



Demografía de *Oreomunnea mexicana* (Standl.) J. F. Leroy en el bosque de niebla de Sierra Juárez, Oaxaca

Demography *Oreomunnea mexicana* (Standl.) J. F. Leroy in the cloud forest of Sierra Juárez, Oaxaca

Nelly Pacheco-Cruz², Ricardo Clark-Tapia¹, Jorge E. Campos-Contreras², Motserrat Gorgonio-Ramírez¹, María Delfina Luna-Krautle¹, Francisco José Naranjo-Luna³ y Cecilia Alfonso-Corrado^{1*}

¹ Universidad de la Sierra de Juárez. Instituto de Estudios Ambientales. Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. rclarck@unsij.edu.mx; montse_grmz@hotmail.com; mkrauletz@unsij.edu.mx

² Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad de Biotecnología y Prototipos. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. Tlalnepantla, Estado de México, México. nellyjazmin92@gmail.com.mx; jcampos@servidor.unam.mx

³ Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza. Jesús Carranza, Veracruz, México. francobio87@gmail.com

* Autor de correspondencia. liana@unsij.edu.mx

RESUMEN

Se estudió la demografía de *Oreomunnea mexicana*, una especie amenazada considerada un relictos del Cenozoico. Esta especie es un elemento arbóreo dominante en el bosque de niebla de La Sierra Juárez, Oaxaca. Se obtuvo la estructura poblacional de cuatro sitios en 2011 y 2016 a través de parcelas de 400 m² (20 m × 20 m). Por medio del uso de matrices de tipo Lefkovitch se obtuvo la tasa finita de crecimiento poblacional (λ) para la población de San Bernardo, además de un análisis de elasticidad para dos periodos (2011 - 2015 y 2015 - 2016). En marzo de 2016, se registraron fuertes vientos de 100 km/h, lo que incrementó la mortalidad dentro de las poblaciones, sin modificar su estructura poblacional en forma de J invertida. No obstante, el estudio demográfico en San Bernardo mostró una λ en decremento para el segundo periodo de 0.44 ± 0.009 , en comparación con una λ en crecimiento de 1.101 ± 1.083 del primer periodo. Se encontró que la permanencia de los individuos es el parámetro demográfico más importante para mantener la estabilidad demográfica de las poblaciones. La especie mostró alta vulnerabilidad a cambios extremos en el ambiente, con un decremento en su número poblacional en un período corto (2015-2016). Por lo anterior, si se desea restaurar estas poblaciones locales, la conservación *in situ* debe enfocarse a lograr mantener y aumentar a futuro el número de individuos adultos en la zona.

PALABRAS CLAVE: cambios extremos, conservación, dinámica poblacional, estructura poblacional, matrices Lefkovitch

ABSTRACT

The demography of *Oreomunnea mexicana*, an endangered species was studied. This species is a Cenozoic relic and is a dominant tree in the cloud mountain forest of Sierra Juárez, Oaxaca. Population structure of four populations were obtained through plots of 400 m² (20 x 20 m) for the years 2011 and 2016. Through the use of Lefkovitch-type matrices, the finite population growth rate (λ) and an elasticity analysis were obtained for the population of San Bernardo over two time periods (2011 - 2015 and 2015 - 2016). Strong winds of 100 km/hr were recorded on March 2016, that increased the mortality within the studied populations, without modifying its population structure in an inverted J-shape. However, the demographic study in San Bernardo showed a λ in decrease for the second period of 0.44 ± 0.009 , in compared to a growth of λ (1.101 ± 1.083) found in the first period. The permanence of individuals is the most important demographic parameter in maintaining viability demographic in *O. mexicana*. The species presented a high sensitivity and vulnerability to extreme environmental changes, with a decrease in population number in a short period of time (2015-2016). Therefore, if it is desired to restore these local populations, is absolutely essential that conservation efforts focus on maintaining and increasing the number of adult individuals in the area in the future

KEYWORDS: extreme changes, conservation, population dynamics, population structure, Lefkovitch matrices.

INTRODUCCIÓN

La ecología demográfica estudia la variación del tamaño y densidad de una población en tiempo y espacio. A nivel temporal, se analiza la dinámica poblacional de una especie al concentrar estadísticamente los parámetros demográficos como supervivencia, fecundidad y crecimiento poblacional, que expresan en promedio el comportamiento de una población en un intervalo de tiempo determinado (Larson-Guerra, 1992; Caswell, 2001). El análisis de estos parámetros en modelos matriciales permite describir la demografía y, con ello, determinar la tasa de crecimiento poblacional y analizar qué parámetros son más sensibles a cambios (Harper, 1977; Caswell, 2001). Por ello, los modelos matriciales son una herramienta que proporciona resultados importantes y útiles para el diseño de estrategias de conservación (Alfonso-Corrado, Clark-Tapia y Mendoza, 2007; Ezard *et al.*, 2010; Primack, 2012) y manejo (Alfonso-Corrado *et al.*, 2007). En especies arbóreas amenazadas, endémicas, o relictos, estos modelos permiten determinar el estado actual de sus poblaciones y predecir su comportamiento a largo plazo bajo diferentes escenarios antropogénicos (*e.g.*, cambio de uso de suelo, manejo forestal, etc.) o naturales (*i.e.*, cambio climático) (Ezard *et al.*, 2010; Primack, 2012; You, Liu y Fujiwara, 2013). Por ejemplo, estudios demográficos realizados en especies relictos (Hampe y Arroyo, 2002; Picó y Ribal, 2002; García, 2003) han mostrado que las poblaciones de *Frangula alnus* sub. *baetica* Mill, *Borderea chouardii* (Gaussen), *Ramonda myconi* (L.) R.chb. son dominadas por individuos adultos y senescentes y, a pesar que presentan serios problemas en el reclutamiento debido a la alta mortalidad de plántulas, sus poblaciones son estables demográficamente, con valores de λ cercanos o iguales a la unidad. Sin embargo, García (2003) encontró, para *Borderea chouardii* (Gaussen), alta susceptibilidad a disturbios, con baja capacidad de recuperación, aspecto similar encontrado en otras especies amenazadas (Clark-Tapia, Alfonso-Corrado, Mandujano y Molina-Freaner, 2006; You *et al.*, 2013).

