

# **DIVECOFOR: UNA HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS FORESTALES**

Jaqueline Xelhuantzi-Carmona, Ernesto Alonso Rubio-Camacho,  
Eduardo Alanís-Rodríguez y Álvaro Agustín Chávez-Durán.



**AGRICULTURA**

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inirap**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

## **DIVECOFOR 1.0**



Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias  
Av. Progreso No.5, Col. Barrio de Santa Catalina, Alcaldía Coyoacán  
C.P. 04010, Ciudad de México

Centro de Investigación Regional Pacífico Centro  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco  
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México

Noviembre 2024

Folleto Técnico No. 07

ISBN:978-607-37-1710-6

Registro de Obra: 03-2024-120915451200-01



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inirap**  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

---

## SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**Dr. Julio Antonio Berdegúé Sacristán**

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

**Lic. Efraín Cota Montaño**

Subsecretario de Agricultura y Desarrollo Rural

## INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES, FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque**

Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes a la  
Dirección General del INIFAP

**Dr. Efraín Cruz Cruz**

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**Dr. Luis Ortega Reyes**

Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Dr. José Humberto Corona Mercado**

Coordinador de Administración y Sistemas

**Dr. Dante Schiaffini Barranco**

Titular de la Dirección General Adjunta de la Unidad Jurídica

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL PACÍFICO CENTRO

**Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas**

Director Regional CIR Pacífico Centro

**Dra. Celia de la Mora Orozco**

Directora de Investigación CIR Pacífico Centro

**M.A. Luis Alberto Avilés Muñoz**

Director de Administración CIR Pacífico Centro

## CAMPO EXPERIMENTAL CENTRO ALTOS DE JALISCO

**Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez**

Jefe del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco

## **DIVECOFOR: UNA HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS FORESTALES**

### **Jaqueline Xelhuantzi Carmona**

Investigador del Programa de Incendios Forestales  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-CIRPAC

### **Ernesto Alonso Rubio Camacho**

Investigador del Programa de Manejo Forestal Sustentable  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-CIRPAC

### **Eduardo Alanís Rodríguez**

Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Autónoma de Nuevo León

### **Álvaro Agustín Chávez Durán**

Investigador del Programa de Incendios Forestales  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-CIRPAC



Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y  
Pecuarias  
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco  
Tepatitlán de Morelos, Jalisco  
Folleto Técnico Núm. 07  
Noviembre 2024

## **DIVECOFOR: UNA HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS FORESTALES**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

Derechos Reservados ©

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Progreso Núm. 5. Colonia Barrio de Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, México.  
Tel. (55) 38718700  
[www.gob.mx/inifap](http://www.gob.mx/inifap)

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco  
Av. Biodiversidad 2470, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México

Primera Edición: 2024  
Impreso en Guadalajara  
ISBN: 978-607-37-1710-6  
Núm. de Registro de Derechos de Autor: 03-2024-120915451200-01  
Folleto Técnico Núm. 07  
Noviembre 2024

La cita correcta de esta obra es:  
Xelhuantzi-Carmona J., Rubio-Camacho E., Alanís-Rodríguez E. y Chávez-Duran Á. A. 2024. DIVECOFOR: Una herramienta para la determinación de índices de diversidad y riqueza del bosque. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 07. 23 p.

## PRESENTACIÓN

La comprensión de la biodiversidad y la estructura de los ecosistemas forestales es esencial para su manejo y conservación. En este contexto, la necesidad de herramientas científicas precisas y accesibles se vuelve primordial. DIVECOFOR 1.0 surge como una respuesta a esta demanda, ofreciendo una solución avanzada para el cálculo de los principales índices de diversidad en ecosistemas forestales. Desarrollado en el lenguaje de programación R y basado en la librería Shiny, este programa facilita el análisis de datos complejos a través de una interfaz gráfica intuitiva.

La simplicidad operativa de DIVECOFOR permite que, con solo cargar una base de datos de inventario forestal en formato CSV, el usuario pueda acceder rápidamente a una serie de cálculos clave. Entre los indicadores disponibles, se encuentran el Índice de Valor de Importancia, el Índice de Shannon y el Índice de Margalef, entre otros, que ofrecen una visión profunda de la estructura y diversidad de los bosques. Así, esta herramienta proporciona una vía eficiente y confiable para realizar estudios ecológicos detallados, que contribuyen al conocimiento científico y a la toma de decisiones en el ámbito de la conservación forestal.

En una época donde la gestión sostenible de los recursos forestales es crítica, DIVECOFOR 1.0 se posiciona como una herramienta indispensable para investigadores, profesionales del sector ambiental y tomadores de decisiones. Este documento está dedicado a explorar su potencial, ya que proporciona una guía para maximizar su uso y obtener resultados que informen mejor las políticas y prácticas de manejo forestal.

Dra. Celia de la Mora Orozco

Dirección de Investigación CIRPAC

## Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Índices de Riqueza y Diversidad de especies .....</b>	<b>2</b>
2.1. Riqueza de especies .....	2
2.2. Diversidad de especies .....	4
2.3. Índice de valor de importancia (IVI) .....	5
2.4. Consideraciones en el cálculo.....	6
<b>3. El DIVECOFOR 1.0 .....</b>	<b>7</b>
3.1. Instalación .....	8
3.2. Inicio de DIVECOFOR .....	10
<b>4. Estimación de la diversidad.....</b>	<b>11</b>
4.1. Cálculo del IVI en el DIVECOFOR 1.0.....	11
4.2. Exportar los cuadros del IVI .....	15
4.3. Gráficos del IVI .....	15
4.4. Cálculo diversidad alfa en DIVECOFOR.....	17
4.5. Cálculo de la estructura forestal.....	18
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>20</b>
<b>6. Literatura consultada .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Agradecimientos .....</b>	<b>23</b>

