



Caracterización del hábitat de *Taxus globosa* Schltdl. (Taxaceae) en la Cuenca del Alto Pixquiac, Veracruz

TESIS QUE PRESENTA **LIBERTAD AMÉRICA SÁNCHEZ PRESA**
PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRO EN CIENCIAS**

Xalapa, Veracruz, México 2012



Aprobación final del documento de tesis de grado:

"Caracterización del hábitat de *Taxus globosa* Schltdl. (Taxaceae) en la Cuenca del Alto Pixquiac, Veracruz"

Director	Dra. Guadalupe Williams-Linera	<u>Guadalupe Williams L.</u>
Comité Tutorial	Dr. Oscar Luis Briones Villarreal	<u>OSL</u>
	Dra. Mercedes Isolda Luna Vega	<u>Isolda Luna Vega</u>
Jurado	Dra. Fabiola López Barrera	<u>Fabiola J.</u>

AGRADECIMIENTOS

Mis estudios de Maestría en Ciencias pudieron ser realizados gracias a la beca que me fue otorgada por el CONACYT (no. de Registro 250326) durante el periodo de septiembre 2010 a agosto 2012.

Al Instituto de Ecología A. C. y sus investigadores por el apoyo recibido durante el transcurso de la maestría y su contribución a mi formación académica.

A mi directora de tesis Dra. Guadalupe Williams-Linera por sus enseñanzas y total apoyo desde mi proceso de admisión a la maestría hasta la finalización de esta tesis.

A mi comité tutorial, Dr. Oscar Briones y Dra. Isolda Luna por sus valiosas contribuciones a mi tesis.

A la Dra. Fabiola López Barrera y al Dr. Eduardo Estrada Castellón por tomarse el tiempo para revisar mi tesis y ser jurados en mi examen de grado.

A la técnico Claudia Gallardo por su ayuda en campo y en la identificación de plantas, a Javier Tolome por su ayuda en el campo y en el laboratorio. A Joaquín, mi ayudante de campo, por permitirme trabajar en su propiedad y facilitarme el trabajo en el campo.

Al personal del INECOL, en especial a Emma Gómez, Enrique Salinas y Mónica Enríquez por su buena disposición y ayuda durante mi estancia en el INECOL.

A mi familia, en especial a mis padres José y Tere y a mi hermana Silvae por siempre apoyarme y creer en mi.

A Graciela Sánchez y Oscar Briones por ser mi familia coatepecana, gracias por apoyarme académica y sobre todo personalmente.

A mis amigos de dentro y fuera del posgrado por su apoyo y los momentos de diversión.

DEDICATORIA

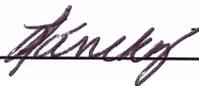
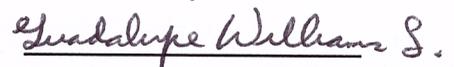
A mis padres José y Tere y a mi hermana Silvae
por siempre creer en mí.

DECLARACIÓN

Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por la Biol. Libertad América Sánchez Presa como estudiante de la carrera de Maestro en Ciencias entre septiembre del 2010 y diciembre del 2012, bajo la supervisión de la Dra. Guadalupe Williams-Linera.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato: Biol. Libertad América Sánchez Presa
Director de tesis: Dra. Guadalupe Williams-Linera

INDICE

I.	Introducción.....	10
II.	Objetivos de la tesis.....	15
	Objetivo general.....	15
	Objetivos particulares.....	15
III.	Hipótesis.....	15
IV.	Descripción de la especie.....	16
V.	Métodos.....	17
	Área de estudio.....	17
	Diseño experimental.....	18
	Estructura de la vegetación y composición arbórea.....	19
	Población de <i>Taxus globosa</i>	20
	Microambiente.....	20
	Análisis estadísticos.....	22
	Análisis espacial.....	22
VI.	Resultados.....	24
	Estructura de la vegetación.....	24
	Composición, riqueza y diversidad.....	26
	Microambiente.....	29

