

# SÍNTESIS NACIONAL DE CARBONO EN CRONOSECUENCIAS

## DOCUMENTACIÓN

**Marcos Casiano (PMC)**

**Sara Covaleda Ocon (Universidad de Valladolid)**

**Deb Raj Aryal (UNACH)**

**Marlen Rojo (PMC)**

El objeto del presente trabajo es integrar una base de datos de los contenidos de carbono que se reportan en la secuencia de sucesión de comunidades de plantas que ocupan un lugar a través del tiempo bajo el concepto de cronosecuencias (Kimmins, 2004), ya sea por abandono de tierras cultivadas o aprovechadas (manejo forestal) y por degradación de la vegetación natural.

Los objetivos generales del trabajo son:

- Identificar los datos de carbono de los diferentes compartimentos por rangos de edad y tipo de vegetación
- Sintetizar los datos de análisis físicos, químicos y mineralógicos adicionales al contenido de carbono
- Integrar los datos nacionales de carbono en hojas de Excel

Para cumplir con los objetivos de este trabajo, en primera instancia se realizó una búsqueda de artículos de carácter oficial o científico, que hicieran alusión a una cronosecuencia forestal o en su caso a una etapa de sucesión. y en los cuales se mencionaran datos de biomasa o carbono de los diferentes compartimentos. Es importante mencionar que la búsqueda de información se enfocó a nivel nacional y sin restricción del periodo de publicación de los artículos.

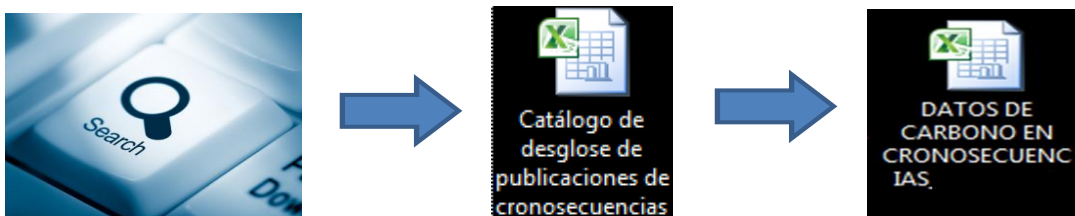
Los compartimentos de almacenaje de carbono que se tomaron en cuenta para el estudio fueron:

- Biomasa aérea que es la biomasa viva por encima del suelo, como fuste, ramas, corteza, semillas y hojas.

- Biomasa subterránea que es la biomasa de raíces vivas excluyendo raíces finas de menos de 2 mm de diámetro
- Mantillo que considera la hojarasca, capa de fermentación y material leñoso caído fino con diámetro menor de 7 cm
- Madera muerta o necromasa son los árboles muertos en pie y tocones  $\geq 7.5$  cm
- Carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades
- Adicional a los compartimentos anteriores, y en función al análisis de la información de los artículos se incluyó la categoría de carbono microbiano

No se realizó distinción de las entidades federativas donde se realizaron los estudios, debido a que se buscó la inclusión de todos los estudios que mencionaran una cronosecuencia forestal. Se buscó que en los artículos se mencionara información referente a carbono, sin embargo, hubo caso en los que solo menciono la biomasa. Ejemplo del caso anterior es el Artículo 1 (Acosta M. M, Carrillo A. F., Delgado D. y Velasco B. E. 2013. Establecimiento de parcelas permanentes para evaluar impactos del cambio climático en el Parque Nacional Izta-Popo. Rev. Mex. Cien. For. 5(26): 6-29); este tipo de casos no fue restrictivo debido a que a partir de la biomasa se calculó el carbono con ayuda de un factor generalizado de conversión de 0.5.

Con la información de los artículos se realizaron dos archivos de Excel; el archivo nombrado **Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx**, que enlista los artículos por clave y a su vez es la guía para la integración de los datos de carbono en el otro archivo denominado **DATOS DE CARBONO EN CRONOSECUENCIAS.xlsx**.



El archivo Catálogo resume la información general de cada uno de los 90 artículos encontrados; este a su vez consta de tres pestañas (Figura 1).

