

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 12, número 2; 2024

Artículo original

Potencial germinativo de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth Engl. en el sur de México

*Germinative potential of *Bursera glabrifolia* seeds Kunth Engl. in southern Mexico*

*Potencial germinativo de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth Engl. no sul do México*

Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez^{1*} , Gerardo Rodríguez-Ortiz¹ ,

María Mercedes Cervantes-Machuca¹ 

¹Tecnológico Nacional de México, División de Estudios de Posgrado e Investigación-IT del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor por correspondencia: erodriguez-v@hotmail.com

Recibido: 16/11/2023.

Aprobado: 04/04/2024.

RESUMEN

Bursera glabrifolia (copal blanco) es una especie nativa de la selva baja caducifolia y presenta tasas bajas de germinación con dificultad para la propagación de la especie. El objetivo fue evaluar el potencial germinativo de semillas de árboles selectos de *Bursera glabrifolia* (copal blanco) con diferentes tratamientos pregerminativos. Las semillas fueron colectadas en Valles Centrales de Oaxaca, México; se describieron morfológicamente un promedio de 75



semillas por progenitor, en 2014 se sometieron a tratamientos pregerminativos (TP) durante 24 h: 1) inmersión en 15 mL de acetona al 99.5 %; 2) inmersión en 15 mL de bebida gaseosa de nombre comercial Coca Cola® clásica; 3) inmersión en excremento de *Bassariscus sumichrasti* (*cacomixtle*). Se colocaron en cámara de incubación de cuatro a 10 semillas por caja Petri a una temperatura constante de 25°C. Se utilizó diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial (9×3, progenitores-TP) para evaluar germinación. Se realizaron análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey, 0.05) y clasificación jerárquica de árboles (análisis clúster). Los indicadores de vigor mostraron diferencias ($P \leq 0.0001$) entre árboles, TP e interacción; semillas colectadas de tres árboles mostraron mejores resultados en porcentaje germinativo, energía germinativa, velocidad germinativa e índice de velocidad de germinación. La menor y mayor germinación fue acetona (8.9 % a 34 días) y Coca Cola® (48.9 % a 23 días). Para alcanzar mayor porcentaje germinativo en la especie, se realizó inmersión de semillas en Coca Cola® durante 24 h, previo lijado antes de la siembra.

Palabras clave: árboles selectos, indicadores de vigor, selva baja caducifolia, semilla, tratamientos pregerminativos.

SUMMARY

Bursera glabrifolia is a species native to the low deciduous forest and has low germination rates making it difficult for the species to propagate. The objective was to evaluate the germination potential of seeds from select *Bursera glabrifolia* trees with different pregerminative treatments. The seeds were collected in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. An average of 75 seeds per parent were morphologically described, in 2014, it were subjected to pregerminative treatments for 24 h: 1) immersion in 15 ml of 99.5% acetone; 2) immersion in 15 ml of Coca Cola® classic soft drink; 3) immersion in *Bassariscus sumichrasti* excrement. Four to 10 seeds per Petri dish were placed in an incubation chamber at a constant temperature of 25°C. A completely randomized experimental design with a factorial arrangement (9×3, parents-TP) was used to evaluate germination. Analysis of variance, tests of means (Tukey, 0.05) and hierarchical tree classification (cluster analysis)



were performed. The vigor indicators showed differences ($P \leq 0.0001$) between trees, TP and interaction. Seeds collected from three trees showed better results in germination percentage, germination energy, germination speed and germination speed index. The lowest and highest germination was acetone (8.9 % at 34 days) and Coca Cola® (48.9% at 23 days). To achieve a higher germination percentage in the species, seeds were immersed in Coca Cola® for 24 h, after sanding before sowing.

Keywords: select trees, vigor indicators, deciduous lowland forest, seed, pregerminative treatments.

RESUMO

Bursera glabrifolia (copal blanco) é uma espécie nativa da floresta estacional decídua baixa e apresenta baixas taxas de germinação dificultando a propagação da espécie. O objetivo foi avaliar o potencial germinativo de sementes de árvores selecionadas de *Bursera glabrifolia* (copal blanco) com diferentes tratamentos pré-germinativos. As sementes foram coletadas nos Vales Centrais de Oaxaca, México; Foram descritas morfológicamente em média 75 sementes por genitor. Em 2014, foram submetidas a tratamentos pré-germinativos (TP) por 24 h: 1) imersão em 15 mL de acetona 99,5%; 2) imersão em 15 mL de refrigerante clássico Coca Cola®; 3) imersão em excrementos de *Bassariscus sumichrasti* (cacomixtle). Quatro a 10 sementes por placa de Petri foram colocadas em uma câmara de incubação a uma temperatura constante de 25°C. Para avaliar a germinação foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial (9×3 , pais-TP). Foram realizadas análise de variância, testes de médias (Tukey, 0,05) e classificação em árvore hierárquica (análise de cluster). Os indicadores de vigor apresentaram diferenças ($P \leq 0,0001$) entre árvores, TP e interação; Sementes coletadas de três árvores apresentaram melhores resultados em porcentagem de germinação, energia de germinação, velocidade de germinação e índice de velocidade de germinação. A menor e maior germinação foi a acetona (8,9 % aos 34 dias) e a Coca Cola® (48,9% aos 23 dias). Para atingir maior percentual de germinação na espécie, as sementes foram imersas em Coca Cola® por 24 h, após lixamento antes da semeadura.