INDICE

	Correlación de densidad de <i>Taxus globosa</i> y variables microambientales.....	32
	Modelos de regresión.....	34
	Análisis espacial. Delimitación de hábitat de <i>Taxus globosa</i> y microambiente.....	37
VII.	Discusión.....	47
	Estructura de la vegetación de los rodales de <i>Taxus globosa</i>	47
	Riqueza y diversidad.....	49
	Análisis espacial.....	49
VIII.	Conclusión.....	52
IX.	Referencias.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de los sitios de estudio.....	17
Figura 2. Diseño experimental.....	19
Figura 3. Curvas de acumulación de especies para rarefacción.....	29
Figura 4. Microambiente a lo largo del gradiente en cada sitio de estudio.....	31
Figura 5. Mapas de los índices de agrupamiento (v) de los individuos de <i>Taxus globosa</i> en el sitio El Saucal en relación a las variables microambientales.....	41
Figura 6. Mapas de los índices de agrupamiento (v) de los individuos de <i>Taxus globosa</i> en el sitio El Mirador en relación a las variables microambientales.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de los tres sitios de estudio en el centro de Veracruz, México donde se localizaron poblaciones de <i>Taxus globosa</i>	25
Tabla 2. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de árboles ≥ 5 cm dap en tres sitios en Veracruz, México.....	27
Tabla 3. Microambiente de los sitios de estudio donde se localizaron poblaciones de <i>Taxus globosa</i> en el centro de Veracruz, México	30
Tabla 4. Coeficientes de correlación de Spearman ρ entre el número de individuos de <i>Taxus globosa</i> juveniles y adultos y las variables ambientales.....	33
Tabla 5. Regresiones paso a paso de las variables explicatorias.....	35
Tabla 6. Patrón espacial de los individuos de <i>Taxus globosa</i> y las variables microambientales.....	37
Tabla 7. Índices de asociación entre los individuos de <i>Taxus globosa</i> y las variables microambientales.....	46

RESUMEN

Taxus globosa es un árbol raro y considerado como especie bajo protección especial en México e incluido en la categoría de especie en peligro por la UICN. Este árbol crece en las laderas sombreadas formando parte del estrato arbóreo bajo de algunos bosques templados. A pesar de que se encuentra desde el noreste de México hasta el norte de América Central, *Taxus* tiene una distribución muy restringida y requiere de condiciones microclimáticas muy particulares para su establecimiento. El objetivo de esta tesis fue caracterizar espacialmente el hábitat de *Taxus globosa* a través de la determinación de los factores bióticos y abióticos que delimitan a las poblaciones en los bosques templados del centro de Veracruz. Se seleccionaron dos sitios de estudio con presencia de *Taxus*, El Saucal y El Mirador, en la Cuenca del Alto Pixquiac, y se determinaron la estructura y composición de la vegetación, la estructura de *Taxus* y las variables microambientales en verano y otoño. Los resultados indican que los individuos de *Taxus* del centro de Veracruz tienen menor altura que en otros sitios de la Sierra Madre Oriental, sin embargo, la vegetación arbórea de los rodales en los que crece *Taxus* presentan una estructura más desarrollada con mayor área basal y altura del dosel, y mayor riqueza y diversidad. De acuerdo a la selección paso a paso, las variables microambientales significativas que explican la densidad de la población de *Taxus* fueron: el contenido de agua del suelo en El Saucal ($F = 4.69$, $P = 0.036$), y la luz fotosintéticamente activa en El Mirador ($F = 4.27$, $P = 0.047$). Los resultados de la delimitación espacial del hábitat de *Taxus* mediante un análisis espacial en el programa SADIE sugieren que ninguna de las variables microclimáticas medidas puede explicar significativamente la presencia de individuos de *Taxus*. Se considera que en estudios futuros se debe explorar el uso de herramientas de análisis espacial más sensibles a la interpretación de la distribución de poblaciones pequeñas para definir el hábitat de *T. globosa* en relación a variables microclimáticas.

INTRODUCCIÓN

Las especies raras con frecuencia son poco estudiadas pese a que pueden hacer contribuciones significativas al funcionamiento de los ecosistemas que van desde procesos ecosistémicos y servicios ambientales hasta roles importantes en la diversidad y procesos de sucesión en las comunidades a las que pertenecen (Lyons et al. 2005). *Taxus globosa* es un árbol raro y considerado como especie bajo protección especial en México (NOM-059-ECOL-2001, SEMARNAT 2002), pero también se encuentra incluido en la categoría de especie en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (González-Espinosa et al. 2011).