Oreomunnea mexicana (Standl.) J. F. Leroy es una especie de árbol relictos que surgió en el Mioceno tardío y Plioceno temprano hace aproximadamente 23 millones de años (Palacio-Chávez y Rzendowski, 1993); actualmente está catalogada como amenazada (González-Espinoza *et al.*, 2011; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017), pertenece a la familia Juglandaceae y es la única especie

representante del género *Oreomunnea* en México (Russell y Cohn, 2012). Su distribución es fragmentada, a lo largo de los bosques de niebla de México y Centroamérica, y forma poblaciones monodominadas por grandes individuos de *O. mexicana*, en los lugares en que ocurre (Navare, 1983; Corrales, Arnold, Ferrer, Turner y Dalling *et al.*, 2016; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017). Su distribución en México se restringe a los estados de Veracruz, y Oaxaca (González-Espinoza *et al.*, 2011), siendo en este último estado, donde se encuentran las poblaciones más extensas de la especie (Naranjo-Luna, 2014), en el bosque de niebla más grande y conservado de México (Anta-Fonseca *et al.*, 2010). En esta región, *O. mexicana* es considerada una especie bandera de importancia cultural y biológica para las comunidades chinantecas de la Sierra Juárez, por lo que el conocimiento de sus aspectos biológicos es fundamental no solo para su conservación, sino también para la del hábitat del bosque nuboso (Naranjo-Luna, 2014; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017).

Estudios genéticos recientes realizados en la Sierra Juárez, Oaxaca, sugieren que las poblaciones de la especie no se encuentran depauperadas (Naranjo-Luna, 2014; Pascual-Mendoza, 2014), sin embargo, un estudio ecológico realizado por Alfonso-Corrado *et al.* (2017) indica que la especie es altamente susceptible a procesos de cambio climático y modificación del nicho ecológico. Una forma precisa de identificar y analizar la estabilidad y riesgo de permanencia de *O. mexicana* es estudiar su dinámica poblacional a través del uso de modelos matriciales de proyección poblacional (Caswell, 2001) y con base en estos resultados sugerir acciones de conservación *in situ* para la especie.

OBJETIVOS

Generar conocimiento biológico de *O. mexicana*, una especie eje, relictos y amenazada del bosque de niebla de Santiago Comaltepec, por medio del análisis de la estructura y dinámica poblacional, con la finalidad de proponer estrategias de conservación *in situ* de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio demográfico se realizó en una población de *O. mexicana*, conocida como San Bernardo (17°36'47.45" de latitud norte y 96°22'37.72" de longitud oeste) (Naranjo-Luna, 2014),



localizada en el bosque de niebla ubicado en municipio de Santiago Comaltepec, en la Sierra Juárez de Oaxaca, al sur de México (Fig. 1). El sitio tiene una elevación de 1750 m snm, orientación noroeste y pendiente de 30°. La temperatura y precipitación media anual son 15 °C y 700 mm respectivamente (Anta-Fonseca *et al.*, 2010).

Especie de estudio

Oreomunnea mexicana (Standl.) J.F. Leroy (nombre común: caudillo; nombre en Chinanteco: *maá huc loó*; que significa *árbol que se descascara*) es un árbol relictivo del mioceno tardío y plioceno temprano de aproximadamente 23 millones de años del orden Fagales (Rzedowski y Palacio-Chávez, 1977; Palacio-Chávez y Rzedowski, 1993), se distribuye de forma discontinua en México en los estados de Veracruz y Oaxaca (González-Espinoza *et al.*,

2011). En Oaxaca es la especie dominante en una variante de bosque de niebla con árboles de 30 m a 60 m de altura, entre 1000 m y 2000 m snm en lugares húmedos en la Sierra Juárez y Mazateca (Rzedowski y Palacio-Chávez, 1977; Torres-Colín, 2004).

La especie presenta hojas perennes pinnadas desde cuatro hasta ocho foliolos y dispuestas en pares opuestos con una coloración blanca en el envés. El fruto es una nuez globosa encerrada por la base de la bráctea abaxial y el lóbulo bracteolar adaxial, de 0.8 cm - 1.1 cm de longitud y 0.6 cm - 0.8 cm de ancho, la superficie con escamas peltadas amarillas y pardas. La corteza exfoliante que se desprende en pedazos grandes y el fruto con una larga bráctea trilobada son características importantes para distinguir a la especie (Russell y Cohn, 2012).