## Tabla de figuras

Figura 1. Lista de archivos disponibles en la carpeta del programa DIVECOFOR.....	8
Figura 2. Pantalla de inicio de DIVECOFOR. ....	9
Figura 3. Pasos para crear un acceso directo (izquierda) y para cambiar ícono (derecha). ....	10
Figura 4. Pantalla de inicio con la barra de acciones que puede estimar el programa resaltadas con el cuadro rojo. ....	11
Figura 5. Ventana para la estimación del IVI. ....	12
Figura 6. Carga de archivo con extensión .CSV .....	13
Figura 7. Apartados para el cálculo del IVI. ....	14
Figura 8. Nha= número de árboles por hectárea; Xha=área basal o de copa; Sitios= número de unidades de muestreo donde la especie está presente; abundancia, dominancia, frecuencia y IVI=índice de valor de importancia de la especie. ....	15
Figura 9. Pestaña de gráfico de IVI en DIVECOFOR .....	16
Figura 10. a) selección de variable del gráfico de IVI; b) selección del color y tamaño del gráfico a exportar.....	17
Figura 11. Tabla de los índices de riqueza y diversidad por unidad de muestreo analizado. ....	18
Figura 12. Determinación de la estructura forestal por unidad de muestreo. ....	19

## 1. Introducción

La diversidad de especies es un componente clave para los ecosistemas y la seguridad alimentaria (FAO, 2019). Sin embargo, la deforestación y la degradación amenazan a una amplia variedad de ecosistemas en todo el planeta (WEF, 2023). En México, se han realizado esfuerzos importantes para estudiar la diversidad en distintos ecosistemas forestales, incluyendo bosques templados, tropicales y semiáridos. El análisis más común de la diversidad alfa se realiza mediante indicadores como el índice de Margalef (MG), el índice de Shannon (H) y el índice de Simpson (Morris et al., 2014). Además, el Índice de Valor de Importancia (IVI) es otra herramienta utilizada para evaluar la diversidad, basándose en la abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie presente (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

El cálculo de estos indicadores es relativamente sencillo mediante el uso de hojas de cálculo (Alanís-Rodríguez et al., 2020), pero este proceso puede ser lento y propenso a errores. Por ello, es necesario contar con herramientas que sistematicen y analicen bases de datos, que permitan identificar patrones, tendencias y relaciones en sistemas complejos y reduzcan errores que podrían surgir en un análisis manual. El desarrollo de programas para estimar la diversidad facilita la identificación de indicadores clave y la toma de decisiones para los manejadores forestales. Este tipo de herramientas requiere un enfoque interdisciplinario, que combina ciencias computacionales, biología, ecología, sociología, entre otras.



En este contexto, el análisis de la diversidad con el apoyo de un programa juega un papel crucial al automatizar el proceso, ahorrando tiempo y reduciendo costos y posibles errores. El objetivo de este trabajo es mostrar el uso de DIVECOFOR®, un programa desarrollado por investigadores del INIFAP, diseñado para estimar índices de diversidad y estructura forestal a partir de datos de inventarios forestales. Con esta herramienta, se busca fomentar la realización de estudios sobre la diversidad en ecosistemas forestales y contribuir al avance de la ciencia y la ecología forestal tanto en México como en otros países.

## **2. Índices de Riqueza y Diversidad de especies**

Además de facilitar el análisis y manejo de grandes cantidades de datos, la herramienta como DIVECOFOR® permiten calcular de manera eficiente diversos índices de riqueza y diversidad de especies, elementos fundamentales para evaluar la biodiversidad de un ecosistema. A continuación, se describen algunos de los índices más utilizados para este fin.

### **2.1. Riqueza de especies**

La riqueza de especies es un elemento crucial que proporciona una base sólida para comparar y evaluar diferentes comunidades biológicas (Begon et al. 2006). Existen diversos métodos para cuantificar la riqueza de especies en un área dada, y este enfoque se considera uno de los más elementales para medir la biodiversidad. Entre los métodos más reconocidos se encuentran el método de Menhinick, el índice de diversidad alfa de Williams, y especialmente el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ), descritos ampliamente por Moreno (2001).

**Riqueza (S).** La riqueza de especies (s) consiste en determinar el número de especies, siendo esta la forma más básica.

**Margalef ( $D_{Mg}$ ).** Es ampliamente utilizado debido a su eficacia y simplicidad. Su definición se basa en los principios de la biodiversidad y se establece de la siguiente manera:

$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln N}$$

Donde

- $D_{Mg}$ = Índice de Margalef
- $s$  = número de especies
- $\ln$ = logaritmo natural
- $N$  = número total de individuos en la unidad de medición.

**Menhinick.** Este índice es reflejado por la relación directa entre el número de las especies y el número total de los individuos encontrados, la fórmula para obtenerlo es la siguiente:

$$D_b = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Donde:

- $D_b$ = Índice de Menhinick.
- $s$ = número de especies encontradas.
- $N$ = número total de individuos encontrados en la unidad de muestreo.

## 2.2. Diversidad de especies

**Índice de Shannon-Wiener.** Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln(P_i)$$

Donde:

- $H'$  = índice de Shannon-Wiener
- $P_i$  = proporción de las especies  $P_i = n_i/N$
- $n_i$  = número de individuos de la especie  $i$
- $\ln$  = logaritmo natural

**Diversidad verdadera (Hill).** Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula

$$Hill = \exp(H')$$

Donde:

- Hill = índice de diversidad verdadera
- $H'$  = índice de Shannon-Wiener

**Índice de Simpson (D).** Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D = \sum P_i^2$$

Donde:

- $D$  = índice de Simpson
- $P_i$  = proporción de las especies  $P_i = n_i/N$ .

- $ni$  = número de individuos de la especie  $i$
- $N$  = número total de individuos en la unidad de muestreo.