Este árbol crece en las laderas sombreadas formando parte del estrato arbóreo bajo de algunos bosques templados desde el noreste de México hasta el norte de América Central, en Guatemala, Honduras y El Salvador. En México habita en la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Veracruz, en la Sierra de Juárez en Oaxaca, y en la Meseta Central de Chiapas (Contreras-Medina y Luna 2001). Sin embargo, *T. globosa* ha sido registrado como poco común en las localidades donde ha sido recolectado (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000, Contreras-Medina y Luna 2001, Zavala-Chávez 2001, García-Aranda et al. 2012). Éste árbol se encuentra asociado a comunidades de abetos, pinos y encinos, aunque tiene una distribución muy restringida dentro de esos bosques ya que requiere de condiciones microclimáticas muy particulares para su establecimiento, que incluyen niveles específicos de luz, agua, temperatura y humedad determinados por la microtopografía del sitio (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000, Contreras-Medina y Luna 2001). Sin embargo, esos estudios se basan en observaciones formales pero no en experimentos sobre el establecimiento de *T. globosa*.

Las diferentes localidades en que se encuentran poblaciones de *T. globosa* varían en altitud entre 1400 y 2700 m. En la Sierra Madre Oriental, las poblaciones se han localizado entre 1400 y 2690 m (García-Aranda et al. 2012) y en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, entre 2500 y 2700 m (Zavala-Chávez 2001). La orientación de las cañadas donde *T. globosa* está presente es generalmente norte-noreste, por

ejemplo, en las mesetas de San Isidro en Río Verde, San Luis Potosí (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000) e igualmente en las poblaciones de la Sierra Madre Oriental (García-Aranda et al. 2012) y las del Parque Nacional El Chico, Hidalgo (Zavala-Chávez 2001). Estas poblaciones crecen en pendientes bastante pronunciadas. La pendiente de la población encontrada en las mesetas de San Isidro en Río Verde, San Luis Potosí (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000) es de 40% y la de las poblaciones del Parque Nacional El Chico, Hidalgo es de 10 a 60° (Zavala-Chávez 2001).

Los rodales de *T. globosa* suelen ser reducidos en número de individuos y en superficie. En el Parque Nacional El Chico en Hidalgo y en varios rodales en la Sierra Madre Oriental, la densidad poblacional de este árbol fue de 6 y de 5 a 39 individuos/ha, respectivamente (Zavala-Chávez 2002, García-Aranda et al. 2011). La altura media de *T. globosa* en el Parque Nacional El Chico en Hidalgo fue de 4.5 m (Zavala-Chavez 2001); mientras que en San Luis Potosí la altura máxima fue de 8 m (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000) y en el sur de Nuevo León fue de 15 m (Shemluck et al. 2003).

La estructura de la vegetación, composición de la vegetación, riqueza y diversidad de los rodales de *T. globosa* se ha documentado de manera formal en pocos estudios, y en general se describe solo como observaciones de campo. En un rodal en San Luis Potosí, *T. globosa* ocupa el cuarto lugar según el valor de índice de importancia (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000). Las especies arbóreas más importantes encontradas en ese rodal fueron *Cornus* sp., *Persea americana* y *Quercus affinis*. En la Sierra Madre Oriental, las especies asociadas a *T. globosa* fueron *Abies vejarii* subsp. *mexicana*, *Juglans mollis*, *Q. rysophylla* y *Tilia mexicana* (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000, García-Aranda et al. 2012). García-Aranda et al. (2012) presentaron la clasificación de nueve sitios con presencia de *T. globosa* y reportan que la riqueza de especies varió de 5 a 11 especies por sitio, mientras que la diversidad como índice de Shannon varió entre 0.98 y 2.02.