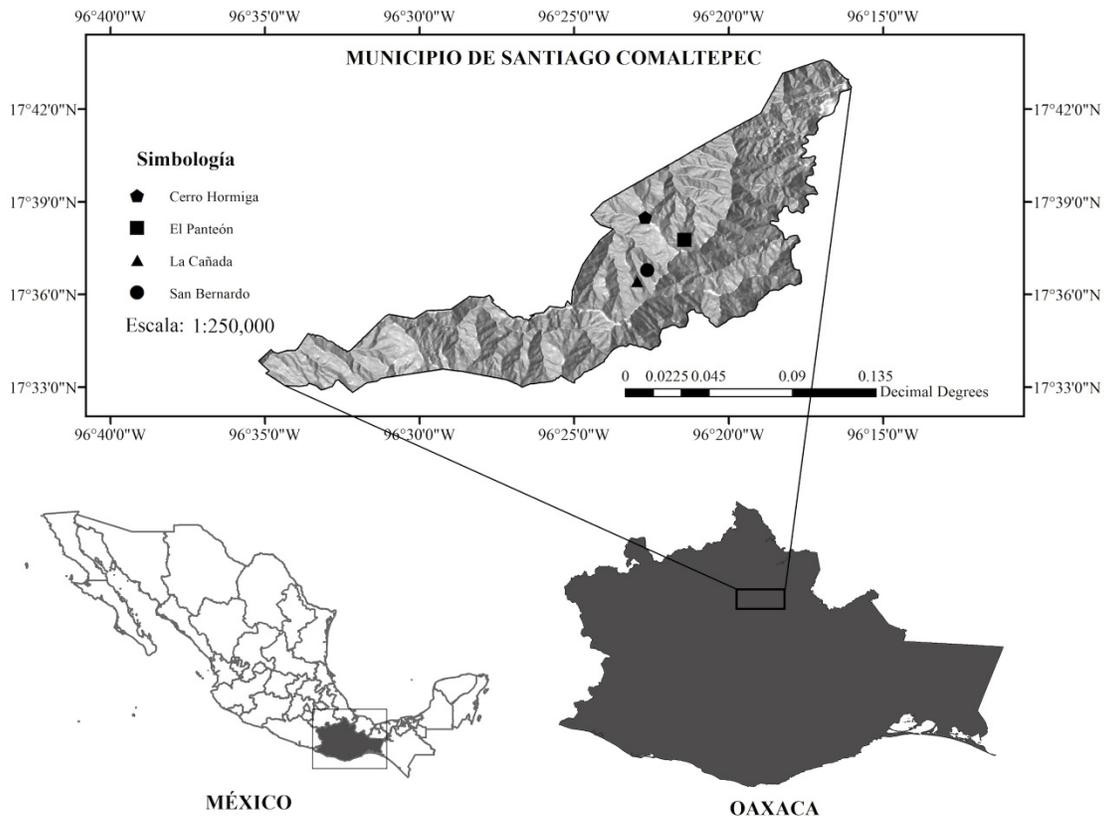


FIGURA 1. Localización de los sitios de estudio en Santiago Comaltepec, Oaxaca.

Selección de sitio y trabajo de campo

En agosto de 2011 se seleccionaron cuatro sitios (Cerro Hormiga, El Panteón, La Cañada y San Bernardo) con presencia de *O. mexicana* para analizar su estructura poblacional (Fig.1). Dentro de los sitios se estableció una parcela de 400 m² (20 m × 20 m), en la que se marcaron con etiqueta a todos los individuos de *O. mexicana*. La dimensión de la parcela fue con la finalidad de obtener un mínimo de 10 individuos adultos, basada en la experiencia en campo y en las recomendaciones de Samo-Lumbreras, Garmendia-Salvador y Delgado, (2008). A los individuos pequeños que no presentaban un tallo lignificado se les registró el diámetro basal, mientras que a los adultos con tallo lignificado se les registró el diámetro a la altura del pecho (DAP). Solamente se analizó la dinámica poblacional de San Bernardo pues, debido a problemas de logística, no fue posible analizar todos los sitios. En San Bernardo todos los individuos marcados en agosto de 2011, fueron medidos nuevamente en septiembre de 2015, registrando crecimiento, supervivencia, mortalidad y nuevos reclutas.

El 9 marzo de 2016, se registraron en la zona de estudio fuertes vientos con velocidad superior a los 100 km/h (Clark-Tapia, Suárez-Mota, Nolasco y Velasco-Hipólito, 2016), que afectaron severamente a diversas poblaciones de *O. mexicana*. Por ello, en septiembre de 2016 se censó nuevamente la población de San Bernardo. Además, se registró el daño en los individuos localizados dentro de las parcelas establecidas en 2011 de Cerro Hormiga, El Panteón y La Cañada, en estos sitios solamente se evaluaron cambios en la estructura poblacional. Los individuos registrados en los cuatro sitios fueron clasificados en cuatro categorías de tamaño, de acuerdo con su diámetro a la altura de pecho (DAP) o con su diámetro basal: 1) 0 cm - 5 cm, 2) 5.1 cm - 10 cm, 3) 10.1 cm - 40.0 cm y 4) > 40.1 cm.

Análisis Matricial

Se utilizó un modelo matricial tipo Lefkovich (Lefkovich, 1965; Caswell, 2001) el cual se describe en la siguiente ecuación:

$$n_{t+1} = An_t$$

El modelo matricial de Lefkovich está formado por un vector columna (n) que contiene el número de individuos en cada categoría de tamaño, al tiempo t y $t+1$, y una matriz A . La matriz

A está conformada por diferentes elementos del ciclo de vida de una especie que definen las probabilidades de: 1) supervivencia, referida a la probabilidad que un individuo sobreviva o permanezca en la misma categoría (se ubican en la diagonal principal de la matriz), 2) crecimiento, descrito como la probabilidad de que un individuo pase a la siguiente categoría de tamaño (se ubica inmediatamente debajo de la diagonal principal de la matriz), 3) retroceso, representado como la probabilidad que un individuo retroceda de un estadio a otro (en la matriz se ubica inmediatamente arriba de la diagonal principal) y 4) fecundidad, que constituye la contribución que hace un individuo de una categoría en el tiempo t a cada una de las diferentes categorías en el intervalo del tiempo $t+1$ (se ubica en el primer renglón de la matriz).

Para la especie en estudio, se construyeron dos matrices tipo Lefkovich de dimensiones de 4×4 ; la primera del período que correspondió al tiempo inicial t en 2011 y $t+1$ al 2015, y la segunda fue del tiempo t (2015) al tiempo $t+1$ (2016). El análisis matricial se realizó con el software Poptools versión 3.2.5 (Hood, 2010), con el cual se obtuvo la tasa finita de crecimiento poblacional (λ) y la estructura estable de tamaño (w). Para estimar el intervalo de confianza de λ se usó el método analítico de acuerdo con Caswell (2001).

Análisis de elasticidad

Se realizó un análisis de elasticidad desarrollado por de Kroon, Plaisier, van Groenendael y Caswell (1986), para los períodos (2011-2015 y 2015-2016). Dicho análisis calcula el cambio infinitesimal proporcional en las entradas de la matriz de transición de Lefkovich arriba mencionadas, en otras palabras, permite comparar la importancia relativa de los diferentes parámetros demográficos (supervivencia, crecimiento, retroceso y fecundidad) o de las diferentes categorías de tamaño, sobre la tasa finita de crecimiento poblacional obtenida en la matriz del período 2011-2015 y 2015-2016.