**Pielou (E).** La relación entre diversidad observada y diversidad máxima puede, ser tomada como una medida de equitatividad ( $E$ ) y se calcula de la siguiente forma:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

- $H'$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener
- $S$  = número de especies presentes
- $\ln$  = logaritmo natural

### 2.3. Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI) es un valor ponderado de la estructura de un bosque, calculado a partir del estudio de variables estructurales de abundancia, dominancia, cobertura y frecuencia. Este índice es utilizado para jerarquizar la dominancia de cada especie presente en la unidad de muestreo (López-Hernández et al., 2017). Para la determinación de este índice, se emplean varios parámetros como la abundancia relativa ( $A_{rel}$ ), que se basa en el número de árboles por hectárea ( $Nha^{-1}$ ); la dominancia relativa ( $D_{rel}$ ), que se estima con el área basal por hectárea ( $Gha^{-1}$ ), y la frecuencia relativa ( $F_{rel}$ ), que se define como el número de unidades de muestreo en los que se encuentra presente cada especie, según lo descrito por Mostacedo and Fredericksen (2000).

$$Abundancia\ relativa = \frac{Núm.\ de\ individuos\ de\ la\ especie}{Núm.\ total\ de\ individuos} * 100$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{Área\ basal\ de\ la\ especie}{Área\ basal\ de\ todas\ las\ especies} * 100$$

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ de\ la\ especie}{Frecuencia\ de\ todas\ las\ especies} * 100$$

Así mismo se determinó el índice de valor de importancia (IVI) para cada especie arbórea. Este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad y la dominancia relativa.

$$IVI = Abundancia\ relativa + Dominancia\ relativa + Frecuencia\ relativa$$

La combinación de estos parámetros permite calcular el índice de valor de importancia (IVI), que ofrece una medida integral y detallada de la relevancia de cada especie en el ecosistema estudiado. En otras palabras, el IVI proporciona una representación cuantitativa de la importancia de cada especie tomando en cuenta su abundancia, dominancia y frecuencia en el área de estudio (este valor está en relación al número de unidades de muestreo o base de datos). Este enfoque proporciona una perspectiva más completa y precisa de la ecología y la composición de especies en el ecosistema evaluado.

## 2.4. Consideraciones en el cálculo

Para el cálculo de las distintas variables, es importante considerar el nivel de agrupación de los datos. En el caso del

IVI, DIVECOFOR utiliza toda la base de datos para generar una tabla general con la información de todas las especies en la base de datos. Los demás índices de diversidad y estructura se calculan por unidad mínima de agrupación, es decir, el software genera una base de datos con los valores de diversidad por cada sitio o unidad mínima de muestreo. Es fundamental que el usuario final tenga esto en cuenta, ya que tiene control total sobre el nivel de agrupación y puede minimizar posibles sesgos en el cálculo.

### 3. EL DIVECOFOR 1.0

El cálculo de los índices de diversidad y estructura puede ser un proceso complejo, pero con DIVECOFOR, se simplifican considerablemente los análisis. Este programa, desarrollado en el lenguaje R y con una interfaz gráfica amigable de la librería Shiny, permite a los usuarios estimar índices de diversidad y estructura forestal de manera eficiente, sin necesidad de conocimientos avanzados de programación.

DIVECOFOR (Diversidad ecológica forestal) es una aplicación informática para la estimación de índices de diversidad y estructura forestal. Este programa fue desarrollado en el lenguaje R (R Core Team 2021) utilizando como base la plataforma de RStudio (RStudio Team 2016). Su integración fue hecha con el uso de la librería Shiny de R (Chang et al., 2021).

Además, esta aplicación utiliza distintas librerías para importar, analizar, crear y exportar bases de datos y gráficos especializados. Asimismo, constituye una forma de acercar los materiales desarrollado por el INIFAP a los técnicos y productores. Debido a que la aplicación se ejecuta en la versión portable de R y Google Chrome, por ahora solo está disponible

para usuarios de Windows y puede ser solicitado a los autores de este folleto. Sin embargo, en un futuro se busca que pueda ejecutarse en otros sistemas operativos.

### 3.1. Instalación

Para su uso, primero hay que guardar el archivo DIVECOFOR.zip (el cual puede ser solicitado vía e-mail a los autores de este folleto) en el directorio de su computadora. En este ejemplo, el programa viene dentro de una carpeta comprimida. Después de descomprimir la carpeta, se encuentra una serie de subcarpetas con todos los archivos que se muestran en la Figura 1. Este programa, presenta una interfaz de usuario intuitiva y con varias opciones para la instalación.

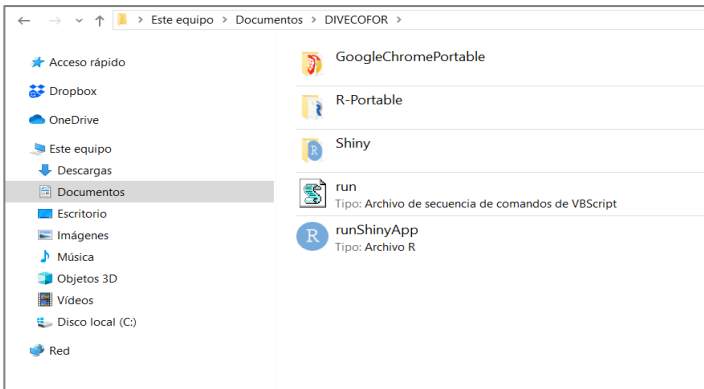


Figura 1. Lista de archivos disponibles en la carpeta del programa DIVECOFOR.

Una vez descomprimida la carpeta, se da clic en el archivo llamado “run”, donde se abrirá una ventana en Google Chrome, y se mostrará la pantalla de inicio (Figura 2).

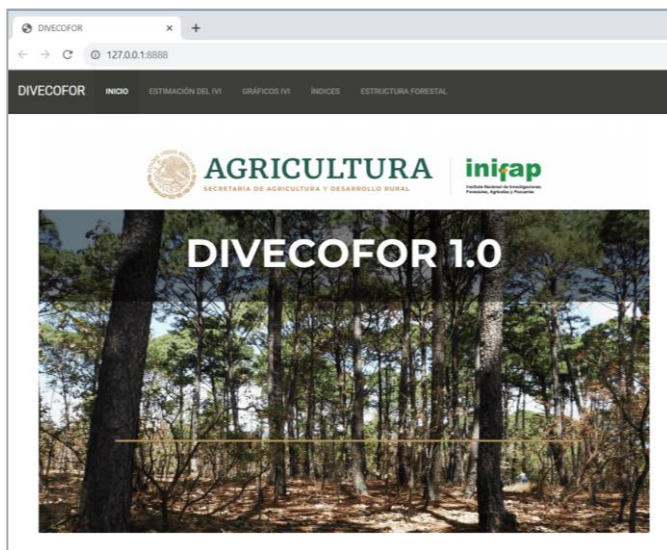


Figura 2. Pantalla de inicio de DIVECOFOR.