La primera pestaña se denomina **Catálogo 90**, en la cual se puntualizan los datos relacionados a los 90 artículos. En las columnas se colocaron los títulos de la información que se recopiló de cada uno de los documentos como: Código del documento o artículo, Cita completa, Título del artículo,

Autor (es), Año de publicación, Revista o Editorial, Resumen, Ubicación de los sitios, Clima, Clima Koopen, Suelo (os), Entidad federativa, Edo\_original o referencia, Edo\_original o referencia INEGI, Edo\_inicial o sucesional, Edo\_inicial o sucesional INEGI, Edad \_mín, Edad\_máx, No. puntos, BA, BS, Suelo, Mantillo, MM y CM (Figura 1 y Figura 2).

En cada una de las filas se enlistaron los artículos del 1 al 90 y en estas se incluyó la información contenida en el documento, en función a los títulos de los encabezados de las columnas.

Se presentaron casos donde el artículo o documento no mencionaban parte de la información que se requería para el llenado de este catálogo, y en esos casos se colocó -999, para indicar que no se cuenta con la información debido a que no se menciona en el documento original.

El Edo\_original o referencia fue considerado como la vegetación inicial antes de generarse el disturbio, en algunos casos no mencionan datos para este estado pero si se menciona de manera general en el documento. El Edo\_inicial o sucesional hace hincapié en los estados sucesiones después de un disturbio o por aprovechamiento forestal.

En las últimas 6 columnas de esta pestaña se menciona en que caso se cuenta con datos de carbono en los diferentes compartimentos considerados en el estudio, para ello, se colocó la palabra SI en el caso de que contará con la información.

Lo ideal era que todos los documentos o artículos reportarán cantidad de carbono para todos los compartimentos; sin embargo, en función a sus objetivos y por cuestiones operativas de los estudios solo se incluyó uno a varios compartimentos.

En este documento de Excel se puede apreciar que de los 90 artículos, 56 mencionan información de biomasa aérea; 21 para biomasa subterránea; 32 para carbono orgánico del suelo, 40 para mantillo, 14 para madera muerta o necromasa y 1 para carbono microbiano.