Simulaciones de cosecha

Aunque *O. mexicana* no tiene actualmente uso forestal local; se exploró la capacidad de la población de mantener el equilibrio demográfico. Por lo anterior, se realizaron simulaciones de cosecha de 5%, 10%, 15%, 25%, 50%, 80% y 100% orientada a



extraer los individuos adultos con un tallo bien desarrollado (categorías 3 y 4) y que presentaron fecundidad, para determinar el porcentaje de cosecha por la cual la tasa de crecimiento poblacional (λ) cae por debajo de la unidad, el análisis se realizó solamente en la matriz del período 2011 al 2015.

RESULTADOS

La estructura poblacional mostró un comportamiento en forma de J invertida en los cuatro sitios analizados, siendo la primera categoría la que mostró significativamente una mayor abundancia de individuos ($q = 7.87, p < 0.05$), mientras que la categoría 4 tuvo la menor abundancia (Fig. 2). Este patrón, se mantuvo en 2016, a pesar de que en este año se registró una alta mortalidad de individuos en todas las categorías de tamaño. El decremento de individuos fue más severo en tres de las cuatro poblaciones (San

Bernardo, El Panteón y La Cañada); en ellas murió más de 50% de los individuos de cada población, en contraste con Cerro Hormiga que presentó una mortalidad mínima, y poco impacto del evento meteorológico extremo descrito en métodos (Fig. 2).

El análisis demográfico realizado en el período de 2011 a 2015 a la población de San Bernardo, se encontró una tasa finita de crecimiento poblacional (λ) igual a 1.101, con un intervalo de confianza de $\lambda \pm 0.018$. La simulación de cosecha de individuos adultos realizada a esta población registró una disminución inferior a la unidad en el valor de λ , cuando se extrajeron en conjunto más de 25% de los individuos de las categorías 3 y 4 (Fig. 3). En contraste, cuando se cosecharon individuos de solamente una categoría (3 ó 4), la disminución de λ fue menos drástica, ya que se requirió de una extracción superior a 50% de los individuos (Fig. 3).

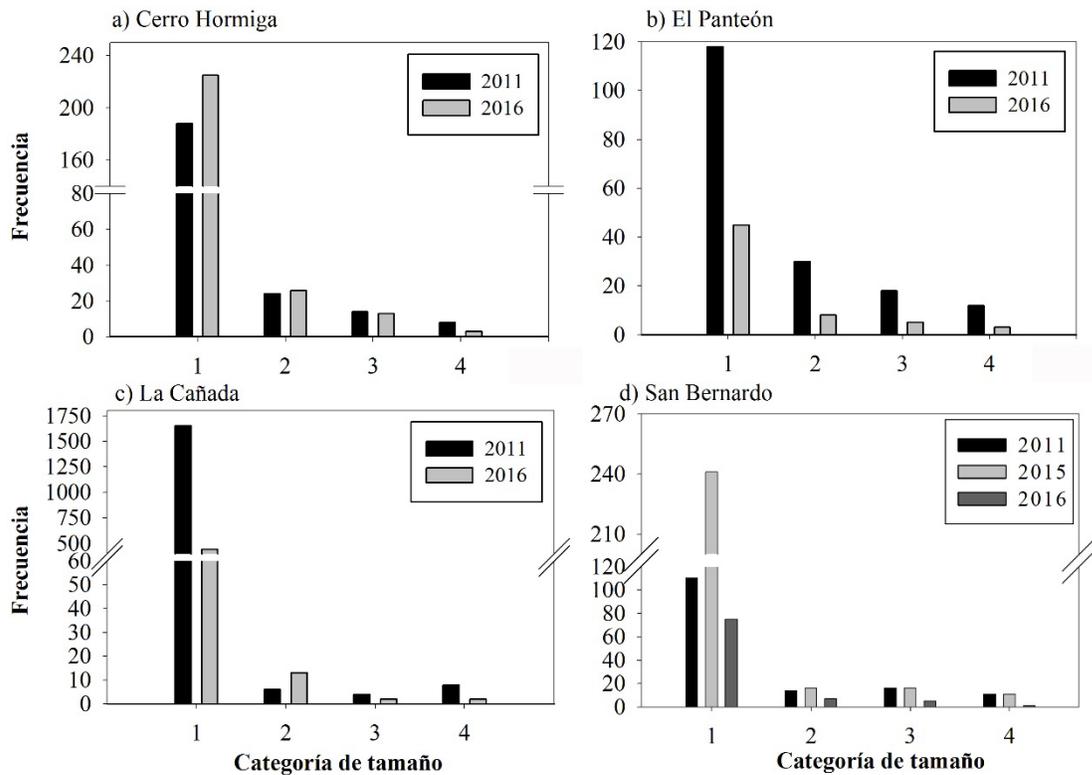


FIGURA 2. Número de individuos por categoría de tamaño de las poblaciones estudiadas en Santiago Comaltepec, durante 2011, 2015 y 2016.

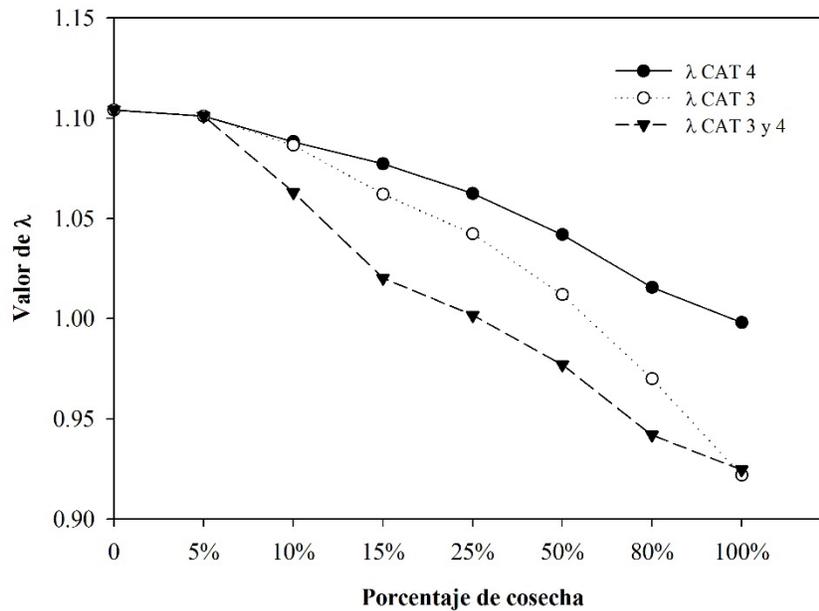


FIGURA 3. Cambios en la tasa de crecimiento poblacional (λ) en la población de San Bernardo después de una extracción de individuos (cosecha) en las categorías 3 y 4, y de una extracción en ambas categorías.

