



Profesor en la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica y en la Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección de la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional (mfvargas@gmail.com)

Desarrollo de un geovisor para la lista roja de árboles de Costa Rica

Manuel Vargas Del Valle

El acceso a datos sobre biodiversidad es esencial para su conservación, mientras que el desarrollo de aplicaciones informáticas basadas en software libre favorece la colaboración y el intercambio transparente de esos datos. En este contexto, el geovisor de la Lista Roja de Árboles de Costa Rica, disponible en <https://arboles-costarica-listaroja.shinyapps.io/geovisor/>, proporciona una plataforma abierta e interactiva para la exploración y el análisis de información taxonómica y geoespacial de especies arbóreas amenazadas en el país. La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es un inventario a nivel mundial de especies amenazadas de flora y fauna.

Costa Rica destaca por su extraordinaria diversidad de especies arbóreas, lo que refuerza su reputación como uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial. Se estima que en su territorio de aproximadamente 51 100 km² se pueden encontrar cerca de 2 300 especies de árboles, distribuidas en unos 700 géneros y 130 familias (Aguilar Sandí, 2019; Fournier Oraggi, 2016). La relevancia de estos

datos se hace evidente al compararlos con los de otras regiones. Por ejemplo, Estados Unidos de América, cuya superficie abarca varios millones de kilómetros cuadrados, alberga apenas unas 700 especies de árboles (sin incluir sus territorios tropicales). Por otra parte, en el continente europeo se han registrado algo más de 3 200 especies de plantas superiores, que comprenden no solamente árboles, sino también hierbas y bejucos (Fournier Origg, 2016).

Muchas especies de árboles enfrentan amenazas debido al cambio climático, la deforestación y otras actividades antropogénicas. En Costa Rica se han estimado diferentes cantidades de especies de árboles en estado de amenaza; sin embargo, la evidencia para respaldar tales cifras siempre ha sido limitada (Aguilar Sandí, 2019). En respuesta a esta problemática, que se presenta también en otros países, la iniciativa Global Tree Assessment (GTA), liderada por Botanic Gardens Conservation International (BGCI), busca evaluar el estado de conservación de todas las especies de árboles a nivel mundial (BGCI, 2021a). El objetivo principal del proyecto es determinar el nivel de riesgo de extinción de cada especie, con base en los criterios de la UICN. Para lograrlo, GTA reúne a una amplia red de científicos, instituciones botánicas, gobiernos y organizaciones conservacionistas que comparten información y datos sobre la distribución y amenazas a las especies de árboles (Beech *et al.*, 2017). Entre los logros más destacados del GTA

se encuentra la creación de la base de datos GlobalTreeSearch, la cual contiene el primer listado completo de especies arbóreas del mundo junto con su distribución geográfica (BGCI, 2021b). Con esta información, GTA no solo provee una visión global de la diversidad arbórea, sino que también puede identificar zonas y taxones prioritarios para la conservación.

El geovisor de la Lista Roja de árboles de Costa Rica es una aplicación web interactiva que facilita la visualización y análisis de la distribución geográfica de especies arbóreas amenazadas en Costa Rica, con base en los datos recopilados y curados por GTA. Parte de su interfaz de usuario se muestra en la **Figura 1**.

El geovisor fue desarrollado en R, un lenguaje de programación diseñado para el análisis estadístico, la manipulación de datos y la creación de gráficos (R Core Team, 2024). R destaca por su amplia gama de paquetes y bibliotecas, así como por su capacidad para realizar análisis reproducibles y visualizaciones de alta calidad. Gracias a su naturaleza de software libre y su activa comunidad de desarrolladores, es ampliamente utilizado en ámbitos académicos, científicos y empresariales.

