



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.VICTORIA

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica

**Una Publicación del Tecnológico Nacional de México -
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria**

Volumen 15

No. 1

Julio 2018

ISSN 1665-983X

CIENCIAS BÁSICAS Y NATURALES

- Dinámica poblacional de escarabajos descortezadores en la región forestal de El Salto, Durango, México.* D.S. Ortega-Ortíz, G. Flores-Ortega, J.A. Nájera-Luna, F. Cruz-Cobos & F.J. Hernández.....1
- Registro actual de dinosaurios no avianos de México.* A.G. Becerra-Rodríguez.....10

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

- Evaluación de las transformaciones de fase y el comportamiento mecánico de un acero AISI 4140 mediante experimentación y modelado.* R.D. López-García, A. Maldonado-Reyes, M.A. Jiménez-Gómez, J.E. Guzmán-Delgado, C.E. López-García & O. Lara-Maldonado.....26
- Arreglo ortogonal L16 (45), análisis breve y posibles aplicaciones.* D.Á. Balderas Puga.....34

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y CIENCIAS SOCIALES

- Análisis de la responsabilidad social en hoteles, moteles y restaurantes de Matamoros Tamaulipas.* C.G. Ocegueda-Mercado, A. Villafañez-Zamudio, E.L. Contreras-Ocegueda & E. Delgado-Cázares.....40

DIRECTORIO

Mtro. Manuel Quintero Quintero
Director General de Educación Superior Tecnológica

Ing. Fidel Aguillón Hernández
Director

Dra. Araceli Maldonado Reyes
Subdirectora Académica

Ing. Víctor M. García Loera
Subdirector de Planeación y Vinculación

Ing. Jorge L. Funatsu Díaz
Subdirector de Servicios Administrativos

COMITÉ EDITORIAL

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
División de Estudios de Posgrado e Investigación

COORDINACIÓN EDITORIAL

Ludivina Barrientos-Lozano, Ph. D.
Pedro Almaguer-Sierra, Dr.

Asistencia Editorial:

Dra. Aurora Y. Rocha-Sánchez

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

M.C. Dante Iván González Sánchez.
Tecnológico Nacional de México-
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
Depto. De Ciencias Básicas.

M.C. Israel Medina Juárez.
Ingeniería Metalúrgica. CINVESTAV.
Saltillo, Coahuila, México.

Dr. José Amparo Rodríguez García.
Ingeniería Metalúrgica y Cerámica.
Especialidad en Materiales Cerámicos
y compuestos. Universidad Politécnica
de Cd. Victoria, Tam. México.

Dra. Lilia del Carmen Garcia Mundo.
Tecnológico Nacional de México-
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
Depto. De Ingeniería en Sistemas
Computacionales.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Dr. Alfonso Correa-Sandoval.
Tecnológico Nacional de México-
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
División de Estudios de Posgrado e
Investigación.

Dra. Aurora Yazmín Rocha Sánchez.
Hospital Regional de Alta Especialidad.
Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

Dr. Fernando González Saldívar.
Universidad Autónoma de Nuevo León-
Facultad de Ciencias Forestales.
Linares, Nuevo León, México.

Dr. Juan Flores-Gracia. Tecnológico
Nacional de México-Instituto
Tecnológico de Cd. Victoria. División
de Estudios de Posgrado e
Investigación.

Dra. Ludivina Barrientos-Lozano.
Tecnológico Nacional de México-
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
División de Estudios de Posgrado e
Investigación.

Dr. Pedro Almaguer-Sierra.
Tecnológico Nacional de México-
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
División de Estudios de Posgrado e
Investigación.

**Dr. Roberto Emmanuel Hernández
Jasso.** Universidad Autónoma de
Tamaulipas, Campus Cd. Victoria.
Cd. Victoria, Tamaulipas. México.

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y CIENCIAS SOCIALES

**Dra. María del Carmen Gómez de la
Fuente.** Universidad Autónoma de
Tamaulipas. Dirección de Posgrado y
Educación Continua. Cd. Victoria, Tam.
México.

Dra. Rosa Delia Cervantes Castro.
Universidad Autónoma de Tamaulipas -
Unidad Académica de Ciencias,
Educación y Humanidades.
Investigadora asociada al Centro
Multidisciplinario de Investigaciones
Regionales-UAT. Cd. Victoria, Tam.
México.

TecnoINTELECTO (ISSN 1665-983X y reserva: 04-2004-072626452400-102) es un órgano de divulgación científica de forma semestral del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Boulevard Emilio Portes Gil No. 1301, C. P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; Tels. (834) 153 20 00 Ext. 364. El contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del autor (es). Editor Principal: División de Estudios de Posgrado e Investigación. Apoyo editorial-informático: Dra. Aurora Y. Rocha Sánchez. Envío de documentos, consultas y sugerencias al correo electrónico: ludivinab@yahoo.com, almagavetec@hotmail.com. Todos los derechos son reservados y propiedad del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria-Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. TecnoINTELECTO, Vol. 15 No. 1. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.



Consúltanos en el Índice Latinoamericano www.latindex.org y en el
Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA
www.dgb.unam.mx/periodica.html



DINÁMICA POBLACIONAL DE ESCARABAJOS DESCORTEZADORES EN LA REGIÓN FORESTAL DE EL SALTO, DURANGO, MÉXICO

POPULATION DYNAMICS OF BARK BEETLES IN THE FOREST REGION OF EL SALTO, DURANGO, MEXICO

D.S. Ortega-Ortíz, G. Flores-Ortega, J.A. Nájera-Luna, F. Cruz-Cobos & F.J. Hernández

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de El Salto (ITES). Mesa del Tecnológico s/n El Salto Pueblo Nuevo, Durango, México. C.P 34942.

jalnajera@itelsalto.edu.mx

RESUMEN: La importancia de conocer la dinámica poblacional de los escarabajos descortezadores, radica en el impacto ecológico y económico que han ocasionado a los bosques del estado de Durango. Para tal efecto, se establecieron 10 sitios de monitoreo en las localidades Coyotes 1-2; Coyotes 3-4; ITES 1-2; San Antonio 1-2 y La Victoria 1-2 de la región de El Salto, Durango. El monitoreo se realizó en el periodo de junio de 2016 a noviembre de 2017. Para la colecta de los escarabajos se utilizaron 10 trampas tipo Lindgren® cebadas con feromonas de atracción para descortezadores. Los datos de abundancia fueron analizados mediante pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Se reporta la presencia de *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. brevicomis*, *D. valens*, *D. approximatus*, *D. parallelocolis*, *Ips sp.*, e *Hylastes*, de los cuales el 60 % de los individuos recolectados fueron de *D. frontalis* y el 15 % de *D. mexicanus*. La mayor abundancia de escarabajos descortezadores se presentó en el mes de junio y la mayor concentración en la localidad ITES 1-2.

PALABRAS CLAVE: Abundancia, plagas, monitoreo.

ABSTRACT: The importance of knowledge on the population dynamics of bark beetles, lies in the ecological and economic impact they have caused to the forests of the state of Durango. For this purpose, 10 monitoring sites were established in the localities of Coyotes 1-2; Coyotes 3-4; ITES 1-2; San Antonio 1-2 and La Victoria 1-2 of the El Salto, Durango. Monitoring was carried out in the period June 2016 through November 2017. In order to collect the insects, 10 Lindgren traps with bark beetle's attraction pheromones were placed. Abundance data were analyzed by nonparametric Kruskal-Wallis tests. Results showed the presence of *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. brevicomis*, *D. valens*, *D. approximatus*, *D. parallelocolis*, *Ips sp.* and *Hylastes*. Out of these, 60 % belonged to *D. frontalis* followed by *D. mexicanus* (15 %). The greatest abundance of bark beetles occurred in June and the highest concentration was found in the location of ITES 1-2.

KEY WORDS: abundance, pests, monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

Los descortezadores son un grupo de insectos de gran importancia forestal, poseen un papel ecológico fundamental, ya que son uno de los principales factores de renovación y saneamiento natural de comunidades forestales (de-Val y Sáenz-Romero, 2017); sin embargo, también se reconocen por provocar la debilidad y muerte de los árboles, al reproducirse y desarrollarse debajo de la corteza de estos (Raffa *et al.*, 2015). Las poblaciones de descortezadores suelen fluctuar, pero al comportarse como plaga atacan masivamente árboles sanos de todas las edades; este ataque ocasiona daños mecánicos o fisiológicos a los árboles que

causan deformaciones, disminución del crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte. En las últimas décadas han ocasionado significativas pérdidas ecológicas y económicas en el sector forestal (Salinas *et al.*, 2010; Durán y Poloni, 2014; Cibrián, 2014).

A nivel mundial, los bosques de México presentan mayor diversidad de especies de pinos (43) y de escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* (12 especies) (Durán y Poloni, 2014). De acuerdo a la NOM-019-SEMARNAT 2006 (DOF, 2006), algunas de estas especies de *Dendroctonus* se consideran de afectación económica, al grado que se le reconoce como las plagas forestales más dañinas del país. El estado de Durango

presenta la mayor riqueza específica de *Dendroctonus*, ya que siete de las nueve especies presentes forman tres zonas de sobreposición en la parte oeste de la Sierra Madre Occidental: la primera se localiza en el municipio de Topia, donde se ha registrado a *Dendroctonus adjunctus*, *D. parallelocollis* y *D. valens* sobre *Pinus teocote* a una altitud de 2500 m; la segunda se encuentra en el municipio de Santiago Papasquiaro, donde se han colectado: *D. adjunctus*, *D. brevicomis*, *D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. parallelocollis* sobre *P. durangensis* desde los 2650 a los 2835 m y la tercera zona de sobreposición se ubica en el municipio de Pueblo Nuevo donde están presentes *D. adjunctus*, *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. rhizophagus* y *D. valens* principalmente en *P. cooperi*, entre los 2400 y 2700 m (Zúñiga *et al.*, 1999).

El monitoreo de los escarabajos descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo integrado de plagas forestales ya que permiten una aproximación en el conocimiento de las dinámicas poblacionales de estos insectos y de los factores que provocan focos de infestación (Macías-Sámamo *et al.*, 2004). Según Quiñonez *et al.* (2013), durante los años de 2010 a 2014 la plaga de descortezador (géneros: *Dendroctonus*, *Ips* y *Pityophthorus*) infestó los bosques del estado de Durango, teniendo su máximo apogeo en 2012 y 2013 destruyendo más 370,000 hectáreas de bosques naturales de *Pinus engelmannii*, *P. chihuahuana*, *P. leiophylla*, *P. cooperi*, *P. cembroides* y *P. teocote*; las pérdidas ascendieron a más de 555 millones de pesos, con más de 730,000 m³ Volumen Total Árbol afectado y pérdidas de arbolado de hasta 11.74 m³/ha.

Ante este escenario y aunado al desconocimiento de la dinámica de las poblaciones de los insectos descortezadores en los bosques de coníferas del Estado y el objetivo de pronosticar su incremento a niveles de plaga forestal, se han establecido redes de monitoreo en diversas regiones forestales donde se evalúa su abundancia y distribución poblacional. Sin embargo, poco se conoce sobre la influencia de los factores climáticos del

sitio que influyen directamente en su dinámica poblacional.

Conocer variables de este tipo permite abrir el panorama sobre las causas-efectos de la aparición de focos de plagas anticipadamente. Esto pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios más detallados sobre aquellos sitios con presencia de descortezadores y su relación con las principales variables físicas del rodal que permitan explicar su dinámica poblacional para elaborar mejores estrategias de manejo integral.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la región forestal de El Salto, Durango el cual se localiza en el sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación, ocurriendo masas puras de encino y pino y en su mayor parte bosques mezclados de pino-encino. Las especies predominantes son *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote* y *P. strobiformis* (UPSE 6, 2017). Se seleccionaron diez sitios de monitoreo ubicados en áreas con antecedentes de presencia de insectos descortezadores donde se instalaron dos trampas en cada una de las siguientes localidades: Coyotes 1-2; Coyotes 3-4; La Victoria 1-2; ITES 1-2 y San Antonio 1-2, dichos sitios se encuentran entre los 2400 y 2700 msnm (Figura 1).

2.2. Trampas de monitoreo

Se utilizaron trampas tipo multiembudo Lindgren® de 12 unidades y un recipiente colector para la captura de insectos en vuelo; en cada trampa se colocó un paquete de feromona sintética (frontalina, endobrevicomina y alfa-pineno), además de una mezcla de monoterpenos; estos atrayentes fueron reemplazados cada dos meses (Figura 2). En cada sitio de monitoreo se instaló un colector de datos climáticos de temperatura y humedad relativa (hobo). Los registros de precipitación correspondientes al periodo de monitoreo se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) considerando la estación meteorológica El Rosillo, del municipio de Pueblo Nuevo, Durango.

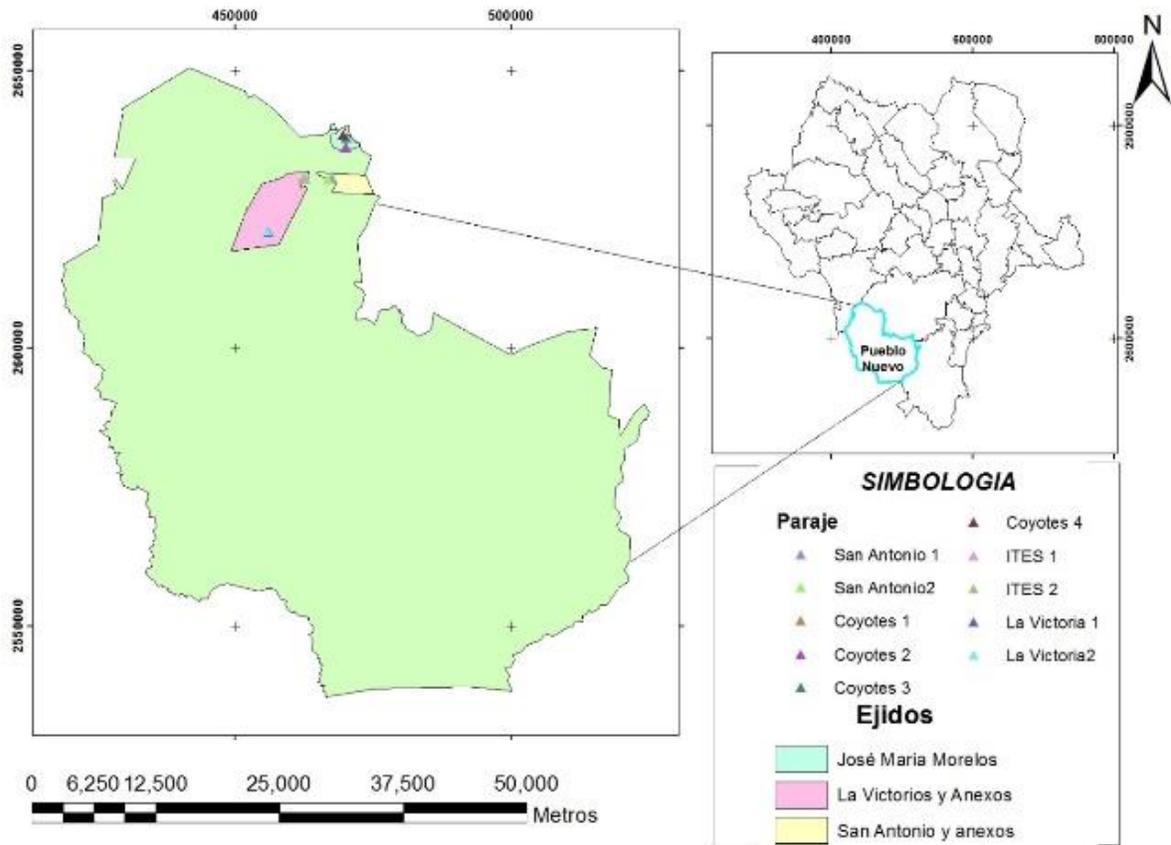


Figura 1. Área de estudio



Figura 2. Trampa multiembudo.

2.3. Colecta e identificación de muestras

La colecta de insectos se efectuó cada 15 días, dentro del periodo de monitoreo comprendió del 01 junio de 2016 al 30 de noviembre de 2017. La identificación de los insectos descortezadores se realizó siguiendo las claves dicotómicas propuestas por Cibrián *et al.* (1995), (Figura 3).



Figura 3. Identificación en laboratorio.

2.4 Análisis estadístico

Se empleó la prueba de Shapiro-Wilks modificado para conocer si la abundancia

estimada en términos del número de insectos por unidad de tiempo proviene de una población con distribución normal. La prueba demostró que la abundancia no proviene de una población que presenta una distribución normal; por tanto, se realizaron análisis de varianza no paramétrica y pruebas de la mediana de Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$). Lo anterior para detectar diferencias estadísticas entre la abundancia encontrada de los insectos descortezadores por mes y localidad de colecta (Kruskal y Wallis, 1952). Estos análisis estadísticos fueron realizados con el programa InfoStat 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Abundancia de insectos descortezadores

Se cuantificaron 4,649 insectos descortezadores hasta el 30 de noviembre de 2017. Las especies más sobresalientes por su abundancia son: *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* que constituyen el 75 %; seguido por *Ips* spp., e *Hylastes* spp., que en conjunto representan el 90 % del total de insectos colectados durante el periodo de monitoreo (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia de descortezadores.

| Especie | Insectos (No. de individuos) | Insectos (Porcentaje de individuos) |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| <i>D. frontalis</i> | 2,786 | 60 |
| <i>D. mexicanus</i> | 685 | 15 |
| <i>Ips</i> spp. | 390 | 8 |
| <i>Hylastes</i> spp. | 308 | 7 |
| <i>D. brevicomis</i> | 145 | 3 |
| <i>D. approximatus</i> | 142 | 3 |
| <i>D. valens</i> | 104 | 2 |
| <i>D. parallelocollis</i> | 89 | 2 |
| Total | 4,649 | 100% |

La mayor abundancia de *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* puede ser explicado con lo reportado por Armendáriz y Zúñiga (2011), los cuales mencionan que *D. frontalis* es una especie primaria generalista debido a que ataca a los árboles antes que cualquier otra especie y parasita a más de 25 especies de pino en su área de distribución geográfica, junto con *D. mexicanus* aparecen en un inicio

cuando el árbol aún es vigoroso; por ende, son consideradas las plagas forestales de mayor importancia económica y ecológica. Además, afirman que el complejo *Dendroctonus frontalis* está integrado por las especies: *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. vitei*, *D. adjunctus*, *D. approximatus* y *D. brevicomis*. En el presente estudio no se encontraron ejemplares de *D. vitei* y *D. adjunctus*, sin embargo, se registraron individuos de *D. parallelocollis* y *D. valens*.

Debido a la cercanía entre las cinco localidades estudiadas, en todos las localidades de monitoreo se encontraron presentes las ocho especies de descortezadores identificadas con las abundancias mostradas en la tabla 2. Resalta la dominancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en las localidades Coyotes e ITES; *Ips* en La Victoria y *Hylastes* en San Antonio.

Tabla 2. Diversidad y abundancia de descortezadores por localidad.

| Especie | CY _A * | CY _B | VI | IT | SA |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------------|--------------|------------|
| <i>D. frontalis</i> | 595 | 744 | 236 | 665 | 546 |
| <i>D. mexicanus</i> | 180 | 173 | 66 | 182 | 84 |
| <i>Ips</i> spp. | 52 | 45 | 247 | 27 | 19 |
| <i>Hylastes</i> spp. | 22 | 27 | 58 | 51 | 150 |
| <i>D. brevicomis</i> | 28 | 14 | 44 | 38 | 21 |
| <i>D. approximatus</i> | 41 | 25 | 13 | 48 | 15 |
| <i>D. valens</i> | 26 | 19 | 16 | 1 | 42 |
| <i>D. parallelocollis</i> | 26 | 11 | 10 | 28 | 14 |
| Total insectos (n) | 970 | 1,058 | 690 | 1,040 | 891 |

*CY_A=Coyotes 1-2; CY_B=Coyotes 3-4; VI=La Victoria 1-2; IT=ITES 1-2; Sa=San Antonio 1-2.

En cuanto al mes de monitoreo, la mayor abundancia de los descortezadores se presentó en junio, lo cual coincide con el registro de temperaturas más altas, así como bajas precipitaciones. También, un ligero repunte de la abundancia en los meses de agosto, septiembre, enero y febrero tal vez motivados por periodos de vuelo generacionales (Figura 4).

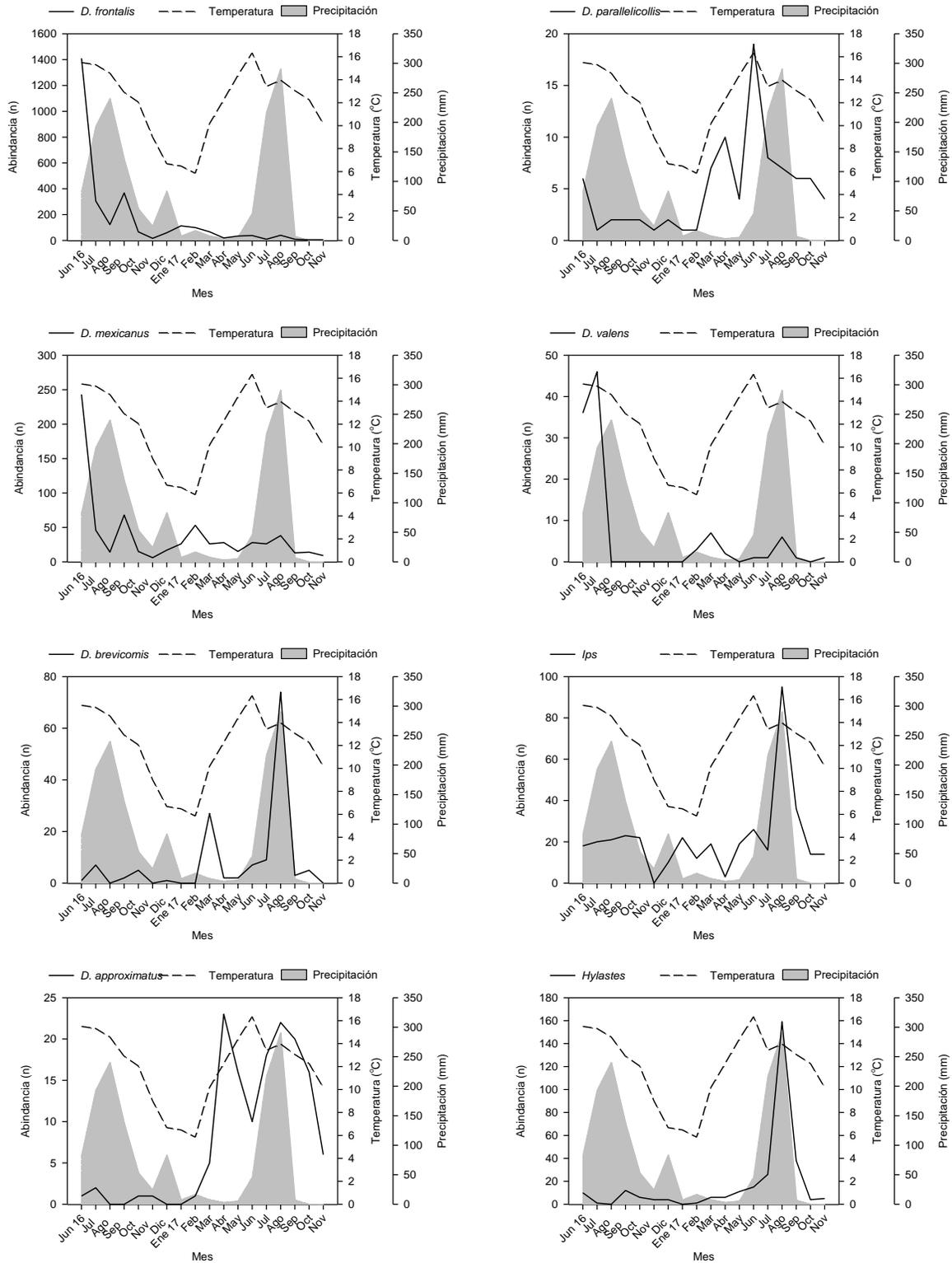


Figura 4. Abundancia de descortezadores por especie y mes.