El resultado anterior indicó que la extracción de individuos en más de una categoría tuvo un efecto negativo en el crecimiento poblacional de *O. mexicana*. Esto se corroboró en el año 2016, donde la muerte por caída de árboles (> 60% de la población) afectó severamente diversas categorías de tamaño, ocasionando un decremento en la tasa finita de crecimiento de la población de San Bernardo ($\lambda = 0.44 \pm 0.009$). Un decremento similar en la tasa de crecimiento poblacional se infirió para las poblaciones de La Cañada y El Panteón donde murieron más de 70% y 65% de los individuos, respectivamente; mientras que la población de Cerro Hormiga permaneció estable o en crecimiento, debido a que se registró un leve incremento en el número de individuos (Fig. 3).

El análisis demográfico en San Bernardo mostró que la estructura poblacional observada y la predicha por el modelo en ambos períodos de estudio difieren significativamente ($G^2 = 12.59$, $p < 0.001$). En el período 2011-2015, para la categoría 1, la proporción de individuos observada fue menor que la esperada; mientras que en las categorías restantes la proporción observada fue mayor a la esperada (Fig. 4). En el período 2015-2016, la frecuencia esperada fue positiva solo en la categoría 3, donde se obtuvo una proporción máxima (Fig. 4).

El análisis de elasticidad para el período 2011-2015 se muestra en la figura 5, este análisis reveló que la permanencia (P) fue el parámetro demográfico con mayor contribución relativa al valor de λ , seguida de la transición (T) y de la fecundidad (F). En contraste, para el período 2015-2016, la única contribución relativa al valor de λ fue dada por la permanencia de la categoría 3 (Fig. 5).

DISCUSIÓN

El tamaño poblacional o la densidad poblacional en especies relictos o endémicas es un factor que se ha generalizado para determinar el riesgo de extinción y persistencia de una especie (Lande, 1993; Boyce, Haridas y Lee, 2006). Sin embargo, la presencia estable de poblaciones fragmentadas con densidades pequeñas en especies de este tipo, contradicen esta hipótesis y su decremento poblacional es difícil de detectar en una escala de estudio a corto plazo (García, 2008). Al factor de tamaño poblacional, deben sumarse los procesos de variabilidad ambiental y actividades antropogénicas que afectan los parámetros demográficos de una especie (Boyce *et al.*, 2006); esto es particularmente importante en especies amenazadas, endémicas o relictos, cuyas poblaciones son más sensibles a procesos de cambio ambiental o disturbios (Naranjo-Luna, 2014), como lo es *O. mexicana*.

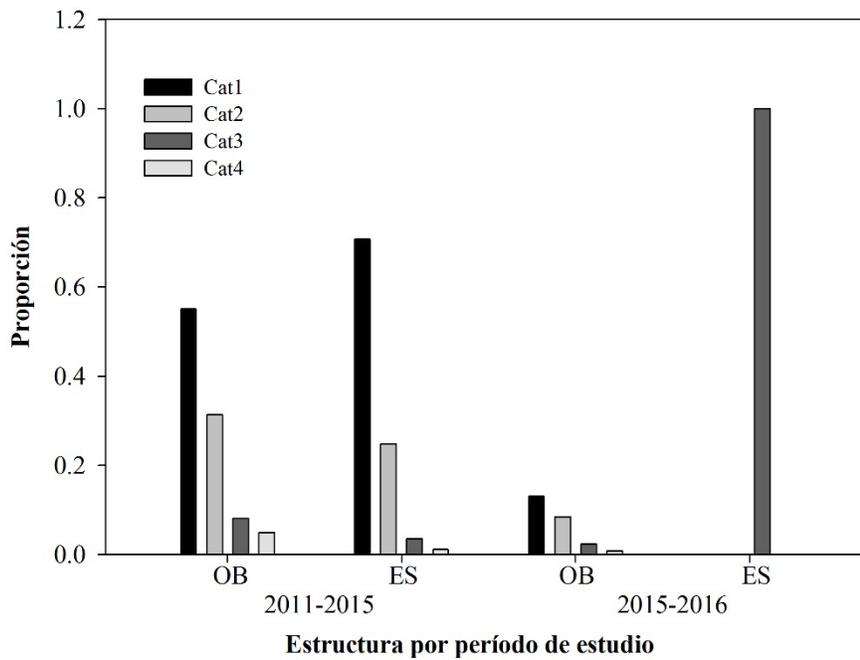


FIGURA 4. Estructura poblacional observada (OB) y esperada (ES) en las categorías de tamaño para la población de San Bernardo durante los períodos 2011-2015 y 2015-2016.