En México, *T. globosa* tiene varios usos reportados, tales como ornamental, maderable, fuente de taninos y para producción de carbón. Esta especie tiene potencial para su aprovechamiento por las comunidades de la región para la extracción de taxol,

el cual es un fármaco utilizado para el tratamiento de cáncer ovárico (Zamudio-Ruiz 1992, Shemluck et al. 2003, Muñoz-Gutiérrez et al. 2009).

Taxus globosa es una especie característica de rodales maduros, ya que ha sido reportada como tolerante a la sombra. En un estudio sobre la ecología de *Taxus brevifolia* en Oregon, USA, Busing et al. (1995) encontraron que *Taxus* es una especie sensible al fuego y forma parte de etapas sucesionales tardías, además de ser tolerante a la sombra y de presentar regeneración en rodales con individuos maduros que permiten que la especie persista debajo del dosel. Estos autores concluyeron que su abundante presencia en bosques maduros de coníferas es consecuencia del tiempo transcurrido desde los disturbios, más que de limitantes ambientales. Sin embargo, la delimitación de las variables ambientales en las que se desarrolla una población de *Taxus* implica determinar parte del nicho ecológico de la especie

La estimación del nicho ecológico de una especie ha sido un tema central en la ecología. El acercamiento clásico de la delimitación del nicho para las plantas ha sido medir la respuesta fisiológica de la especie o su abundancia a lo largo de uno o varios gradientes ambientales. De esta forma, el nicho ecológico de una especie es la posición de ésta en su comunidad o ecosistema que resulta de sus adaptaciones estructurales, respuestas fisiológicas y sus conductas fenológicas (Whittaker et al. 1973). Hutchinson (1958) propuso que las variables ambientales que afectan a las especies pueden ser concebidas como un conjunto de n coordenadas. Los límites de los intervalos de las variables ambientales, expresados en coordenadas, definen al hipervolumen n -dimensional, en donde las condiciones ambientales permiten que las especies existan indefinidamente en cualquier punto dentro de ese espacio. El hipervolumen también ha sido llamado nicho fundamental (Hutchinson 1958). Si las variables físicas y biológicas son consideradas, el nicho fundamental definiría de manera completa las propiedades ecológicas de la especie. Por ello, el nicho fundamental es una formalización abstracta del llamado nicho ecológico.

Los estudios recientes acerca de las plantas y su nicho pueden dividirse en aquellos que miden variables (Silvertown 2004) y aquellos que utilizan modelos (Loiselle et al. 2008). Según Silvertown (2004), los estudios que miden las coordenadas del nicho debajo del suelo determinan los nutrientes, la humedad del suelo, la

microtopografía, la profundidad de las raíces y la facilitación microbiana; y los estudios que miden el nicho de la planta sobre el suelo, toman en cuenta la altura del dosel, la intensidad de la luz, el tamaño de claros en el dosel, aspectos de la regeneración del nicho y los gremios de especies. Otros estudios han intentado medir los nichos utilizando algoritmos como GARP o Maxent (Loiselle et al. 2008). El modelado del nicho ecológico ha sido ampliamente usado para predecir la distribución geográfica de las especies a escala macroecológica, pero estos modelos siempre deben ser evaluados para su realismo ecológico y la distribución de las especies en su espacio ambiental (Franklin 2009). Existen otro tipo de modelos conocidos como *modelos de distribución de la especie*, cuando este tipo de modelos se usan para predecir el espacio geográfico, se les llama *modelo de idoneidad de hábitat especialmente explícito*. El concepto de idoneidad de hábitat está relacionado con la idea del uso de los recursos por una especie y puede ser aplicada a plantas y animales (Franklin 2009).

El modelado de nicho se ha aplicado a *T. globosa* en México. Contreras-Medina et al. (2010), usando Maxent, reportaron que la distribución potencial de esta especie se localiza en un intervalo altitudinal entre 1000 y 2950 m, y concluyen que se requiere una evaluación de las poblaciones y de los requerimientos particulares de la especie, así como el estudio de su hábitat con la finalidad de apoyar la planeación y evaluación de acciones de conservación. García-Aranda et al. (en revisión), usando Maxent y Bioclim, probaron dos escenarios con cubiertas ambientales, climáticas y topográficas para la distribución potencial de *T. globosa*. Estos autores reportan al escenario Bioclim con topografía como el modelo más significativo y a los grados de pendiente como la variable ambiental de mayor influencia en el modelado del hábitat potencial de *T. globosa*. Estos estudios aportan conocimiento fundamental sobre la distribución de la especie, sin embargo, en su gran mayoría adolecen de presentar la verificación en campo.