La segunda pestaña nombrada Diccionario se refiere a algunos comentarios relacionados al nombramiento de conceptos de la primera pestaña (Catálogo 90) y la última pestaña se denomina INEGI, ahí se desglosa el índice de referencia de la vegetación conforme a la nomenclatura INEGI, la cual se utiliza para nombrar los tipos de vegetación de cada uno de los documentos o artículos enlistados en la primera pestaña.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	Código de documento	Citas completas	Título del Artículo	Autor (es)	Año de publicación	Revista o Editor	Resumen	Ubicación de los sitios (coordenada)	Clima	Clima general	Clima Koopen	Selo (os)	Entidad federativa	Edad año	Edad mes	Edo. original o referencial	Edo. original o referencial INEGI	Edo. inicial o sucesio	Edo. inicial o sucesio INE	Nº puntos	BA	BS (Raíces)	Selo	Maatillo	MM	CM
1	1	Acosta M. A. F., Delgado D. y Valasco R. F.	Establecimiento de parcelas permanentes para evaluar impactos del cambio	Miguel Acosta Mielles, Fernando Carrillo Anzures, Diego Delgado y Efraín	2013	Rev. Mex. Cien. For.	A fin de contar con una línea base de información	18°59'00.43" y 19°28'09.44" N y 98°34'55.88" y 98°46'40.95" O	Templado subhúmedo, con lluvias en verano	Templado	C(m) (w) b(c) g	Eptosoles, Andosoles, Cambisoles y Fluvisoles	Estado de México	48	80	Vegetación primaria de bosque	BP	-393	-393	3	SI					
2	2	Acosta M., Quednow K., Etcheverez J. y Monreal C.	Un método para la medición del carbón almacenado en la parte aérea de	M. Acosta, K. Quednow, J. Etcheverez y C. Monreal	2001	Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la	El trabajo se realizó en tres regiones de Oaxaca, caracterizadas	18° 08' 57" y 18° 10' 13" N, 96° 53' 30" y 96° 54' 43" O, 17° 50' 20" y 17° 51' 25" N, 96° 51' 55" y 96° 52'	Templado	Templado	-393	-393	Oaxaca	2	-393	Vegetación primaria de bosque	BM, BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de	VSA/EM, VSS/EM, PN	3	SI		SI			
3	3	Adame M. F., Kaufmann B., Valdez V., Frausto J. M. y Bhandari A.	Determinación de la estructura y existencias de carbono en manglares de la	Adame María Fernanda, Kaufmann Boone, Valdez Vanessa, Frausto	2012	CONAMP, Cinvestav, FMCON, USFS y USAID	Se determinó las reservas de C en diferentes tipos de	-393	Tropical	Tropical	-393	-393	Quintana Roo	>30	>30	Vegetación primaria de vegetación	VHH	-393	-393	4	SI	SI	SI			
4	4	Aguirre C. O. A. y Jiménez F. J.	Evaluación del contenido de carbono en bosques del sur de Nuevo León.	Aguirre-Caldorón Oscar Alberto y Jiménez-Pérez Javier	2011	Rev. Mex. Cien. For.	Se desarrolló métodos e instrumentos prácticos para realizar	Entre 24°27'23" y 24°32'51" N y 99°53'54" y 100°01'34" O	Templado	Templado	-393	Cambisoles y Fluvisoles.	Nuevo León	35	-393	Vegetación primaria de bosque	BP, BPG, BOP	-393	-393	4	SI					
5	5	Aguirre S. C. A., Valdez L. J. R., Angeles P. G., De los Santos P. H., Alredo H. L. R.	Mapeo de carbono arbóreo aéreo en bosques manejados de pino Español en Biomasa y almacenes de carbono radical en la región de las Lajas.	Carlos A. Aguirre Salado, José R. Valdez Lpezalde, Gregorio Angeles Pérez, Héctor M.	2009	Agrociencia	Este trabajo presenta relaciones entre datos espectrales	98° 35' 30" y 98° 37' 46" O, 20° 36' 44" y 20° 37' 49" N	Templado lluvioso con lluvias en verano	Templado	-393	-393	Fozcom hípico, regosol calcárico	Hidalgo	8	>30	Vegetación primaria de bosque	BPG	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-sacino.	VSA/BP O, VSS/BP O	15	SI				
6	6	Alredo H. L. R. 2001. Biomasa y almacenes de carbono	Biomasa y almacenes de carbono radical en la región de las Lajas.	Aredo Hernández Luis Raúl	2001	UNAM	Se cuantificó la biomasa de raíces y del almacén de C contenida en	Entre 35° 04' y 35° 09' W y los 18° 34' y 18° 36' N	Cálido-húmedo	Tropical	-393	-393	Veracruz	8	>30	Vegetación primaria de selva alta	SAP	Vegetación secundaria arbórea de selva alta	VSA/SAP . PN	7		SI				
7	7	Anaya C. A. y Huber S. E.	Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics after conversion of	Carlos A. Anaya y Elizabeth Huber Sanwald	2015	Soil & Tillage Research	Se examinó los efectos a largo plazo de la agricultura de	21° 36' N, 98° 58' O	Cálido sub-húmedo	Tropical	-393	Rendzina	San Luis Potosí	20	100	Vegetación primaria de selva alta	SAP	Agricultura de temporal de ciclo semipermanent	TS	10		SI				
8	8	Angeles P. G., Méndez L. B., Valdez L. R., Plascencia E. F. O., De los	Estudio de Caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en	Gregorio Angeles Pérez, Benjamín Méndez López, René Valdez Lozada, F. O. De los	2005	C.P. SEMARNA T, CONAFOR, Fortalecimiento	En este documento se hace un recuento del proceso de	20°40'17" y 20°34'51" N, 98°40'07" y 98°34'22" W	Templado-húmedo con una estación marcada de	Templado	C(fm)w"b(c)g	Luvizoles árticos, crómicos, cambisoles útricos	Hidalgo	0	80	Vegetación primaria de bosque	BPG	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-sacino.	VSA/BP O, VSS/BP O, YSH/BP O	4 y 28		SI	SI			
9	9	Anguiano J. M., Aguirre J. y Palma J. M.	Secuestro de carbono en la biomasa aérea de	Anguiano J. M., Aguirre J. y Palma J. M.	2013	Avances en Investigación	Con el objetivo de estimar el	18° 57' 43" LN y 103° 52' 41" LO	Trópico seco	Tropical	Aw0	-393	Colima	45	-393	Vegetación	SMQ	Agricultura de temporal de ciclo	TP, Sistema Agrofore	3	SI					

Figura 1. Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx



Figura 2. Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx

En el archivo **DATOS DE CARBONO EN CRONOSECUENCIAS.xlsx** se incluyó la información que se obtuvo de cada uno de los artículos enlistados en el archivo **Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx**.