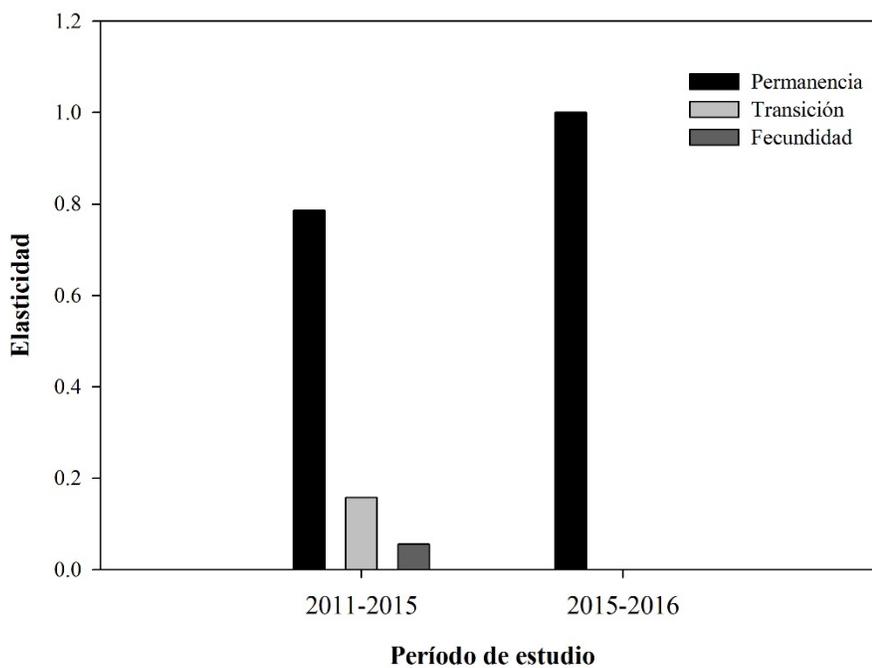


FIGURA 5. Elasticidad de los parámetros demográficos permanencia, fecundidad y transición para la población de San Bernardo durante los períodos 2011-2015 y 2015-2016.

Oreomunnea mexicana es una especie relicto amenazada (Rzedowski y Palacio-Chávez, 1977; Palacio-Chávez y Rzedowski, 1993; González-Espinoza *et al.* 2011) con alta sensibilidad a procesos de cambio ambiental y una alta especificidad al hábitat donde se distribuye (Naranjo-Luna, 2014; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017). Este trabajo sugiere, por un lado, la alta sensibilidad y vulnerabilidad que presenta la especie a cambios en el ambiente y por otro, revela cómo la dinámica poblacional de la especie puede cambiar de un día a otro, debido a un evento extremo de fuertes vientos que azotó la región (Clark-Tapia *et al.*, 2016). La ocurrencia de eventos extremos puede reducir drásticamente la abundancia de una especie, e incluso extinguir la localmente (Macedo-Ivanauskas, Monteiro y Ribeiro-Rodrigues, 2003). El estudio demográfico realizado en San Bernardo, durante el período 2011-2015 mostró una población en crecimiento de *O. mexicana* y sin amenaza o peligro de extinción desde una perspectiva demográfica, e incluso desde un enfoque genético de acuerdo con Naranjo-Luna (2014) y Pascual-Mendoza (2014).

Las poblaciones estudiadas durante este período en el bosque de niebla de Santiago Comaltepec, uno de los más conservados y grandes de México, mostraron que los fragmentos o parches analizados donde ocurre *O. mexicana* eran monodominados por la especie, y sus tasas vitales permanecían estables y sin decremento poblacional aparente, al mostrar una estructura poblacional con regeneración favorable y un sistema maduro persistente (forma *J*-invertida) (Naranjo-Luna, 2014; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017). Al igual que para otras especies relicto (Hampe y Arroyo, 2002; Picó y Ribal, 2002; García, 2003), se encontró que los factores condicionantes de mortalidad disminuyen conforme las categorías de tamaño aumentan; patrón típico también de árboles de vida larga (Tlapa-Almonte, 2005; Freitas de Souza, Souza, Pizo, y Ganade, 2010). Una alta mortalidad en plántulas se atribuye principalmente a procesos densodependientes y a una selección de micrositios no favorables para el establecimiento (Pacheco-Cruz, 2016), mientras que en árboles adultos se asocia con enfermedades y derribos por fuertes vientos debido a que poseen un sistema radicular muy superficial en un suelo poco profundo (Naranjo-Luna, 2014).

No obstante que el análisis demográfico se realizó solamente en San Bernardo, la similitud estructural entre las diversas poblaciones locales permite vislumbrar un comportamiento de

crecimiento estable para la especie, consistente con otras especies relicto cuyas poblaciones locales crecen en fragmentos (Hampe y Arroyo, 2002; Picó y Ribal, 2002; García, 2003). En San Bernardo, la variabilidad espacio temporal al valor de lambda se asocia predominantemente a la permanencia; similar a lo encontrado en especies relicto o endémicas, este parámetro demográfico, es fundamental para la persistencia de una especie (Clark-Tapia *et al.*, 2006; García, 2008). Lo anterior se refleja en el análisis de elasticidad donde este parámetro demográfico es el más importante para *O. mexicana* y cuya dinámica poblacional depende de la supervivencia de los individuos adultos, en congruencia con lo publicado para especies de vida larga (Silvertown, Franco, Pisanty y Mendoza, 1993; Caswell, 2001) y para especies del orden fagales (Bonfil, 1998; Tlapa-Almonte, 2005; Alfonso-Corrado *et al.*, 2007).

Por ser una especie eje y considerada una especie bandera del bosque de niebla en Santiago Comaltepec (Naranjo-Luna, 2014), se analizó el impacto de extracciones futuras de individuos adultos al crecimiento de la población. El uso de simulaciones en matrices de proyección en estudios demográficos permite establecer estrategias de conservación de una especie, al identificar los límites de extracción o pérdida que una población puede tolerar (Ticktin, Nantel, Ramírez y Johns, 2002). Las simulaciones de cosecha en San Bernardo muestran una alta vulnerabilidad de la especie en términos demográficos, cuando muere entre 25% y 50% de árboles adultos, al sufrir una reducción por debajo de la unidad de la tasa finita de crecimiento poblacional. Este resultado es similar al de otras especies de vida larga del orden Fagales, donde simulaciones de cosecha menores a 15% ocasionan un decremento drástico por debajo de la unidad en lambda, por lo que se recomienda un manejo local y extracciones mínimas (Alfonso-Corrado *et al.*, 2007).

En 2016, el comportamiento demográfico *O. mexicana* cambio radicalmente debido a un evento climatológico de fuertes vientos (>100 km/hr) ocurrido el 9 de marzo de 2016 (Clark-Tapia *et al.*, 2016). En este evento, el tamaño de la población de diversos fragmentos, entre ellos San Bernardo, La Cañada y El Panteón decreció en más de 60% y murió por derribo más de 80% de los individuos adultos. En San Bernardo, la tasa finita de crecimiento poblacional disminuyó a 0.44 y pasó de tener una



población en crecimiento en 2015 a una población en decrecimiento.