Palabras-chave: árboles seleccionadas, indicadores de vigor, floresta decídua de várzea, semillas, tratamientos pré-germinativos.

INTRODUCCIÓN

Bursera glabrifolia es una especie nativa de la selva baja caducifolia (SBC) de México, que se considera uno de los ecosistemas de mayor diversidad en el mundo; su extensión en México está entre 7,7 % y 8,2 % de superficie del país y presenta gran diversidad de especies con alto grado de endemismo (García-Flores *et al.*, 2021). La SBC se caracteriza por tener sitios de fisiografía accidentada, suelos pobres y someros y la enorme variedad de climas que incluye la estacionalidad de la precipitación que generan variaciones estacionales en la disponibilidad de agua, nutrimentos y luz (Méndez-Toribio *et al.* 2014). Pero, alrededor de 70 % del área de SBC se ha perdido en las últimas décadas y 50 % del área cubierta por este tipo de vegetación está formada por bosques perturbados (Bonfil-Sanders *et al.*, 2008). En el estado de Oaxaca, al sur de México, la SBC cubre una superficie de 26 731 km², es decir, 28,5 % del estado. Y se considera que 12 000 km² de este tipo de vegetación muestra un grado de deterioro de moderado a severo (Silva-Aparicio *et al.*, 2018).

El aprovechamiento de los árboles de *Bursera glabrifolia* (copal blanco) es de libre acceso en terrenos comunitarios, pero no regulada, lo que conlleva a ciertos problemas de explotación irracional (Silva-Aparicio *et al.*, 2018, Cultid-Medina y Rico 2020). Es notoria la extracción de madera para la producción de artesanías conocidas como alebrijes; además, del aprovechamiento de su resina y su aceite esencial (Rico 2021). Oficialmente esta especie no se encuentra categorizada en algún nivel de amenaza o conservación; sin embargo, ante la magnitud de la deforestación de esta especie es urgente su propagación sexual o asexual (Vásquez-García *et al.*, 2019).

En proyectos para propagar *Bursera* mediante semillas y establecer plantaciones, interesa conocer las características intrínsecas de las semillas que influyen en su potencial germinativo como las propiedades morfológicas y fisiológicas de la semilla (Rico 2021). El porcentaje de germinación siempre será bajo (menores al 50 %) debido a la frecuencia de



semillas vanas y dificultades físicas de semillas que presentan varias especies de *Bursera* (Rodríguez-Vásquez *et al.*, 2018); y dado que la procedencia y tamaño de la semilla influyen en su potencial germinativo es necesario su caracterización morfológica y fisiológica (Vásquez *et al.*, 2015).

Para determinar las condiciones apropiadas de germinación es necesario identificar si éstas presentan latencia, lo cual se manifiesta cuando la semilla viable no germina a pesar de que éstas se encuentran en condiciones óptimas para ello (Orantes-García *et al.*, 2013). La latencia puede clasificarse según el mecanismo que impide la germinación; latencia física, causada por una capa impermeable al agua en la testa de las semillas impidiendo que ocurra la imbibición para iniciar la germinación (Guzmán-Pozos *et al.*, 2018, Morgan y Jose 2013); y latencia fisiológica, causada por un mecanismo de inhibición metabólica del embrión, que no puede iniciar su crecimiento (Orantes-García *et al.*, 2013).

La descendencia que se origina de un progenitor muestra diferente capacidad productiva de semillas, que la descendencia de otro progenitor, lo que sugiere realizar selección de progenitores, inicialmente por su fenotipo, y evaluaciones de las descendencias durante diferentes años, como requisito inicial de un programa de mejoramiento genético (Morgan y Jose 2013). Esto se realiza con la selección de progenitores sobresalientes, en rodales naturales, de los que se recolecta semilla, posteriormente germinarla y evaluar su crecimiento temprano en vivero; y en años posteriores se continúa con la evaluación del crecimiento en estado adulto de la progenie en función de las procedencias (Villegas-Jiménez *et al.*, 2016).

Para determinar el tratamiento apropiado para romper la latencia se recomienda evaluar el someter las semillas a tratamientos de escarificación química o física (Toral *et al.*, 2013); la utilización de distintos agentes escarificantes como acetona, sodas gaseosas o vinagre han sido útiles para diversas especies de SBC (Sobrevilla-Solís *et al.*, 2013). Los autores del presente trabajo, en recorridos de campo, observaron la germinación de semillas de *Bursera* a partir del excremento de *Bassariscus sumichrasti* (cacomixtle), sugiriendo que las semillas son sometidas a un proceso de escarificación al pasar a través del tracto digestivo. Por lo



que el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial germinativo de semillas de árboles selectos de *Bursera glabrifolia* (copal blanco) con diferentes tratamientos pregerminativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y manejo de semillas