El código fuente del geovisor, y los datos que presenta, se comparten en el repositorio <https://github.com/arboles-costarica-listaraja/arboles-costarica-listaraja.github.io> de la plataforma GitHub para desarrollo colaborativo. GitHub permite mantener un control de versiones

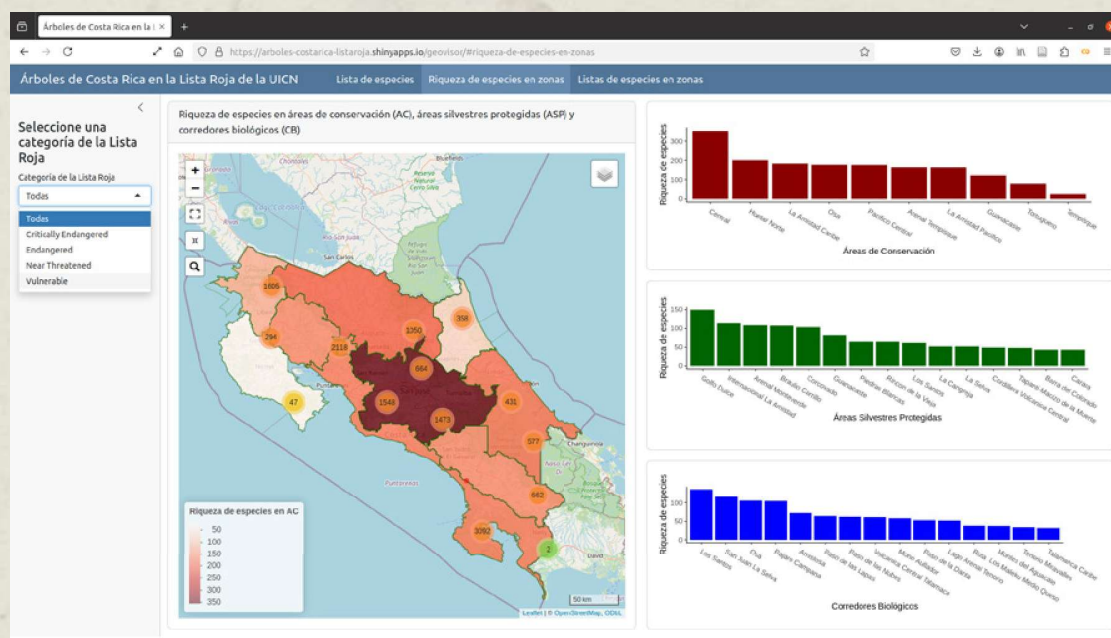


Figura 1. Interfaz de usuario del geovisor de la Lista Roja de Árboles de Costa Rica.

efectivo y transparente, facilitar la participación de múltiples desarrolladores y contribuir a la mejora continua del proyecto a través de revisiones y propuestas de cambio (GitHub, Inc., s.f.). Asimismo, ofrece herramientas para gestión de incidencias (*issues*), seguimiento de tareas e integración de documentación. De esta manera, se fomenta la colaboración abierta y se impulsa el desarrollo continuo de la aplicación, posibilitando que cualquier persona interesada, ya sea investigadora o desarrolladora pueda involucrarse y aportar nuevas ideas, correcciones o funcionalidades.

El desarrollo se realizó en un contenedor Docker, cuya configuración se distribuye también en el repositorio GitHub del proyecto. Docker es una plataforma

que permite empaquetar aplicaciones junto con sus dependencias, garantizando coherencia y funcionamiento uniforme en distintos entornos (Docker, Inc., s.f.). Al encapsular software en contenedores ligeros y aislados, Docker facilita la reproducción de resultados, acelera el ciclo de desarrollo y despliegue, y reduce problemas de compatibilidad. Esto resulta especialmente valioso para proyectos de ciencia de datos, en los que la reproducibilidad y la consistencia son pilares fundamentales.