El análisis demográfico del período 2011-2015 proyectó que la permanencia era el parámetro demográfico más importante para la persistencia local, con una alta vulnerabilidad a la muerte de individuos adultos, proyección que se confirmó en 2016. La permanencia de adultos en la categoría 3 representa en el análisis de elasticidad del período 2015-2016; nuevamente el parámetro demográfico más importante, congruente con la persistencia de especies amenazadas (Clark-Tapia *et al.*, 2006; García, 2008). En este contexto, si se desea restaurar estas poblaciones locales, el esfuerzo de conservación debe enfocarse a lograr mantener y aumentar a futuro el número de individuos adultos.

Eventos extremos como el ocurrido en Santiago Comaltepec pueden ocasionar la disminución del tamaño poblacional a nivel local, o pueden originar la extinción local de una especie como lo menciona Macedo-Ivanauskas *et al.* (2003). A pesar de que el tamaño poblacional en diversos fragmentos de *O. mexicana* sufrió una drástica reducción en 2016, en este momento no se puede clasificar a la especie como en peligro de extinción a nivel local. Esto a pesar de que la especie sea especialista y necesite condiciones ambientales muy específicas (Naranjo-Luna, 2014; Alfonso-Corrado *et al.*, 2017), o de que presente baja germinación y sus plántulas sean sensibles a cambios en la radiación dentro del bosque (Pacheco-Cruz, 2016). En este trabajo se sigue considerado una especie amenazada de acuerdo con el método de evaluación de riesgo de extinción de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; sin embargo, es necesario incorporar en futuras investigaciones el efecto de la variabilidad ambiental (*e.g.* Ticktin *et al.*, 2002). Esto permitirá evaluar los factores que contribuyen a modificar el hábitat y a incrementar la fragmentación de las poblaciones estudiadas en subpoblaciones más pequeñas y aisladas, así como el posible impacto en la demografía de la especie.

CONCLUSIONES

Este estudio concluye que la especie relicto y amenazada *Oreomunnea mexicana*, en la región de la Chinatla en Oaxaca, tiene una alta sensibilidad y vulnerabilidad a cambios ambientales extremos, que ocasionan cambios radicales en la estabilidad demográfica de la especie y amenazan la persistencia de las

poblaciones locales. Para *O. mexicana*, la permanencia de los individuos es el parámetro demográfico con mayor contribución relativa al valor de λ y fundamental para la continuidad de las poblaciones locales de la especie. Al ser una especie de interés cultural y biológico las áreas donde se ubica se encuentran bajo protección comunitaria; por lo anterior, si se desea restaurar estas poblaciones, el esfuerzo de conservación debe enfocarse a lograr mantener y aumentar a futuro el número de individuos adultos en la zona.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento a través del fondo FOMIX-Gobierno de Oaxaca proyecto número 185425, así como a autoridades y población de Santiago Comaltepec para el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Alfonso-Corrado, C., Clark-Tapia, R., & Mendoza, A. (2007). Demography and management of two clonal oaks: *Quercus eduardii* and *Q. potosina* (Fagaceae) in central México. *Forest Ecology and Management*, 251(3), 129-141. doi:10.1016./jforeco.2006.4.004.
- Alfonso-Corrado, C., Naranjo-Luna, F., Clark-Tapia, R., Campos, J. E., Rojas-Soto, O. R., Luna-Krauletz, M. D., Bodenhorn, B., Gorgonio-Ramírez, M., & Pacheco-Cruz, N. (2017). Effects of environmental changes on the occurrence of *Oreomunnea mexicana* (Juglandaceae) in a biodiversity hotspot cloud forest. *Forest*, 261(8). doi: 10.3390/f8080261.
- Anta-Fonseca, G., Galindo-Leal, C., González-Medrano, F., Koleff-Osorio, P., Meave del Castillo, J., Moya-Moreno, H., & Victoria-Hernández, A. (2010). Sierra Norte de Oaxaca. En Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (Conabio) (Ed.). *El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazadas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible* (pp.108-109). México, D.F.: Conabio.
- Bonfil, M. C. (1998). *Dinámica poblacional y regeneración de Quercus rugosa implicaciones para la restauración de bosques de encinos*. Tesis de Doctorado no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
- Boyce, M. S., Haridas, C. V., & Lee, C. T. (2006). Demography in an increasingly variable world. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(3), 141-148. doi: 10.1016/j.tree.2005.11.018
- Caswell, H. (2001). *Matrix Population Models. Construction, Analysis and Interpretation* (2a ed.) Massachusetts, EUA: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Clark-Tapia, R., Alfonso-Corrado, C., Mandujano, M. C., & Molina-Freaner, F. (2006). Reproductive consequences of clonal growth in *Stenocereus eruca*, a rare clonal cactus of the Sonoran Desert. *Evolutionary Ecology*, 20(2), 131-142. doi:10.1007/s10682-005-5379-x
- Clark-Tapia, R., Suárez-Mota, M. E., Nolasco, M. M., & Velasco-Hipólito, F. (2016). Clima: pasado, presente y futuro. En R. Clark-