En otoño de 2014 se colectaron semillas de *Bursera glabrifolia* (copal blanco) en la comunidad de Santo Tomas Jalieza, Ocotlán, Oaxaca, México; el área de colecta se ubica entre 16° 50' y 16° 55' LN, 96° 40' y 96° 35' LO, a una altitud de 1500 m (Mendoza-Mendoza 2013), un tipo de vegetación de SBC que se desarrolla en terrenos con pendientes desde 30 % a 50 %, y en donde predominan suelos someros con grado elevado de erosión. Se realizaron recorridos de campo y se seleccionaron nueve árboles con producción de semilla, visiblemente sanos y vigorosos, a los que se georreferenciaron y tomaron datos de variables dasométricas como son la altura total en m (con la ayuda de un estadal topográfico telescópico de aluminio Geosrv de 5 m), diámetro de copa (DC, en m), altura a la primera bifurcación en m, diámetro a 1,30 m, diámetro del tocón a 0,30 m del suelo, diámetro a la primera bifurcación (cinta diamétrica en cm), área de copa (AC en m²) con la formula, $AC=p/4(DC)^2$. A partir de esta información se colectaron semillas que se llevaron a laboratorio del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Las semillas se conservaron separadas en bolsas de papel por progenitor. Con base en un promedio de 75 semillas de cada progenitor (se debe a una baja producción y número heterogéneo de semillas por árbol), se evaluaron las siguientes características morfológicas: diámetro ecuatorial (DE, mm), diámetro polar (DP, mm), coeficiente de forma (CF = DE/DP) y peso con una precisión de $\pm 0,1$ mg. Posteriormente se les determinó la tonalidad de color (visualmente con la tabla de colores Munsell®), olor (a través del olfato), textura (a través del tacto) y en una muestra de 100 g se les determinó el número de semillas por kilogramo.



Ensayo de germinación

Las semillas provenientes de cada uno de los nueve progenitores se separaron en submuestras para someterlos a diversas condiciones de escarificación, de acuerdo a diversos autores que han estudiado germinación de especies arbóreas de selva baja caducifolia se utilizó: 1) inmersión en 15 mL de acetona al 99,5 % durante 24 h; 2) inmersión en 15 mL de líquido de bebida gaseosa de nombre comercial Coca Cola® clásica durante 24 h; 3) inmersión durante 24 h en excremento de *Bassariscus sumichrasti* (cacomixtle); esta última, debido a que en recorridos en campo se observó que estas semillas son fuente de alimento de diversos roedores y por su camino excretan la semilla desnuda. Transcurrido el tiempo respectivo en la condición pregerminativa, se enjuagaron las semillas y posteriormente se lijaron; se establecieron en cajas Petri de 60×15 mm en las que se colocó una capa de algodón de 2 mm de espesor húmedo como base para las semillas. Se establecieron de cuatro a diez semillas por caja Petri, se colocó la tapa y se incubaron durante 34 días en oscuridad a una temperatura constante de 25°C dentro de cámara de incubación (marca Beschickung/Loading-modell 100-800 Memmert), ya que esta especie necesita rango de temperatura entre 25 y 35 °C para germinar (Rodríguez-Vásquez *et al.*, 2018).

Las observaciones se realizaron diariamente. La aparición de la radícula a través de las cubiertas seminales es el primer indicio visible de la germinación, por lo que se consideró a una semilla germinada cuando la radícula emergía de la testa (Rosabal-Ayan *et al.*, 2014).

Se evaluaron los siguientes indicadores de vigor (Pece *et al.*, 2010a): Energía Germinativa (EG) la cual corresponde al porcentaje de germinación diario, obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su máximo valor. La cantidad de días requeridos para alcanzar su máximo valor germinativo es el parámetro denominado Periodo de Energía (PE) (González *et al.*, 2008). La velocidad de germinación (VG) representados en número de días y semillas germinadas acumuladas y el índice de velocidad de germinación, cuyas Ecuaciones 1 y 2 son:

$$VG = \frac{N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 + \dots + N_n \times G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, (1)$$



$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i} \quad (2)$$

Donde: VG es la velocidad de germinación (días), IVG el índice de velocidad de germinación (días), N es el número de días desde la iniciación del ensayo de germinación, G es el número de semillas germinadas en el día i-ésimo.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 9×3 (nueve niveles del factor progenitor y tres niveles del factor condición pregerminativa). La unidad experimental fue de cuatro a diez semillas y se tuvieron tres repeticiones por tratamiento.

En todas las variables se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con la prueba de Shapiro-Wilks y Bartlett ($\alpha = 0,05$), respectivamente en el programa SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc. 2014); las variables DE y DP se transformaron a $\log_{10}(x)$ y el CF y los porcentajes de germinación a $\tan(x)$ para cumplir los supuestos del análisis de varianza (ANOVA). Se realizó pruebas de comparación de medias (Tukey 0,05) (Pece *et al.*, 2010a, Pece *et al.*, 2010b), y análisis clúster para clasificar árboles con base en sus características en semillas, dasométricas y de sitio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de vigor en semillas

Los análisis de varianza mostraron que los árboles presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), también las condiciones pregerminativas (TP) tuvieron un efecto altamente significativo sobre los indicadores de vigor y el mismo comportamiento mostró la interacción árbol×TP, excepto para la energía germinativa ($P > 0,05$), demostrando en general un comportamiento heterogéneo entre las características evaluadas entre árboles y TP (Tabla 1).



Tabla 1.- Resumen del análisis de varianza para indicadores de vigor en semillas de árboles selectos de *Bursera glabrifolia*

Fuente de variación	GL	Porcentaje germinativo (PG)	Energía germinativa (EG)	Velocidad germinativa (VG)	Índice de velocidad germinativa (IVG)
Árbol	8	2064,6**	0,01**	422,0**	0,06**
Tratamiento pregerminativo (TP)	2	5188,1**	0,07**	1058,7**	0,15**
Árbol×TP	16	906,2**	0,001 ^{ns}	280,3**	0,02**
Error	135	349,3	0,002	154,8	0,007
Total	161				

Nota: G L= Grados de libertad; **= Alta significancia ($P \leq 0,01$); ns= No significativo.