La interactividad del Geovisor se implementó mediante *shiny*, un paquete y marco de trabajo (*framework*) de R que facilita el desarrollo de aplicaciones web interactivas sin necesidad de conocimientos avanzados de tecnologías como

HTML, CSS o JavaScript y que permite combinar el análisis de datos con la generación dinámica de interfaces y visualizaciones (Chang *et al.*, 2024). Otros paquetes que fueron utilizados para el desarrollo del Geovisor incluyen *dplyr* para la manipulación de datos (Wickham *et al.*, 2023); *DT* para la generación de tablas interactivas (Xie *et al.*, 2024); *ggplot2* y *plotly* para la generación de gráficos estadísticos (Wickham, 2016; Sievert, 2020); *sf* para el manejo de datos geoespaciales vectoriales (Pebesma, 2018; Pebesma & Bivand, 2023) y *leaflet* para la generación de mapas interactivos (Cheng, 2024).

La aplicación se encuentra albergada en Shinyapps.io, una plataforma que permite desplegar fácilmente, y de manera gratuita, aplicaciones creadas con el paquete *shiny* (Posit Software, PBC, s.f.). Ofrece alojamiento gratuito en la nube sin requerir la configuración de servidores o infraestructura adicional, lo que permite a científicos de datos y desarrolladores centrarse en la creación de visualizaciones y análisis, asegurando un entorno seguro, escalable y confiable para sus aplicaciones.

El geovisor permite visualizar mediante tablas, gráficos estadísticos y mapas, los datos de las especies arbóreas de diferentes categorías de la Lista Roja. La categoría que se desea consultar se escoge mediante una lista de selección localizada en una barra lateral del lado izquierdo de la pantalla (vea la **Figura 1**). Las siguientes son las categorías incluidas en dicha lista, junto con las descripciones

provistas por la UICN para cada una (UICN, 2012):

- Critically Endangered (CR, En Peligro Crítico): especies que enfrentan un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
- Endangered (EN, En Peligro): especies que enfrentan un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
- Vulnerable (VU, Vulnerable): especies que enfrentan un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
- Near Threatened (NT, Casi Amenazada): especies que no satisfacen, actualmente, los criterios para estar las categorías En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero están próximas a satisfacerlos, o posiblemente los satisfagan, en un futuro cercano.

La lista de selección incluye también una opción denominada *Todas*, para consultar simultáneamente las especies de todas las categorías. La selección de la categoría configura la interfaz de usuario para que presente los datos correspondientes a esa categoría en todas las visualizaciones.

La interfaz de usuario se divide en tres páginas. La primera página contiene una lista de las especies en una tabla interactiva y se muestra en la **Figura 2**, para el caso de la categoría En Peligro Crítico.

Lista de especies

Mostrar: 25 registros Buscar:

Especie	Categoría en la Lista Roja	Cantidad de registros
<i>Ardisia angucianensis</i>	Critically Endangered	2
<i>Ardisia generalensis</i>	Critically Endangered	1
<i>Beilschmiedia osacola</i>	Critically Endangered	3
<i>Blakea amplifolia</i>	Critically Endangered	3
<i>Couepia osaensis</i>	Critically Endangered	4
<i>Eschweilera harmonii</i>	Critically Endangered	1
<i>Eugenia cerrocacaoensis</i>	Critically Endangered	11
<i>Eugenia cocosensis</i>	Critically Endangered	1
<i>Forestiera isabeliae</i>	Critically Endangered	1
<i>Gamantthera herreriae</i>	Critically Endangered	1
<i>Guarea grossa</i>	Critically Endangered	2
<i>Guarea inesiana</i>	Critically Endangered	4
<i>Guarea talamancana</i>	Critically Endangered	1
<i>Heisteria skutchii</i>	Critically Endangered	3
<i>Hirtella trichotoma</i>	Critically Endangered	12
<i>Leptobalanus diegomezii</i>	Critically Endangered	3
<i>Mespilodaphne paradoxa</i>	Critically Endangered	3

Figura 2. Ejemplo de la lista de especies en peligro crítico (CR) para Costa Rica.