Alternativamente, se puede crear un acceso directo en el escritorio. Para ello es necesario dar clic derecho, seleccionar “Enviar a”, seguido de “Escritorio (crear acceso directo)”. Una vez creado el acceso directo, a este se le puede cambiar el nombre e ícono, dando clic en el botón derecho y seleccionar cambiar de nombre y cambiar a DIVECOFOR. Así mismo, para cambiar el ícono, dar clic derecho en propiedades y en la ventana emergente seleccionar “Cambiar ícono” y seleccionar el de su agrado (Figura 3).



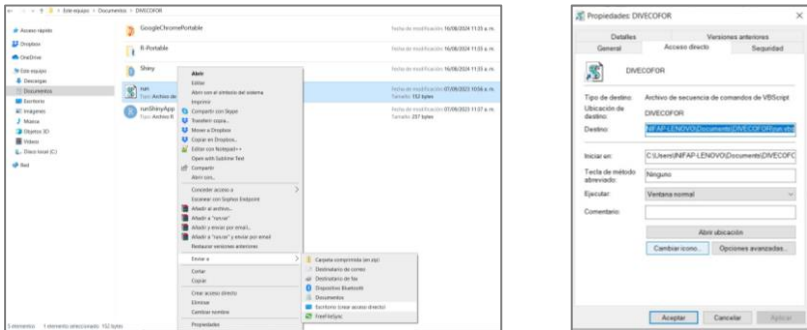


Figura 3. Pasos para crear un acceso directo (izquierda) y para cambiar ícono (derecha).

## 3.2. Inicio de DIVECOFOR

Una vez iniciado el programa, en la parte superior de la pantalla de inicio (Figura 4, subcuadro color rojo), se encuentra una barra con distintas pestañas, en las que el usuario puede explorar al dar clic izquierdo con el ratón de la computadora. La pestaña de inicio solamente muestra la pantalla inicial del programa, desplegando los logotipos del INIFAP y de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. En las siguientes secciones se describen los índices y su implementación en DIVECOFOR 1.0.

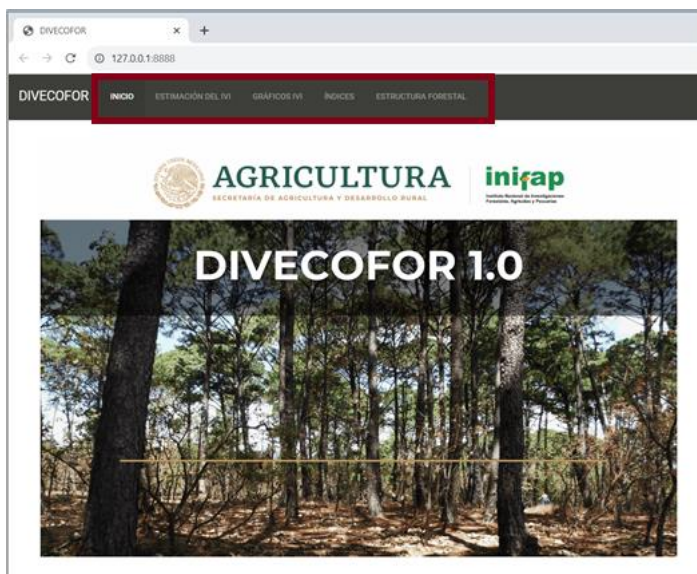


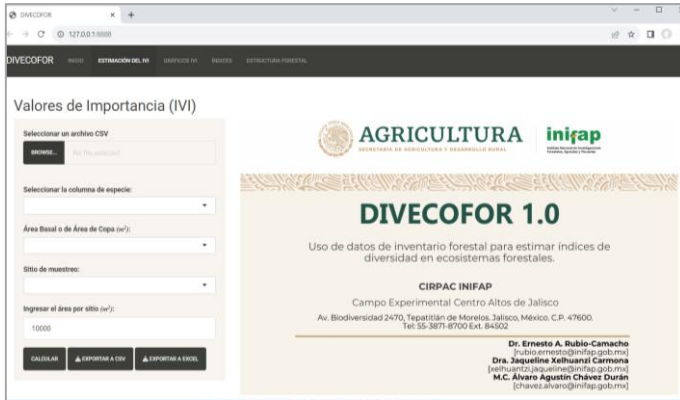
Figura 4. Pantalla de inicio con la barra de acciones que puede estimar el programa resaltadas con el cuadro rojo.

## 4. Estimación de la diversidad

### 4.1. Cálculo del IVI en el DIVECOFOR 1.0

Para el cálculo del Índice de Valores de Importancia en el DIVECOFOR es necesario cargar la base de datos en formato CSV, el cual puede generarse directamente a partir de los paquetes que manejan hojas de cálculo, como Microsoft Excel o LibreOffice Calc (Archivo/Guardar como/CSV). Lo anterior se realiza mediante la selección de la pestaña “ESTIMACIÓN DEL IVI”; esta acción abre otra ventana con varios elementos (Figura 5), donde se observa una ventana subdividida en dos

paneles, en el panel izquierdo se muestran elementos con distintas funciones, como el buscador del archivo a cargar o “*BROWSE*”.



**Valores de Importancia (IVI)**

Seleccionar un archivo CSV

Seleccionar la columna de especie:

Área Base o de Área de Copia (m<sup>2</sup>):

Sitio de muestreo:

Ingresar el área por sitio (m<sup>2</sup>):

**AGRICULTURA** **iniap**  
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**DIVECOFOR 1.0**

Uso de datos de inventario forestal para estimar índices de diversidad en ecosistemas forestales.