Al respecto, Logan y Bentz (1999), así como Werner *et al.* (2006), mencionan que el aumento en la temperatura favorece la actividad de vuelo de los escarabajos descortezadores y ésta disminuye conforme baja la temperatura ya que esta variable climática juega un papel importante en la emergencia y vuelo de los descortezadores en el hospedero. En tanto que para el régimen de precipitación ocurre lo inverso, debido a que al incrementar la precipitación la actividad de vuelo del insecto disminuye. Trabajos como los de Raffa *et al.* (2008) y Leal-Olivera (2014) resaltan la importancia que tiene la intensidad y frecuencia de las lluvias en la disminución de la abundancia de los escarabajos descortezadores ya que se contrarresta el efecto de las feromonas.

Por su parte Fernández (1997), menciona que la colonización del descortezador comienza en el mes de mayo y se prolonga hasta el mes de junio, con emergencia a más tardar en julio, hecho que podría favorecer la existencia de una segunda generación anual en condiciones climáticas favorables. Algunas de las larvas de las últimas puestas pueden emerger en agosto o septiembre. Lo mismo sucede con los resultados obtenidos en el presente estudio, la mayor emergencia de insectos se observa en el mes de junio con un repunte en el mes de septiembre hecho que pudiese estar asociado con una segunda generación en periodo de vuelo ya que según la FAO (2008), el problema de las plagas forestales se ha agravado en los últimos tiempos debido a que se han presentado inviernos no muy fríos en años sucesivos que han disminuido la mortandad en los estadios invernales. El ciclo de vida generalmente se completa en un año, pero cuando las temperaturas son más altas, se pueden producir dos generaciones por año, mientras que en estaciones más frescas se han observado hasta una generación de insectos cada dos años.

El hecho de presentar varios picos en la abundancia observada en el presente estudio se explica con los argumentos de Sánchez y Torres (2007), quienes afirman que el momento del vuelo del insecto puede adelantarse, particularmente cuando el invierno y la primavera son calurosos, pero también el incremento de la mortandad invernal de algunos insectos se debe a la cubierta de nieve; la reducción en el desarrollo de las

larvas y el aumento de la mortandad durante las sequías. Los mismos autores afirman que *D. mexicanus* es una de las especies de descortezadores que presentan el ciclo biológico más corto y por consecuencia un mayor número de generaciones, en comparación con la mayoría de las especies de descortezadores identificados en los bosques de coníferas del noreste de México.

Resultados similares a los del presente estudio también han sido reportados por Álvarez-Jiménez (2016), quien encontró en cinco municipios del estado de Durango que los descortezadores presentan la mayor abundancia durante los meses de abril a mayo con un repunte en octubre y noviembre; asegura además, que en el mes de julio la abundancia de *Dendroctonus sp* tiende a cero. Por su parte, Pereda-Breceda (2016) también reporta que la mayor abundancia de insectos descortezadores del género *Dendroctonus sp* en la región forestal de San Dimas, Durango ocurre en los meses de abril, mayo y junio con un ligero incremento en los meses de noviembre y febrero. Menciona además que existe una correlación positiva entre el aumento en la abundancia y el incremento en la temperatura anual, mientras que con el incremento en la precipitación la frecuencia de los individuos disminuye significativamente lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio.

3.2 Abundancia de descortezadores por mes

El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis mostró ser significativo ($p < 0.0001$) a la abundancia de insectos descortezadores por mes. La prueba de comparación de rangos de la mediana mostró que la mayor abundancia de insectos descortezadores se presentó durante los meses de junio a septiembre de 2016 la cual es estadísticamente diferente a la abundancia observada en los demás meses de monitoreo (Tabla 3). Esto sugiere que el pico de emergencias durante el mes de junio puede ser el efecto retardado del estiaje en la vegetación, que se ve sometida a estrés hídrico los primeros meses del año, circunstancia que favorece la disminución del vigor de los árboles y el establecimiento de los descortezadores (González-Medina *et al.*, 2010) y que la reducción de la competencia por la disponibilidad de recursos puede elevar el número de generaciones anuales, aunque

también interviene el diferenciado ciclo biológico las especies primarias (*D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. valens*) ya que en cada una de ellas el número de generaciones por año es diferente (Cibrián-Tovar, 2014).

Tabla 3. Análisis de varianza para la abundancia de insectos por mes-año.

| Mes-año | M _e (n) | \bar{R}^* | GL | H | P |
|---------|--------------------|-------------|----|--------|---------|
| Nov-17 | 1 | 53.52 a | | | |
| Oct-17 | 2 | 82.25 ab | | | |
| Abr-17 | 2.5 | 93.4 abc | | | |
| May-17 | 5 | 113.22 abcd | | | |
| Jul-17 | 5 | 123.17 bcd | | | |
| Sep-17 | 5 | 125 bcd | | | |
| Nov-16 | 6 | 140.75 bcd | | | |
| Jun-17 | 7 | 147.3 cde | | | |
| Mar-17 | 7 | 152.47 cde | 17 | 215.11 | <0.0001 |
| Dic-16 | 7 | 162.35 def | | | |
| Ene-17 | 8 | 177.7 defg | | | |
| Ago-17 | 14.5 | 207.2 efgh | | | |
| Oct-16 | 14 | 226.72 fgh | | | |
| Feb-17 | 17.5 | 228.65 gh | | | |
| Ago-16 | 23.5 | 264.15 hi | | | |
| Sep-16 | 35.5 | 303.23 i | | | |
| Jul-16 | 54.5 | 319.43 i | | | |
| Jun-16 | 123 | 328.48 i | | | |

M_e=Mediana; * \bar{R} con la misma letra en común no son significativamente diferente, Kruskal Wallis $\alpha=0.05$. GL= Grados de libertad, H= valor estadístico de la prueba Kruskal Wallis, P= probabilidad.

3.3 Abundancia de insectos descortezadores por localidad

El análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis para la abundancia de descortezadores por localidad resultó significativa ($p<0.0011$) indicando que la mayor abundancia observada en la localidad ITES es estadísticamente diferente a abundancia de la localidad La Victoria que fue la menor durante el periodo de monitoreo (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza no paramétrica para la abundancia de insectos descortezadores por localidad.

| Localidad | M _e (n) | \bar{R}^* | GL | H | P |
|-----------------|--------------------|-------------|----|-------|---------|
| La Victoria 1-2 | 5 | 142.24 a | | | |
| Coyotes 1-2 | 7.5 | 171.02 ab | | | |
| San Antonio 1-2 | 7 | 180.57 bc | 4 | 18.27 | <0.0011 |
| Coyotes 3-4 | 10 | 198.94 bc | | | |
| ITES 1-2 | 12.5 | 209.73 c | | | |

M_e=Mediana; \bar{R}^* con la misma letra en común no son significativamente diferente, Kruskal Wallis $\alpha=0.05$. GL= Grados de libertad, H= valor estadístico de la prueba Kruskal Wallis, P= probabilidad.

4. CONCLUSIONES

En el periodo monitoreado que abarca de junio de 2016 a noviembre de 2017 se registró un total de 4,649 insectos descortezadores correspondientes a las especies: *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. brevicornis*, *D. valens*, *D. approximatus*, *D. parallelocollis*, *Ips* e *Hylastes*. La especie más abundante fue *D. frontalis* con el 60 % seguida de *D. mexicanus* (15 %); mientras que el restante 25 % incluye todas las demás especies registradas. Se observó que la temperatura y precipitación son factores determinantes en la fluctuación poblacional del descortezador. La mayor abundancia de escarabajos descortezadores se presentó en el mes de junio de 2016 que coincide con la temperatura más alta. Con el aumento de la precipitación, el número de insectos disminuye tal como ocurrió en los meses lluviosos de julio, agosto y septiembre de 2016. A pesar de ello, la abundancia de descortezadores durante el año 2017 no fue relevante pues se observó una marcada disminución de individuos durante los meses de monitoreo en ese año, lo anterior se deba tal vez a que en los últimos cuatro años no se ha presentado condiciones ambientales anómalas sobre todo de sequía en la región para detonar brotes de plaga y se ha alcanzado un nivel de población normal que no representan riesgos por el momento.

5. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Jiménez, A. 2016. *Monitoreo de insectos descortezadores en cinco municipios del estado de Durango* (tesis profesional). Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México. 45 p.
- Armendáriz, F., G. Zúñiga. 2011. Dos especies crípticas en *Dendroctonus frontalis* (Curculionidae: Scolytinae): evidencia morfológica, citogenética y molecular. 91 pp. In: *XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal*, Cuernavaca, Morelos.
- Cibrián-Tovar, D. 2014. *Guía para el monitoreo de plagas forestales a nivel comunitario, adecuada al contexto de la sierra Raramuri*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+), México, Distrito Federal. 36 p.
- Cibrián-Tovar, D., J. Méndez., R. Campos., H. Yates y J. Flores. 1995. *Insectos Forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo de México. Publicación No. 6. 316 p.
- del-Val, E., & C. Sáenz-Romero. 2017. Bark-beetles (Coleoptera: Curculionidae) and climate change: current situation and perspectives for temperate forests. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2): 53-60.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves., M.G. Balzarini., L. González., M. Tablada y C.W. Robledo. 2013. *InfoStat versión 2013*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> Consultada el 04 de febrero de 2017.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) 2006. *Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT, que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores*. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5054164. Consultada el 15 de mayo de 2017.
- Durán, E. y A. Poloni. 2014. Escarabajos descortezadores: diversidad y saneamiento en los bosques de Oaxaca. *Biodiversitas*, 1(17): 7-12
- Fernández, M.M. 1997. *Los Hylesininae (Coleoptera: Scolytidae) parásitos de los pinos en la provincia de León*. Departamento de Biología Animal (Zoología). Universidad de León. León, España. 195-209 pp.
- González-Medina, R.E., A. Equihua-Martínez., M.A. Mendoza-Briseño y D. Cibrián-Tovar. 2010. Relaciones entre descortezadores (Coleoptera: Scolytidae) y vitalidad en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2):121-133.
- Kruskal, W.H. & W.A. Wallis. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260): 583-621.
- Leal-Olvera, N. 2014. *Fluctuación poblacional de Dendroctonus mexicanus Hopkins y variación estacional de la temperatura y humedad relativa en San Juan del Estado, Etla, Oaxaca* (tesis de maestría). Colegio de Postgraduados. 75 p.
- Logan J.A. & B.J. Bentz. 1999. Model analysis of mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) seasonality. *Environmental Entomology* 28: 924-934.
- Macías-Sámano, J.E., A. Niño-Domínguez., J.A. Cruz-López y R. Altúzar-Mérida. 2004. *Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos*. Colegio de la Frontera Sur. Tapachula Chiapas. 26 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. http://infoandina.mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/impactos_del_cambio_climatico.pdf. Fecha de consulta 06 de junio de 2018
- Pereda-Breceda, V. 2016. *Fluctuación poblacional de Dendroctonus spp, asociada a variables climáticas y de sitio en bosques de coníferas de la región de San Dimas Durango* (tesis de maestría). Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México. 63 p.
- Quiñonez-Barraza, S., J.L. Aguilar-Vitela., G. Hernández-Villa y J.S. Sánchez-Huerta. 2013. Impacto de los insectos descortezadores en el estado de Durango,

- México derivado de la sequía extrema. In: D. Villa (Presidente). *XVII Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. Ponencia llevada a cabo en la ciudad de Durango, México.
- Raffa, K. F., J.C. Gregoire & B.S. Lindgren. 2015. Natural history and ecology of bark beetles. *Bark Beetles*, 1-40.
- Raffa, K.F., B.H. Aukema., B.J. Bentz., A.L. Carroll., J.A. Hicke & M.G. Turner. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience* 58: 501-517.
- Salinas, M.Y., M.C.F. Vargas., G. Zúñiga., J. Víctor., A. Ager y J.L. Hayes. 2010. *Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)*. CONAFOR, México. 90 p.
- Sánchez, S.J.A. y E.L.M. Torres. 2007. *Biología y hábitos del descortezador Dendroctonus mexicanus Hopkins y estrategias de control en Pinus teocote en Nuevo León*. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 29. Coahuila, México, 35 p.
- Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto Durango A.C. (UPSE No. 6) 2017. *Programa de Manejo Forestal, Ejido José María Morelos periodo 2017-2026*. UPSE- El Salto. El Salto, P.N., Durango. 250 p.
- Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto Durango A.C. (UPSE No. 6) 2017. *Programa de Manejo Forestal, Ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango periodo 2017-2026*. UPSE- El Salto. El Salto, P.N., Durango. 230 p.
- Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto Durango A.C. (UPSE No. 6) 2017. *Programa de Manejo Forestal, Ejido San Antonio y Anexos periodo 2017-2026*. UPSE- El Salto. El Salto, P.N., Durango. 225 p.
- Zúñiga, G., G. Mendoza-Correa., R. Cisneros y Y. Salinas-Moreno. 1999. Zonas de sobreposición en las áreas de distribución geográfica de las especies mexicanas de *Dendroctonus erichson* (Coleóptera: Scolytidae) y sus implicaciones ecológico-evolutivas. *Acta Zoológica Mexicana*, 77: 1-22.

REGISTRO ACTUAL DE DINOSAURIOS NO AVIANOS DE MÉXICO

A.G. Becerra-Rodríguez

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil, #1301, Pte. A.P. 175, C.P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

angdi2wentraubi396@live.com.mx

RESUMEN: El estado actual de conocimiento sobre registros óseos de dinosaurios no avianos en México corresponde a 10 especies, 12 géneros, 10 familias, 4 subórdenes y 2 órdenes, con presencia para el Jurásico en los estados de Tamaulipas y Puebla, mientras que para el Cretácico en Michoacán, Chiapas, Sonora, Chihuahua, Baja California y Coahuila. Este es el primer listado taxonómico que se basa en la nueva propuesta de Baron *et al.* (2017).

PALABRAS CLAVE: dinosaurios, México, listado taxonómico, registro óseo.

ABSTRACT: The current state of knowledge about bone records of non-avian dinosaurs in Mexico corresponds to 10 species, 12 genera, 10 families, 4 suborders and 2 orders, with Jurassic presence in the states of Tamaulipas and Puebla, while for the Cretaceous period in Michoacán, Chiapas, Sonora, Chihuahua, Baja California and Coahuila. This is the first taxonomic list based on the new proposal by Baron *et al.* (2017).

KEY WORDS: dinosaurs, Mexico, taxonomic check list, bone register.

1. INTRODUCCIÓN

Los dinosaurios son uno de los grupos de vertebrados más diversos y exitosos que han existido nunca, poblaron el planeta Tierra durante gran parte de la era Mesozoica y tuvieron una distribución cosmopolita (Carroll, 1988; Benton, 2005, Benton y Harper, 2009). Seeley (1887), propuso la primera clasificación del superorden Dinosauria dividiéndolo en dos grandes órdenes, Saurischia y Ornithischia, empleados aún en la actualidad. Sin embargo, Baron *et al.* (2017) propusieron una nueva clasificación dividiendo Dinosauria en Saurischia y Ornithoscelida, idea que aún sigue siendo discutida, pero que comienza a recabar evidencias a su favor (Baron, 2017; Baron y Barret, 2017; Baron y Williams, 2018; Brusatte, 2017; Jenkins *et al.*, 2017; Müller y Dias-da-Silva, 2017; Parry, *et al.*, 2017 y Tennant *et al.*, 2018).

En México, las investigaciones sobre dinosaurios son relativamente recientes, no tienen más de 90 años. Janensch (1926) aportó el primer registro de dinosaurios para el país, correspondiente a restos óseos de un ceratópsido encontrados en el estado de Coahuila, posteriores estudios realizados en su mayoría por investigadores del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Museo del Desierto de Saltillo,

Coahuila, han logrado ampliar el estado del conocimiento sobre estos animales, realizando grandes aportes con el descubrimiento de nuevos géneros y especies, además de la ampliación de la distribución paleobiogeográfica, datos que tienen una gran relevancia a nivel mundial (Hernández-Rivera y Delgado-de Jesús, 1999; Hernández-Rivera y Delgado-de Jesús, 2000; Montellano-Ballesteros, 2003; Ramírez-Velasco *et al.*, 2012; Rivera-Sylva y Espinosa-Chávez, 2006; Rivera-Sylva *et al.*, 2010; Rivera-Sylva *et al.*, 2016; Serrano-Brañas *et al.*, 2006; Serrano-Brañas *et al.*, 2014; Torres-Rodríguez *et al.*, 2010). Hasta el momento se cuenta con registros de dinosaurios para el periodo Jurásico en los estados de Tamaulipas y Puebla, mientras que para el Cretácico Coahuila y Baja California presentan las localidades más estudiadas y mejor conocidas, aunque también Chihuahua, Sonora, Michoacán y Chiapas cuentan con localidades importantes (Benammi, *et al.*, 2005; Carbot-Chanona y Rivera-Sylva, 2011; Ford y Chure, 2001; Gates, *et al.*, 2007; Jhonson *et al.*, 2006; Kirkland *et al.*, 2006; Munter y Clark, 2006; Prieto-Márquez *et al.*, 2012; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas 2012; Ramírez-Velasco *et al.*, 2012; Rivera-Sylva *et al.*, 2006; Serrano-Brañas *et al.*, 2014 y Westgate *et al.*, 2002). Algunos trabajos se han encargado de recopilar la información existente sobre el

registro de dinosaurios en México (Rivera-Sylva *et al.*, 2006; Rodríguez-de la Rosa, 2007; Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2014), el último de estos estudios data de hace 4 años (Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2014), periodo en el que se han publicado algunos nuevos registros exclusivamente para el Cretácico (Rivera-Sylva *et al.*, 2016; Rivera-Sylva *et al.*, 2017; Rivera-Sylva *et al.*, 2018; Serrano-Brañas *et al.*, 2016; Serrano-Brañas *et al.*, 2017). El objetivo del presente estudio es generar un listado taxonómico para actualizar el estado del conocimiento sobre el registro óseo de dinosaurios no avianos en México hasta el mes de agosto de 2018.

2. METODOLOGÍA

Se realizó una intensa revisión electrónica de la bibliografía disponible en diferentes buscadores académicos finalizada el mes de agosto de 2018, basándose solamente en los datos de registros óseos de dinosaurios no avianos para México, excluyendo los registros de aves fósiles. Se tomó como principal referencia para la elaboración del listado el trabajo de Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera (2014) y se empleó la nueva propuesta de clasificación de Baron *et al.* (2017) en donde Saurischia; incluye a Sauropoda y Herrerasauridae, mientras que Ornithoscelida; incluye a Theropoda, Neornithischia y Thyreophora. Finalmente, los resultados se compararon con trabajos anteriores que recopilaron los registros de dinosaurios en México.

TAMAULIPAS

Tabla 1. Registros de dinosaurios no avianos pertenecientes al Cañón del Huizachal, Ciudad Victoria, Tamaulipas (Munter, 1999; Munter y Clark, 2006).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Coelophysoidea Welles, 1984 | Theropoda | Formación La Boca | Jurásico medio |
| Heterodontosauridae Kuhn, 1966 | Neornithischia | Formación La Boca | Jurásico medio |

PUEBLA

Tabla 2. Registros de dinosaurios no avianos en Otlaltepec, Puebla (Rivera-Sylva *et al.*, 2006).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Theropoda indet | Theropoda | Formación desconocida | Jurásico tardío |

3. RESULTADOS

El listado taxonómico generado en el presente trabajo, permitió determinar el actual estado del conocimiento sobre los dinosaurios no avianos de México, obteniendo una diversidad de 10 especies, 12 géneros, 10 familias, 4 subórdenes y 2 ordenes, con presencia de material para el Cretácico en los estados de Coahuila, Baja California, Chihuahua, Sonora, Chiapas, Michoacán, mientras que para el Jurásico en Tamaulipas y Puebla. En último listado dedicado exclusivamente a los registros para dinosaurios de México durante el Cretácico tardío reveló una diversidad correspondiente a 7 especies, 9 géneros y 9 familias, con presencia para los estados mencionados anteriormente, excepto los que poseen registros del jurásico (Tamaulipas y Puebla) (Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2014). Mientras que el anterior trabajo que género un listado taxonómico de los registros de dinosaurios de México menciona una diversidad de 9 familias, con presencia de registros óseos para el Cretácico en Coahuila, Baja California, Sonora, Chihuahua, y Chiapas, a su vez para el Jurásico en Tamaulipas y Puebla (Rivera-Sylva *et al.*, 2006). Esto habla de un avance en las investigaciones realizadas hasta 2018, aportando nueva información al estado de conocimiento. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden apreciar divididos por estados y municipios en las siguientes tablas.