Las semillas colectadas de los nueve árboles selectos de *B. glabrifolia* presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) en PG, energía germinativa, velocidad germinativa e IVG. En general, los mejores indicadores de vigor se obtuvieron en las semillas colectadas de los árboles 5, 7, 8 y 9; que se caracterizan por una mayor germinación, es decir, una mayor energía germinativa en menos días, indicativo de vigor en sus semillas.

De igual forma, se nota una alta variabilidad en las respuestas de germinación de las semillas colectadas de los diversos árboles, pues el 33 % de las semillas colectadas del árbol ocho germinaron, cantidad significativamente mayor del rango entre el 4,25 hasta el 7,87 % de semillas que germinaron y que fueron colectadas de los árboles 1, 2, 3, 4 y 5. Así mismo, estas variables fueron diferentes en los tratamientos pregerminativos; se encontraron mejores resultados con la utilización de Coca Cola®, debido a su contenido de ácido fosfórico, azúcares, dióxido de carbono, cafeína y su acidez (pH de 2) (Suh y Rodríguez 2017) y el excremento de cacomixtle. Los árboles 5, 7, 8 presentan semillas de mayor vigor, así como los mejores porcentajes de germinación en los indicadores de vigor (Tabla 2).



Tabla 2.- Indicadores de vigor en semillas de *B. glabrifolia*, agrupadas por árbol del que se colectaron y condición de pregerminación a la que se sometieron

Características				
Factor	Porcentaje germinativo (%)	Energía germinativa (%)	Velocidad germinativa (días)	Índice de velocidad de germinación
Árbol				
1	4,25±2,52 c	0,03±0,01 c	13,72±3,68 b	0,01±0,008 b
2	7,87±4,59 bc	0,03±0,01 c	13,86±3,69 b	0,01±0,01 b
3	7,40±4,09 bc	0,03±0,01 bc	19,38±3,73 ab	0,01±0,006 b
4	18,51±4,42 abc	0,04±0,01 bc	17,37±3,03 ab	0,09±0,02 ab
5	27,96±5,85 a	0,05±0,01 bc	17,41±2,90 ab	0,12±0,02 a
6	17,77±5,98 abc	0,06±0,01 abc	21,59±3,09 ab	0,09±0,03 ab
7	24,72±6,53 ab	0,07±0,01 abc	19,51±3,01 ab	0,12±0,03 a
8	33,05±7,14 a	0,09±0,01 ab	18,22±2,74 ab	0,16±0,04 a
9	5,00±2,80 c	0,11±0,01 a	29,97±2,18 a	0,02±0,01 b
Factor Condición pregerminativa				
Acetona	5,12±1,80 b	0,01±0,001 b	24,09±1,93 a	0,01±0,005 b
Coca Cola®	23,48±3,63 a	0,08±0,009 a	16,91±1,79 b	0,11±0,01 a
Excremento de cacomixtle	20,24±3,29 a	0,08±0,008 a	16,0±1,75 b	0,09±0,01 a

Nota: Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas (Tukey 0,05). La media ± desviación estándar.

Las semillas de *B. glabrifolia* presentan forma circular (árbol 1) y alargada (árbol 7) o irregular; la clasificación jerárquica de los árboles selectos muestra dos grandes grupos A y B, los cuales se separaron por la producción de semillas, las características del árbol y del sitio; se observó gran similitud entre los grupos formados, el grupo A1 con una mínima distancia Euclidiana promedio de 54,31 (árboles 1 y 4) en características de semillas y variables del árbol, seguido del grupo B1 con distancia de 76,9 (árboles 5, 8 y 7) que comparten semillas homogéneas en cuanto a peso y características de los árboles y el grupo A2 con una distancia de 110,04 (árboles 2, 9 y 3) (Figura 1).



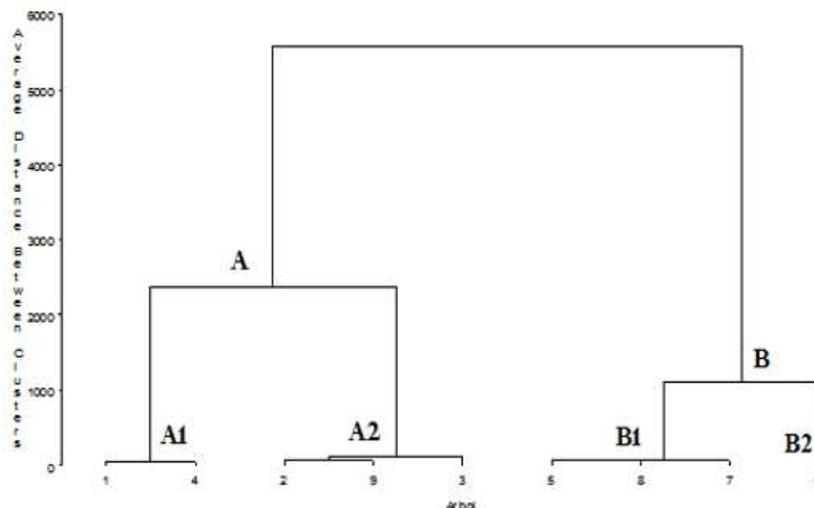


Figura 1.- Clasificación de árboles selectos de *B. glabrifolia*; tomando en cuenta características morfológicas de padres, semillas y variables de sitio