**CIRPAC INIFAP**  
 Campo Experimental Centro Altos de Jalisco  
 Av. Biodiversidad 2470, Tepatlán de Morelos, Jalisco, México, C.P. 47600  
 Tel. 55-3871-9700 Ext. 84302

**Dr. Ernesto A. Rubio-Camacho**  
 [rubio.ernesto@inifap.gob.mx]  
**Dra. Jacqueline Xelhuamán Carranza**  
 [jehuanzi.jacqueline@inifap.gob.mx]  
**M.C. Álvaro Agustín Chávez Durán**  
 [chavez.alvaro@inifap.gob.mx]

Figura 5. Ventana para la estimación del IVI.

Al dar clic en el buscador, el usuario tendrá acceso a una pestaña emergente para seleccionar y abrir el archivo de tipo CSV (Figura 6). Enseguida, se muestra una barra donde se observa cómo se va cargando el archivo; cuando este ha sido completado se muestra la leyenda carga completa “*Upload complete*”.

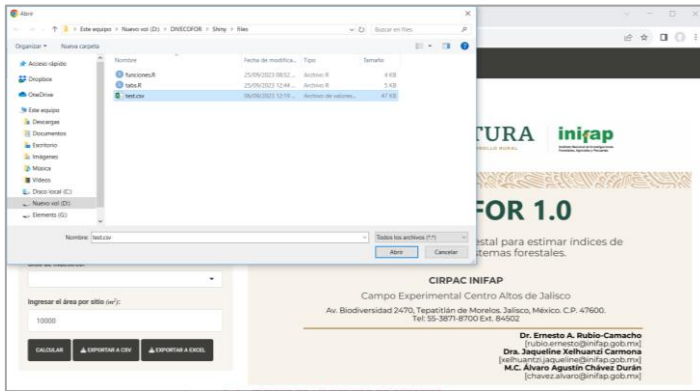


Figura 6. Carga de archivo con extensión .CSV

La base de datos, debe contener mínimo tres columnas; especie (sp), área basal (g) o de copa por árbol (ac) en metros cuadrados, así como el indicador de la unidad de muestreo (sitio). Es importante mencionar que, el programa no limita el número de columnas, ni el nombre; sin embargo, estas deben ser indicadas al cargar la base de datos, considerando la información que se solicita en cada uno de los apartados que aparecen en la ventana de IVI (Figura 7). Así mismo se recomienda evitar tildes o símbolos al denominar sus variables, para evitar errores.



**Valores de Importancia (IVI)**

Seleccionar un archivo CSV

Seleccionar la columna de especie:

Ingresar el área por sitio (m²):

**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN FORESTAL

**DIVECOFOR 1.0**

Uso de datos de inventario forestal para estimar índices de diversidad en ecosistemas forestales.

**CIRPAC INIFAP**  
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco  
Av. Biodiversidad 2470, Tepetitlán de Morelos, Jalisco, México, C.P. 47600.  
Tel: 55-3871-8700 Ext. 84502

**Dr. Ernesto A. Rubio-Camacho**  
(rubio.ernesto@inifap.gob.mx)  
**Dra. Jacqueline Xelhuantl Carmona**  
(xelhuantl.jacqueline@inifap.gob.mx)  
**M.C. Alvaro Agustín Chávez Durán**  
(chavez.alvaro@inifap.gob.mx)

Figura 7. Apartados para el cálculo del IVI.

Una vez que el archivo se cargó por completo, el usuario tiene que elegir las columnas de “especie”, “área basal o de copa” y “sitio de muestreo”. Adicionalmente, se tiene que ingresar el área de la unidad de muestreo en m<sup>2</sup>. Esta parte es muy importante, ya que de aquí se calculan las cantidades por hectárea de las variables.

Una vez que se han seleccionado todas las columnas necesarias se podrá realizar el cálculo del IVI (Figura 8). Simplemente dando clic al botón calcular y automáticamente se despliega una tabla con la información del IVI, es importante resaltar que este valor va a ser calculado por sitio, no por unidad de muestreo, es decir si usted tiene una base de datos de diferentes áreas se recomienda que desagregue esta información o si requiere saber la información por unidad de muestreo, también se recomienda que se analice por unidad de muestreo.

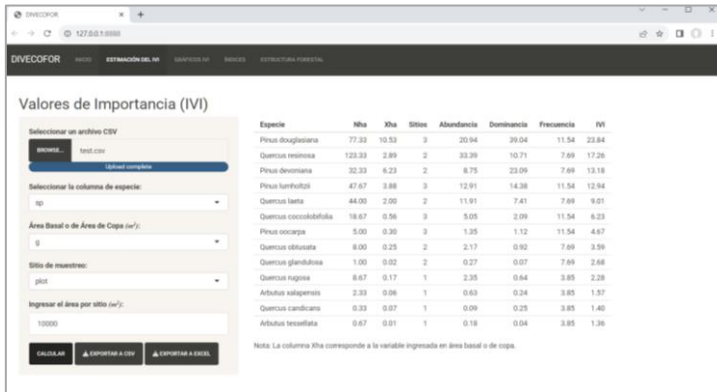


Figura 8. Nha= número de árboles por hectárea; Xha=área basal o de copa; Sitios= número de unidades de muestreo donde la especie está presente; abundancia, dominancia, frecuencia y IVI=índice de valor de importancia de la especie.

## 4.2. Exportar los cuadros del IVI

Los resultados del IVI pueden exportarse en el mismo formato CSV o directamente a Excel. Para eso se tiene que dar clic en cualquiera de los botones inferiores del panel izquierdo de acuerdo el formato deseado, enseguida comenzará la descarga del archivo y una vez completada, el usuario puede abrir el archivo y guardarlo en la ubicación que desee.

## 4.3. Gráficos del IVI

Otra función del DIVECOFOR es generar gráficos a partir de la tabla del IVI. Una vez que se llevó a cabo la estimación de los valores de importancia se habilitará el área del gráfico. Para ello será necesario cambiar de pestaña a la de nombre "GRÁFICOS IVI" (figura 9).