MICHOACÁN

Tabla 3. Registros de dinosaurios no avianos en la Barranca de los Bonetes, Tuzantla, Michoacán (Bennami *et al.*, 2005; Mariscal-Ramos, 2006; Ramírez-Velasco, 2009; Ramírez-Velasco *et al.*, 2012).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Tyrannosauridae Osborn, 1905 | Theropoda | Formación desconocida | Cretácico tardío |
| Tetanurae Gauthier, 1986 | Theropoda | Formación desconocida | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación desconocida | Cretácico tardío |
| Huehucanauhtlus tiquichensis Ramírez-Velasco <i>et al.</i>, 2012 | Neornithischia | Formación desconocida | Cretácico tardío |
| Hadrosauroidea Cope, 1870 | Neornithischia | Formación desconocida | Cretácico tardío |

CHIAPAS

Tabla 4. Registros de dinosaurios no avianos en el Río Jaltenango, Ocozocoautla, Chiapas (Carbot-Chanona & Rivera-Sylva, 2011).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|-----------|------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| cf. Richardoestesia sp. Currie <i>et al.</i>, 1990 | Theropoda | Formación Ocozocoautla | Cretácico tardío |

SONORA

Tabla 5. Registros de dinosaurios no avianos en las localidades de Agua de los Conejos, Tascalar, Puerto Viejo y El Alamito, municipio de Fronteras, Sonora (Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Duarte-Bigurra, 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Corral de Enmedio | Cretácico tardío |
| Ornithomimidae Marsh, 1890 | Theropoda | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae Parks, 1923 | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Saurolophinae Brown, 1914 | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae Coper, 1869 | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae Marsh, 1888 | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |

Tabla 6. Registros de dinosaurios no avianos en la localidad de Rancho Corral de Enmedio, Naco-Cananea, Sonora (Lucas *et al.*, 1995; Lucas & González-León, 1996; Contreras-Medina, 1997; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Serrano-Brañas *et al.*, 2014; Serrano-Brañas *et al.*, 2016; Serrano-Brañas *et al.*, 2017).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|-----------|-----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Lomas Coloradas | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Lomas Coloradas | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Corral de Enmedio | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Lutita Packard | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Totilmimus packardensis Serrano-Brañas <i>et al.</i>, 2016 | Theropoda | Formación Packard Shale | Cretácico tardío |

| | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| Ornithomimidae | Theropoda | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Arenisca Camas | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Corral de Enmedio | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Lomas Coloradas | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Corral de Enmedio | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Lomas Coloradas | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Corral de Enmedio | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Grupo Cabullona | Cretácico tardío |

CHIHUAHUA

Tabla 7. Registro de dinosaurios no avianos en el municipio de Aldama, Chihuahua (Rivera-Sylva, *et al.*, 2011; Hernández-Rivera, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2013; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------------------|----------------|--|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Theropoda indet | Theropoda | Formación San Carlos | Cretácico tardío |
| Ankylosauria Osborn, 1923 | Thyreophora | Formación San Carlos | Cretácico tardío |
| Centrosaurinae Lambe, 1915 | Neornithischia | Desconocida | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación San Carlos/ Formación Ojinaga | Cretácico tardío |

Tabla 8. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Arenales, Chamel y Doctor, municipio de Jiménez, Chihuahua (Hernández-Rivera, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|------------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Theropoda indet | Theropoda | Desconocida | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Desconocida | Cretácico tardío |

Tabla 9. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Altares, Bengis Bar, Cri-Cri, Duetto Miseria, El Rebaje, Icoetas y Pico de Pato, municipio de Manuel Benavides, Chihuahua (Andrade-Ramos *et al.*, 2002; Andrade-Ramos, 2003; Montellano-Ballesteros, 2003; Rivera-Sylva *et al.*, 2006; Montaña *et al.*, 2009; Martínez-Díaz, 2011; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
| SAURISCHIA | | | |
| Titanosauridae Lydekker, 1893 | Sauropoda | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Nodosauridae Marsh, 1890 | Thyreophora | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Agujaceratops mariscalensis Lucas et al., 2006 | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |

Tabla 10. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades del Cañón de Santa Elena, municipio de Ojinaga, Chihuahua (Westgate *et al.*, 2002; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-------|----------|-----------------------|------|
|-------|----------|-----------------------|------|

| ORNITHOSCELIDA | | | |
|--|----------------|----------------------|------------------|
| Maniraptora Gauthier, 1986 | Theropoda | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación San Carlos | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación San Carlos | Cretácico tardío |
| cf. Agujaceratops mariscalensis Lucas <i>et al.</i> , 2006 | Neornithischia | Formación Aguja | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación San Carlos | Cretácico tardío |

BAJA CALIFORNIA

Tabla 11. Registro de dinosaurios no avianos en el Sur de San Diego, Baja California (Hernández-Rivera, 1997; Hilton, 2003).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------|-----------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Ornithomimidae | Theropoda | Formación desconocida | Cretácico tardío |

Tabla 12. Registro de dinosaurios no avianos en las localidades El Destiladero, El Jabón y Punta San Isidro, municipio de Eréndira, Baja California (Langstone y Oake, 1954; Hilton, 2003; Johnson *et al.*, 2006; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Martínez-Díaz, 2011; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|----------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Nodosauridae | Thyreophora | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación El Rosario | Cretácico tardío |

Tabla 13. Registro de dinosaurios no avianos en las localidades de Arroyo del Rosario, El Campo de la Fortuna, La Bocana, Lost Pick y Misty Hill, municipio de Rosario, Baja California (Morris, 1967; Molnar, 1974; Morris, 1976; Morris, 1981; Hernández-Rivera *et al.*, 1997; Rodríguez-de la Rosa y Aranda-Manteca, 1999; Ford y Chure, 2001; Hilton, 2003; Romo de Vivar, 2011; Prieto-Márquez *et al.*, 2012; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Peacock *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|----------------|--------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| cf. Richarsoestesia sp. Currie <i>et al.</i> , 1990 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| cf. Chirostenotes sp. Gilmore, 1924 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Saurornitholestinae Longrich & Currie, 2009 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Dromeosauridae Matthew & Brown, 1922 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Troodontidae Gilmore, 1924 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Maniraptora | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Labocania anomala Molnar, 1974 | Theropoda | Formación La Bocana Roja | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| cf. Coelurosauria von Huene, 1914 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| cf. Carnosauria von Huene, 1920 | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Ankylosauria | Thyreophora | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Magnapaulia laticaudus Prieto-Márquez <i>et al.</i> , 2012 | Neornithischia | Formación El Gallo | Cretácico tardío |

| | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación La Bocana Roja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación El Gallo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación La Bocana Roja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación El Rosario | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación El Gallo | Cretácico tardío |

COAHUILA

Tabla 14. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Altamira y Phelan, municipios de Monclova y Progreso, Coahuila (Aguillón *et al.*, 1998; Kirkland *et al.*, 2000; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------|----------------|------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Cerro Huerta | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación desconocida | Cretácico tardío |

Tabla 15. Registro de dinosaurios no avianos para la localidad de la Cuesta, municipio de Hipólito, Coahuila (Murray *et al.*, 1960).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Grupo la Difunta | Cretácico tardío |
| Centrosaurinae | Neornithischia | Grupo la Difunta | Cretácico tardío |

Tabla 16. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Hacienda de Movano y La Esmeralda, municipio de Sierra Mojada, Coahuila (Janensch, 1926; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco, obs. pers., 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación desconocida | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación desconocida | Cretácico tardío |

Tabla 17. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de El Cañón del Oso, El Ejido Puebla, El Pelillal, Estación Buñuelos, La Hedionda, La Majada y Loma del Aire, municipio de Saltillo, Coahuila (Aguillón-Martínez, 2010; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Ramírez-Velasco obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|------------------------|----------------|----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Nodosauridae | Thyreophora | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Grupo La Difunta | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación San Miguel | Cretácico tardío |

Tabla 18. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de La Cuchilla, El Mezquite, Nueva Rosita, Mina La Mimosa, Múzquiz, Palaú, Polvorín y Santa Helena, municipio de Sabinas,

Coahuila (Ojeda-Rivera *et al.*, 1968; Silva-Bárceñas, 1969; Meyer *et al.*, 2005; Kirkland *et al.*, 2006; Serrano-Brañas, 2006; Torres-Rodríguez, 2006; Torres-Rodríguez *et al.*, 2010; Porras-Múzquiz y Lehman, 2011; Ramírez-Velasco obs. pers., 2012; Prieto-Márquez, 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Ankylosauria | Thyreophora | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Chasmosaurinae Lambe, 1915 | Neornithischia | Formación Olmos | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Olmos | Cretácico tardío |

Tabla 19. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Dinosaurio Armado, Las Pedreras, Presa San Antonio y Tanque, municipio de Parras de la Fuente, Coahuila (Espinosa-Arrubarrena *et al.*, 1989; Kirkland *et al.*, 2000; Serrano-Brañas, 2006; Lund *et al.*, 2007; Loewen *et al.*, 2010; Ramírez-Velasco obs. pers., 2012; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012; Prieto-Márquez, 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|--|----------------|----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Ankylosauria | Thyreophora | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| <i>Latirhinus uitstlani</i> Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012 | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Grupo La Difunta | Cretácico tardío |
| Chasmosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |

Tabla 20. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Cañada Ancha, El Barril, El Pantano, El Pelillal, Los Pinos y Rancho Quintanilla, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila (Rodríguez-de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1998; Serrano-Brañas *et al.*, 2006; Aguillón-Martínez, 2010; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Vivas-González, 2013; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|--|----------------|----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| <i>cf. Richardoestesia</i> Currie <i>et al.</i>, 1990 | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Dromeosaurinae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Troodontidae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ornithomimidae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Theropoda indet | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |

Tabla 21. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Agua de Mula, Cerro de los Dinosaurios, Guadalupe, Las Águilas, La Hedionda Chica, El Palmar, La Parrita, La Rosa, Pisicola, Porvenir de Jalpa, Rincón Colorado, Rojas y Valles de los Tirannos del municipio General Cepeda, Coahuila (Hernández-Rivera, 1997; Hernández-Rivera y Delgado-de Jesús, 1999; Eberth *et al.*, 2003; Rivera-Sylva y Espinoza-Chávez, 2006; Serrano-Brañas, 2006; Gates, 2007; Gates *et al.*, 2007; Torres-Rodríguez, 2006; Aguillón-Martínez, 2010; Loewen *et al.*, 2010; Martínez-Díaz, 2011; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Claudio de León, obs. pers., 2012; Ramírez-Velasco obs. pers., 2012; Vivas-González, 2013; Espinoza-Chávez *et al.*, 2014; Ramírez-Velasco *et al.*, 2014; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014; Rivera-Sylva *et al.*, 2017; Rivera-Sylva *et al.*, 2018).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|----------------|----------------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Dromeosaurinae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Saurornitholestinae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Dromeosauridae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Troodontidae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ornithomimidae | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Nodosauridae | Thyreophora | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ankylosauridae | Thyreophora | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ankylosauria | Thyreophora | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| <i>Velafrons coahuilensis</i> Gates <i>et al.</i>, 2007 | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Grupo La Difunta | Cretácico tardío |
| <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> Loewen <i>et al.</i>, 2010 | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Chasmosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Centrosaurinae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación Cerro del Pueblo | Cretácico tardío |

Tabla 22. Registro de dinosaurios no avianos para las localidades de Álamos de Márquez, Anizul, Bell Brown, Dueto Miseria, El Carricito, La Esperanza, Las Garzas, El Rebaje, La Salada y San Miguel municipio de Ocampo, Coahuila (Torres-Rodríguez, 2006; Rivera-Sylva *et al.*, 2007; Monroy-Mújica, 2009; Rivera-Sylva *et al.*, 2009; Rivera-Sylva *et al.*, 2010; Torres-Rodríguez *et al.*, 2010; Martínez-Díaz, 2011; Martínez-Díaz y Montellano-Ballesteros, 2011; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Ramírez-Velasco obs. pers., 2012; Rivera-Sylva y Carpenter, 2014; Rivera-Sylva *et al.*, 2016; Rivera-Sylva *et al.*, 2017; Rivera-Sylva *et al.*, 2018).

| Taxón | Suborden | Unidad estratigráfica | Edad |
|---|-------------|-----------------------|------------------|
| ORNITHOSCELIDA | | | |
| Saurornitholestinae | Theropoda | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Dromeosauridae | Theropoda | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Troodontidae | Theropoda | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Tyrannosauridae | Theropoda | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Theropoda idet | Theropoda | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| <i>Acantholipan gonzalezi</i> Rivera-Sylva <i>et al.</i>, 2018 | Thyreophora | Formación Pen | Cretácico tardío |
| Nodosauridae | Thyreophora | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Nodosauridae | Thyreophora | Formación Pen | Cretácico tardío |

| | | | |
|---|----------------|--------------------|------------------|
| Pachycephalosauridae Brown & Schlaikjer, 1943 | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Saurolophinae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Lambeosaurinae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Hadrosauridae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| <i>Agujaceratops mariscalensis</i> Lucas et al., 2006 | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| <i>Yehuecauhceratops mudei</i> Rivera-Sylva et al., 2017 | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Chasmosaurinae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Centrosaurinae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |
| Ceratopsidae | Neornithischia | Formación La Aguja | Cretácico tardío |

4. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitieron determinar el estado actual del conocimiento sobre los dinosaurios no avianos de México, así como apreciar el avance en los estudios de esta temática en dicho país durante los últimos 10 años, gracias a los trabajos encargados de recopilar los registros de estos animales anteriormente. Especialmente se logró observar que entre 2007 y 2018 las publicaciones sobre dinosaurios nacionales se incrementaron considerablemente, gracias a los estudios realizados en su mayoría por investigadores mexicanos, particularmente de la UNAM y del Museo del Desierto de Saltillo, Coahuila. A partir del último trabajo recopilatorio (Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2014) los estudios se han realizado solamente en Coahuila, Baja California y Sonora, aportando información para el Cretácico tardío. Se concluye que en México las investigaciones sobre paleontología de dinosaurios, específicamente en sistemática, aún están en comienzo, a pesar de ello se han realizado grandes aportes con el descubrimiento de nuevos géneros y especies. Además de la ampliación de distribución paleobiogeográfica información que tiene una gran relevancia a nivel mundial. Mientras que los taxones más abundantes corresponden a la familia hadrosauridae distribuida en Michoacán, Sonora, Chihuahua, Baja California y Coahuila, así como la familia ceratopsidae con presencia en Sonora, Chihuahua, Baja California y Coahuila, posiblemente su abundancia se deba a su amplia distribución paleobiogeográfica en Norteamérica. Finalmente ahondando en por qué no se ha avanzado en estudios de esta índole en otros estados de la República mexicana, se pueden mencionar varios factores entre ellos los

económicos, que limitan investigaciones de este tipo, así como sociales relacionados con la situación de inaccesibilidad a ciertos sitios, debido a la situación de inseguridad que ha atravesado el país los últimos años.

5. LITERATURA CITADA

- Aguilar, F. J., Hernández-Rivera, R., López-Espinoza, J., Lara-Rodríguez, M., Ramírez Velasco, A. A., & Gudiño-Maussán, J. L. 2014. Informe Rescate paleontológico de un esqueleto semiarticulado de Hadrosáurido (Ornithischia: Hadrosauridae) en el ejido Guadalupe, municipio General Cepeda, Coahuila. *Informe inédito*, Consejo de Arqueología, INAH, México.
- Aguilón-Martínez, M. C. 2010. *Fossil vertebrates from the Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico, and the distribution of late Campanian (Cretaceous) terrestrial vertebrate faunas*. Tesis de Maestría, Southern Methodist University, pp. 135.
- Andrade-Ramos, P., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S., & Lozano-García, S. 2002. A Late Cretaceous association from Altares, Chihuahua, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22: 32A.
- Andrade-Ramos, P. 2003. *Paleontología de una localidad del Cretácico Tardío de Altares-Chihuahua*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., pp.60.
- Baron, M. G. 2017. *Pisanosaurus mertii* and the Triassic ornithischian crisis: could phylogeny offer a solution?. *Historical Biology*, 49:1-15.

- Baron, M. G., & Barrett, P. M. 2017. A dinosaur missing-link? *Chilesaurus* and the early evolution of ornithischian dinosaurs. *Biology letters*, 13: 20170220.
- Baron, M. G., Norman, D. B., & Barrett, P. M. 2017. A new hypothesis of dinosaur relationships and early dinosaur evolution. *Nature*, 543: 501-506.
- Baron, M.G. and Williams, M.E. 2018. A re-evaluation of the enigmatic dinosauriform *Caseosaurus crosbyensis* from the Late Triassic of Texas, USA and its implications for early dinosaur evolution. *Acta Palaeontologica Polonica*, 63: 129–145.
- Benammi, M., Centeno-García, E., Martínez-Hernández, E., Morales-Gómez, M., Tolson, G., & Urrutia-Fucugauchi, J. 2005. Presencia de dinosaurios en la Barranca Los Bonetes en el sur de México (Región de Tiquicheo, Estado de Michoacán) y sus implicaciones cronoestratigráficas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22: 429-435.
- Benton, M. J. 2005. The age of dinosaurs. Pp. 187-255. In: Benton, M. J. (Eds.) *Vertebrate paleontology*. Third edition. Blackwell publishing, Oxford, United Kingdom. 455 pp.
- Benton Michael, J., & Harper David, A. T. 2009. *Introduction to paleobiology and the fossil record*. First edition. Willey-Blackwell, Hong Kong. 592 pp.
- Brown, B. 1914. *Corythosaurus casuarius*, a new crested dinosaur from the Belly River Cretaceous, with provisional classification of the family Trachodontidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 32: 395–406
- Brown, B., Schlaikjer, E.M., 1943. A study of the troodont dinosaurs with a description of a new genus and four new species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 82: 115–149.
- Brusatte, S. L. 2017. Evolution: Uprooting the Dinosaur Family Tree. *Current Biology*, 27: R390-R392.
- Carbot-Chanona, G., & Rivera-Sylva, H. E. 2011. Presencia de un dinosaurio maniraptoriforme en el Cretácico tardío (Maastrichtiano) de Chiapas, sur de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63: 393-398.
- Carroll, R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and evolution*. First edition. WH Freeman, New York, United States. 698 pp.
- Cope, E.D. 1869. Synopsis of the extinct Batrachia, Reptilia and Aves of North America. *Transactions of the American Philosophical Society*, 14: 1–252.
- Contreras-Medina, R. 1997. *Origen, taxonomía y paleobiogeografía de hadrosauridae (Ornithischia: Ornithopoda) una familia de dinosaurios del Cretácico*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF., pp. 63.
- Currie, P. J., Rigby, J. K., Sloan, R. E., & Carpenter, K. 1990. Theropod teeth from the Judith River formation of southern Alberta, Canada. *Dinosaur systematics: approaches and perspectives*, 107-125.
- Eberth, D., Sampson, S. D., Rodríguez-De La Rosa, R. A., Aguillón-Martínez, M., Brinkman, D. B., & López-Espinoza, J. 2003. Las Águilas: an unusually rich Campanian-age vertebrate locale in southern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23: 47A-47^a.
- Duarte-Bigurra, R. 2013. *Descripción de dos esqueletos parciales de hadrosauridae (Dinosauria: Ornithischia) del Cretácico Superior de la región de Fronteras, Sonora, México*. Tesis de Licenciatura, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora, México, 81 pp.
- Espinosa-Arrubarrena, L., Applegate, S. P., & Hernández, R. 1989. Crónica de una gran expedición paleontológica. *Ciencia y Desarrollo*, 15: 23-32.
- Ford, T.L. and Chure, D.J. 2001. “*Aublysodon*” teeth from the El Gallo Formation (Late Campanian) of Baja California: the

- southernmost record of tyrannosaurid theropods. In: McCord, R.D. and Boaz, D. (eds.), *Western association of vertebrate paleontologists and southwest paleontological symposium proceedings 2001*, Mesa Southwest Museum Bulletin, 8: 75-89.
- Gates, T. A. 2007. *Taxonomy, biogeography, and paleoecology of North American hadrosaurid (Ornithopoda) dinosaurs*. Doctoral dissertation, Department of Geology and Geophysics, University of Utah pp. 290.
- Gates, T. A., Sampson, S. D., De Jesús, C. R. D., Zanno, L. E., Eberth, D., Hernández-Rivera, R., & Kirkland, J. I. 2007. *Velafrons coahuilensis*, a new lambeosaurine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27: 917-930.
- Gauthier, J. A. 1986. Saurischian monophyly and the origin of birds. *Mem. Calif. Acad. Sci.*, 8: 1–55.
- Gilmore, C. W. 1924. A new coelurid dinosaur from the Belly River Cretaceous of Alberta. *Canada Geological Survey Bulletin*, 38: 1-12.
- Huene, F. V. 1914. Das natürliche system der Saurischia. *Zentralblatt Mineralogie, Geologie, und Palaeontologie B*, 1914: 154-158.
- Huene, F. V. 1920. Bemerkungen zur Systematik und Stammesgeschichte einiger Reptilien. *Zeitschrift für Induktive Abstammungs-und Vererbungslehre*, 22: 209-212.
- Hernández-Rivera, R. 1997. Mexican dinosaurs. *Encyclopedia of Dinosaurs*: Academic Press, USA, pp. 433-437.
- Hernández-Rivera, R., & Delgado-de Jesús, C. 1999. An endocast of a ceratopsian brain cavity from the Cerro del Pueblo Formation (Latest Campanian, Upper Cretaceous), Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19: 50A-51A.
- Hernández-Rivera, R., & Delgado-De Jesús, C. 2000. Hadrosaur skin impressions and associated skeletal remains from Cerro del Pueblo Fm (Uppermost Campanian) southeastern Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20: 48^a.
- Hilton, R. 2003. *Dinosaurs and other Mesozoic reptiles of California*. Univ of California Press, pp. 356.
- Janensch, V. W. 1926. Dinosaurier-reste aus Mexiko. *Centralblatt für Mineralogie. Geologie und Paläontologie*, 1926B: 192-197.
- Jenkins, X.A., Foster, J.R., and Gay, R.J., 2017. First unambiguous dinosaur specimen from the Upper Triassic Chinle Formation in Utah: *Geology of the Intermountain West*, 4: 231–242.
- Johnson, M. E., Ledesma-Vázquez, J., & Baarli, B. G. 2006. Vertebrate remains on ancient rocky shores: A review with report on hadrosaur bones from the Upper Cretaceous of Baja California (México). *Journal of Coastal Research*, 22: 574-580.
- Kirkland, J. I., Hernández-Rivera, R., Aguillón Martínez, M. C., Delgado de Jesús, C. R., Gómez-Nuñez, R., & Vallejo, I. 2000. The Late Cretaceous Difunta Group of the Parras Basin, Coahuila, México, and its vertebrate fauna. In: *Society of Vertebrate Paleontology Annual Meeting* pp. 133-172.
- Kirkland, J. I., Hernández-Rivera, René., Gates, Terry., Paul, G. S., Nesbitt, Sterlyng., Serrano-Brañas, C. I., & García-de la Garza, J. P. 2006. Large hadrosaurine dinosaurs from the latest Campanian of Coahuila, México. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 35, 299-315.
- Kuhn O. 1966. *Die Reptilien, System und Stammesgeschichte*. Oeben Verlag: Kraillingen bei München. 154 pp.
- Lambe L.M. 1915. On *Ecoceratops canadensis*, gen. nov., with remarks on other genera of Cretaceous horned dinosaurs. *Canadian*

- Geological Survey museum Bulletin*, Geology Series, 24: 1-49.
- Lambe, W. Jr. and Oakes, M.H. 1954. Hadrosaurs in Baja California. *Bulletin of Geological Society of America*, 65: 1344.
- Loewen, M. A., Sampson, S. D., Lund, E. K., Farke, A. A., Aguillón-Martínez, M. C., de Leon, C. A., & Eberth, D. A. 2010. Horned dinosaurs (Ornithischia: Ceratopsidae) from the Upper Cretaceous (Campanian) Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, México. In: M.J. Ryan, B. Chinnery-Allgeier, and D.A. Eberth. *New perspectives on horned dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium*. Indiana University Press, Bloomington, USA.
- Longrich, N. R., & Currie, P. J. 2009. A microraptorine (Dinosauria–Dromaeosauridae) from the late Cretaceous of North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 5002-5007.
- Lucas, S.G. and González-León, C.M. 1996. Dinosaurios del Cretácico Tardío, del Grupo Cabullona, Sonora. *Geología del Noreste*. Vol. 1: 20-25.
- Lucas, S.G., Sullivan, R.M. and Hunt, A.P. 2006. Re-evaluation of *Pentaceratops* and *Chasmosaurus* (Ornithischia; Ceratopsidae) in the Upper Cretaceous of the Western Interior. Late Cretaceous Vertebrates from the Western Interior. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, Vol. 35: 367-370.
- Lucas, S.G., Kues, B.S. and González-León, C.M. 1995. Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, Northeastern Sonora. In: Jacques-Ayala, C., González-León, C.M. and Roldán-Quintana, J. (eds.), Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas. *Geological Society of America, Special Paper*, 301: 143-165.
- Lund, E. K., Loewen, M. A., Sampson, S. D., Getty, M. A., Aguillón-Martínez, M. C., Rodríguez-de la Rosa, R. A., & Eberth, D. A. 2007. Ceratopsian remains from the Late Cretaceous Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, and México. In *Ceratopsian Symposium: Short Papers, Abstracts and Programs*, 108-113.
- Lydekker, R. 1893. Contributions to the study of the fossil vertebrates of Argentina. I, The dinosaurs of Patagonia. *Anales del Museo de La Plata, Paleontología*, 2: 1-14.
- Martínez-Díaz, J.L. 2011. *El registro fósil de Anquilosaurios (Thyreophora; Ankylosauria) del Cretácico Superior de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 49 pp.
- Martínez-Díaz, J.L., Montellano-Ballesteros, M. 2011. *El registro fósil de Anquilosaurios (Thyreophora; Ankylosauria) del Cretácico Superior de México*. XII Congreso Nacional de Paleontología. Benémrita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla de los Ángeles, México, 93.
- Mariscal-Ramos, C. 2006. Estudio paleontológico y magnetoestratigráfico de la localidad "Barranca los Bonetes" (Tuzantla, Michoacán). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 61.
- Marsh, O. C. 1888. A new family of horned Dinosauria from the Cretaceous. *American Journal of Science*, 36: 477-478.
- Marsh, O. C. 1890. Description of new dinosaurian reptiles. *American Journal of Science*, 3: 81-86.
- Marsh, O. C. 1890. Additional characters of the Ceratopsidae, with notice of new Cretaceous dinosaurs. *American Journal of Science*, 3: 81–86.
- Matthew W.D., Brown, B. 1922. The family Deinodontidae, with notice of a new genus from the Cretaceous of Alberta. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 66: 367–385
- Meyer, C.A., Frey, E.D., Thüring, B., Etter, W., and Stinnesbeck, W. 2005. Dinosaur tracks from the Late Cretaceous Sabinas basin (México). *Kaupia. Darmstädter Beiträge zur Naturgeschichte*, 14: 41–45.