Ensayo de germinación

La germinación acumulada (contabilizada en días después de la siembra, DDS) fue afectada significativamente por la condición pregerminativa a que se sometieron las semillas ($P = 0,0001$). La inmersión de semillas en Coca Cola® y en excremento de cacomixtle fueron mayor con una germinación de 48,9 % y 41.5 % respectivamente a los 23 días después de la siembra (DDS); contrario a la inmersión en acetona con el menor acumulado de semillas germinadas (8,9 % a los 34 días) (Figura 2), lo que indica la efectividad de este tratamiento. Se mostró una germinación rápida de los seis a los 13 días, la cual disminuyó y se mantuvo constante hasta llegar a los 34 días en donde ya no se presentó germinación (100 % de semillas germinadas acumuladas general) y un 90% de germinación para las semillas tratadas con Coca Cola® (Figura 2).



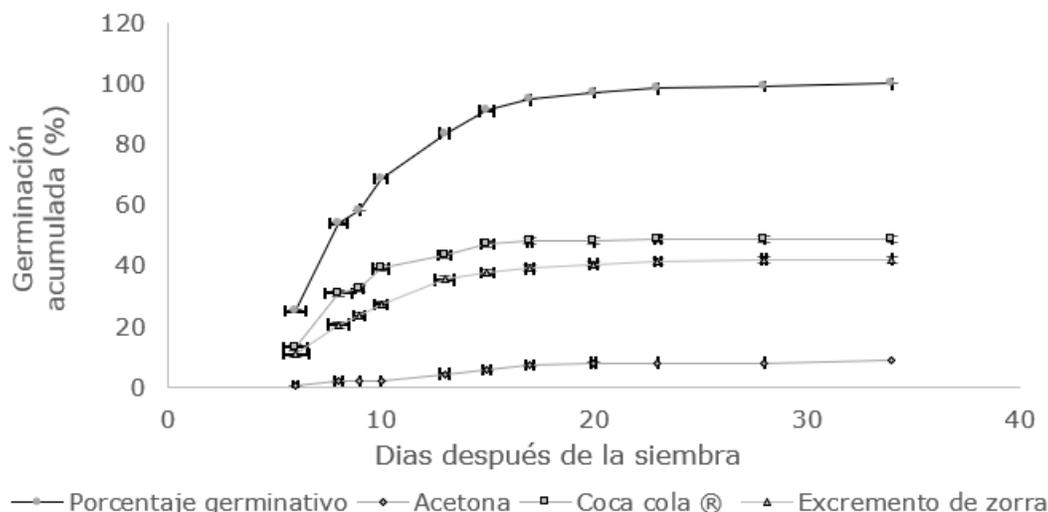


Figura 2.- Germinación acumulada por tratamiento pregerminativo y porcentaje germinativo general de semillas de *Bursera glabrifolia*.

Nota: Las barras transversales sobre las líneas representan la desviación estándar ($n= 4-10$).

Para los diferentes tratamientos y árboles se observó las primeras semillas germinadas al sexto y octavo día; en estos días se obtuvo el mayor porcentaje de germinación; sin embargo, la utilización de la bebida gaseosa presentó mayor capacidad germinativa con 48,9 %.

El efecto de los tratamientos sobre las variables empezó a mostrarse a los seis días; las semillas sometidas a inmersión en Coca Cola® mostraron mayor vigor que las semillas sometidas a las otras condiciones pregerminativas, por tener el menor valor de media a los 34 días con 18,66 % contra 19,13 y 21,26 % (Figura 2).

Se encontraron diferencias significativas ($P = 0,0001$) entre los días después de la siembra en cada uno de los tratamientos. Es decir que en las semillas sometidas a condición pregerminativa con Coca Cola®, su periodo de energía (66,00) fue mayor a la obtenida en semillas sometidas a las otras condiciones pregerminativas; las semillas sometidas a inmersión en acetona mostraron el menor periodo de energía (11,33) y por lo tanto menor número de días para alcanzar su máxima tasa de germinación (Tabla 3).



Tabla 3.- Índice de velocidad de germinación para tratamientos pregerminativos y días después de la siembra

Días después de la siembra	Tratamientos pregerminativos		
	Acetona	Coca Cola®	Excremento de cacomixtle
6	0,11±0,05 i	2,05±0,58 h	1,55±0,52 i
8	0,36±0,12 i	6,13±1,19 h	4,68±0,78 i
9	0,69±0,12 hi	10,99±1,22 g	8,12±0,84 h
10	0,99±0,12 gh	15,79±1,45 f	11,55±0,99 g
13	1,32±0,18 fg	20,25±1,50 e	14,94±1,14 f
15	1,81±0,20 ef	24,43±1,56 d	18,29±1,18 e
17	2,32±0,24 de	28,25±1,56 cd	21,37±1,20 de
20	2,84±0,25 cd	31,50±1,56 bc	24,09±1,21 cd
23	3,32±0,25 bc	34,37±1,56 ab	26,52±1,21 bc
28	3,71±0,25 ab	36,73±1,56 a	28,56±1,21 ab
34	4,04±0,26 a	38,67±1,56 a	30,24±1,21 a

Nota: Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas (Tukey 0,05). Media ± desviación estándar (n= 4-10).