La tabla contiene columnas con el nombre científico de la especie, su categoría en la Lista Roja y la cantidad de registros de presencia (especímenes u observaciones) reportados. El usuario puede ordenar las columnas, realizar búsquedas y controlar la cantidad de filas que se despliegan, entre otras operaciones.

La segunda página (**Figura 1**) contiene un mapa interactivo que muestra la riqueza (o cantidad) de especies para los polígonos correspondientes a tres zonificaciones de Costa Rica, todas basadas en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC):

- Áreas de Conservación.
- Áreas Silvestres Protegidas.
- Corredores Biológicos.

El mapa correspondiente a la riqueza de especies en peligro crítico en áreas de conservación se muestra en la **Figura 3**.

El usuario puede cambiar el mapa base entre OpenStreetMap, ESRI World Imagery y Carto Positron, así como elegir la zonificación que desea desplegar en el mapa. Los registros de presencia de las especies se muestran inicialmente agrupados y el usuario puede desagregarlos y observar la información correspondiente a un registro particular (especie, categoría en la Lista Roja y polígono en el que se ubica para cada zonificación) al hacer clic sobre el punto.

En la misma página, se muestran tres gráficos de barras que también muestran la riqueza de especies de los polígonos de cada una de las tres zonificaciones. El gráfico de barras correspondiente a la riqueza de especies en peligro crítico en áreas de conservación se muestra en la **Figura 4**.

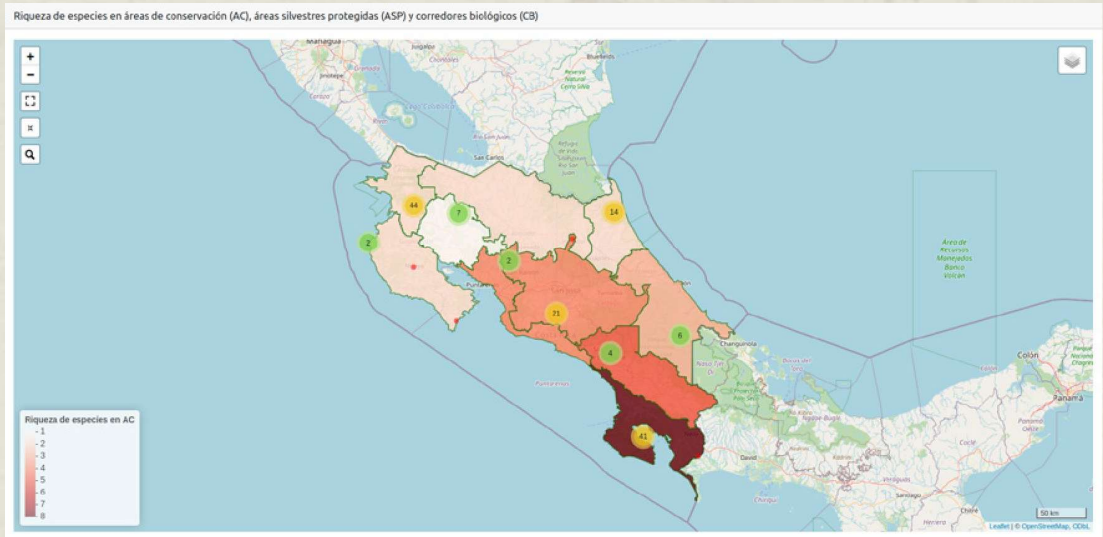


Figura 3. Mapa de riqueza de especies en peligro crítico (CR) por áreas de conservación.