En este archivo se organizaron los datos en 6 pestañas. Cada pestaña hace referencia a cada uno de los compartimentos de carbono (BIOMASA AÉREA, BIOMASA SUBTERRÁNEA, CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO, MANTILLO, MADERA MUERTA O NECROMASA Y CARBONO MICROBIANO). En cada compartimento se muestra la información por código de autor (1 a 90) y en cada fila se

incluye información de va de lo general a lo particular, es decir, primero se menciona la vegetación del lugar y después se desglosa por sitios (Figura 3).

Se incluyeron dos columnas, la denominada Nota o comentario, donde se hizo alusión a especificaciones puntuales del estudio (uso del programa GetData Graph Digitizer, en relación al estado original o sucesional, etc.) y la columna Nota o comentario (Rangos originales de edad) donde se colocaron los rangos de edad de la vegetación de los sitios, debido a que en el estudio solo se tomaran en cuentan datos sin rangos, por lo que se obtuvo una media.

Se presentaron casos en los cuales no se hace mención directa de los datos de biomasa o carbono y por ello, se utilizó el programa GetData Graph Digitizer para poder obtenerlos de manera indirecta por medio de la digitalización de los gráficos. Un ejemplo de este caso fue el Artículo No. 30 (Galicia L., Saynes V. y Campo J. 2015. Biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa en una cronosecuencia de bosques templados con aprovechamiento forestal. Botanical Sciences 93 (3): 473-484).