El mayor valor del índice de velocidad de germinación corresponde a las semillas sometidas a inmersión en Coca Cola® transcurridos seis y ocho días después de la siembra. A partir del sexto día la germinación de las semillas sometidas a inmersión en la bebida gaseosa se diferenció en forma notable de la germinación de las semillas sometidas a inmersión en acetona y un poco menos con la germinación de las semillas sometidas a excremento de cacomixtle (Tabla 3).

Al analizar los mejores árboles mediante contrastes ortogonales para la variable porcentaje germinativo, se encontraron diferencias significativas ($P = 0,0003$) en las semillas con mayor germinación, tratadas con Coca Cola® y provenientes de los árboles 8 y 5. Por el mismo método de contrastes ortogonales e igual tratamiento (Coca Cola®), las semillas recolectadas del árbol nueve presentaron mayor energía germinativa ($P = 0,0127$) y el árbol ocho con el mayor índice de velocidad de germinación ($P = 0,0002$); por otro lado, la



velocidad germinativa fue mayor en las semillas del árbol 9 ($P = 0,0011$) sometidas a inmersión en acetona.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, coinciden con evaluaciones realizadas por Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) y Ortega-David *et al.* (2010) quienes encontraron diferencias significativas al evaluar interacciones de germinación entre sus progenitores y características morfológicas de semillas. Esto pudiera estar asociado al tamaño que poseen las semillas de *Bursera glabrifolia*, similar a lo reportado por otros autores (Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo 2011, Martínez *et al.*, 2008).

Las semillas varían en sus características morfológicas (Elizalde *et al.* 2017), para *B. glabrifolia* van desde circulares a alargadas pasando por la forma irregular (Lovey *et al.*, 2010). Por lo anterior, esta especie presenta gran variación en cuanto a la producción de semillas (Machado *et al.*, 2012) además de las características del árbol y del sitio. Esta especie presenta gran variación en producción de semillas, con evaluaciones a variables identificadas como de mayor preponderancia se pueden identificar aquellas de mayor vigor (Navarro *et al.*, 2012).

La germinación acumulada en días después de la siembra fue afectada significativamente por la condición pregerminativa (Orantes-García *et al.* 2013). Los mayores valores acumulados los presentaron las semillas que se sometieron a inmersión en bebida gaseosa. La efectividad de la bebida gaseosa puede ser debido a su contenido de azúcar; es decir, funcionó como tratamiento osmótico en la absorción de agua y energía para una rápida germinación (Gutiérrez-Nava *et al.* 2010; Lovey *et al.* 2010), además el uso de tratamientos osmóticos podría ser benéfico en semillas de *Bursera* y de especies de bosques secos; en ocasiones resulta más eficiente la escarificación artificial (química) que el agente de escarificación natural (excremento de cacomixtle). Todos los tratamientos pregerminativos presentaron germinación rápida iniciando a los seis DDS, esto coincide con otros autores



(Echeverría y Alonso 2010, Schwienbacher *et al.*, 2011, Toral *et al.*, 2013) la cual se mantuvo constante hasta llegar al final de la germinación.

Los resultados obtenidos corresponden al momento de aparición de la radícula en las semillas entre los días transcurridos después de la siembra; si bien las primeras semillas germinadas se observaron a partir del sexto día para los diferentes tratamientos (Schwienbacher *et al.*, 2011). La inmersión en bebida gaseosa fue el tratamiento con mayor capacidad germinativa (48,9 %), resultado opuesto al registrado por otros autores (Bonfil-Sanders *et al.*, 2008), quienes obtuvieron una capacidad germinativa de 14 % para esta especie y menor a 18 % para *B. bipinnata* (DC.) ENGL; un 38 % para *B. copallifera* y un 28 % para *B. submoniliformis* Engl.

La inmersión en acetona fue el tratamiento que mostró menor periodo de energía, además de ser un solvente orgánico muy agresivo puede ayudar a remover resinas y desgaste de la testa, a lo que se sugiere seguir su uso en experimentos con periodos de tiempo más cortos; sin embargo, también se considera que el efecto lejós de coadyuvar a la germinación, tal vez entorpeció el intercambio gaseoso sobre el tejido vivo.

Al igual que otros autores (Hernández-Anguiano *et al.*, 2018) los tratamientos mostraron efecto sobre las variables; además, se observa una clara tendencia al aumento constante de la germinación durante los días evaluados (Pece *et al.*, 2010a), es decir, se muestra una germinación lenta abarcando un periodo largo de tiempo; las semillas sometidas a inmersión en Coca Cola® mostraron mayor vigor que las semillas sometidas a las otras condiciones pregerminativas. Por lo anterior, si mayor es la velocidad indirectamente mayor es el vigor (Pece *et al.*, 2010a).

La diferencia entre los tratamientos de inmersión en bebida gaseosa e inmersión en acetona es pequeña; sin embargo, en un escenario natural esta diferencia puede ser una ventaja para esta especie (Martínez *et al.*, 2008). El análisis de contrastes ortogonales mostró diferencias significativas por árbol en cuanto a la bebida gaseosa y su germinación; esto concuerda con Pece *et al.* (2010b) quienes mostraron que semillas de diferentes especies al someterse a inmersión en esta bebida gaseosa lograron altos porcentajes de germinación. De igual forma,



resultados similares los obtuvieron Sobrevilla-Solís *et al.* (2013) para energía germinativa e índice de velocidad de germinación al usar esta sustancia.