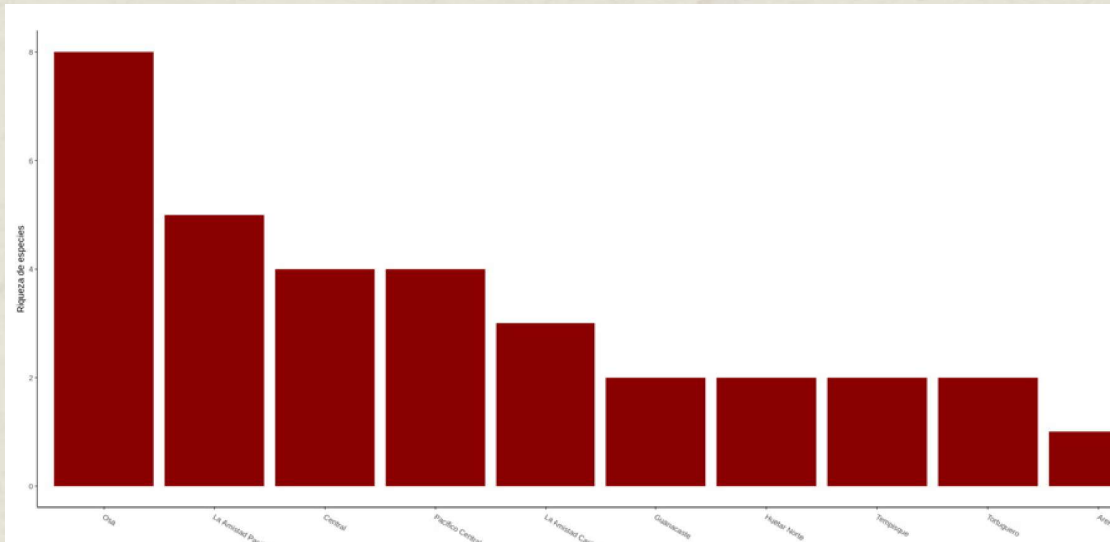


Figura 4. Gráfico de riqueza de especies en peligro crítico (CR) por áreas de conservación.

El usuario puede interactuar con el gráfico mediante acercamientos, alejamiento, exportación a un archivo y otras operaciones disponibles en la barra de herramientas ubicada en la parte superior derecha del gráfico.

La tercera página muestra, en formato de listas interactivas, la cantidad de registros de presencia de cada especie en cada polígono de las áreas de conservación, áreas silvestres protegidas o corredores biológicos. La **Figura 5** muestra la cantidad de registros de presencia de las especies en peligro en áreas silvestres protegidas. Como en otras tablas del Geovisor, el usuario puede realizar ordenamientos, búsquedas y otras operaciones.

Este geovisor, gracias a su enfoque abierto y colaborativo, representa un paso significativo en la generación y divulgación de conocimiento sobre las especies amenazadas de árboles de Costa Rica. Su capacidad para mostrar la distribución geográfica de las especies, junto con las funcionalidades de análisis interactivo, no solo agiliza la investigación científica, sino que también promueve la sensibilización de la sociedad en general sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad. Al estar respaldado por metodologías y herramientas de software libre, el proyecto invita a la comunidad científica y a la ciudadanía a participar activamente, ya sea aportando datos adicionales, mejorando la interfaz de usuario

Especies en áreas de conservación			
Especies en áreas silvestres protegidas			
Especies en corredores biológicos			
Mostrar 25 registros		Buscar:	
Área Silvestre Protegida	Especie	Categoría en la Lista Roja	Cantidad de registros
Alberto Manuel Brenes	<i>Eugenia lithosperma</i>	Endangered	1
Alberto Manuel Brenes	<i>Licaria brenesii</i>	Endangered	2
Alberto Manuel Brenes	<i>Mespilodaphne morae</i>	Endangered	3
Alberto Manuel Brenes	<i>Palicourea tilaranensis</i>	Endangered	1
Alberto Manuel Brenes	<i>Quercus insignis</i>	Endangered	3
Arenal	<i>Dahlistedia calcarata</i>	Endangered	1
Arenal	<i>Eugenia belloii</i>	Endangered	3
Arenal	<i>Guarea tafaie-malekui</i>	Endangered	3
Arenal	<i>Persea schiedeana</i>	Endangered	1
Arenal Monteverde	<i>Arachnothryx chaconii</i>	Endangered	3
Arenal Monteverde	<i>Arachnothryx tayloriae</i>	Endangered	1
Arenal Monteverde	<i>Ardisia crassiramea</i>	Endangered	15
Arenal Monteverde	<i>Beilschmiedia tilaranensis</i>	Endangered	2
Arenal Monteverde	<i>Cupania moralesii</i>	Endangered	1
Arenal Monteverde	<i>Dahlistedia calcarata</i>	Endangered	11
Arenal Monteverde	<i>Eugenia belloii</i>	Endangered	2
Arenal Monteverde	<i>Eugenia haberi</i>	Endangered	1