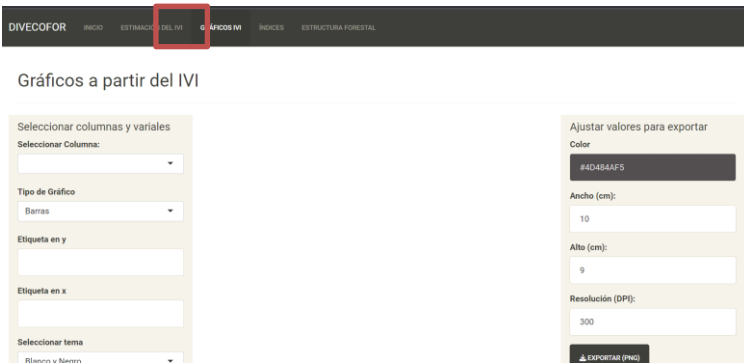


Figura 9. Pestaña de gráfico de IVI en DIVECOFOR

Esta pestaña muestra al centro de la ventana el gráfico, un panel a la izquierda y otro a la derecha. En el panel de la izquierda el usuario podrá seleccionar la columna a graficar, puede seleccionar cualquiera, por ejemplo, la del IVI. Esto automáticamente cambia los valores del gráfico. Posteriormente, el usuario podrá elegir entre dos tipos de gráficos, barras o puntos (Figura 10a). Además, podrá cambiar las etiquetas en los ejes X y Y. En este mismo panel en la parte inferior izquierda el usuario podrá elegir uno de los tres temas disponibles: blanco y negro, clásico o gris. En el panel del lado derecho, se encuentran elementos para el ajuste del gráfico a exportar. Por ejemplo, el usuario puede cambiar el color y tamaño (Figura 10b), es importante mencionar que los cambios de tamaño solo se verán reflejados en el gráfico exportado.

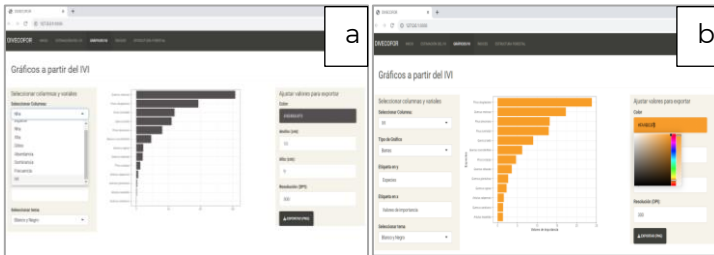


Figura 10. a) selección de variable del gráfico de IVI; b) selección del color y tamaño del gráfico a exportar.

#### 4.4. Cálculo diversidad alfa en DIVECOFOR

La diversidad y riqueza se calcula automáticamente en el programa de DIVECOFOR. Este cálculo se realiza por sitio de muestreo, así que, si se tienen tres sitios, mostrará tres filas con los datos, de tal manera que, si se tienen 100 unidades de muestreo (sitios), mostrará los índices de diversidad para cada una de las unidades de muestreo. Al igual que el IVI estos índices se muestran en una tabla que se podrá exportar directamente en formato CSV o a Excel (Figura 11). El índice de valor de importancia se estima de acuerdo con la base de datos que el usuario coloque en el software.





The screenshot shows a web browser window with the URL 127.0.0.1:8888. The application is titled 'DIVECOFOR' and has a navigation menu with 'INICIO', 'ESTIMACIÓN DEL IVI', 'GRÁFICOS IVI', 'ÍNDICES', and 'ESTRUCTURA FORESTAL'. The main content area is titled 'Índices de diversidad por sitio de muestreo' and displays a table with 8 columns: Sitio, Riqueza, Shannon, Hill, Simpson, Margalef, Menhinick, and Pielou. There are three rows of data. Below the table are two buttons: 'EXPORTAR A CSV' and 'EXPORTAR A EXCEL'.

Sitio	Riqueza	Shannon	Hill	Simpson	Margalef	Menhinick	Pielou
1	7.00	1.17	3.22	0.38	0.95	0.30	0.60
2	9.00	1.70	5.47	0.23	1.46	0.59	0.77
3	10.00	1.70	5.46	0.23	1.55	0.55	0.74

Figura 11. Tabla de los índices de riqueza y diversidad por unidad de muestreo analizado.

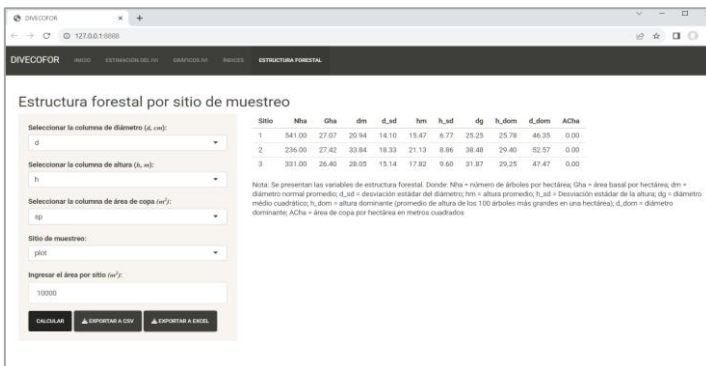
## 4.5. Cálculo de la estructura forestal

El DIVECOFOR también calcula los valores de otras variables de importancia forestal. Para ello, el usuario tiene que acceder a la pestaña “ESTRUCTURA FORESTAL” (Figura 12). La cual, muestra un panel a la izquierda en el que el usuario tiene que seleccionar el diámetro (cm), la altura (m) y el área de copa (m<sup>2</sup>) por árbol, finalmente se selecciona la columna de sitio y se ingresa el área de la unidad de muestreo, de manera similar que con el IVI.

Cuando se da clic en calcular, el programa estimará los siguientes parámetros de estructura forestal.

