, I.; Paço, T.A.; Paredes, P.; Cunha, M.; Pereira, L.S. 2015. Estimation of Actual Crop Coefficients Using Remotely Sensed Vegetation Indices and Soil Water Balance Modelled Data. *Remote Sens.* 2015, 7, 2373–2400.

Sánchez Cohen I., Maritza Argelia Macías-Corral, Gerardo Esquivel Arriaga, Julián Cerano Paredes, Fernando Cabrera Carbajal, Marco Antonio Inzunza Ibarra, Gabriel Díaz Padilla, y Rafael Alberto Guajardo Panes. 2020. Rainfall uncertainty and water availability: elements for planning water allocation to users in irrigation districts of Mexico. Study case Irrigation District 041 Yaqui River. *Atmosfera.* 34(2). 1-9.

Sánchez Cohen I., Marco Antonio Inzunza Ibarra, Gerardo Esquivel Arriaga, Julian Cerano Paredes, Miguel Agustín Velásquez Valle, Palmira Bueno Hurtado, Waldo Ojeda Bustamante. 2018. The impact of climatic patterns on runoff and irrigation water allocation in an arid watershed of northern Mexico. *Meteorology Hydrology and Water Management.* 6(2). 1-8.