Figura 5. Cantidad de registros de presencia de las especies en peligro crítico (CR) por áreas silvestres protegidas.

o sugiriendo nuevas funcionalidades, de manera que se enriquezca constantemente la información disponible.

De cara al futuro, es fundamental continuar con la actualización permanente de los datos y fortalecer la red de colaboración nacional e internacional para ampliar el alcance del geovisor. El trabajo conjunto con iniciativas como GTA y otras organizaciones científicas permitirá consolidar e incrementar el conocimiento sobre las especies arbóreas amenazadas, de manera que se puedan definir con mayor precisión las áreas prioritarias de protección y las estrategias de conservación más pertinentes.

Referencias

- Aguilar Sandí, D. (2019). Breve disquisición sobre el estado de conservación de los árboles en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, (3), Blog. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i3.36808>
- Beech, E., Rivers, M., Oldfield, S., & Smith, P. P. (2017). GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(5), 454-489. <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>
- BGCI (Botanic Gardens Conservation International). (2021a). *The State of the World's Trees*. BGCI. <https://www.bgci.org/wp/wp-content/uploads/2021/08/FINAL-GTAReportMedRes-1.pdf>
- BGCI (Botanic Gardens Conservation International). (2021b). *GlobalTreeSearch Database*. <https://www.bgci.org/resources/bgci-databases/globaltreesearch/>
- Chang W., Cheng J., Allaire J., Sievert C., Schloerke B., Xie Y., Allen J., McPherson J., Dipert A., & Borges B. (2024). *shiny: Web Application Framework for R*. R package version 1.8.1.1, <https://github.com/rstudio/shiny>, <https://shiny.posit.co/>
- Cheng, J., Schloerke, B., Karambelkar, B., & Xie, Y. (2024). *leaflet: Create interactive web maps with the JavaScript "Leaflet" library* (Versión 2.2.2) [Paquete R]. <https://github.com/rstudio/leaflet>, <https://rstudio.github.io/leaflet/>
- Docker, Inc. (2024). *Docker* [Software]. <https://www.docker.com>
- Fournier Origgi, L. (2016). Conozcamos los árboles de Costa Rica. *Biocenosis*, 19(1). <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1344>
- GitHub, Inc. (s.f.). *GitHub* [Plataforma web]. <https://github.com>
- Pebesma, E. (2018). Simple features for R: Standardized support for spatial vector data. *The R Journal*, 10(1), 439-446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>
- Pebesma, E., & Bivand, R. (2023). *Spatial data science: With applications in R*. Chapman & Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>
- Posit Software, PBC. (s.f.). *Shinyapps.io* [Plataforma web]. <https://www.shinyapps.io>
- R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Sievert, C. (2020). *Interactive web-based data visualization with R, plotly, and shiny*. Chapman & Hall/CRC. <https://plotly-r.com>
- UICN. (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2001-001-2nd-Es.pdf>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wickham H., François R., Henry L., Müller K., & Vaughan D. (2023). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.4, <https://github.com/tidyverse/dplyr>, <https://dplyr.tidyverse.org>
- Xie, Y., Cheng, J., & Tan, X. (2024). *DT: A Wrapper of the JavaScript Library "DataTables"* (Versión 0.32) [Paquete R]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://CRAN.R-project.org/package=DT>