- $Nha^{-1}$  = número de árboles por hectárea
- $Gha^{-1}$  = área basal por hectárea

- $dm$  = diámetro normal promedio por unidad de muestreo.
- $d_{sd}$  = desviación estándar del diámetro
- $hm$  = altura promedio por unidad de muestreo
- $h_{sd}$  = Desviación estándar de la altura
- $d_g$  = diámetro medio cuadrático
- $h_{dom}$  = altura dominante (promedio de altura de los 100 árboles más grandes en una hectárea)
- $d_{dom}$  = diámetro dominante por unidad de muestreo.
- $ACh^{-1}$  = área de copa por hectárea en metros cuadrados.



**Estructura forestal por sitio de muestreo**

Seleccionar la columna de diámetro (d, cm):  
d

Seleccionar la columna de altura (h, m):  
h

Seleccionar la columna de área de copa (a, m²):  
a

Sitio de muestreo:  
plot

Ingresar el área por sitio (a, m²):  
10000

**Calcular** **Exportar a CSV** **Exportar a Excel**

Sitio	Nha	Gha	dm	d_sd	hm	h_sd	d_g	h_dom	d_dom	ACh
1	541.00	27.07	20.94	14.10	15.47	6.77	25.25	25.78	46.35	0.00
2	236.00	27.42	33.84	18.33	21.13	8.86	38.48	29.40	52.57	0.00
3	331.00	26.45	28.05	15.14	17.82	9.60	31.87	29.25	47.47	0.00

Nota: Se presentan las variables de estructura forestal. Donde Nha = número de árboles por hectárea; Gha = área basal por hectárea; dm = diámetro normal promedio; d\_sd = desviación estándar del diámetro; hm = altura promedio; h\_sd = Desviación estándar de la altura; d\_g = diámetro medio cuadrático; h\_dom = altura dominante (promedio de altura de los 100 árboles más grandes en una hectárea); d\_dom = diámetro dominante; ACh = área de copa por hectárea en metros cuadrados.

Figura 12. Determinación de la estructura forestal por unidad de muestreo.

Al final, el usuario puede exportar la base de datos a un archivo CSV o a Excel. Es importante mencionar que, si la base de datos no contiene alguna de las variables, por ejemplo, el área de copa, no hay problema. Solamente en la selección puede poner cualquier otra columna y al momento de exportar habría que ignorar ese resultado.

## 5. Conclusiones

DIVECOFOR ofrece diversas funciones adaptadas a diferentes grupos objetivo, atendiendo a distintos niveles de habilidad del usuario. Su principal objetivo es estimar la diversidad, la riqueza de especies y otros parámetros, como el índice de valor de importancia y la estructura forestal a nivel unidad de muestreo a excepción del área basal y densidad de árboles. Esta información permite describir y analizar atributos clave de los ecosistemas, proporcionando un conocimiento fundamental para su aprovechamiento, conservación y restauración. Es importante destacar que en el programa se puede definir el tamaño de la unidad de muestreo utilizada en el levantamiento de información y el programa realizará las estimaciones a nivel unidad de muestreo, además estimara los parámetros que son a nivel hectárea.

Conocer el estado de los ecosistemas permite tomar decisiones informadas sobre su resiliencia ante las perturbaciones, su capacidad de recuperación y los servicios ambientales que proporcionan a la comunidad. Además, facilita la definición de prácticas para un manejo sustentable del ecosistema. Este fue diseñado para que los científicos y los profesionales forestales lo utilicen como una herramienta de apoyo, que puede ser útil, tanto para la generación de conocimiento académico como en la toma de decisiones relacionadas con el manejo y conservación de los ecosistemas forestales.

## 6. Literatura consultada

- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., & Marroquín-de-la-Fuente, J. S. (2020). Muestreo Ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL (2006) Ecology: From Individuals to Ecosystems, 4 edition. Wiley-Blackwell, Malden, MA.
- FAO. (2019). Biodiversity's Role in Empowering People and Ensuring Inclusiveness and Equality. Biodiversity and the 2030 Agenda for Sustainable Development. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.cbd.int/development/doc/SDGs-pager-2-en.pdf>.
- López-Hernández, JA, Aguirre-Calderón, ÓA., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, JC., González-Tagle, MA., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. Madera y bosques, 23(1), 39-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>.
- Moreno CE (2001) Métodos para medir la biodiversidad. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>, Zaragoza.
- Morris, EK., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D., Socher, S. A., Sonnemann, I., Wäschke, N., Wubet, T., Wurst, S., & Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. Ecology and Evolution, 4(18), 3514–3524. <https://doi.org/10.1002/ECE3.1155>.
- Mostacedo B, Fredericksen TS (2000) Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, BOLFOS. BOLFOS, Santa Cruz, Bolivia.

- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- RStudio Team (2016) RStudio: Integrated Development for R. [Online] RStudio, Inc, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com> RStudio, Inc., Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2340-5>.
- WEF. (2023). New Nature Economy Report II: The Future Of Nature And Business | World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/new-nature-economy-report-ii-the-future-of-nature-and-business/>
- Chang, W., Cheng, J., Allaire, J. J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., & Borges, B. (2021). Shiny: web application framework for R. R package version 1.7. 1. 2021. URL <https://CRAN.R-project.org/package=shiny> Preprint not peer reviewed.

---

## **7. Agradecimientos**

Esta publicación se realizó por parte del proyecto SIGI No. 12521135910 “Adaptación, generación e Integración de Tecnología para el manejo Forestal Sustentable para Jalisco y Michoacán “, financiado con recurso fiscales.