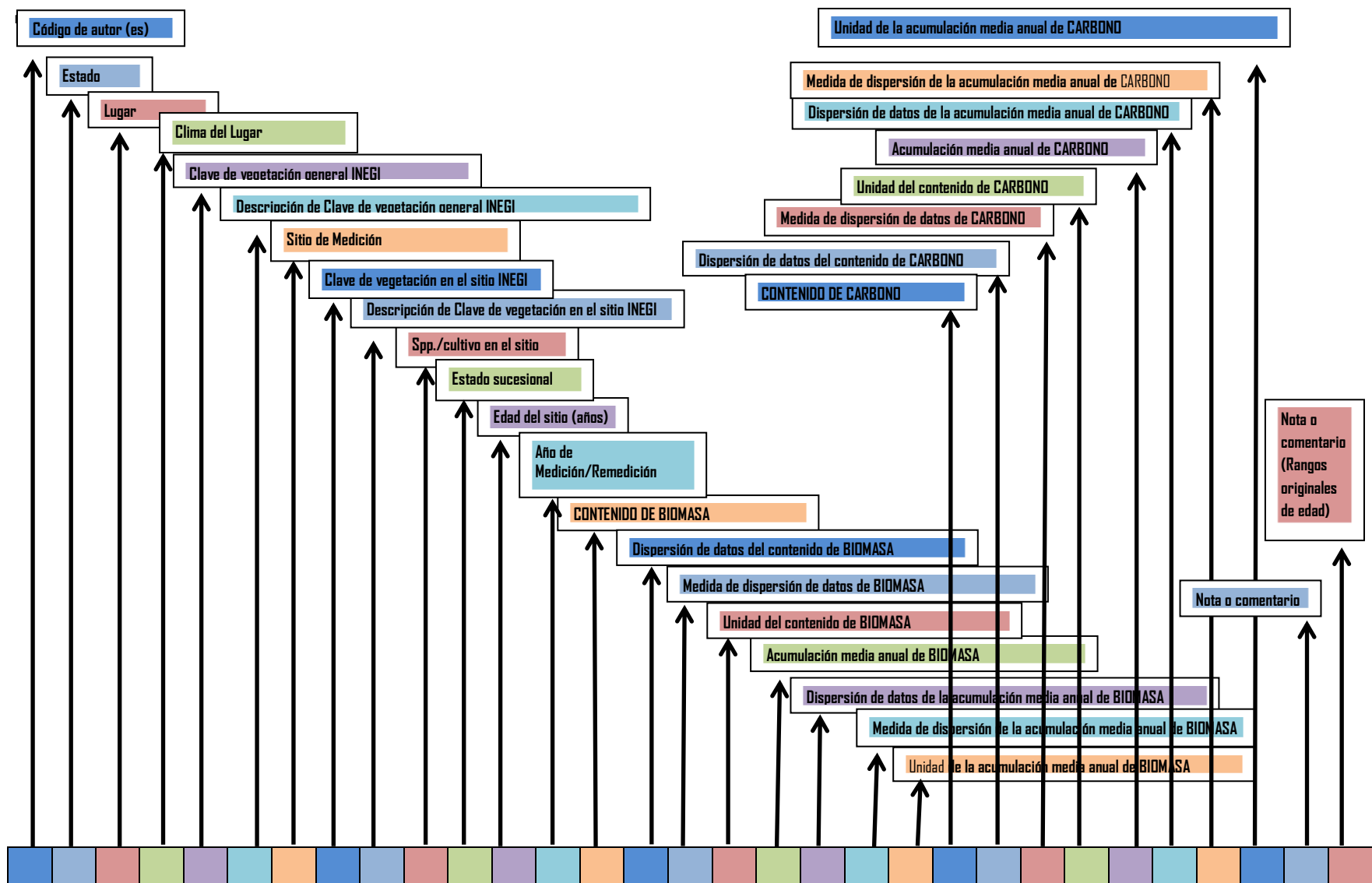


Figura 3. Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx

El encabezado de cada columna hace referencia a un dato en particular, a continuación se menciona a que se refiere cada uno.

- Código de autor (es): Código de identificación del documento (en relación al archivo Catálogo de desglose de publicaciones de cronosecuencias.xlsx)
- Estado: Entidad (es) federativa (s) donde se desarrolló el estudio
- Lugar: Nombre del lugar (es) donde se desarrolló el estudio. Ej: Municipio, Ejido, Localidad, Paraje, etc.
- Clima del Lugar: Clima del lugar donde se desarrolla el estudio
- Clave de vegetación general INEGI: Clave INEGI de los tipos de vegetación estudiados
- Descripción de Clave de vegetación general INEGI: Descripción INEGI de los tipos de vegetación estudiados
- Sitio de Medición: Nombre del sitio donde se midieron los datos de biomasa y/o carbono
- Clave de vegetación en el sitio INEGI: Clave INEGI del tipo de vegetación del sitio de medición
- Descripción de Clave de vegetación en el sitio INEGI: Descripción INEGI del tipo de vegetación del sitio de medición
- Spp./cultivo en el sitio: Listado de especies o cultivos en el sitio de medición
- Estado sucesional: Se hizo alusión al denominado Estado original 1 (de referencia) o al Estado sucesional 2 (inicial) de la vegetación en cada sitio
- Edad del sitio (años): Edad del sitio en años
- Año de Medición/Remediación: Año en que se llevó a cabo la medición o la remediación de los sitios
- CONTENIDO DE BIOMASA: Cantidad de biomasa
- Dispersión de datos del contenido de BIOMASA: Dispersión de datos del contenido de BIOMASA
- Medida de dispersión de datos de BIOMASA: Medida de dispersión de datos de BIOMASA (Desviación estándar, Coeficiente de variación, Error estándar, etc.)
- Unidad del contenido de BIOMASA: Se uniformizó a  $\text{Mg ha}^{-1}$
- Acumulación media anual de BIOMASA : Acumulación media anual de BIOMASA
- Dispersión de datos de la acumulación media anual de BIOMASA: Dispersión de datos de la acumulación media anual de BIOMASA