- Monroy-Mújica, I.H. 2009. *Microvertebrados fósiles cretácicos tardíos (Campaniano Tardío) de la Formación Aguja en el Noroeste de Coahuila, México*. Tesis Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores de Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 111.
- Montaño, M.I., Hernández-Rivera, R. and Montellano-Ballesteros, M. 2009. Hadrosaurios kritosaurinos del Cretácico Tardío de Coahuila y Chihuahua, México. *XI Congreso Nacional de Paleontología*, Centro de Geociencias, Campus Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, Querétaro, 47.
- Molnar, R. E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (Mexico). *Journal of Paleontology*, 48: 1009-1017.
- Montellano-Ballesteros, M. 2003. A titanosaurid sauropod from the Upper Cretaceous of Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20: 160-164.
- Morris, W.J. 1967. Baja California: Late Cretaceous dinosaurs. *Science*, 155: 1539–1541.
- Morris, W.J. 1976. Mesozoic and Tertiary vertebrates of Baja California, 1968-1971. *National Geographic Society Research Reports*, 305-316.
- Morris, W. J. 1972. A giant hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Journal of Paleontology*, 46: 777–779.
- Morris, W. J. 1981. A new species of Hadrosaurian dinosaur from The Upper Cretaceous of Baja California? *Lambeosaurus laticaudus*. *Journal of Paleontology*, 55: 453–462.
- Müller, R. T., & Dias-da-Silva, S. (2017). Taxon sample and character coding deeply impact unstable branches in phylogenetic trees of dinosaurs. *Historical Biology*, 1-4.
- Munter, R. C. 1999. Two theropod dinosaur specimens from Huizachal Canyon, México. *Journal in Vertebrate Paleontology*, 19: 65^a.
- Munter, R. C., & Clark, J. M. 2006. Theropod dinosaurs from the Early Jurassic of Huizachal Canyon, México. *Amniote paleobiology: perspectives on the evolution of mammals, birds, and reptiles*, 53-75.
- Murray, G.E., Boyd, D.R., Wolleben, J.A. and Wilson, J.A. 1960. Late Cretaceous fossil locality, Eastern Parras Basin, Coahuila, México. *Journal of Paleontology*, 34: 368–373.
- Ojeda-Rivera, J., Delgado-Hernández, J. and Villamar, S. 1968. Coal geology of the Sabinas Basin, Coahuila. *Geological Society of America, Fieldtrip Guidebook*, 11: 72.
- Osborn, H.F. 1905. Tyrannosaurus and other Cretaceous carnivorous dinosaurs. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 21: 259-265.
- Osborn, H. F. 1923. Two Lower Cretaceous dinosaurs from Mongolia. *American Museum Novitates*, 95: 1-10.
- Parry, L. A., Baron, M. G., & Vinther, J. 2017. Multiple optimality criteria support Ornithomimidae. *Royal Society Open Science*, 4: 170833.
- Parks, W. A. 1923. *Corythosaurus intermedius*, a new species of trachodont dinosaur. *University of Toronto Studies. Geological Series*, 15: 1-57.
- Peacock, B.R., Wilson, J.A., Hernández-Rivera, R., Montellano-Ballesteros, M. and Wilson, G.P. 2014. First tyrannosaurid remains from the Upper Cretaceous “El Gallo” Formation of Baja California, México. *Acta Paleontologica Polonica*, 59: 71-80.
- Porrás-Múzquiz, H. G., & Lehman, T. M. 2011. A ceratopsian horncore from the Olmos Formation (early Maastrichtian) near Múzquiz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28: 262-266.

- Prieto-Márquez, A. 2013. Skeletal morphology of *Kritosaurus navajovius* (Dinosauria: Hadrosauridae) from the Late Cretaceous of the North America southwest, with an evaluation of the phylogenetic systematic and biogeography of Kritosaurini. *Journal of Systematic Paleontology*, 12: 133-175.
- Prieto-Márquez, A., Chiappe, L. M., & Joshi, S. H. 2012. The lambeosaurine dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the Late Cretaceous of Baja California, northwestern México. *PLoS One*, 7: e38207.
- Prieto-Márquez, A., & Serrano Brañas, C. I. 2012. *Latirhinus uitstlani*, a 'broad-nosed' saurolophine hadrosaurid (Dinosauria, Ornithopoda) from the late Campanian (Cretaceous) of northern México. *Historical Biology*, 24: 607-619.
- Ramírez-Velasco, A. A. 2009. *Descripción de los dinosaurios de la Barranca de los Bonetes (Tuzantla, Michoacán) Cretácico Tardío (Coniaciano-Santoniano) y reporte de paleopatologías*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., pp. 174.
- Ramírez-Velasco, A. A., Hernández-Rivera, R., & Sertin-Pichardo, R. 2014. The hadrosaurian record from México. *Hadrosaurs. Indiana University Press, Bloomington, Indiana*, pp. 340-360.
- Ramírez-Velasco, A. A., Benammi, M., Prieto-Márquez, A., Ortega, J. A., & Hernández-Rivera, R. 2012. *Huehucanauhtlus tiquichensis*, a new hadrosauroid dinosaur (Ornithischia: Ornithopoda) from the Santonian (Late Cretaceous) of Michoacán, México. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 49: 1-18.
- Ramírez-Velasco, A. A., & Hernández-Rivera, R. 2014. Diversity of late cretaceous dinosaurs from México. *Boletín Geológico y Minero*, 126: 63-108.
- Rivera-Sylva, H. E., & Espinosa-Chávez, B. 2006. Ankylosaurid (Dinosauria: Thyreophora) osteoderms from the upper Cretaceous Cerro del Pueblo Formation of Coahuila, México. *Carnets de Geología*, 2: 1-5.
- Rivera-Sylva, H. E., Frey, E., & Guzmán-Gutiérrez, J. R. 2009. Evidence of predation on the vertebra of a hadrosaurid dinosaur from the Upper Cretaceous (Campanian) of Coahuila, México. *Carnets de Geología*, L02: 1-6.
- Rivera-Sylva, H. E., Frey, E., Palomino-Sánchez, F. J., Guzmán-Gutiérrez, J. R., & Ortiz-Mendieta, J. A. 2009. Preliminary report on a late Cretaceous vertebrate fossil assemblage in Northwestern Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61: 239-244.
- Rivera-Sylva, H., Guzmán-Gutiérrez, J. R., Palomino-Sánchez, F. J., López-Espinosa, J., & De la Peña-Oviedo, I. 2007. New vertebrate fossil localities from the Late Cretaceous of Northern Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27: 135A-135^a.
- Rivera-Sylva, H., Hedrick, B., Guzmán-Gutiérrez, R., González, A., & Dodson, P. 2011. A new Campanian vertebrate locality from northwestern Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 31: 179-179.
- Rivera-Sylva, H. E., Ortiz-Mendieta, J. A., & De la Peña-Oviedo, I. 2010. First record of a pachycephalosaurid from México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, SVP, Programs and abstracts, 152 A.
- Rivera-Sylva, H. E., Carpenter, K., & Aranda-Manteca, F. J. 2011. Late cretaceous nodosaurids (Ankylosauria: ornithischia) from México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28: 271-278.
- Rivera-Sylva, H. E., & Carpenter, K. 2014. The ornithischian dinosaurs of México. *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico. Indiana University Press, Bloomington, Indiana*, pp. 156-180.
- Rivera-Sylva, H. E., Hedrick, B. P., & Dodson, P. 2016. A Centrosaurine (Dinosauria: Ceratopsia) from the Aguja Formation (Late

- Campanian) of Northern Coahuila, México. *PLoS One*, 11: e0150529.
- Rivera-Sylva, H. E., Frey, E., Stinnesbeck, W., Guzmán-Gutiérrez, J. R., & González-González, A. H. 2017. Mexican ceratopsids: Considerations on their diversity and biogeography. *Journal of South American Earth Sciences*, 75: 66-73.
- Rivera-Sylva, H. E., Frey, E., Stinnesbeck, W., Carbot-Chanona, G., Sánchez-Urbe, I. E., & Guzmán-Gutiérrez, J. R. 2018. Paleodiversity of Late Cretaceous Ankylosauria from México and their phylogenetic significance. *Swiss Journal of Palaeontology*, 147: 83-93.
- Rivera-Sylva, H. E., Rodríguez-De La Rosa, R., & Ortiz-Mendieta, J. A. 2006. A review of the dinosaurian record from México. In *Studies on Mexican paleontology*, pp. 233-248. Springer, Dordrecht.
- Rodríguez-De la Rosa Rubén A. 2007. "El Estudio de los Dinosaurios de México: Historia, Registro y Perspectivas", *Investigación y Ciencia*, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 15: 49-58.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A., & Cevallos-Ferriz, S. R. 1998. Vertebrates of the El Pelillal locality (Campanian, Cerro del Pueblo Formation), southeastern Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18: 751-764.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A. y Aranda-Manteca, F. J. 1999. Theropod teeth, from the Late Cretaceous El Gallo Formation, Baja California, México. *VII International Symposium Mesozoic Terrestrial Ecosystem*, Buenos Aires, Argentina, 56.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A. y Aranda-Manteca, F. J. 2000. Where there venomous theropods? *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20: 60 A.
- Romo-de Vivar, M. P. R. 2011. *Microvertebrados Cretácicos tardíos del área de Rosario, Baja California, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 146 pp.
- Seeley, H. G. 1887. Researches on the Structure, Organization, and Classification of the Fossil Reptilia.--I. On Protosaurus Speneri (von Meyer). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B*, 178: 187-213.
- Serrano-Brañas, C. I. 2006. *Descripción de los Dinosaurios pertenecientes a la familia Hadrosauridae, del Cretácico superior de Coahuila, México*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 173 pp.
- Serrano-Brañas, C. I., Hernández-Rivera, R., Torres, R. E. y Espinosa, C.B. 2006. A natural hadrosaurid endocast from the Cerro del Pueblo Formation (Upper Cretaceous) of Coahuila, México. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 35: 317-321.
- Serrano-Brañas, C. I., Gutiérrez-Blando, C., Bigurra, R. D., & González-León, C. M. 2017. First occurrence of tyrannosaurid theropods from the Corral de Enmedio Formation (Upper Cretaceous) Sonora, México. *Cretaceous Research*, 75: 81-93.
- Serrano-Brañas, C. I., Torres-Rodríguez, E., Luna, P. C. R., González, I., & González-León, C. 2014. Tyrannosaurid teeth from the Lomas Coloradas Formation, Cabullona Group (Upper Cretaceous) Sonora, México. *Cretaceous Research*, 49, 163-171.
- Serrano-Brañas, C. I., Torres-Rodríguez, E., Reyes-Luna, P. C., González-Ramírez, I., & González-León, C. 2016. A new ornithomimid dinosaur from the Upper Cretaceous Packard Shale formation (Cabullona Group) Sonora, México. *Cretaceous Research*, 58: 49-62.
- Silva-Bárcenas, A. 1969. Localidades de vertebrados fósiles en la República Mexicana. *Paleontología mexicana*, 28:1-34.
- Tennant, J. P., Chiarenza, A. A., & Baron, M. 2018. How has our knowledge of dinosaur diversity through geologic time changed through research history?. *PeerJ*, 6: e4417.

- Torres-Rodríguez, E. 2006. *Terópodos del Cretácico Superior del Estado de Coahuila, México*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. Tesis de licenciatura 91 pp.
- Torres-Rodríguez, E., Ballesteros, M. M., Rivera, R. H., & Benammi, M. 2010. Dientes de terópodos del Cretácico Superior del Estado de Coahuila, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 27: 72-83.
- Vivas-González, R. 2013. *Paleoecología de dinosaurios hadrosauridos (ornithischia: ornithopoda) de la formación cerro del pueblo (cretácico tardío: campaniano), Coahuila, México*, Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp. 102.
- Welles, S. 1984. Dilophosaurus wetherilli (Dinosauria, Theropoda) osteology and comparisons. *Palaeontographica A*, 185: 85-180.
- Westgate, J. W., Brown, R. B., Cope, D., & Pittman, J. 2002. Discovery of dinosaur remains in coastal deposits near Ojinaga, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22: 118-119.
- Westgate, J., Pittman, J., Brown, R. B., & Cope, D. 2002. Continued Excavation of the first dinosaur community from Chihuahua, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26: 138 A

EVALUACIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES DE FASE Y EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN ACERO AISI 4140 MEDIANTE EXPERIMENTACIÓN Y MODELADO

R.D. López-García, A. Maldonado-Reyes, M.A. Jiménez-Gómez, J.E. Guzmán-Delgado, C.E. López-García, O. Lara-Maldonado.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Blvd. Emilio Portes Gil #1301 Pte, Cd. Victoria Tamps., C.P. 87010 Tel: 018341532000 ext. 303. rdlgitcv@hotmail.com, armar_y2k@hotmail.com, m_jimenez81@yahoo.com.mx, jeguzmand@hotmail.com, carloslopez7616@hotmail.com

RESUMEN: El presente trabajo, muestra los resultados experimentales y por modelado matemático, de un acero AISI 4140 templado a diferentes velocidades de enfriamiento, con la finalidad de determinar las condiciones óptimas de procesamiento para obtener las propiedades mecánicas deseadas. Para esto, se utilizó un modelo implementado en el software JMatPro. El éxito del modelo se basa en la predicción precisa de las principales transformaciones de fase que tienen lugar durante el tratamiento térmico, así como el cálculo de las diferentes propiedades mecánicas y térmicas, en función de la temperatura, el tiempo y la velocidad de enfriamiento. Además, de poder calcular una amplia gama de propiedades físicas, termofísicas e incluidos los diagramas TTT y CCT. De los resultados obtenidos, se puede mencionar, que existen condiciones ideales para este tipo de acero, donde se obtienen altas propiedades mecánicas, con un bajo riesgo de formar fases que pueden llegar a presentar en el material distorsión, formación de grietas y posibles fracturas. El modelo implementado en el software JMatPro proporcionó resultados muy cercanos a los obtenidos experimentalmente con lo que se puede validar con alta precisión, la predicción de las diferentes propiedades del material tratado térmicamente.

PALABRAS CLAVE: Simulación, Temple, Diagramas TTT y CCT.

ABSTRACT: The present work shows the results obtained by mathematics modeling and experimental tests of an AISI 4140 steel quenched using different cooling rates, to determinate optimal conditions of processing to obtain desired mechanicals properties. A model implemented in the Software JMatPro was used. The success of this model is based on the accurate prediction of the several phase transformations that take place during heat treatment, additionally the compute of the mechanical and thermal properties as a function of temperature, time and cooling rate. Moreover, it is possible to compute a wide gamma of physical and thermophysical properties including TTT and CCT diagrams. The results obtained show that exist ideal conditions for this type of steel, when higher mechanical properties can be obtained with low risk to form phases that may cause distortion, cracking and fractures in the material. The model implemented in the software JMatPro provides results very close to those obtained experimentally. Therefore, it is possible to validate with higher precision, the prediction of the different properties treated thermally.

KEY WORDS: Simulation, Temple, Diagrams TTT y CCT.

1. INTRODUCCIÓN

El acero AISI 4140 grado maquinaria es un acero de medio carbono, donde aunado al C el contenido de cromo (Cr) y molibdeno (Mo) son los responsables de incrementar la resistencia a la tensión, la templabilidad, la tenacidad y resistencia al desgaste. El acero AISI 4140 completamente endurecido puede alcanzar una dureza cercana a 60HRC. Por las características y propiedades mecánicas este tipo de acero se utiliza en la fabricación de: tuberías, cigüeñales, engranes, bielas, ejes entre otros. En la industria metalúrgica para la fabricación de este tipo de componentes, las

altas propiedades mecánicas son vitales para proporcionar a los clientes productos altamente confiables tales como (resistencia y dureza) [Grum et al., 2001].

En los procesos de tratamientos térmicos de los aceros se involucran ciclos de calentamientos y enfriamientos que promueven la generación de esfuerzos mecánicos de origen térmico y por transformación de fases, cuya magnitud depende en gran medida de la velocidad de enfriamiento. Cuando el acero se enfría desde una temperatura austenítica a una velocidad de enfriamiento lenta, se obtienen microestructuras que favorecen la aparición de

un bajo nivel de esfuerzos residuales dentro del material. Sin embargo, para la obtención de propiedades mecánicas como la resistencia y dureza en un rango elevado, es necesario utilizar el tratamiento térmico de temple en donde las velocidades de enfriamiento son más altas. Para estas condiciones, las velocidades de enfriamiento conllevan a la evolución de una mayor magnitud de esfuerzos internos que pueden ser perjudiciales en la vida de la pieza o componente, al igual que en la precisión dimensional. Industrialmente, el tratamiento térmico de temple es el proceso más utilizado para endurecer e incrementar la resistencia del acero a través de la formación de la martensita. Sin embargo, se tiene que considerar que cuando la velocidad de enfriamiento no está por encima de la crítica la posibilidad de la formación del agregado de bainita aumenta considerablemente impactando de manera negativa las propiedades mecánicas deseadas e incrementando la posibilidad de llegar a un nivel superior de esfuerzos internos en los componentes (templados o tratados) [López et al., 2016].

Es conocido que durante el temple, dos mecanismos son los responsables de generar esfuerzos internos que pueden, si superan el límite elástico del material, distorsionar la pieza macroscópicamente, formar grietas o provocar la fractura del material. Estos dos mecanismos son: por esfuerzos de origen térmico y la transformación de la martensita. En la literatura, [Totten and Howes 1997] se encuentra que estos dos mecanismos pueden ocurrir secuencial o simultáneamente. El orden de aparición dependerá de la composición química, de la temperatura de austenizado, del tamaño de grano austenítico, de la velocidad de enfriamiento y las condiciones propias de la operación de temple. Experimentalmente, determinar los ciclos adecuados para obtener las condiciones óptimas durante el tratamiento térmico de temple, considerando todas las variables involucradas tales como, térmicas, físicas, mecánicas y químicas, es una tarea difícil de realizar por los costos involucrados y el tiempo para realizarlas. Es por ello que la simulación de procesos como este, toma la importancia para desarrollar modelos aplicables a procesos específicos, con la finalidad de determinar los parámetros y condiciones ideales para obtener las propiedades mecánicas deseadas.

1.1. Modelado de las propiedades del material utilizando JMatPro.

Durante las últimas tres décadas, varios procesos de tratamiento térmico se han simulado mediante métodos numéricos. Específicamente, el proceso de temple ha sido simulado utilizando en su mayoría software por elementos finitos MEF [Mackerle J, 2003]. El método por elementos finitos (MEF) es una técnica de cálculo numérico utilizada para obtener soluciones aproximadas de problemas de ingeniería con valores de frontera. Útil para la solución de problemas donde se involucran un alto número de variables, el diseño de la geometría de la pieza es muy complejo y la exactitud de los resultados requeridos es alto.

El proceso de tratamiento térmico de temple involucra tres etapas importantes: la velocidad de calentamiento, el tiempo de permanencia a la temperatura de austenizado y la velocidad de enfriamiento. La segunda determina el tamaño de grano y la última es responsable de la microestructura final del material tratado. Durante cada etapa existen un número importante de variables involucradas que son difícil de controlar y predecir, lo que implica largos y costosos ensayos de laboratorio. Una alternativa para la obtención de estos datos es haciendo uso de software especializados que se enfocan en la obtención de las propiedades del material simulado, y se basan por lo general en su composición química. Para una confiable predicción de propiedades, cualquier simulación debe ser capaz de tener un acoplamiento de la transferencia de calor, las transformaciones de fase, la composición química y las deformaciones presentes.