---

### **Coordinadores de la información**

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas  
Dra. Celia de la Mora Orozco

### **Revisión técnica**

Dr. Efraín Velasco Bautista  
Dr. Andrés Flores García

### **Edición**

Dra. Jaqueline Xelhuantzi Carmona  
Dr. Ernesto Alonso Rubio Camacho

### **Diseño y fotografía**

Dra. Jaqueline Xelhuantzi Carmona  
Dr. Ernesto Alonso Rubio Camacho

### **Código INIFAP**

MX-0-310601-52-05-25-09-07

La presente publicación se terminó de  
imprimir en el mes de noviembre del 2024  
Talleres de Gráfica Lara. Venustiano Carranza 116,  
Col. Alcalde Barranquitas, Guadalajara, Jalisco  
C.P. 44100. Tel (33) 3613-1266  
E-mail: [graficalara@hotmail.com](mailto:graficalara@hotmail.com)

Su tiraje consta de 500 ejemplares

## **Campo Experimental Centro Altos de Jalisco**

**Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez**

Jefe de Campo

**Lic. Yarezy Cervantes Legaspi**

Jefe Administrativo

### **Personal Investigador**

<b>M.C. Ivonne Alemán de la Torre</b>	Maíz
<b>M.C. Luis Eduardo Arias Chávez</b>	Bovinos leche
<b>M.C. Erick Baltazar Brenes</b>	Socioeconomía
<b>Dr. Edgardo Bautista Ramírez</b>	Maíz
<b>Dr. Juan De Dios Benavides Solorio</b>	Servicios Ambientales
<b>M.C. Álvaro Agustín Chávez Durán</b>	Incendios Forestales
<b>M.C. Primitivo Díaz Mederos</b>	Maíz
<b>M.C. Gerardo Domínguez Araujo</b>	Carne de Cerdo
<b>Dr. Eliab Estrada Cortes</b>	Bovinos leche
<b>Dr. José Germán Flores Garnica</b>	Incendios Forestales
<b>Dr. Hugo Ernesto Flores López</b>	Manejo Integral de Cuencas
<b>M.C. Alberto Jorge Galindo Barboza</b>	Carne de Cerdo
<b>M.C. Javier Ireta Moreno</b>	Trigo y Avena
<b>Dr. Alejandro Ledesma Miramontes</b>	Maíz
<b>Dr. Miguel Angel Martínez Ortiz</b>	Tecnología de Alimentos
<b>M.C. David Arturo Moreno González</b>	Manejo Forestal Sustentable
<b>Dr. José Luis Ramírez Díaz</b>	Maíz
<b>Dra. Gabriela Ramírez Ojeda</b>	Agrometeorología y Modelaje
<b>M.C. Guadalupe Fabiola Reygadas Prado</b>	Servicios Ambientales
<b>Dr. Ernesto Alonso Rubio Camacho</b>	Manejo Forestal Sustentable
<b>Dr. Agustín Rueda Sánchez</b>	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
<b>M.C. Santiago Ruiz Ramírez</b>	Maíz
<b>Dra. Yolanda Salinas Moreno</b>	Maíz
<b>Dra. Susana Elizabeth Sánchez Ramírez</b>	Maleza
<b>Dr. Alfredo Sandoval Esquivéz</b>	Frutales
<b>Ing. Jorge Humberto Villarreal Rodas</b>	Bovinos Leche
<b>M.C. Fernando Villaseñor González</b>	Bovinos leche
<b>Dra. Diana Zamora Gutierrez</b>	Bovinos leche
<b>Dra. Jaqueline Xelhuantzi Carmona</b>	Incendios forestales



**PUBLICACIÓN REVISADA POR EL  
COMITÉ EDITORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL  
CENTRO ALTOS DE JALISCO**

**COMITÉ EDITORIAL**

Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez	Presidente
M.C. Erick Baltazar Brenes	Secretario
Dr. Eliab Estrada Cortés	Vocal
Dr. Ernesto Alonso Rubio Camacho	Vocal
Dr. Hugo Ernesto Flores López	Vocal
M.C. Javier Ireta Moreno	Vocal
Dr. Edgardo Bautista Ramírez	Vocal



AGRICULTURA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

iniap  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

## Centros de Investigación y Campos Experimentales del INIFAP



### CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL

#### NOROESTE

- 1 Valle de Mexicali
- 2 Todos Santos
- 3 Costa de Hermosillo
- 4 Dr. Norman E. Borlaug
- 5 Valle del Fuerte
- 6 Valle de Culiacán

#### NORTE CENTRO

- 7 La Campana
- 8 Delicias
- 9 Valle del Guadiana
- 10 La Laguna
- 11 Zacatecas
- 12 Pabellón

#### NORESTE

- 13 Saltillo
- 14 Río Bravo
- 15 General Terán
- 16 Las Huastecas
- 17 San Luis

#### PACÍFICO CENTRO

- 18 Santiago Ixcuintla
- 19 Centro - Altos de Jalisco
- 20 Tecomán
- 21 Valle de Apatzingán
- 22 Uruapan

#### CENTRO

- 23 Bajío
- 24 Valle de México

#### PACÍFICO SUR

- 25 Zacatepec
- 26 Iguala
- 27 Valles Centrales de Oaxaca
- 28 Centro de Chiapas
- 29 Rosario Izapa

#### GOLFO CENTRO

- 30 San Martínito
- 31 Cotaxtla
- 32 La Posta
- 33 Ixtacaco
- 34 El Palmar
- 35 Huimanguillo

#### SURESTE

- 36 Edzná
- 37 Mocochá
- 38 Chetumal

● Sede de Centro de Investigación Regional

● Campo Experimental

● Oficinas Centrales

### CENTROS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA

- 39 AF (Agricultura Familiar)
- 40 SAI (Salud Animal e Inocuidad)
- 41 PyMA (Fisiología y Mejoramiento Animal)
- 42 RASPA (Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera)
- 43 COMEF (Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales)
- 44 CNRG (Centro Nacional de Recursos Genéticos)



[www.gob.mx/inifap](http://www.gob.mx/inifap)

Se trata de un programa desarrollado específicamente para el cálculo de los principales índices de diversidad en ecosistemas forestales. Esta aplicación ha sido programada en el lenguaje R y hace uso de la librería Shiny para crear una interfaz de usuario gráfica intuitiva. La operatividad del usuario final se simplifica significativamente, ya que solo se requiere cargar la base de datos de inventario forestal en formato de valores separados por comas (CSV). Así, el DIVECOFOR proporciona diversas opciones para calcular los índices de diversidad más reconocidos, como el índice de valores de importancia, el índice de Shannon, el índice de Margalef, así como otros indicadores relevantes de la estructura forestal.