- Medida de dispersión de la acumulación media anual de BIOMASA: Medida de dispersión de la acumulación media anual de BIOMASA (Desviación estándar, Coeficiente de variación, Error estándar, etc.)
- Unidad de la acumulación media anual de BIOMASA: Unidad de la acumulación media anual de BIOMASA ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )
- CONTENIDO DE CARBONO: Cantidad de carbono
- Dispersión de datos del contenido de CARBONO: Dispersión de datos del contenido de CARBONO
- Medida de dispersión de datos de CARBONO : Unidades de dispersión de datos de CARBONO
- Unidad del contenido de CARBONO: Se uniformizó a  $\text{Mg ha}^{-1}$
- Acumulación media anual de CARBONO: Acumulación media anual de CARBONO
- Dispersión de datos de la acumulación media anual de CARBONO: Dispersión de datos de la acumulación media anual de CARBONO
- Medida de dispersión de la acumulación media anual de CARBONO: Medida de dispersión de la acumulación media anual de CARBONO (Desviación estándar, Coeficiente de variación, Error estándar, etc.)
- Unidad de la acumulación media anual de CARBONO: Unidad de la acumulación media anual de CARBONO ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )

Solo en el compartimento de CARBONO ORGÁNICO EN SUELO es la única a la que se le adicionaron más columnas, las cuales corresponden a propiedades físicas, químicas y mineralógicas de los suelos.

El contenido de biomasa y carbono se uniformizaron a  $\text{Mg C ha}^{-1}$ , en el caso que en el estudio mencionó otras unidades se realizaron las conversiones necesarias.

### **Consideraciones técnicas**

En el No. 1 (Acosta M. M, Carrillo A. F., Delgado D. y Velasco B. E. 2013. Establecimiento de parcelas permanentes para evaluar impactos del cambio climático en el Parque Nacional Iztapopo. Rev. Mex. Cien. For. 5(26): 6-29.); solo se mencionó información del compartimento de biomasa aérea, sin embargo, en las pestañas siguientes la fila referente a este artículo se colocó -

999, haciendo alusión a que no se cuenta con esa información, debido, a que no fue parte del estudio.

Otro ejemplo de este de lo anterior es el No 24 (Contreras M. J. 2014. Almacenes de carbono edáfico en sistemas productivos en la comunidad de Cevatí, San José del Rincón, Estado de México. UAEM. Estado de México, México. 88 p.) en el que solo se tiene información de carbono en el suelo.

Un ejemplo donde sí se menciona una cronosecuencia definida por bosque maduro y bosque secundario es el Artículo No. 86 (Vargas R., Allen M. F. y Allen E. B. 2008. Biomass and carbon accumulation in a fire chronosequence of a seasonally dry tropical forest. *Global Change Biology* 14: 109–124).

Por ejemplo en el Artículo 5 (Aguirre S. C. A., Valdez L. J. R., Ángeles P. G., De los Santos P. H. M., Haapanen R. y Aguirre S. A. I. 2009. Mapeo de carbono arbóreo aéreo en bosques manejados de Pino patula en Hidalgo, México. *Agrociencia* 43: 209-220), solo menciona datos para los estados sucesionales).

Algunos artículos considerados solo mencionaban el estado de sucesión sin hacer referencia a la edad, por ejemplo, en el No. 15 (Becerril P. R., González S. E., Mastachi L. C. A., Díaz D. C. y Ramos S. N. M. 2014. Contenido de carbono en un ecosistema semiárido del centro de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1(1):9-18) se menciona la degradación del área sin mencionar la edad.

Conforme a las premisas un bosque bajo manejo forestal puede considerarse como ejemplo de cronosecuencia, debido a que los tratamientos silvícolas son en sí una perturbación. Se ocuparon algunos documentos que hacían referencia a esta condición; ejemplo de ello es el No. 22 (Chávez A. G., Ángeles P. G., Pérez S. M., López L. M. A., García M. E. y Wayson C. 2016. Distribución de biomasa aérea en un bosque de *Pinus patula* bajo gestión forestal en Zacualtipán, Hidalgo, México. *Madera y Bosques* 22 (3): 23-36).

Algunos documentos hacían referencia a una edad específica; por ejemplo el No. 62 (Pacheco E. F. C., Aldrete A., Gómez G. A., Fierros G. A. M., Cetina A. V. M. y Vaquera H. H. 2007. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *Pinus greggii*

Engelm. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (3): 251-254) en cuyo estudio calcularon la biomasa y el carbono de una plantación de *Pinus greggii* a la edad de 6 años.