Para el caso del presente trabajo, se utilizó JMatPro el cual es un software versátil capaz de predecir con relativa exactitud diferentes propiedades tales como: densidad, dureza, resistencia a la tensión, esfuerzo de cedencia, módulo de Young's, transformaciones de fase, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica y calor específico. Además de poder calcular los diagramas tiempo-temperatura-transformación (TTT) y transformación con enfriamiento continuo (CCT). Los datos iniciales requeridos para la simulación son: composición química, tamaño de grano, temperatura de austenizado y velocidad de enfriamiento. Trabajos previos [Guo et al., 2009, Saunders et al., 2003 y Trzaska et al.,

2009], han demostrado la exactitud para el cálculo de diferentes propiedades de los materiales ensayados utilizando el software JMatPro, los análisis se han enfocado básicamente en determinar los diagramas TTT y CCT, así como evaluar las propiedades térmicas y mecánicas de diferentes aceros.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La Tabla 1, muestra la composición química del acero AISI 4140 utilizado en el presente estudio. Para el desarrollo experimental se utilizaron piezas cilíndricas de 12.5 mm de diámetro por 200 mm de longitud. Para analizar

Tabla 1. Composición química del acero AISI 4140.

| Elemento | C | Mn | Cr | Mo | Si | P | S | Fe |
|----------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|
| e.p. (%) | 0.41 | 0.83 | 0.98 | 0.21 | 0.25 | 0.028 | 0.035 | Balance |

La dureza se evaluó aplicando la norma ASTM E18, se utilizó un durómetro Rockwell marca TIME con una carga de 150 Kg y un indentador de punta de diamante, se realizaron 5 indentaciones y se obtuvo el promedio. Las propiedades mecánicas como el UTS y YS se obtuvieron utilizando una máquina de ensayos universales marca Shimadzu de 5KN. Las probetas utilizadas se maquinaron de acuerdo a la norma ASTM E8. Una vez tratadas, las muestras fueron cortadas en tamaños de 12.5 mm de diámetro y 10 mm de longitud, se desbastaron con lijas de SiC con diferente granulometría y posteriormente fueron pulidas con una solución de alúmina de 3 μ m para finalmente utilizar pasta de diamante para el pulido final. Para revelar la microestructura las muestras se atacaron con nital al 2 %. Las fases presentes en el material fueron calculadas utilizando un microscopio metalográfico marca Olympus, utilizando el analizador de imágenes ImageProPlus.

Las propiedades termofísicas fueron calculadas mediante dilatometría por temple empleando un dilatómetro de temple (L78 RITA Linseis Messgeräte, Germany), utilizando muestras cilíndricas de 3 mm de diámetro por 10mm de longitud, el calentamiento fue por inducción mientras que el enfriamiento fue generado por la convección forzada de gas helio. Las propiedades analizadas en el presente trabajo fueron simuladas en el software JMatPro tales

las propiedades mecánicas las muestras fueron primeramente tratadas térmicamente en un horno eléctrico tipo mufla marca Thermolyne. Las piezas fueron austenizadas a una temperatura de 880 °C por tiempos de 1, 3, 5, 9, 11, 15 y 20 min, posteriormente fueron templadas en aceite a diferentes velocidades de enfriamiento. La velocidad de enfriamiento fue determinada a través de termopares tipo-K sujetos en el centro de la pieza sobre la superficie y los datos fueron grabados utilizando una tarjeta de adquisición marca Omega de 16 canales.

como: expansión lineal, dureza, UTS y YS, transformaciones de fases, y diagramas TTT y CCT. El software fue alimentado con datos experimentales de las diferentes pruebas utilizadas.

3. RESULTADOS

La Figura 1, muestra el efecto del tamaño de grano austenítico antes del temple con respecto al tiempo de permanencia de las piezas a la temperatura de austenizado. Se puede observar que en los primeros minutos de permanencia de las muestras en el horno, el tamaño de grano en el acero presenta una tendencia de crecimiento casi lineal hasta un tiempo de 11 min, a partir del cual, la velocidad de crecimiento del grano disminuye de forma gradual hasta los 20 min de permanencia donde alcanza un tamaño cercano a 5 ASTM.

El comportamiento de la curva indica que después de 20 min de permanencia de las muestras dentro del horno, la cinética de crecimiento de grano tendería a ser limitado y podría permanecer bajo esta tendencia después de un tiempo mayor al estudiado.

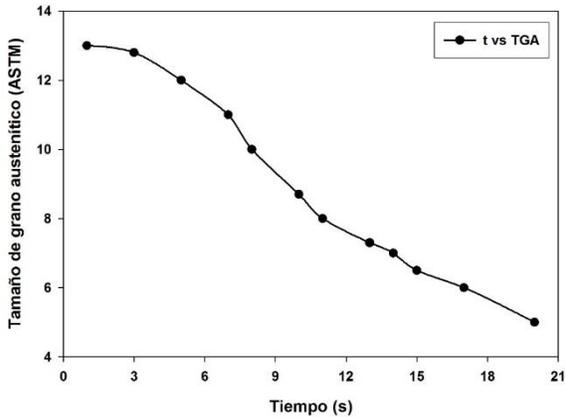


Figura 1. Evolución del tamaño de grano austenítico con respecto al tiempo de permanencia.

Los resultados obtenidos experimentalmente de la evolución del tamaño de grano a diferentes tiempos de tratamiento, fue determinante para realizar los estudios por dilatometría de temple, donde a partir de estos resultados se calcularon los diagramas TTT y CCT, con diferentes velocidades de enfriamiento y tamaño de grano. Posteriormente estos resultados fueron de gran ayuda para predecir mediante simulaciones con el software JMatPro las transformaciones de fase y las propiedades mecánicas del material templado.

La Figura 2, muestra la expansión lineal durante el enfriamiento de muestras del acero AISI 4140 con diferentes tamaños de grano austenítico y una velocidad de enfriamiento de 25°C/s. Se puede observar que para los tamaños de grano de 6 y 8 ASTM no existe una desviación marcada en la expansión lineal. Sin embargo para esta velocidad de enfriamiento y para tamaños de grano austenítico más pequeños 10 y 12 ASTM, se presenta una desviación apreciable a una temperatura entre 480 y 530°C. Esto se atribuye a la formación del agregado bainita y es más evidente cuando el tamaño de grano es más fino y para velocidades de enfriamiento más lentas. La Figura 2, también muestra que la temperatura de inicio de la transformación de la martensita (M_s) es ligeramente más alta si la bainita se forma previamente durante el enfriamiento. Este efecto también se ha reportado para un acero simple de medio carbono [Jung et al., 2012]. En la Figura 3, se muestran los diagramas TTT simulados mediante JMatPro del acero AISI 4140 para diferentes tamaños de

grano austenítico a una velocidad de enfriamiento de 25°C/s. La región que corresponde a la transformación de austenita a bainita se encuentra en los rangos de temperatura entre 340-550°C. De los resultados obtenidos se puede observar la fuerte influencia que tiene el TGA sobre el tiempo de inicio y fin de transformación de la bainita (B_s) y (B_f) respectivamente. Las curvas de la figura indican el inicio a 0.1% y al 99.9% completándose la transformación.

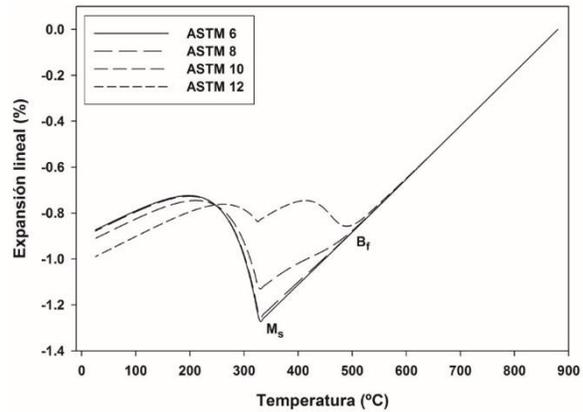


Figura 2. Efecto del tamaño de grano austenítico en la expansión lineal debido a la formación de bainita para una velocidad de enfriamiento de 25°C.

Resulta interesante observar que para un TGA más grande (ASTM 6) Figura 3a, el tiempo necesario para evitar cruzar la nariz de la curva del inicio de la bainita es mayor, reduciendo la velocidad crítica de enfriamiento, ya que es conocido que la bainita es un constituyente indeseable en esta aleación ya que reduce de manera considerable las propiedades mecánicas. Claramente se aprecia que las curvas son desplazadas hacia la derecha del diagrama para los TGA más grandes lo que permite poder enfriar a velocidades de enfriamiento más lentas que para tamaños de grano más finos (ASTM 12) Figura 3d. Lo anterior, sin duda alguna influirá en disminuir el riesgo a la generación de grietas o fracturas que se presentan con enfriamientos a velocidades muy elevadas. Por lo tanto, se vuelve de vital importancia que durante el tratamiento térmico, la pieza a templar permanezca el tiempo suficiente a la temperatura de austenizado para lograr que el grano crezca lo conveniente para reducir el tiempo y velocidad de enfriamiento crítica necesaria para evitar la formación de bainita.

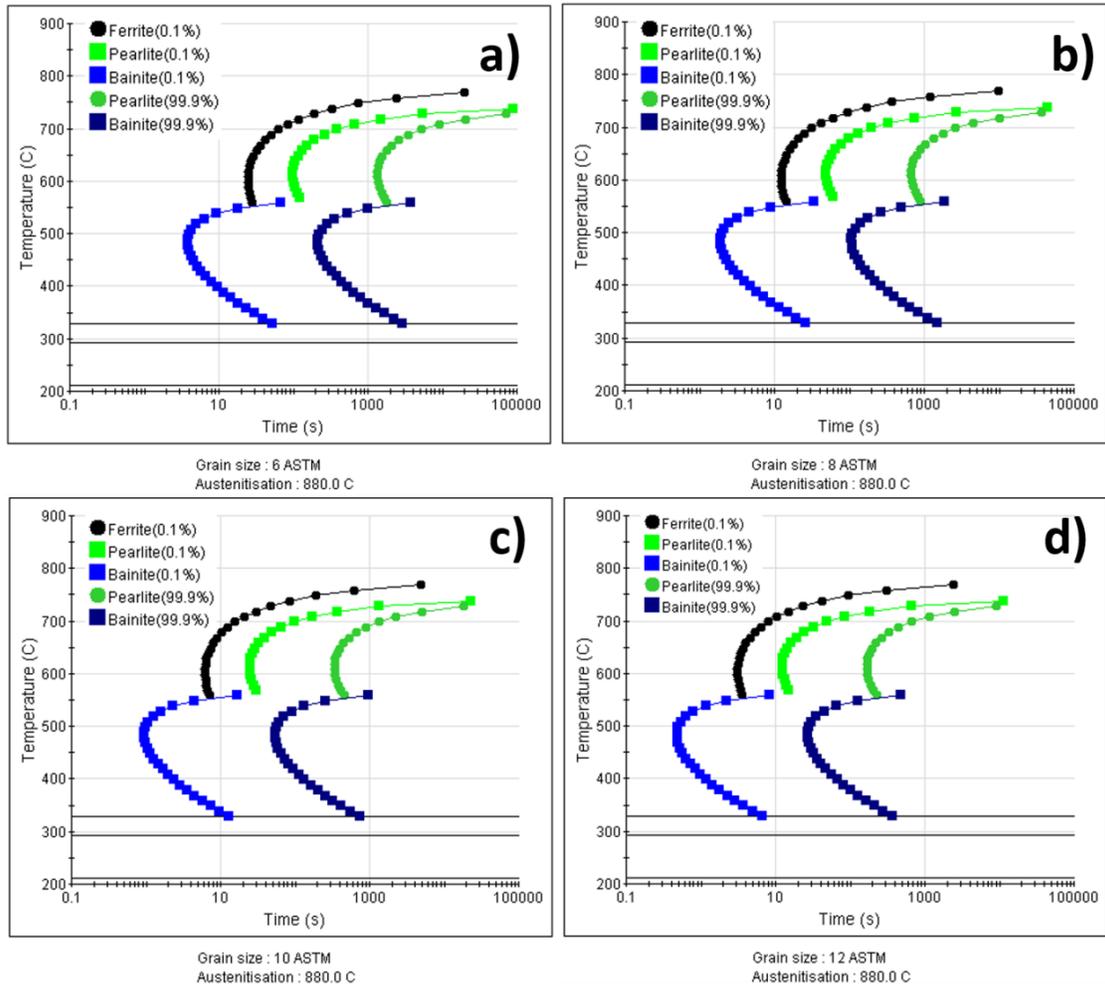


Figura 3. Diagrama Tiempo-Temperatura-Transformación para un acero AISI 4140 con diferentes tamaños de grano a) 6, b) 8, c) 10 y d) 12 ASTM.

En la Figura 4, se muestran las curvas de la fracción transformada de (bainita Figura 4a y martensita Figura 4b), para diferentes TGA y velocidades de enfriamiento. Se puede observar para ambos casos, que tanto la velocidad de enfriamiento y el TGA juegan un papel importante en la fracción transformada de bainita y martensita. A medida que el tamaño de grano es más fino (ASTM 12) incrementa el contenido de bainita a rangos entre 12-82% disminuyendo el porcentaje de martensita en la aleación. Mientras que para un tamaño de grano más grande (ASTM 6) la concentración de bainita se encuentra en niveles bajos <7% y la cantidad de martensita transformada en niveles deseados. Una combinación ideal de acuerdo a JMatPro, es obtener TGA menores de ASTM 8 y velocidades de enfriamiento superiores a 25°C/s. Bajo estas condiciones se puede predecir la aparición de bainita en

concentraciones menores al 2%, y martensita superior a 97%.

La Figura 5, presenta las curvas de dureza simuladas y calculadas para las velocidades de enfriamiento estudiadas y para diferentes tamaños de grano austenítico. Se puede observar para las velocidades estudiadas y de acuerdo a la predicción mediante JMatPro, que controlando la velocidad de enfriamiento por encima de 25°C/s y TGA ASTM 9 o mayores líneas continuas, se logra obtener una dureza superior a 55HRC cercana a la dureza esperada para este tipo de acero la cual es de 58HRC, que de acuerdo a la predicción de JMatPro se logra cuando el tamaño de grano es ASTM 8 o mayores. La línea discontinua de la figura, representa los datos calculados de dureza para las muestras tratadas térmicamente y enfriadas a una velocidad de

25°C/s, se puede observar que los valores de dureza están muy cercanos al comportamiento de lo estimado por el software lo que nos permite tener un grado aceptable en la predicción.

enfriamiento estudiadas y experimental a 25°C/s.

La fracción transformada de bainita y martensita en la microestructura del material están íntimamente relacionadas con la estimación de la dureza al final del tratamiento térmico tal como se observó en las Figuras 4 y 5. En la Figura 6, se muestran los diagramas CCT obtenidos mediante JMatPro de acuerdo con los datos calculados experimentalmente para los diferentes TGA estudiados, donde se observan las transformaciones de fase, la temperatura de inicio y fin de la transformación martensítica y de la dureza al final del enfriamiento continuo.

La Figura 6a, representa el análisis para el acero AISI 4140 con un TGA ASTM 6, se puede observar que desde su temperatura de austenizado y enfriado a una velocidad de 88°C/s, se puede obtener una dureza de 58HRC similar a la obtenida en la Figura 5 para la muestra simulada y calculada para este TGA. Esta velocidad de enfriamiento es alta y puede llegar a causar posibles grietas y fracturas en el material a consecuencia de los altos gradientes de temperatura. Sin embargo, la curva de enfriamiento está alejada de la velocidad crítica la cual es mucho menor a 88°C/s, teniendo la posibilidad de utilizar una velocidad de enfriamiento más lenta y obtener niveles de dureza similares evitando la formación de bainita en la aleación.

En las Figuras 6b, 6c y 6d, se observa que conforme el TGA es más fino la presencia de bainita en la aleación aumenta incluso a velocidades de enfriamiento altas. Para el caso de la Figura 6d, que corresponde a un TGA ASTM 12, a una velocidad de enfriamiento de 88°C/s la línea de enfriamiento continuo corta la curva de la transformación de la bainita indicando la presencia de este agregado en la aleación disminuyendo la dureza esperada a 53HRC, y con altas probabilidades de que en la aleación exista la presencia de esfuerzos residuales, grietas y fracturas en el material.

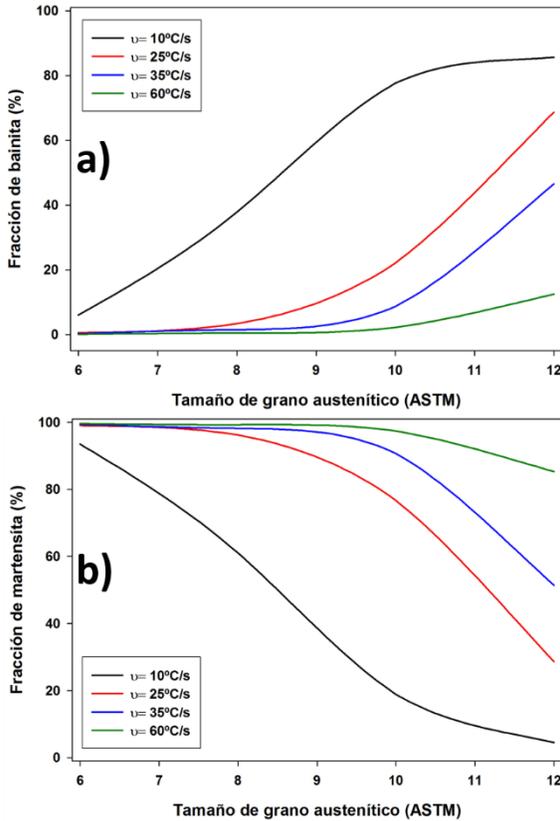


Figura 4. Efecto del TGA sobre la fracción transformada de a) bainita y b) martensita, a diferentes velocidades de enfriamiento.

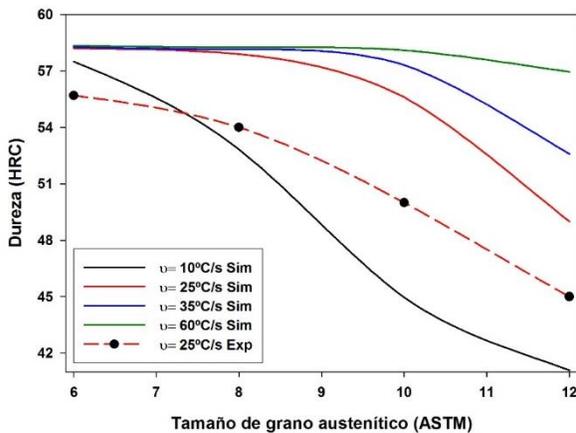


Figura 5. Efecto del TGA sobre la dureza HRC de manera simulada para las velocidades de

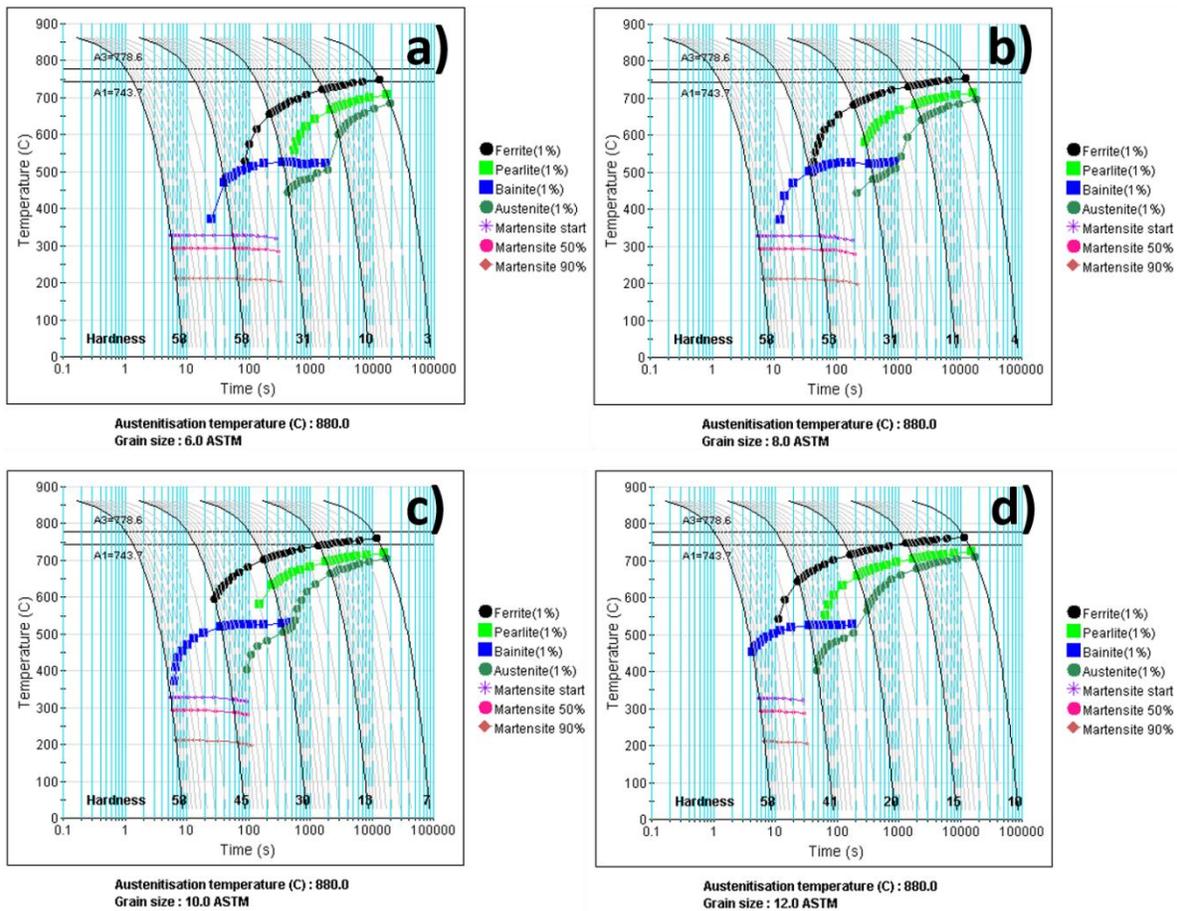


Figura 6. Diagramas de transformación con enfriamiento continuo (CCT) para un acero AISI 4140 con diferentes tamaños de grano a) 6, b) 8, c) 10 y d) 12 ASTM.

La Figura 7, muestra el comportamiento de las propiedades mecánicas UTS y YS simuladas y calculadas experimentalmente del acero AISI 4140 a diferentes tamaños de grano austenítico. La curva continua en color negro representa el UTS obtenido mediante JMatPro y la línea punteada en ese mismo color representa el UTS calculado experimentalmente. Se puede observar que el comportamiento del UTS es muy similar el calculado la diferencia mayor es apenas del 4%. De la misma manera se obtuvieron los resultados para el YS representados por la línea continua roja (simulados) y discontinua roja (calculados) y se puede observar que la diferencia mayor se presenta para el tamaño de grano más grande ASTM 6 siendo esta del 7%, lo que permite validar el modelo utilizado.

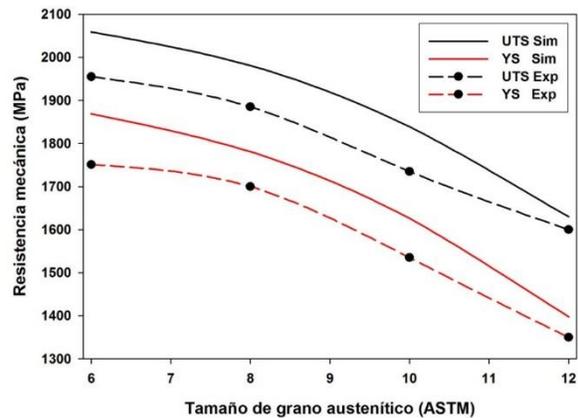


Figura 7. Efecto del TGA sobre el UTS y YS para el acero AISI 4140.