- Tapia, M. F., Ramos-Morales, A., Alfonso-Corrado, M. M., Mendoza-Díaz, & M. Fuente-Carrasco (Eds.). *Recursos Hídricos de la Sierra Norte de Oaxaca. Caracterización, Diagnóstico y Gestión*. (pp. 48-57). Oaxaca, México: Universidad de la Sierra Juárez.
- Corrales, A., Arnold, E. A., Ferrer, A., Turner, B. L., & Dalling, J. W. (2016). Variation in ectomycorrhizal fungal communities associated with *Oreomunnea mexicana* (Juglandaceae) in a neotropical montane forest. *Mycorrhiza*, 26(1), 1-17. doi: 10.1007/s00572-015-0641-8.
- De Kroon, H., Plaisier, A., van Groenendael, J. V., & Caswell, H. (1986). Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology*, 67(5), 1427-1431. doi: 10.2307/1938700.
- Ezard, H. G., Bullock, J. M., Dalglish, H. J., Millon, A., Pettetier, F., Ozgul, A., & Koons, D. N. (2010). Matrix models for changeable world: the importance of transient dynamics in population management. *Journal of Applied Ecology*, 47(5), 515-523. doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01801.x
- Freitas de Souza, I., Souza, A. F. Pizo, M. A., & Ganade, G. (2010). Using tree population size structures to assess the impacts of cattle grazing and eucalypts plantations in subtropical South America. *Biodiversity and Conservation*, 19(6), 1683-1698. doi: 10.1007/s10531-010-9796-y
- García, M. B. (2003). Demographic viability of a relict population of the critically endangered plant *Borderia chourardii*. *Conservation Biology*, 17(6), 1672-1680. doi:10.1111/j.1523-1739.2003.00030.x
- García, M.B. (2008). Life history and population size variability in a relict plant. Different routes towards long-term persistence. *Diversity and Distributions*, 14(1), 106-113. doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00429x
- González-Espinoza, M., Meave, J. A., Lorca-Hernández, F. G., Ibarra-Manrique, G., & Newton, A. C. (2011). *The Red List of Mexican Cloud Forest* (1a ed.). Cambridge, Reino Unido: Fauna & Flora International.
- Hampe, A., & Arroyo, J. (2002). Recruitment and regeneration in populations of an endangered south Iberian relict tree. *Biological Conservation*, 107(3), 263-271. doi:10.1016/S0006-3207(02)00061-7.
- Harper, J. L. (1977). *Population biology of plants* (1a ed.). Londres: Academic Press.
- Hood, G. M. (2010). *PopTools (versión 3.2.5)* Software de computo. EUA. Recuperado de <http://www.PopTools.org>
- Lande, R. (1993). Risks of population extinction from demographic and environmental stochasticity and environmental stochasticity and random catastrophes. *The American Naturalist*, 142(6), 911-927.
- Larson-Guerra, J. (1992). *Estudio demográfico de Echeveria gibbiflora DC. (Crasulaceae) en el Pedregal de San Angel*. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México.
- Lefkovich, L. P. (1965) The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrics*, 21(1), 1-18.
- Macedo-Ivanauskas, N., Monteiro, R., & Ribeiro-Rodrigues, R. (2003). Alterations following a fire in a forest community of Alto Rio Xingu. *Forest Ecology and Management*, 183(3), 239-250. doi: 10.1016/S0378-1127(03)00156-7
- Naranjo-Luna, F. J. (2014). *Ecología y genética de Oreomunnea mexicana (Standl.) J.F. Leroy (Juglandaceae), especie relicto del bosque de niebla de la Sierra Juárez, Oaxaca*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
- Navare-Flores, H. V. (1983). *Juglandaceae. Flora de Veracruz, Fascículo 31*. (1a ed.). Xalapa, Veracruz: Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos.
- Pacheco-Cruz, N. J. (2016). *Dinámica poblacional y regeneración de Oreomunnea mexicana (Standl.) J.F. Leroy (Juglandaceae), especie relicto del bosque de niebla en la Sierra Juárez, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
- Palacios-Chávez, R., & Rzedowski, J. (1993). Estudio palinológico de las floras fósiles del Mioceno inferior y principios del Mioceno Medio de la región de Pichucalco, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 24, 1-96.
- Pascual-Mendoza, S. (2014). *Diversidad y estructura genética de Oreomunnea mexicana (Juglandaceae) especie relicto del bosque de niebla de la Sierra Juárez, Oaxaca*. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
- Picó, F. X., & Riba, M. (2002). Regional-scale demography of *Ramonda myconi*: Remnant population dynamics in a preglacial relict species. *Plant Ecology*, 161(1), 1-13. doi: 10.1023/A1020310609348.
- Primarck, R. B., (2012). *A primer of conservation biology* (5a ed.). Massachusetts, EUA: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Russell, J., & Cohn, R. (2012). *Oreomunnea mexicana* (1a. ed.). Edimburgo, Escocia: Lennex Corp.
- Rzedowski, J., & Palacio, R. (1977). El bosque de *Engelhardtia (Oreomunnea) mexicana* en la región de la Chinantla, Oaxaca, México, una reliquia del Cenozoico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 36, 93-123.
- Samo-Lumbreras, A. J., Garmendia-Salvador, A., & Delgado, J. A. (2008). *Introducción práctica a la Ecología* (1a. ed.). Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Silvertown, J., Franco, M., Pisanty, M., & Mendoza, A. (1993). Comparative plant demography--relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology*, 81(3), 465-476. doi: 10.23007/2261526
- Tlapa-Almonte, M. (2005). *Dinámica poblacional de Quercus glaucooides en una localidad del valle de Vasequillo, Puebla*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México.
- Ticktin, T., Nantel, P., Ramírez, F., & Johns, T. (2002). Effects of variation on harvest limits for nontimber forests species in México. *Conservation Biology*, 16(3), 691-705. doi: 10.1046/j.1523-1739-2002.00372.x
- Torres-Colín, R. (2004). Tipos de vegetación. En A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez, & M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 105-120). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund.
- You, H., Liu, Y., & Fujiwara, K. (2013). Effects of life-history components on population dynamics of the rare endangered plant *Davidia involucreta*. *Natural Science*, 5(1), 62-70. doi: 104236/ns.2013.51011.



Manuscrito recibido el: 31 de enero de 2017

Aceptado el: 31 de octubre de 2017

Publicado el: 12 de junio de 2018

Este documento se debe citar como:

Pacheco-Cruz, N., Clark-Tapia, R., Campos-Contreras, J. E., Gorgonio-Ramírez, M., Luna-Krautle, M. D., & Alfonso-Corradó, C. (2018).

Demografía de *Oreomunnea mexicana* (Standl.) J. F. Leroy en el bosque de niebla de Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 24(2), e2421509. doi: 10.21829/myb.2018.2421509



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.