CONCLUSIONES

Existe poca producción de semillas de *Bursera glabrifolia* de árboles de la selva baja caducifolia de Santo Tomas Jalieza Ocotlán, Oaxaca, México. Las semillas sometidas a inmersión en la bebida gaseosa Coca Cola® y excremento de cacomixtle obtuvieron mayor resultado para los indicadores de vigor con un 49 % y 42 % de germinación a los 23 días después de la siembra; de igual forma, las semillas de los árboles cinco, siete, ocho y nueve mostraron los mejores resultados en el potencial germinativo, por lo que se proponen como fuente de germoplasma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONFIL-SANDERS, C., CAJERO-LÁZARO, I., Y EVANS, R. Y. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia*, vol. 42, no. 7, pp. 827-834. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/679/679>
- CASTELÁN-LORENZO, M., Y ARTEAGA-MARTÍNEZ, B. 2009. Establecimiento de regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham., en cortas bajo el método de árboles padres. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 15, no. 1, pp. 49-57. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rscfa/v15n1/v15n1a6.pdf>
- CULTID-MEDINA, C. A., Y RICO, Y. 2020. Los aliados emplumados de los Copales y Cuajotes de México: aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista Digital Universitaria*, vol. 21, no. 2, p. 9. DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a5>



- ECHEVERRÍA, M. L., Y ALONSO, S. I. 2010. Germinación y crecimiento inicial de *Habranthus gracilifolius* y *Rhodophiala bifida*, amarilidáceas nativas con potencial ornamental. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, vol. 42, no. 1, pp. 23-37. <https://bdigital.uncu.edu.ar/3495>
- ELIZALDE, V., GARCÍA, J. R., PEÑA-VALDIVIA, C. B., YBARRA, M. C., LEYVA, O. R., Y TREJO, C. 2017. Viabilidad y germinación de semillas de *Hechtia perotensis* (Bromeliaceae). Revista de Biología Tropical, vol. 65, no. 1, pp. 153-165. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.23566>
- GARCÍA-FLORES, A., VALLE-MARQUINA, R., Y MONROY-MARTÍNEZ, R. 2021. El patrimonio biocultural de la selva baja caducifolia, Sierra de Huautla, Morelos. Revista inventio, año 17, no. 41, p. 13. DOI: <https://doi.org/10.30973/inventio/2021.17.41/3>
- GONZÁLEZ, M., QUIROZ, I., GARCÍA, E., Y GUTIÉRREZ, B. 2008. Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de Toromiro (*Sophora toromiro* Skottsb). Ciencia e Investigación Forestal, vol. 14, no. 1, pp. 111-118. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/18807>
- GUTIÉRREZ-NAVA, P., DE LEÓN-GONZÁLEZ, F., ETCHEVERS-BARRA, J., Y CASAS-FERNÁNDEZ, A. 2010. Effect of scarification, self-inhibition, and sowing depth on seed germination of *Lupinus campestris*. Chilean Journal of Agricultural Research, vol. 70, no. 3, pp. 365-371. https://oes.chileanjar.cl/files/V70_I3_2010_ENG_PedroGutierrezNava.pdf
- GUZMÁN-POZOS, A. M., RAMÍREZ-HERRERA, C., ALDRETE, A., Y CRUZ-CRUZ, E. 2018. Germinación y emergencia de *Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 41, no. 2, pp. 107-115. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/41-2/2a.pdf>



- HERNÁNDEZ-ANGUIANO, L. A., LÓPEZ-UPTON, J., RAMÍREZ-HERRERA, C., Y ROMERO-MANZANAREZ, A. 2018. Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. *Agrociencia*, vol. 52, no. 8, pp. 1161-1178. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1730/1730>
- MENDOZA-MENDOZA, M. 2013. Plan Municipal de Desarrollo Santo Tomas Jalieza, Ocotlán, Oaxaca. 100 p. https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmzs/11_13/530.pdf
- HUERTA-PANIAGUA, R., Y RODRÍGUEZ-TREJO, D. A. 2011. Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, no. 2, pp. 179-187. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.053>
- LOVEY, R. J., PERISSÉ, P., VIEYRA, C., Y CORAGLIO, C. J. 2010. Caracterización de semilla, germinación y plántula de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, no. 79, pp. 5-10. <https://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol79/Lovey.pdf>
- MACHADO, R., SUÁREZ, J., Y ALFONSO, M. 2012. Caracterización morfológica y agroproductiva de procedencias de *Ricinus communis* L. para la producción de aceite. *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 4, pp. 381-391. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1519>
- MARTÍNEZ, J. M., RODRÍGUEZ-TREJO, D. A., GUIZAR-NOLAZCO, E., Y BONILLA-BEAS, R. 2008. Escarificación artificial y natural de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 14, no. 2, pp. 73-79. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v14n2/v14n2a1.pdf>
- MÉNDEZ-TORIBIO, M., MARTÍNEZ-CRUZ, J., CORTÉS-FLORES, J., RENDÓN-SANDOVAL, F. J., Y IBARRA-MANRÍQUEZ, G. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzícuaró,



- Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 85, no. 4, pp. 1117-1128. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.43457>
- MORGAN, M., Y JOSE, S. 2013. Increasing seed germination of *Bursera graveolens*, a promising tree for the restoration of tropical dry forests. *Tree Planters' Notes*, vol. 56, no. 1, pp. 74-83. <https://rngr.net/publications/tpn/56-1/increasing-seed-germination-of-bursera-graveolens-a-promising-tree-for-the-restoration-of-tropical-dry-forests>
- NAVARRO, M., FEBLES, G., Y TORRES, V. 2012. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 3, pp. 233-246. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1508>
- ORANTES-GARCÍA, C., PÉREZ-FARRERA, M. A., RIOJA-PARADELA, T. M., Y GARRIDO-RAMÍREZ, E. R. 2013. Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, no. 36, pp. 117-127. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/362/228>
- ORTEGA-DAVID, E., RODRÍGUEZ, A., DAVID, A., Y ZAMORA-BURBANO, A. 2010. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, vol. 59, no. 1, pp. 111-118. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916223012>
- PECE, M. G., GAILLARD-DE BENÍTEZ, C., ACOSTA, M., BRUNO, C., SAAVEDRA, S., Y BUVENAS, O. 2010a. Germinación de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. *Quebracho*, vol. 18, no. 1-2, pp. 5-15. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v18a02.pdf>



- PECE, M., GAILLARD, C., ACOSTA, M., BRUNO, C., Y SAAVEDRA, S. 2010b. Tratamientos pregerminativos para tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). Foresta Veracruzana, vol. 12, no. 1, pp. 17-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49720264003>
- RICO, Y. 2021. Cuajiotos y copales: árboles sagrados del México antiguo, claves para el bienestar social y ambiental. Ciencia UANL, año 24, no. 110, pp. 8-13. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11370>
- RODRÍGUEZ-VÁSQUEZ, M. E., RODRÍGUEZ-ORTIZ, G., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., y Ramírez-Sánchez, S. E. 2018. Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros. CIENCIA ergo-sum, vol. 26, no. 2, e16. DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v25n2a6>
- ROSABAL-AYAN, L., MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, L., REYES-GUERRERO, Y., DELL'AMICO-RODRÍGUEZ, J., Y NÚÑEZ-VÁZQUEZ, M. 2014. Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 3, pp. 24-35. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/857/pdf>
- SAS Institute Inc. 2014. Programming with Base SAS® 9.4, Second Edition. SAS Institute. Cary, NC. USA. 900 p.
- SILVA-APARICIO, M., CASTRO-RAMÍREZ, A. E., CASTILLO-CAMPOS, G., Y PERALES-RIVERA, H. 2018. Estructura de la vegetación leñosa en tres áreas con Selva Baja Caducifolia en el Istmo-Costa de Oaxaca, México. Revista de Biología Tropical, vol. 66, no. 2, pp. 863-879. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33419>.
- SCHWIENBACHER, E., NAVARRO-CANO, J. A., NEUNER, G., Y ERSCHBAMER, B. 2011. Seed dormancy in alpine species. Flora, no. 206, pp. 845-856. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.05.001>



- SOBREVILLA-SOLÍS, J. A., LÓPEZ-HERRERA, M., LÓPEZ-ESCAMILLA, A. L., Y ROMERO-BAUTISTA, L. 2013. Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevis* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, p. 83-95. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=hidalgo>
- SUH, H., Y RODRÍGUEZ, E. 2017. Determinación del pH y contenido total de azúcares de varias bebidas no alcohólicas: su relación con erosión y caries dental. *Odontoinvestigación*, vol. 3, no. 1, pp. 18-30. DOI: <https://doi.org/10.18272/oi.v3i1.851>
- Toral, O., Cerezo, Y., Reino, J., y Santana, H. 2013. Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. *Pastos y Forrajes*, vol. 36, no. 4, pp. 409-416. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1666>
- VÁSQUEZ-GARCÍA, I., CETINA-ALCALÁ, V. M., Y MOHEDANO-CABALLERO, L. 2019. Asexual propagation of *Bursera glabrifolia*, *Bursera copallifera*, and *Bursera bipinnata* under rooting treatments in plant nursery conditions. *Revista Agroproductividad*, vol. 12, no. 10, pp. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1423>
- VÁSQUEZ, J. C., COELLO, C. M. M., PLIEGO, M. L., ZÁRATE, A. G., Y CÓRDOVA, G. G. 2015. Potencial germinativo de *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Bent, una especie de la selva baja caducifolia de la mixteca oaxaqueña. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, vol. 2, no. 2, pp. 49-61. <https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/volumen-2-n-2/>
- VILLEGAS-JIMÉNEZ, D. E., RODRÍGUEZ-ORTIZ, G., CHÁVEZ-SERVIA, J. L., ENRÍQUEZ DEL-VALLE, J. R., Y CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C. 2016. Variación del crecimiento en vivero entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. *Gayana Botánica*, vol. 73, no. 1, pp. 113-123. <https://gayanabotanica.cl/index.php/gb/article/view/335/118>



Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

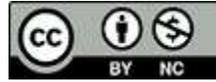
Contribución de los autores:

Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, confección de base de datos, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Gerardo Rodríguez-Ortiz: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, confección de base de datos, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

María Mercedes Cervantes-Machuca: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, confección de base de datos, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.





Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0
Internacional.