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos mediante las simulaciones a través de JMatPro y las pruebas

experimentales, donde se estudiaron el efecto del TGA y la velocidad de enfriamiento sobre las propiedades mecánicas para un acero AISI 4140, se puede concluir lo siguiente:

1. Ambos, el tamaño de grano austenítico y la velocidad de enfriamiento juegan un papel muy importante en las propiedades mecánicas al final del tratamiento térmico estudiado para el acero AISI 4140.

2. Cuando el TGA es más grande y de acuerdo a los diagramas TTT, se observó que las curvas del inicio de las fases son desplazadas hacia la derecha del diagrama, lo que representa que con menores velocidades de enfriamiento se puede obtener un porcentaje predominante de martensita en la microestructura después del tratamiento, evitando altas velocidades que son responsables de grietas y fracturas en el material durante el temple.

3. Las variables a controlar durante el tratamiento de temple de esta aleación son el TGA y la velocidad de enfriamiento para obtener la microestructura deseada, en base a los resultados obtenidos se puede decir que TGA ASTM 9 o mayores y velocidades de enfriamiento mayores a 25°C/s para el acero AISI 4140, se obtienen las mejores propiedades mecánicas.

4. Después de analizar, los resultados simulados mediante JMatPro y los obtenidos a través de diferentes pruebas experimentales, se puede decir que estos son muy cercanos, y que las predicciones a través del software son válidas para la toma de decisiones, durante el diseño de tratamientos térmicos de temple.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CINVESTAV Unidad Saltillo, por las facilidades prestadas para llevar a cabo las pruebas experimentales y por la prestación de la licencia del software JMatPro para el desarrollo del presente trabajo.

6. LITERATURA CITADA

Grum J, Božič S and Zupančič M. 2001. Influence of quenching process parameters on residual stresses in steel. *Journal of*

Materials Processing Technology, 114, 57-70 pp.

Guo Z, Saunders N, Miodownik P and Schillé J. P. 2009. Modelling Phase Transformation and Material Properties Critical to the Prediction of Distortion During the Heat Treatment of Steels. *International Journal Microstructure and Materials Properties*, 4, 197-195 pp.

Jung M, Kang M and Lee Y. K. 2012. Finite-element simulation of quenching incorporating improved transformation kinetics in a plain medium-carbon steel. *Acta Materialia*, 60, 525-536 pp.

López R, García F, Castro M, Alfaro E and Acosta F. 2016. Effect of immersion routes on the quenching distortion of a long steel component using a finite element model. *Transaction Indian Institute Metals*, 69, 1645-1657 pp.

Mackerle J. 2003. Finite Element Analysis and Simulation of Quenching and Other Heat Treatment Processes, 27, 313-332 pp.

Saunders N, Guo Z, Li X, Miodownik A.P and Schillé J. Ph. 2003. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior. *Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, 55, 60-65 pp.

Totten G.E, Howes M.A. 1997. Distortion of Heat Treated Components, Chapter 5, *Steel Heat Treatment Handbook*, Marcel Dekker, p 292.

Trzaska J, Jagiello A and Dobrzanski L.A. 2009. The Calculation of CCT Diagrams for Engineering Steel. *Aechives of Materials Science and Engineering*, 39, 13-20 pp.

ARREGLO ORTOGONAL L16 (4⁵), ANÁLISIS BREVE Y POSIBLES APLICACIONES

D.Á. Balderas Puga

*Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Querétaro.
Departamento de Ingeniería Industrial*

billdavito@yahoo.com.mx

RESUMEN: Este artículo muestra algunos aspectos de la estructura del arreglo ortogonal L16 (4⁵) y sus posibles aplicaciones. La experimentación con factores de cuatro niveles es poco empleada dado el número de combinaciones entre los niveles de los factores y el número de experimentos a realizar. Sin embargo, ya que el arreglo ortogonal L16 (4⁵), con sólo 16 experimentos, es el más pequeño de la serie para analizar factores de cuatro niveles, se muestra cómo se puede aprovechar su estructura para diversos escenarios experimentales. El artículo muestra un ejemplo de un experimento 4² donde se incluye la interacción entre los dos factores participantes.

PALABRAS CLAVE: arreglo ortogonal, cuatro niveles, interacción, L16.

ABSTRACT: This article shows some aspects of the structure of the orthogonal array L16 (4⁵) and its possible applications. The experimentation with factors of four levels is little used given the number of combinations between the levels of the factors and the number of experiments to carry out. However, since the orthogonal array L16 (4⁵) with only 16 experiments is the smallest in the series to analyze factors of four levels, it shows how its structure can be exploited for various experimental scenarios. The article shows an example of an experiment 4² where the interaction between the two participating factors is included.

KEY WORDS: orthogonal array, four levels, interaction.

1. INTRODUCCIÓN

La literatura científica sobre diseños experimentales factoriales se ha enfocado principalmente a la serie de diseños 2^k y 3^k, es decir k factores en 2 o 3 niveles, respectivamente. De igual forma, dichas series se han extendido a la inclusión de bloques, es decir, 2^k en 2^p bloques o 3^k en 3^p bloques y a los diseños fraccionados, 2^{k-p} y 3^{k-p}. Toda la teoría, conceptos y propiedades han sido analizados con profundidad, incluyendo la idea de construir un modelo para predecir la respuesta observada. En la serie 2^k se asume que el comportamiento en el rango dado por los niveles es lineal. En la serie 3^k el tercer nivel permitiría construir un modelo de segundo orden. Los diseños experimentales donde los factores son de cuatro niveles sólo son referidos como parte de los diseños mixtos. Sin embargo, podría formularse una teoría equivalente para la serie 4^k, así la inclusión de factores de cuatro niveles podría emplearse en la construcción de un modelo de tercer orden.

Los arreglos ortogonales son matrices de diseño (Roy, 2010) que se emplean en la planeación y ejecución de diseños

experimentales y presenta algunos ejemplos donde se usa al menos un factor de cuatro niveles a partir del uso de los arreglos ortogonales propuestos por Taguchi. Incluye el arreglo L₁₆ (4⁵) que puede emplearse para analizar desde uno hasta 5 factores y el arreglo L₆₄ (4²¹) con su tabla triangular para el estudio de interacciones. Se ha mostrado cómo se pueden construir fácilmente una variedad de planes ortogonales para los efectos principales (Lorenzen, 1993), incluyendo aquellos con cuatro o más niveles. Mediante el uso de un catálogo de 33 diseños combinados con algunas reglas simples, pueden crearse un total de 7172 planes ortogonales para los efectos principales que tengan hasta seis niveles y 50 corridas. Igualmente, se ha escrito que es muy simple incorporar un factor de cuatro niveles en un diseño 2^k (Montgomery, 2013), lo que implica el uso de dos factores con dos niveles para representar el factor de cuatro niveles. La incorporación de algún factor de cuatro niveles se muestra para ilustrar los diseños factoriales con niveles mixtos.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la versatilidad de la estructura del arreglo ortogonal L16 (4⁵) para ejecutar experimentos

con factores de cuatro niveles empleando un número razonable de experimentos. De igual forma, se ilustra en un ejemplo el análisis estadístico correspondiente de un diseño 4^2 con dos respuestas por cada renglón del arreglo ortogonal.

2. ANTECEDENTES

La incorporación de un factor de cuatro niveles como parte de un diseño factorial mixto es conocida (Gutiérrez Pulido y de la Vara, 2006). Muestran la obtención de un análisis de varianza desglosado a partir de los coeficientes para calcular los contrastes de un diseño 4×3 . Hacen énfasis en que el análisis de varianza desglosado sólo aplica para los factores que son de tipo numérico, y cuando se quiere detallar el desglose de los efectos en su componente lineal y cuadrático. Las sumas de cuadrados se pueden descomponer en sumas de cuadrados con un grado de libertad, vía los contrastes. El análisis de varianza desglosado permite verificar si los efectos de segundo orden de la interacción pueden ser relevantes. Existe publicado un capítulo completo para técnicas de análisis para experimentos de más de dos niveles (Wu y Hamada, 2009).

Se propone un método para la construcción de diseños $2^m 4^n$ a partir de un diseño 2^{k-p} . Formulan el criterio de mínima aberración para diseños $2^m 4^n$ con $n = 1, 2$ y presentan una estrategia de análisis para los experimentos $2^m 4^n$. De hecho, su estrategia de análisis emplea los coeficientes ortogonales para evaluar el efecto lineal de segundo y de tercer orden de cada efecto factorial. Se ha propuesto una guía para la inclusión de factores en diseños factoriales estándar de dos niveles (Ankenman, 1999). Presenta tablas que permiten diseñar experimentos con dos y cuatro niveles usando el mismo tipo de criterio que se utiliza para construir diseños factoriales fraccionados de dos niveles. Explica los conceptos de resolución, aberración y desdoblado en el contexto de experimentos con dos y cuatro niveles. Incluye varios diseños de aberración útiles listados en sus tablas propuestas. No es poco frecuente que un diseño con múltiples factores tenga al menos un factor de cuatro niveles ya que generalmente ocurre cuando los factores de cuatro niveles son cualitativos (Ryan, 2007). De hecho el número requerido de corridas en un diseño factorial completo, puede ser enorme si

hay muchos factores y alguno tienen cuatro niveles. Consecuentemente, un diseño factorial fraccionado mixto o un arreglo ortogonal para efectos principales puede ser usado. Además, indica que diseños factoriales completos, de cuatro o más niveles se pueden crear fácilmente con la mayoría del software estadístico actual; aunque los diseños fraccionados son otra alternativa. Muestra el diseño 4^{3-1} creado con JMP, pero también ilustra cómo se puede construir al usar el mismo enfoque general que se emplea en la construcción de los diseños 2^{k-p} y 3^{k-p} .

Existe una publicación extensa de arreglos ortogonales y sus complementos (Wu y Moore, 1985), en la cual se muestra un número considerable de arreglos ortogonales para diseños que implican factores de dos (L4, L8, L16, L32 y L64), tres (L9, L27 y L81), cuatro (L16) y cinco niveles (L25) así como las tablas de interacciones correspondientes y gráficas lineales. Emplea una variante para los símbolos de las gráficas lineales con el fin de hacer explícito el concepto del factor más difícil de manipular para el cambio de niveles y en la estructura de los arreglos ortogonales los agrupa por familias con el mismo fin. Sin embargo, no se indica cómo se generaron los arreglos mostrados. Más tarde apareció una publicación exclusiva de los arreglos ortogonales y gráficas lineales (Taguchi y Konishi, 1987).

2.1. Propiedades de los arreglos ortogonales

Ortogonal significa que en términos del arreglo las columnas de los arreglos están balanceadas. "Balanceada" tiene dos significados. Primero, cada columna está balanceada en sí misma. Esto significa que dentro de una columna, existe un número igual de niveles. Además, los números en la columna siguen un cierto orden en lugar de estar distribuidos aleatoriamente. Se puede obtener un sentido de este orden leyendo las columnas (empezando con la 1) verticalmente, de arriba hacia abajo. Este arreglo balanceado en cada una asegura que cada nivel del factor, no importa en cual columna esté asignado, tiene igual oportunidad de influir en los resultados.

Segundo, cualquier par de columnas en los arreglos están también balanceadas. El balance en este caso indica que las combinaciones de los niveles entre las

columnas consideradas están también iguales en número, por ejemplo, ver columnas de la Tabla 1.

Tabla 1. Columnas 1 y 2 del arreglo ortogonal L16.

| Corrida | Columna | |
|---------|---------|---|
| | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 4 |
| 5 | 2 | 1 |
| 6 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 4 |
| 9 | 3 | 1 |
| 10 | 3 | 2 |
| 11 | 3 | 3 |
| 12 | 3 | 4 |
| 13 | 4 | 1 |
| 14 | 4 | 2 |
| 15 | 4 | 3 |
| 16 | 4 | 4 |

Cada combinación de niveles está presente una vez. En las columnas del arreglo L64 estas combinaciones están presentes cuatro veces cada una. Esta propiedad de balance entre cualquier par de columnas asegura que todas las posibles dieciséis combinaciones existan en igual número. Sin relación a la propiedad de ortogonalidad, pueden hacerse un par de observaciones generales al leer los arreglos a lo largo de los renglones. El primer renglón de todos los arreglos tiene sólo 1's. La segunda observación es que no hay renglón que tenga sólo 2's, 3's o 4's. Estas observaciones se mantienen ciertas sin considerar el arreglo para incluir 2, 3 o 4 niveles.

2.2. Posibilidades de uso del arreglo L16

La Tabla 2 muestra completo el arreglo ortogonal L16. A partir de la estructura del arreglo L16 con cinco columnas se pueden sugerir varios diseños derivados del arreglo.

a) Cualquier columna del arreglo representa un diseño 4^1 , ya que cada columna tiene 16 corridas y en cada una de ellas los niveles 1, 2, 3 y 4 aparecen cuatro veces cada uno. Se puede llevar a cabo un análisis cuantitativo a través del análisis de varianza de una sola vía.

b) Cualquier par de columnas del arreglo representa un diseño 4^2 completo de una réplica sin considerar la interacción entre los dos factores, ya que cualquier par de columnas genera una combinación diferente de los dígitos 1 a 4, tomados de dos en dos, y cada combinación aparece una sola vez. Si es de interés la interacción, entonces de acuerdo con la Tabla Triangular de la Tabla 3, la interacción puede ubicarse en las otras tres columnas del arreglo. El análisis cuantitativo del diseño 4^2 con o sin la inclusión de la interacción se puede llevar a cabo a través del análisis de varianza clásico.

Tabla 2. Arreglo ortogonal L16.

| Corrida | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| 7 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 8 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 10 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 11 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 12 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 13 | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 14 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 |
| 15 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 16 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 |

Tabla 3. Tabla triangular para el arreglo ortogonal L16 (4^5).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|---|---|---|---|
| (1) | | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | | 5 | 5 | 5 | 4 |
| (2) | | | 1 | 1 | 1 |
| | | | 4 | 3 | 3 |
| | | | 5 | 5 | 4 |
| (3) | | | | 1 | 1 |
| | | | | 2 | 2 |
| | | | | 5 | 4 |
| (4) | | | | | 1 |
| | | | | | 2 |
| | | | | | 3 |

Es decir, si la ubicación de los dos factores se hace en las columnas 1 y 2, entonces la interacción se puede obtener a partir de las columnas 3, 4 y 5; si la ubicación de los dos factores es en las columnas 2 y 4, entonces la interacción se puede obtener de las columnas 1, 3 y 5 y así sucesivamente.

La Figura 1 muestra las 16 combinaciones en notación digital, donde el primer dígito representa el nivel del factor A y el segundo dígito el nivel del factor B.

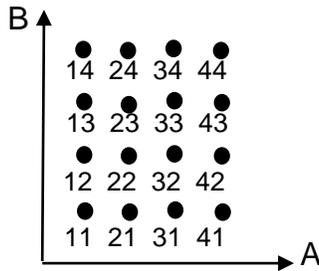


Figura 1. Combinaciones de un diseño 4^2

c) Cualquier trío de columnas del arreglo se puede emplear para generar un diseño fraccionado 4^{3-1} con 16 corridas, es decir, la fracción de un cuarto de un diseño completo 4^3 de 64 corridas. Por ejemplo, si se asignan los factores A, B y C, a las columnas 1, 2 y 3, respectivamente, del arreglo ortogonal L16, la Figura 2 muestra con círculos vacíos las 16 corridas de la fracción de un cuarto.

d) Cualquier cuarteto de columnas del arreglo se puede emplear para generar un diseño fraccionado 4^{4-2} con 16 corridas, es decir, la fracción de un dieciseisavo de un diseño completo 4^4 de 256 corridas.

e) Finalmente, si se utilizan las cinco columnas el arreglo representa un diseño fraccionado 4^{5-3} con 16 corridas, es decir, la fracción de 1/64 de un diseño completo 4^5 de 1024 corridas.

2.3. Ejemplo de aplicación del arreglo L16

Dos factores en la construcción de avioncitos de papel son observados -en cuatro niveles cada uno- sobre el tiempo de vuelo registrado en segundos. Este escenario es sencillo, práctico y económico para ilustrar adecuadamente una aplicación del arreglo L16. Los resultados obtenidos con dos respuestas por cada renglón del arreglo ortogonal se

muestran en la Tabla 4. Los factores A y B son asignados a las columnas 1 y 2, respectivamente. También es de interés la interacción entre ambos factores, así las columnas 3, 4 y 5 se utilizan para su evaluación en la Tabla 4. Para determinar la gráfica de efectos principales A y B, la Tabla 5 muestra los totales por nivel de las columnas 1 y 2 del arreglo.

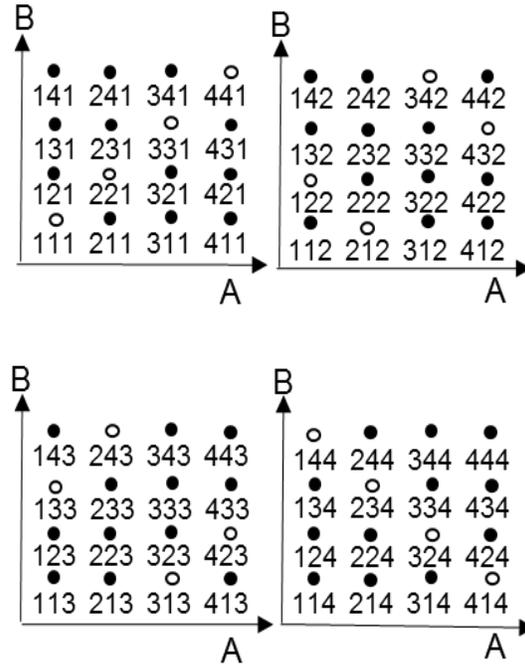


Figura 2. Diseño 4^{3-1}

Tabla 4. Experimento 4^2

| | A | B | AB | AB | AB | Tiempo | |
|----|---|---|----|----|----|--------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 6 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 | 16 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 19 | 17 |
| 5 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 12 | 13 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 8 | 6 |
| 7 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 28 | 26 |
| 8 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 14 | 15 |
| 9 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 15 | 16 |
| 10 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 13 | 17 |
| 11 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 19 | 17 |
| 12 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 | 33 | 35 |
| 13 | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 | 18 | 20 |
| 14 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 25 | 28 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|----|----|
| 15 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 25 | 24 |
| 16 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 42 | 44 |

Tabla 5. Totales por nivel.

| | A | B |
|----|-----|-----|
| N1 | 97 | 111 |
| N2 | 122 | 107 |
| N3 | 165 | 173 |
| N4 | 226 | 219 |

A partir de la Tabla 5 se obtienen los promedios por nivel mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6. Promedios por nivel.

| | A | B |
|----|-------|-------|
| P1 | 12.13 | 13.88 |
| P2 | 15.25 | 13.38 |
| P3 | 20.63 | 21.63 |
| P4 | 28.25 | 27.38 |

La diferencia entre el promedio en el nivel 4 menos aquel del nivel 1 produce la magnitud del efecto lineal de cada factor el cual se muestra en la Tabla 7. Los promedios de la Tabla 6 permiten construir la gráfica de efectos principales de la Figura 3.

Tabla 7. Efecto lineal de cada factor.

| | A | B |
|---------|-------|-------|
| P4 - P1 | 16.13 | 13.50 |

El efecto lineal del factor A es más importante (16.13 es mayor que 13.5).

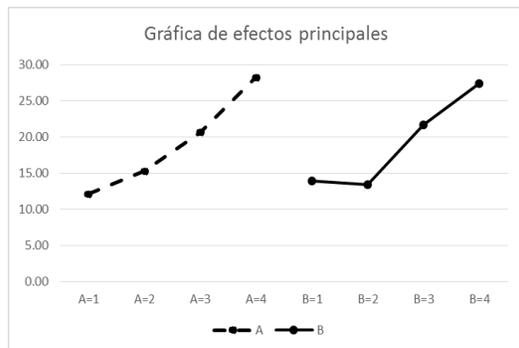


Figura 3. Gráfica de efectos principales

La gráfica 3 ilustra que el comportamiento lineal del factor A es ligeramente más importante que el del factor B. La interpretación preliminar de la interacción AB implica determinar la tabla de promedios por cada combinación como lo ilustra la Tabla 8. A partir de los promedios de la Tabla 8 se obtiene la Figura 4.

Tabla 8. Promedios por combinación.

| | | B | | | |
|---|----|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | A1 | 8.5 | 5 | 17 | 18 |
| | A2 | 12.5 | 7 | 27 | 14.5 |
| | A3 | 15.5 | 15 | 18 | 34 |
| | A4 | 19 | 26.5 | 24.5 | 43 |

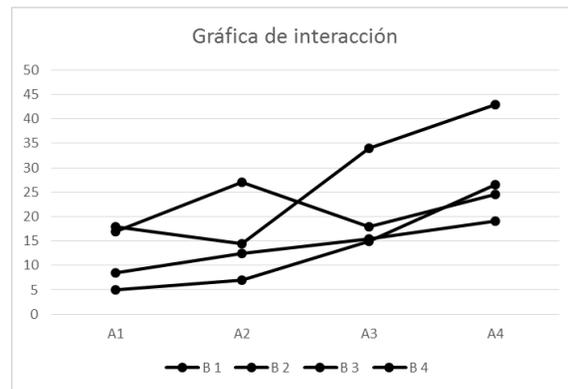


Figura 4. Interacción entre A y B.

Ya que la respuesta observada es del tipo mayor es mejor, entonces de la Figura 4 se concluye que ambos factores deberían ubicarse en el nivel 4 para maximizar la respuesta. Para efectuar un análisis estadístico es imperativo efectuar el análisis de varianza. A partir de la Tabla 4 se obtienen las sumas de cuadrados necesarias. El análisis de varianza se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis de varianza del diseño 4²

| Fuente | f | S | % | V=S/f | F |
|--------|----|--------|-------|--------|--------|
| A | 3 | 1196.1 | 39.48 | 398.71 | 193.31 |
| B | 3 | 1079.4 | 35.62 | 359.79 | 174.44 |
| AB | 9 | 721.38 | 23.81 | 80.153 | 38.862 |
| error | 16 | 33 | 1.089 | 2.0625 | |
| Total | 31 | 3029.9 | | | |

El valor p asociado al estadístico F_A produce $8.9052E-13$, aquel para F_B es $1.97627E-12$ y el de la interacción F_{AB} es $3.40585E-09$. Así, todos los valores p son menores que un nivel de significancia de 0.01, en consecuencia los factores y la interacción se declaran significativos.

5. CONCLUSIONES

Se han descrito cinco posibilidades que el arreglo ortogonal L16 (4^5) tiene para realizar diversos diseños experimentales con sólo 16 corridas. De acuerdo con el número elegido de columnas del arreglo, éste puede representar al diseño completo para un factor, al diseño completo para dos factores –incluyendo o no la interacción asociada– y al diseño fraccionado que puede incluir tres, cuatro o cinco factores.

La utilización de factores de cuatro niveles siempre pondrá al experimentador en el dilema de la optimización de recursos, ya que el número de combinaciones crece de forma impresionante conforme aumenta el número de factores. Sin embargo, si los factores de cuatro niveles son realmente necesarios, el arreglo ortogonal L16 (4^5) siempre será una buena opción desde uno hasta un máximo de cinco factores. Es pertinente mencionar que existe otro arreglo ortogonal para factores de cuatro niveles, el cual tiene mayor capacidad para analizar más de cinco factores, se trata del arreglo ortogonal L64 (4^{21}), el cual es recomendable para analizar desde 6 hasta 21 factores de cuatro niveles. De igual forma, se ha ilustrado el análisis estadístico asociado a un diseño 4^2 a través del análisis de varianza clásico complementado con la gráfica de efectos principales y aquella de la interacción para ilustrar visualmente la mejor ubicación de los niveles de los factores que resultaron significativos.

6. LITERATURA CITADA

- Ankenman, Bruce, 1999. Design of Experiments with Two- and Four- Level Factors, *Journal of Quality Technology*, Vol. 31, No. 4, 363-375.
- Gutiérrez, Pulido H. y De la Vara, S. R., 2012, *Análisis y Diseño de Experimentos*, Tercera edición, McGraw-Hill.
- Lorenzen, T. J., 1993. *Making orthogonal main effect designs useful*, General Motors

- Research Report 8025. General Motors Research and Development Center.
- Montgomery, Douglas C., 2013. *Design and Analysis of Experiments*, 8th. Ed. Wiley.
- Ranjit, Roy, 2010. *A Primer on the Taguchi Method*, 2nd. Ed. Society of Manufacturing Engineers.
- Ryan, Thomas P., 2007. *Modern Experimental Design*, Wiley-Interscience.
- Taguchi G. y S. Konishi, 1987. *Orthogonal Arrays and Linear Graphs*, American Supplier Institute, Dearborn, MI.
- Wu C. F. Jeff y Hamada M., 2009. *Experiments: Planning, Analysis and Optimization*, 2nd Ed. Wiley-Interscience.
- Wu, Yuin y W. H. Moore, 1985. *Quality Engineering: Product and Process Design Optimization*, American Supplier Institute, Dearborn, MI.

ANÁLISIS DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EN HOTELES, MOTELES Y RESTAURANTES DE MATAMOROS TAMAULIPAS

C.G. Ocegueda-Mercado, A. Villafañez-Zamudio, E.L. Contreras-Ocegueda & E. Delgado-Cázares

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Matamoros-División de Estudios de Posgrado e Investigación. Lauro Villar Km 6.5 H. Matamoros, Tam. México.

ocegueda_cora@hotmail.com, villafaneza@gmail.com, erandic.benton@gmail.com, edelgado@hotmail.com.

RESUMEN: La presente investigación se realizó con el objetivo de identificar el compromiso, el perfil demográfico y la aplicación de prácticas de responsabilidad social (RSE) empresarial de directivos, en grupos de interés (stakeholders) del sector servicio, conformado por el sector hotelero y restaurantes de Matamoros, Tamaulipas. La metodología aplicada fue tipo mixto, a 237 empresas, con los resultados siguientes: en relación al perfil demográfico se considera que el sector cuenta con directivos con nivel adecuado de conocimiento y prácticas de responsabilidad social; el grupo de interés muestra compromiso laboral en su aplicación por lo que se concluye que en el sector hoteles y restaurantes existe un buen desarrollo de prácticas de responsabilidad social, recomendando desarrollar estrategias de apoyo y beneficio a la comunidad en el ámbito laboral interno relacionado con condiciones de trabajo y salarios justos.

PALABRAS CLAVE: Responsabilidad Social Empresarial, Grupos de Interés (Stakeholders), Ética Empresarial.

ABSTRACT: This work aimed to identify commitment, demographic profile and application of corporate social responsibility (CSR) practices of executives, in interest groups (stakeholders) of the service sector, made up of the hotel sector and restaurants of Matamoros, Tamaulipas, Mexico. The methodology applied was mixed to 237 companies, with the following results: in relation to the demographic profile, it is considered that the sector has managers with an adequate level of knowledge and practices of social responsibility, the interest group shows labor commitment in its application. It is concluded that in the hotel and restaurant sector there is a good development of social responsibility practices, recommending the development of strategies of support and benefit to the community in the internal work environment related to working conditions and fair wages.

KEY WORDS: Corporate Social Responsibility, Stakeholders, Business Ethics.

1. INTRODUCCIÓN

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) ha sido un tema frecuentemente estudiado y se tienen registros sobre su disertación desde el pensamiento occidental, se afirma que el concepto surge en Estados Unidos en los años cincuenta del siglo XX en el contexto de la postguerra de la segunda guerra mundial. En aquellos años el concepto hacía referencia a aspectos de carácter ético que de manera voluntaria realizaban las empresas, sin que hubiera de por medio una responsabilidad jurídica. A lo largo de la historia el término se ha ido cristalizando, cobrando gran relevancia entre la sociedad. Muchas empresas lo están poniendo en acción, a tal grado que sus prácticas se han convertido en una de sus estrategias para elevar su competencia. Si las empresas buscan obtener mayores ventajas

competitivas requieren incrementar las prácticas de Responsabilidad Social Empresarial o también llamada Responsabilidad Social Corporativa (RSC). Hoy en día a nivel nacional e internacional se detecta la necesidad de que los empresarios, independientemente de su formación, desarrollen prácticas responsables para el beneficio propio como de su entorno, por lo tanto, es fundamental que conozcan claramente el medio ambiente en que viven, teniendo presentes sus metas y propósitos, manteniendo un balance y objetividad entre lo que anhela y su realidad presente en aspectos de economía, sustentabilidad, empleos, ingresos y oportunidades que se detectan en el mercado. La RSE está relacionada con la competitividad de las empresas.

Hoy en día, la RSE se considera un sistema de gestión empresarial que busca entender el rol social de las empresas, identificar a todos los grupos de interés o de relación que tiene la empresa (personal, proveedores, clientes, accionistas, etc.) y procurar satisfacerlos en la medida de sus posibilidades bajo un modelo de mejora continua. La empresa se ocupa de que sus operaciones sean sustentables en lo económico, lo social y lo ambiental, y buscando la preservación del medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras (Calderón Cajiga, 2012). (Castillo, 2010) plantea que el concepto implica un cambio de cultura ya que al no poder atender el estado, de manera absoluta los problemas de la sociedad, el sector privado y la sociedad civil deben involucrarse, por lo que se sugiere que los empresarios se integren personalmente en las actividades de las organizaciones del sector social, así como que las empresas contribuyan con las organizaciones del sector social mediante asistencia técnica, financiera y de asesoramiento. Al no poder dejar todo al Estado, y aumentar la marginalidad y la exclusión social, han surgido otros actores como las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que juegan el rol de medidores entre las políticas de Estado y la sociedad. Hoy está en pleno desarrollo un concepto en el que las organizaciones sociales y las corporaciones económicas asumen como propia la necesidad de la sustentabilidad social como condición necesaria para su propia subsistencia: es el concepto de Responsabilidad Social (Castillo, 2010). Esta triangulación deja beneficios al comprobarse que las pequeñas y medianas empresas, así como las cooperativas creadas a instancias de los proyectos, son las más beneficiadas cuando el Estado intercambia con los otros dos actores del triángulo de la Responsabilidad Social sus conocimientos y competencias, ya que estas empresas más pequeñas son fácilmente adaptables a los lineamientos de RS, y logran incorporar capital social y beneficios económicos a su cadena de valor con rapidez.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Iniciaremos con la definición de Responsabilidad Social. La RSE es conocida de varias formas, entre ellas están: ciudadanía corporativa, responsabilidad social corporativa (RSC), sostenibilidad empresarial o simplemente responsabilidad social (López Salazar, Ojeda Hidalgo y Ríos Manríquez,

2017). Es un término polisémico al que se hace referencia no sólo para indicar a la ética de los negocios o a las políticas empresariales socialmente responsables puestas en marcha voluntariamente, sino también para debatir en general sobre el papel de la empresa privada y sus obligaciones. Su concepción está ligada a los cambios en el entorno globalizado.

Existe un consenso entre los autores en asumir que el concepto de responsabilidad social se le debe a Bowen (1953) a través de su escrito acerca de la responsabilidad social de los hombres de negocios; sin embargo, sus ideas no fueron resultado de la generación espontánea y tampoco se ha mantenido intacto, Wang (2011) citado por (Conraud, 2016) propone siete fases en la evolución del concepto de responsabilidad social. "Responsabilidad Social Empresarial, es el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, tanto en lo interno como en lo externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes, demostrando respeto por la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así a la construcción del bien común" (Calderón Cajiga, 2012). Para Calderón Cajiga (2012), la RSE es una nueva forma de hacer negocios en la que la empresa gestiona sus operaciones de forma sustentable en lo económico, lo social y lo ambiental, reconociendo los intereses de los distintos públicos con los que se relaciona (los accionistas, los empleados, la comunidad, los proveedores, los clientes, etc.) y buscando la preservación del medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras.

De manera general, el término RSE se refiere al hecho de que las empresas no solamente deben responder ante sus accionistas por los resultados de su gestión financiera, sino también en los frentes sociales, legales, y ambientales ante los grupos de interés internos y externos (trabajadores, clientes, proveedores) con los cuales interactúan.

Uno de los trabajos encontrados sobre la RSE en las organizaciones, manifiesta que la Responsabilidad Social se concibe desde dos perspectivas principalmente: en la primera, la Responsabilidad Social puede partir de una actitud consciente y responsable que asumen las organizaciones hacia el bienestar común; y la segunda, es vista como parte de un acto planeado, buscando beneficios puramente

económicos y adaptando la toma de decisiones con el fin de satisfacer las metas personales de los propietarios o de los directivos empresariales, de esta manera el crecimiento empresarial es visto como producto de un conocimiento exhaustivo del entorno en el que opera la empresa y de las oportunidades de negocio que éste ofrece en cuanto al manejo y conservación del medio ambiente y el adecuado uso de los recursos naturales no renovables (Aguilera y Becerra, 2015).

2.1. Características de las RSE

Algunas de las características de la Responsabilidad Social Empresarial, de acuerdo a DESUR son:

- Una práctica empresarial responsable.
- El compromiso con iniciativas voluntarias que van más allá de lo exigido por la legislación y por las obligaciones contractuales adquiridas.
- Su integración en la gestión y estrategia empresarial, pues la RSE no son actuaciones puntuales y aisladas.
- El desarrollo de actuaciones beneficiosas para los diversos grupos de interés con los que la empresa se relaciona.
- La obtención simultánea de beneficios financieros, sociales y ambientales y la mejora de la competitividad de la empresa

La Norma internacional ISO 26000, Guía sobre responsabilidad social, ofrece armonizadamente una pauta global pertinente para las organizaciones del sector público y privado de todo tipo, basada en un consenso internacional entre expertos representantes de las principales partes interesadas, por lo que alienta la aplicación de mejores prácticas en responsabilidad social en todo el mundo.

ISO 26000 ayuda a todo tipo de organización - independientemente de su tamaño, actividad o ubicación a operar de una manera socialmente responsable, al proporcionar una guía sobre: Conceptos, términos y definiciones relacionados con la responsabilidad social; Antecedentes, tendencias y características de la responsabilidad social; Principios y prácticas relativas a la responsabilidad social; Materias fundamentales y asuntos de responsabilidad social; Integración, implementación y promoción de un comportamiento socialmente

responsable a través de toda la organización y a través de sus políticas y prácticas, dentro de su esfera de influencia; Identificación y compromiso con las partes interesadas; Comunicación de compromisos, desempeño y otra información relacionada con la responsabilidad social (Organización Internacional y Estandarización, 2010).

El avance en el contexto externo ha llevado a que quienes estudian la RSE vayan formando teorías, mismas que se resumen en el trabajo de (Cancino y Morales, 2008) y de El artículo "Corporate Social Responsibility Theories: Mapping the Territory" ("Responsabilidad social corporativa: un mapa del territorio"), de la candidata doctoral Elisabet Garriga y el profesor Doménec Melé del IESE de la Universidad de Navarra, intenta arrojar luz sobre esta área de estudio con una clasificación de las principales teorías y enfoques de RSC, que aparecen en la tabla 1:

Tabla 4. Teorías de Responsabilidad Social.

| Teorías | Características |
|-----------------------|---|
| Instrumentales | La empresa es vista exclusivamente como un instrumento para la creación de riqueza y sus actividades sociales como un medio para alcanzar resultados económicos |
| Políticas | Hacen referencia al poder de las empresas en la sociedad y un ejercicio responsable de dicho poder en el escenario político. |
| Integradoras | La empresa se centra en la captación, identificación y respuesta a las demandas sociales |
| Éticas | Se fundamentan en principios éticos que expresan qué se debe y qué no se debe hacer o la necesidad de construir una sociedad mejor. |

En las **teorías instrumentales** se incluyen tres: maximización del valor, ventajas competitivas y la mercadotecnia, que de acuerdo a (Garriga

y Melé, 2004) son instrumentos que aportan beneficios económicos:

1. La maximización del valor para el accionista como criterio supremo para evaluar las actividades sociales corporativas.
2. Las estrategias para lograr ventajas competitivas:
 - Inversiones sociales en un contexto competitivo. Desde este punto de vista, la inversión en actividades filantrópicas puede ser útiles para mejorar el contexto de ventaja competitiva de una firma ya que normalmente crea un valor social mayor del que pueden crear los donantes individuales o el gobierno.
 - Una perspectiva basada en los recursos naturales. Para lograr mejores resultados que sus competidores depende de la interacción de recursos humanos, organizativos y físicos a lo largo del tiempo y en las rutinas organizativas y estratégicas por las cuales los directivos adquieren dichos recursos, los modifican, integran y combinan para generar nuevas estrategias creadoras de valor.
 - Estrategias para la base de la pirámide económica, en la que algunos autores ven más una oportunidad para innovar que un problema. Una manera de abordar este tema es la innovación disruptiva: productos o servicios que no tienen las mismas capacidades ni condiciones que los utilizados por los clientes en los mercados convencionales y que, por ello, sólo pueden ser introducidos para aplicaciones nuevas o menos complicadas entre los clientes no tradicionales, con una producción de bajo coste y adaptados a las necesidades de la población.
3. El marketing con causa, cuyo objetivo principal es aumentar las ventas e ingresos de la empresa o la relación con los clientes creando una imagen de marca mediante la adquisición o la asociación con la dimensión ética o la dimensión de responsabilidad social.

De las **teorías políticas** se desprenden de acuerdo a (Garriga y Melé, 2004):

- El **constitucionalismo corporativo**, basado en la idea de que la empresa es una institución social y debe ejercer el poder de forma responsable, sujeta a la "ecuación de poder social".
- La **teoría del contrato social** integrador, inspirada en el pensamiento filosófico de Locke, considera que las responsabilidades sociales provienen del acuerdo en dos niveles: un contrato macrosocial teórico que apela a todos los contrayentes racionales, y un contrato microsociales real asumido por los miembros de numerosas comunidades locales.
- La **ciudadanía corporativa**, un concepto con tres significados diferentes: una visión limitada, que comprende la filantropía corporativa, la inversión social o la asunción de ciertas responsabilidades con respecto a la comunidad local; una visión equivalente a la RSC, y otra más amplia, por la que las empresas entran en el escenario de la ciudadanía cuando el gobierno falla en la protección de la ciudadanía incluso en un contexto global.

Las **Teorías integradoras** de acuerdo a (Garriga y Melé, 2004) son:

- La gestión de asuntos sociales, definida como los procesos con los que la empresa identifica, evalúa y responde a los asuntos sociales y políticos que pueden afectarle significativamente.
- El principio de responsabilidad pública. Sus valedores sostienen que un comportamiento empresarial adecuado deriva de una política pública relevante, que incluya el modelo general de dirección social reflejado en la opinión pública, asuntos emergentes, requisitos legales formales y prácticas de ejecución o aplicación.
- La gestión de los grupos implicados (stakeholders), un enfoque orientado hacia las personas que afectan a o se ven afectadas por las políticas y prácticas corporativas. Su ventaja es la mayor sensibilidad de la empresa hacia su entorno, pero también una mejor comprensión por parte de los agentes de los dilemas que afronta la organización.
- La acción social corporativa, una serie de teorías que promulgan la búsqueda de la

legitimidad social a través de procesos que ofrezcan las respuestas adecuadas.

Finalmente las **Teoría Ética**s continuando con Garriga y Melé (2004) se desglosan en:

- La teoría normativa de grupos implicados (stakeholders), la cual contempla las obligaciones fiduciarias de la empresa hacia todos sus grupos interdependientes implicados (stakeholders): proveedores, clientes, empleados, accionistas y comunidad local. Su puesta en práctica exige respeto a los derechos universales, basados en los derechos humanos y laborales y el respeto al medio ambiente.
- El desarrollo sostenible, dirigido a alcanzar un desarrollo humano que tenga en cuenta a las generaciones presentes y futuras.
- El enfoque del bien común, que sostiene que la empresa debe contribuir al bien común porque es parte de la sociedad. La empresa cuenta con muchos medios para conseguirlo: creando riqueza y proveyendo bienes y servicios de una manera justa y eficiente y, al mismo tiempo, respetando la dignidad y los derechos fundamentales inalienables de los individuos. Asimismo, contribuye al bienestar social y la convivencia en condiciones justas, pacíficas y amistosas, tanto en el presente como en el futuro.

Responsabilidad social: La responsabilidad social es la teoría ética o ideología que una entidad ya sea un gobierno, corporación organización o individuo tiene una responsabilidad hacia la sociedad. Esta responsabilidad puede ser “negativa”, significando que hay responsabilidad de abstenerse de actuar (actitud de “abstención”) o puede ser “positiva”, significando que hay una responsabilidad de actuar.

Prácticas de Responsabilidad social: Para identificar las prácticas de Responsabilidad Social Empresarial se toma como referencia el Libro: “*Responsabilidad social Empresarial. Buenas Prácticas y recomendaciones*” como parte de un proyecto financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. La razón es que La Unión Europea es la única instancia de carácter supranacional que ha abordado la RSE hasta el momento, sin embargo, se trata de un trabajo complejo y progresivo dada la

disparidad de acciones de RSE que coexisten en la actualidad en los distintos países y las notables diferencias que existen en el grado de implantación de políticas públicas a nivel local.

El término **Prácticas de Responsabilidad Social**, se maneja en este estudio como las acciones realizadas en diversas dimensiones, tendientes a enfrentar la problemática desde un enfoque social, legal, y ambiental ante los grupos de interés internos y externos.

Sobresalen tres dimensiones de actuación:

Dimensión Económica: Entendida como funcionamiento financiero y como la capacidad para contribuir al desarrollo económico en el ámbito de la creación de empresas hacia todos los niveles.

Dimensión Social: Entendida como las consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los/as trabajadores/as (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc.), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.

Dimensión Ambiental: Entendida como la compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Incluye un análisis de los impactos del desarrollo.

Principalmente se refieren a las Prácticas Socialmente Responsables:

Prácticas de Medio ambiente: Políticas llevadas a cabo por la empresa para reducir el impacto negativo medioambiental de sus actividades.

Prácticas Laborales/Recursos Humanos: Políticas y procesos internos orientados al personal para el desarrollo de su trabajo en un entorno seguro y saludable, en igualdad de oportunidades, propiciando la conciliación familiar, formación, participación y diálogo, con la finalidad de su desarrollo permanente.

Prácticas Sociales de Acción Social: Participación de la empresa en proyectos sociales, culturales o deportivos del entorno.

- *De Inclusión.* Son acciones en las que las empresas garantizan la diversidad de su equipo humano, por lo que buscará que sus empleados se desarrollen profesionalmente

en condiciones de igualdad, a estos efectos, logrando que alcancen su máximo potencial sin importar que tengan una discapacidad o no, que sean mujeres u hombres, o de un origen racial diferente (Vargas-Chaves y Marrugo-Salas, 2016).

- *Buen Gobierno.* Conjunto de normas y prácticas orientadas a la adecuada toma de decisiones dentro de la empresa (consenso, responsabilidad, eficiencia, transparencia, participación y cumplimiento de la ley), de manera que se tenga en cuenta los intereses de toda la organización y de la sociedad.
- *Beneficios de ser socialmente responsable:* Existen muchas razones para que la empresa tenga una gestión responsable. Por un lado, el papel de las partes interesadas, los stakeholders (El término agrupa a trabajadores, organizaciones sociales, accionistas y proveedores, entre muchos otros actores clave que se ven afectados por las decisiones de una empresa) de las empresas, y de cómo sus acciones podían estimular las prácticas responsables. Podríamos decir entonces que las razones para ser responsables pueden ir desde la necesidad de contar con el favor de los consumidores o clientes, de atender las demandas de la sociedad civil, de cumplir con las leyes y regulaciones, de la necesidad de atender los requerimientos de grandes compradores y a veces del sistema financiero con el objeto de obtener financiamiento (Vives y Peinado, 2011).

3. METODOLOGÍA

La investigación se considera: Descriptiva, ya que se refieren las prácticas empleadas en torno a la RSE por los dueños de hoteles, moteles y restaurantes. De campo: Se encuestó a los dueños de hoteles, moteles y restaurantes. Se aplicó la encuesta diseñada por el Dr. José Felipe Ojeda Hidalgo, de 83 ítems, tomando solo 29 ítems correspondientes a las prácticas: laborales, de recursos humanos, sociales de acción social y de inclusión. Transversal, ya que mide una sola vez las variables implicadas, en este caso se inició de agosto a diciembre del 2017 (Ocegueda, 2015). Población, se encuestaron a 237 empresas del ramo de hoteles, moteles y restaurantes. El 8.9 (21) fueron hoteles, un 11% (26) moteles y un 80.2% (190), restaurantes.

4. RESULTADOS

Se realizó el análisis de fiabilidad a través del modelo Alpha de Cronbach, que estima la consistencia interna de una escala de medida, así como los criterios para el análisis de la información. El acuerdo general sobre el límite inferior para el alfa de Cronbach es de 0.70, aunque puede bajar a 0.60 en la investigación exploratoria". ++-. De las 110 empresas los resultados fueron:

En la sección del "Grado de desarrollo de las prácticas de responsabilidad social en el hotel, motel y/o restaurante en que se trabaja", el instrumento alcanzó, con 29 ítems una fiabilidad del **0.951** por lo que es un coeficiente excelente. En la tabla 2 se describe el perfil demográfico de los dueños de hoteles, moteles y restaurantes de Matamoros, Tamaulipas, prevaleciendo el género masculino (62%), con un nivel de estudios de preparatoria en un 41%; y en edades prevalecientes entre 30 y 50 años, con negocios de antigüedad de cuatro a seis años (32.5), solo el 28% tiene de 1 a 3 años.

Tabla 5. Perfil demográfico de dueños de hoteles, moteles y restaurantes investigados. Fuente propia.

| | | |
|---|--------------|-------------|
| Género | Masculino | 62% |
| | Femenino | 38% |
| Escolaridad | Primaria | 2,5 |
| | Secundaria | 20,7 |
| | Preparatoria | 40,9 |
| | Licenciatura | 30,0 |
| | Posgrado | 5,9 |
| Grupos de edad | 18-30 años | 9,3 |
| | 31-35 años | 17,7 |
| | 36-40 años | 15,6 |
| | 41-45 años | 18,6 |
| | 46-50 años | 19,0 |
| | 51-55 años | 9,7 |
| | 56-60 años | 7,2 |
| | 61-65 años | 1,7 |
| 66 o más años | 1,3 | |
| Tiempo de trabajar en el negocio | < 1 años | 4,2 |
| | 1 a 3 años | 28,3 |
| | 4 a 6 años | 32,5 |
| | 7 a 9 años | 12,7 |

Los resultados de las prácticas RSE que realizan los dueños de hoteles, moteles y restaurantes de Matamoros, encuestados se presentan en la tabla 3, cuya escala va de en

total desacuerdo, desacuerdo, indiferente, (75.1%) y ser una organización transparente parcialmente de acuerdo y totalmente de (62%).
acuerdo. Sobresaliendo la atención a los clientes

Tabla 6. Resultados de prácticas de Responsabilidad Social Empresarial. Fuente propia.

| Prácticas de RSC | Porcentaje | | | | |
|---|------------|------|------|------|------|
| | TD | D | I | PA | TA |
| La principal preocupación del hotel, ¿motel? y/o restaurante es o son: | | | | | |
| Los intereses de los accionistas, inversionistas y socios | 5.5 | 4.2 | 9.3 | 48.9 | 32.1 |
| El respeto a las leyes y normas vigentes | 0.4 | 1.3 | 9.7 | 45.2 | 46.4 |
| La atención a los clientes y los proveedores | 0 | 0.8 | 3.4 | 20.7 | 75.1 |
| El respeto al medio ambiente | 0.8 | 4.2 | 20.7 | 43.0 | 31.2 |
| La relación que guarda con la comunidad | 0.8 | 4.2 | 11.8 | 42.2 | 40.9 |
| Tener una buena relación con la competencia | 2.5 | 8.9 | 21.1 | 27.4 | 40.1 |
| El respeto a los derechos de los trabajadores | 0 | 2.5 | 8.9 | 42.2 | 46.4 |
| El compromiso con el desarrollo de México | 2.5 | 3. | 13.5 | 37.1 | 43.9 |
| Es una organización transparente | 0.4 | 1.7 | 8.0 | 27.8 | 62.0 |
| Impide la discriminación por motivos de origen étnico, sexo, color, idioma, origen nacional o social, posición económica, religión, ideas políticas u otras convicciones profundas. | 1.7 | 0.8 | 8.4 | 31.2 | 57.8 |
| El trabajador percibe una remuneración equitativa y satisfactoria que asegure una existencia decorosa. | 0.4 | 3.0 | 14.3 | 37.1 | 45.1 |
| Prohíbe el trabajo forzado y el empleo de trabajadores menor de edad. | 0.4 | 6.3 | 15.2 | 30.4 | 47.7 |
| Su evaluación de la aplicación y respeto de los derechos humanos. | | 0.4 | 13.1 | 37.6 | 48.9 |
| Cuenta con condiciones de trabajo seguras y saludables; así como programas de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. | 1.7 | 8.0 | 14.8 | 28.7 | 46.8 |
| Cuenta con horario de trabajo y descanso suficiente; ambiente laboral libre de hostigamiento moral y sexual; así como indemnización por riesgo de trabajo. | 2.5 | 3.8 | 13.1 | 30 | 50.6 |
| Evaluación de aplicación y respeto por las prácticas laborales. | 2.5 | 3.8 | 13.1 | 43.0 | 37.6 |
| Cuenta con programas para la conservación del medio ambiente; así como el reciclaje dentro de sus instalaciones. | 11.4 | 12.2 | 27.0 | 29.1 | 20.3 |
| Promueve la disminución en consumo de energía, agua; uso de combustibles poco contaminantes para la disminución de la contaminación. | 3.4 | 5.5 | 16.0 | 44.7 | 30.4 |
| Su evaluación de la aplicación y apego en materia ambiental. | 2.1 | 4.6 | 27.8 | 45.1 | 20.3 |

| | | | | | |
|--|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Cuenta con algún código de ética que ayude a los trabajadores a desempeñarse de forma responsable. | 4.6 | 6.3 | 21.1 | 31.2 | 36.7 |
| Cuenta con políticas para sancionar a los trabajadores que realicen prácticas corruptas o no cumplan con el código de ética. | 5.1 | 5.5 | 19.8 | 33.3 | 36.3 |
| Proporciona e informa a los empleados acerca de la RSE | 7.2 | 13.5 | 24.9 | 31.2 | 23.2 |
| Su evaluación en el respeto y apego a aplicabilidad de prácticas justas de operación. | 3.4 | 4.6 | 26.2 | 38.8 | 27.0 |
| Busca y utiliza la opinión de sus clientes para mejorar sus productos y servicios. | 1.3 | 5.5 | 9.7 | 40.9 | 42.6 |
| Mantiene un constante mejoramiento en los productos y servicios para hacerlos más seguros para el consumidor | 3 | 3.8 | 19.4 | 31.6 | 42.2 |
| El hotel ¿motel? y/o restaurante | TD | D | I | PA | TA |
| Apoya a programas comunitarios y organizaciones no gubernamentales | 12.7 | 10.1 | 30.8 | 27.8 | 18.6 |
| Apoya en la infraestructura de centros educativos o recreativos para la comunidad. | 21.9 | 15.6 | 22.8 | 27.8 | 11.8 |
| Evaluación de su participación activa con el desarrollo de la comunidad | 8.4 | 12.7 | 27.4 | 38.0 | 13.5 |
| Evaluación de su desempeño de RSE | 2.1 | 11.0 | 21.9 | 45.1 | 19.8 |

En relación al perfil demográfico se encontró que prevalecen dueños de negocio del género Masculino (62%), el grado de estudio predominante con un 41% es la preparatoria y un 30% con estudios de licenciatura. La edad predominante es 46-50 años, aunque un 62% tiene entre 18 y 45 años. El tiempo que tienen en trabajar en el negocio es de 4-6 años para un 32.5%.

El grado de desarrollo de las prácticas de responsabilidad social en hoteles, moteles y restaurantes de Matamoros, Tamaulipas es entre excelente y bueno, Principalmente en atención a clientes, transparencia y no discriminación.

En relación al interés y preocupaciones de los accionistas las tres prácticas en las que están totalmente de acuerdo fueron: La atención a los clientes y los proveedores 75%; el respeto a los derechos de los trabajadores 46.4% y el respeto a las leyes y normas vigentes 46.4%.

Por otra parte, los dueños o administradores de hoteles, moteles y restaurantes están en total desacuerdo principalmente en tener una

buen relación con la competencia 2.5% y el compromiso con el desarrollo de México 2.5%. Marcaron indiferencia principalmente en tener una buena relación con la competencia 21.1%; el respeto al medio ambiente 20.7% y el compromiso con el desarrollo de México 13.5%.

Su percepción del negocio en el ámbito social manifestó estar totalmente de acuerdo en: Ser una organización transparente 62%; impide la discriminación por motivos de origen étnico, sexo, color, idioma, origen nacional o social, posición económica, religión, ideas políticas u otras convicciones profundas 58% y su evaluación de la aplicación y respeto de los derechos humanos 49%.

En relación a las prácticas laborales: Mostraron indiferencia respecto a prohibir el trabajo forzado y el empleo de trabajadores menor de edad un 15%; contar con condiciones de trabajo seguras y saludables; así como programas de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales 15% y el trabajador percibe una remuneración equitativa y satisfactoria que asegure una existencia decorosa 14%.

Consideran que sus trabajadores tienen un horario de trabajo y descanso suficiente; ambiente laboral libre de hostigamiento moral y sexual; así como indemnización por riesgo de trabajo un 50.6%, cuidan la opinión de sus clientes para mejorar sus productos y servicios 42.6% y Mantiene un constante mejoramiento en los productos y servicios para hacerlos más seguros para el consumidor 42.2%.

Respecto a las prácticas de sustentabilidad ambiental, promueve la disminución en consumo de energía, agua; uso de combustibles poco contaminantes para la disminución de la contaminación. Un 80%; Cuenta con programas para la conservación del medio ambiente; así como el reciclaje dentro de sus instalaciones un 49%.

Finalmente, respecto a los apoyos que dan a la sociedad o a sus trabajadores, evaluaron su desempeño con un 45% en parcialmente de acuerdo. Su participación activa con el desarrollo de la comunidad es valorada como parcialmente e acuerdo por un 38% y mostraron indiferencia o desacuerdo un 52% al apoyo de programas comunitarios y organizaciones no gubernamentales, así como Apoya en la infraestructura de centros educativos o recreativos para la comunidad un 60%.

5. CONCLUSIONES

Considerado los puntajes de Parcial acuerdo y Total acuerdo las prácticas de responsabilidad social en restaurantes, hoteles y moteles de la ciudad su principal preocupación es la atención a los clientes y proveedores 95.8%, el respeto a las normas y leyes vigentes 91.6%, el ser una organización que actúa con transparencia 89.8%; Impedir la discriminación por motivos de origen étnico, sexo, color, idioma, origen nacional o social, posición económica, religión, ideas políticas u otras convicciones profundas 89%; y el respeto a los derechos de los trabajadores 88.6.

Los tipos de práctica que requieren fomentar son hacia la comunidad como; soporte en la infraestructura de centros educativos o recreativos para la comunidad, programas de conservación del medio ambiente y apoyo a programas comunitarios y organizaciones no

gubernamentales. Con ellos se concluye que las prácticas que más requieren desarrollar estrategias son las de apoyo para el desarrollo de comunidad; las prácticas laborales (principalmente en condiciones de los trabajadores y pago justo) y programas de conservación al medio ambiente, ya que existe indiferencia hacia ellas.

6. LITERATURA CITADA

Aguilera, A. y Becerra, D. (2015) 'Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social', *Pensamiento & Gestión*, 32, pp. 1–26.

Calderón Cajiga, J. F. (2012) 'El Concepto De Responsabilidad Social Empresarial', *ESR Empresa Socialmente Responsable*, 12(34), p. 35. doi: https://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf.

Cancino, C. y Morales, M. (2008) *Responsabilidad social empresarial, Documento Docente N°1*.

Castillo, S. (2010) 'Agenda social. Responsabilidad social empresarial y gobernabilidad', *Razón y Palabra*.

Conraud, E. (2016) *AR ON social empresarial de AC IO*.

Garriga, E. y Melé, D. (2004) 'Corporate Social Responsibility Theories: Mapping the Territory Social Responsibility Corporate Theories: Mapping the Territory', *Journal of Business Ethics*. doi: 10.1787/9789264122352-de.

López Salazar, A., Ojeda Hidalgo, J. F. y Ríos Manríquez, M. (2017) 'La responsabilidad social empresarial desde la percepción del capital humano. Estudio de un caso', *Revista de Contabilidad*. ASEPUC, 20(1), pp. 36–46. doi: 10.1016/j.rcsar.2016.01.001.

Organización Internacional de y Estandarización (2010) 'Descubriendo ISO 26000 - Responsabilidad Social', *ISO*.

Vargas-Chaves, I. y Marrugo-Salas, L. (2016) 'Responsabilidad social empresarial, inclusión y discapacidad: análisis desde las buenas prácticas en la industria farmacéutica', *Revista de Derecho, Comunicaciones y Nuevas Tecnologías*. doi: 10.15425/redcom.15.2016.02.

Vives, A. y Peinado, E. (2011) 'La Responsabilidad Social de la empresa en América Latina', *Computere*. doi:

<http://www.cumpetere.com/Documents/LIBRO%20RSE.pdf>.



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Maestría en

CIENCIAS EN BIOLOGÍA

PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-CONACYT)

Especialidad:

Manejo y Conservación de Recursos Naturales (Terrestres o Acuáticos)



Becas Disponibles

Maestría en Ciencias en Biología

PERFIL

El programa está diseñado para egresados de la carrera de biología o afines como médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, ingenieros ambientales e ingenieros forestales. Podrán participar egresados de otras carreras con la aprobación del consejo de posgrado.

años.

- Disposición para desarrollar e integrarse en proyectos de investigación.
- Entrevista con el comité de posgrado.
- Ser estudiante de tiempo completo.

REQUISITOS DE INGRESO Y DOCUMENTACIÓN

- Carta de exposición de motivos indicando porque desea cursar una maestría y porque desea ingresar a este programa, Maestría en Ciencias en Biología-ITCV.
- Copia (s) de título profesional, certificado de calificaciones, diploma (s) y constancias de otros estudios.
- Constancia de promedio mínimo de 8 (ocho) en estudios de licenciatura.
- Currículum vitae con documentos probatorios adjuntos.
- Comprender el idioma inglés y aprobar examen de inglés del programa de MCB-ITCV.
- Dos fotografías tamaño credencial.
- Aprobar examen de admisión.
- Carta compromiso indicando que terminará su programa de maestría en dos

PLAN DE ESTUDIOS

El programa está diseñado para concluirse en dos años y consta de cinco materias básicas, seis optativas y presentación de tesis de grado.

Áreas disponibles actualmente para investigación y desarrollo de tesis:

Malacología, Entomología, Micología, Mastozoología, Ciencias Forestales (Biodiversidad, Sistemática, Ecología y Fisiología).

PLANTA DOCENTE

Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.

Agua-Suelos, Agrometeorología e Hidroponía.

Azuara Domínguez Ausencio. Dr. Colegio de Posgraduados. Manejo Integrado de Plagas.

Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, College of

Cardiff. Reino Unido. Entomología Aplicada. Ecología y Sistemática de **Orthoptera**.

Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM.
Malacología y Ecología Marina.

Flores Gracia Juan, Dr. UANL.
Genética y Biotecnología.

García Jiménez Jesús, Dr. UANL.
Micología y Parasitología Forestal.

González Gaona Othón Javier. Dr. ITESM.
Toxicología.

Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.
Biotecnología y Micología.

Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN
Neurociencias y Entomología.

Rangel Lucio José Antonio. Dr. Colegio de Posgraduados. Edafología.

Rodríguez-Castro Jorge Homero, Dr.
Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Acuicultura y Ecología Marina.

Venegas Barrera Crystian Sadiel. Dr. CIBNOR. Manejo y Preservación de Recursos Naturales (Ecología).



INFORMES

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria,
Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175
Tel. (834) 153 2000 Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: jhortavega@yahoo.com.mx

E-mail: almagavetec@hotmail.com



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Doctorado en **CIENCIAS EN BIOLOGÍA**

**PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-
CONACYT)**

Convocatoria: 2019



Recepción de solicitudes: enero-marzo de 2019

Líneas de investigación

- Biodiversidad y Ecología
- Manejo y Conservación de Recursos Naturales
- Procesos Biotecnológicos

Requisitos y antecedentes académicos de ingreso de los candidatos

- Contar con grado de Maestría (indispensable estar titulado) en un programa experimental o de investigación en el área de las Ciencias Biológicas.
- Promedio igual o superior a 8 (80 de 100) en estudios de maestría.
- Disponer de tiempo completo para cumplir con el programa doctoral.
- Aprobar el examen de conocimientos que aplica el programa o acreditar con al menos un 75% en conocimientos básicos y un 60% en habilidades de investigación en el EXANI-III del CENEVAL.
- Acreditar el examen de Inglés TOEFL, al ingresar al programa, mínimo 500 puntos. O bien acreditarlo este examen antes de egresar del programa, ya que este es un requisito para sustentar examen de grado y poder titularse.
- Presentar dos cartas académicas de recomendación expedidas por profesionistas reconocidos.

- Carta de exposición de motivos para el ingreso al doctorado, no mayor de una cuartilla, con fecha y firma.
- Visto bueno en entrevista con miembros del Claustro Doctoral.
- Presentar por escrito protocolo de investigación (3-5 cuartillas) para evaluar aptitudes y habilidades de experiencia previa, en el área de ciencias naturales.
- Carta de aceptación de uno de los miembros del Claustro Doctoral.

PLANTA DOCENTE

Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.
Agua-Suelos, Agrometeorología e Hidroponía.

Azuara Domínguez Ausencio, Dr. Colegio de Posgraduados. Manejo Integrado de Plagas.

Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, Cardiff. Reino Unido. Entomología Aplicada. Ecología y Sistemática de Orthoptera.

Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM
Malacología y Ecología Marina.

Flores Gracia Juan, Dr. UANL.
Genética y Biotecnología.

García Jiménez Jesús, Dr. UANL. Ciencias Forestales y Micología.

González Gaona Othón Javier, Dr. ITESM.
Toxicología.

Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.
Biotecnología y Micología.

Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN
Neurociencias y Entomología.

**Rangel Lucio José Antonio. Dr. Colegio de
Posgraduados.** Edafología.

Rodríguez-Castro Jorge Homero, Dr.
Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Acuicultura y Ecología Marina.

Venegas Barrera Crystian Sadiel. Dr.
CIBNOR. Manejo y Preservación de
Recursos Naturales (Ecología).

INFORMES

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.
VICTORIA. División de Estudios de
Posgrado e Investigación.**

Bldv. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria,
Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175.
Tel. (834) 153 2000, Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: jhortavega@yahoo.com.mx

E-mail: almagavetec@hotmail.com



**XII Congreso de Biotecnología
Agrícola a realizarse en Cuba en
mayo 2019.**

<http://bioveg.bioplantitas.cu/>

Invitación a consultores e investigadores del sector primario de la producción agrícola y pecuaria.

Consulta gratuita en este sitio de memorias en extenso de congresos previos. Son más de 500 páginas de artículos técnicos cada año.

**Marcos Edel Martínez
Montero**

**Centro de Bioplantitas
Universidad de Ciego de Ávila,
Cuba. Carretera a Morón Km 9
C.P. 69 450**

bioveg2019@gmail.com

bioveg@bioplantitas.cu

CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnoINTELECTO

TÍTULO CON MAYÚSCULAS, DEBIDAMENTE ACENTUADAS, EN NEGRITAS, CENTRADO, ARIAL 10, INTERLINEADO SENCILLO

Autor(es) Arial 10 puntos, itálica, centrado, interlineado sencillo; nombre (s) completo y apellidos completos, separados por un guión, sin grado académico, más de un autor separado por comas e indicador numérico para los datos siguientes: Institución(es) en 10 Arial, en itálica y centrado, interlineado sencillo, correo electrónico de los autores centrado, interlineado sencillo

RESUMEN: Deberá ser lo más general y significativo posible, de manera que en pocas palabras exprese la aportación más relevante del artículo. Letra tipo Arial de 10 puntos, interlineado sencillo y espaciado anterior de 8 puntos y posterior de 6, iniciando con la palabra **RESUMEN** en negritas. Texto con alineación ajustada en todo el artículo. Si el artículo está en español, adjuntar el resumen inglés.

PALABRAS CLAVE: Colocar las palabras (tres a cinco) más significativas en el artículo, no repetir palabras del título, fuente de 10 puntos, dejando un espacio entre el párrafo anterior.

ABSTRACT: The abstract shall be as general and substantial as possible, in such a way that provides in a few words a clear idea of the paper's contribution. Please use Arial font 10 points, single space, space above 8 points and below 6 points, begin text with the word **ABSTRACT** in bold face. All text through the paper must be aligned to fit page. If paper is in Spanish abstract shall be in English.

KEY WORDS: Please use the most (three to five) significant words, font of 10 points, leaving a space between the preceding paragraphs.

1. INTRODUCCIÓN

Los criterios para la revisión técnica son: importancia de la contribución a la divulgación científica, pertinencia de métodos empleados, correcta presentación de datos, soporte del manuscrito con literatura relevante y actualizada, discusión suficiente o necesaria. Además, figuras y tablas adecuadas. El manuscrito pasará al comité editorial, quien dictaminará si contiene el mínimo indispensable para ser publicado, lo cual se notificará vía electrónica en formato pdf.

2. CARACTERÍSTICAS

El cuerpo del artículo en dos columnas con 0.6 cm entre ellas y todos sus márgenes de 3 cm. Cada sección deberá contener un título numerado con formato de párrafo espaciado anterior de 12 y posterior de 6 puntos. La fuente de todo el manuscrito es Arial. En el cuerpo de 10 puntos, interlineado sencillo, con secciones numeradas con números arábigos.

2.1 Idioma Español o inglés.

2.2 Subsecciones

Las subsecciones en formato tipo título, negritas, interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior de 6 puntos.

2.3. Las gráficas y tablas

Pueden ser **a color** o en **escala de grises** y se ajustarán de acuerdo a las características de ellas y al gusto del investigador. Deberán ser posicionadas de acuerdo a la necesidad del investigador y bajo su responsabilidad.

3. LINEAMIENTOS

Los artículos deberán ser inéditos. Cada trabajo deberá presentarse en un mínimo de 6 y un máximo de 12 páginas. De 6 páginas se considerarán artículos cortos y se publicarán a recomendación del comité editorial.

4. RESPONSABILIDADES

El investigador es responsable del contenido, la sintaxis y el envío de su artículo en Word a la coordinación editorial actual de TecnoINTELECTO: ludivinab@yahoo.com, almagavetec@hotmail.com. El Instituto Tecnológico de Cd. Victoria será responsable de la revisión y aceptación o rechazo de los manuscritos, la edición de la revista, el índice,

la impresión y distribución, apoyándose en el Comité Editorial y otras instituciones, si lo considera pertinente.

Los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán rechazados para su adecuación.

El máximo número de autores y/o coautores por artículo es de 5.

5. FECHAS IMPORTANTES

Recepción de artículos todo el año.
Publicación julio-agosto y diciembre-enero.

6. LITERATURA CITADA

6.1 Referencias en texto

Sin numerar, solo citar apellido(s) según el caso y el año separado por una coma, si son más citas separar por punto y coma; dos autores se separan “y” y si son más de dos autores solo se pondrá el apellido(s) del primer autor seguido de “*et al.,*”.

Al final, listar en orden alfabético sin numeración. Autor (es) iniciando con apellido (s) seguido por la inicial del nombre (s), si es el caso puede escribir los dos apellidos separados por un guion. Año. Título del artículo. Nombre de la Revista, Volumen y número de páginas, tipo Arial, 10 puntos, interlineado sencillo.

Artículo científico

Armenta, C. S., H. Bravo y R. Reyes. 1978. Estudios bioecológicos de *Epilachna varivestis* Mulsant, bajo condiciones de

laboratorio y campo. *Agrociencia*, 34: 133-146.

Ávila-Valdez, J., L. Barrientos-Lozano y P. García-Salazar. 2006. Manejo Integrado de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el sur de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*, 5: 636-641.

Libro o Tesis

Jaffe, K., J. Lattke y E. Pérez. 1993. *El mundo de las hormigas*. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196 pp. En el caso de tesis señalar después del título si es profesional o de grado.

Capítulo de libro:

Navarrete-Heredia, J. L. y A. F. Newton. 1996. Staphylinidae (Coleoptera). Pp. 369-380. *In*: J. E. Llorente-Bousquets, A. N. García-Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación-Coordinación Editorial de TecnoINTELECTO.

Dra. Ludivina Barrientos Lozano:

ludivinab@yahoo.com,

almagavetec@hotmail.com