En su revisión de *T. globosa*, Zavala-Chávez et al. (2001) mencionan que no existen trabajos que documenten las características particulares de su hábitat y las especies asociadas al mismo, de sus poblaciones actuales ni de sus tendencias poblacionales. A partir de un estudio de la historia natural y compuestos químicos del

género *Taxus*, Shemluck et al. (2003) aseveran que de las cuatro especies de *Taxus* nativas del hemisferio occidental, *Taxus globosa* es la menos conocida.

Esta tesis se enfoca en llevar a cabo una verificación *in situ* del hábitat de *T. globosa*. Dado que las poblaciones de la especie son muy reducidas, se consideró más adecuado determinar las relaciones con su hábitat estimándolo a una escala local, contrario a la estimación del nicho a la escala que incluye la distribución completa de la especie (Contreras-Medina et al. 2010). Actualmente se conoce poco de la ecología, estructura de las poblaciones y los parámetros que delimitan la distribución de *T. globosa*. Con la determinación de los factores abióticos y bióticos que caracterizan los lugares donde se presentan las poblaciones de *T. globosa* en la Cuenca del Alto Pixquiac, en el centro de Veracruz, se puede contribuir al manejo adecuado de la especie por parte de las comunidades de la región y promover así su conservación y aprovechamiento.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general de esta tesis es caracterizar espacialmente el hábitat de *Taxus globosa* a través de determinar los factores bióticos y abióticos que delimitan a las poblaciones en los bosques templados del centro de Veracruz.

Objetivos particulares

Determinar las variables bióticas y abióticas que definen el espacio en el que se desarrollan poblaciones de *T. globosa* en el centro de Veracruz.

Determinar y relacionar la estructura poblacional de *T. globosa* con la estructura de la comunidad vegetal y la composición de las especies leñosas de los rodales.

Definir espacialmente el hábitat de *T. globosa* a partir de relacionar las variables abióticas, la estructura vegetal y la composición de las especies leñosas de los rodales.

HIPÓTESIS

La densidad y la estructura de las poblaciones de *Taxus globosa* se encuentran determinadas por la estructura y la composición de las especies arbóreas de la comunidad vegetal, pero la distribución espacial de los individuos está determinada por factores abióticos.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Taxus globosa Schltl., familia Taxaceae. Es un árbol bajo o arbusto perennifolio, dioico, de 6 a 18 m de alto. El tronco es erecto y alcanza un diámetro de 30 a 50 cm, es muy ramificado, con ramas colgantes y forma una copa redondeada o extendida. La corteza es escamosa, color café claro y se desprende en fragmentos cuadrados o rectangulares. Las hojas se distribuyen en espiral, se disponen en forma dística o subdística por la torsión del pecíolo, son aplanadas y miden de 2 a 3.7 cm de largo y de 2 a 3 mm de ancho, tienen un ápice agudo, acuminado, la base es angosta, tienen un pecíolo corto, una sola vena media engrosada, son de color verde oscuras en el haz y más claras en el envés. Los estróbilos masculinos son axilares, ubicados en la parte inferior de las ramas, solitarios o rara vez de 2 a 4 en espigas compactas y con un pedúnculo corto. Óvulos solitarios (no asociados en estróbilos), ubicados en las axilas de las hojas, dispuestos en la parte posterior de las ramas, rodeados por varias brácteas membranosas, verdes, con el margen escarioso. Semillas sin ala, ovoides u oval-ovoides de 5 a 7 mm de largo por 4 mm de ancho, color café, con ápice apiculado y cubiertas parcialmente por un arilo carnoso de color rojo (Zamudio-Ruiz 1992).

MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio se localiza en el centro del estado de Veracruz, en la región del Cofre de Perote (Figura 1).

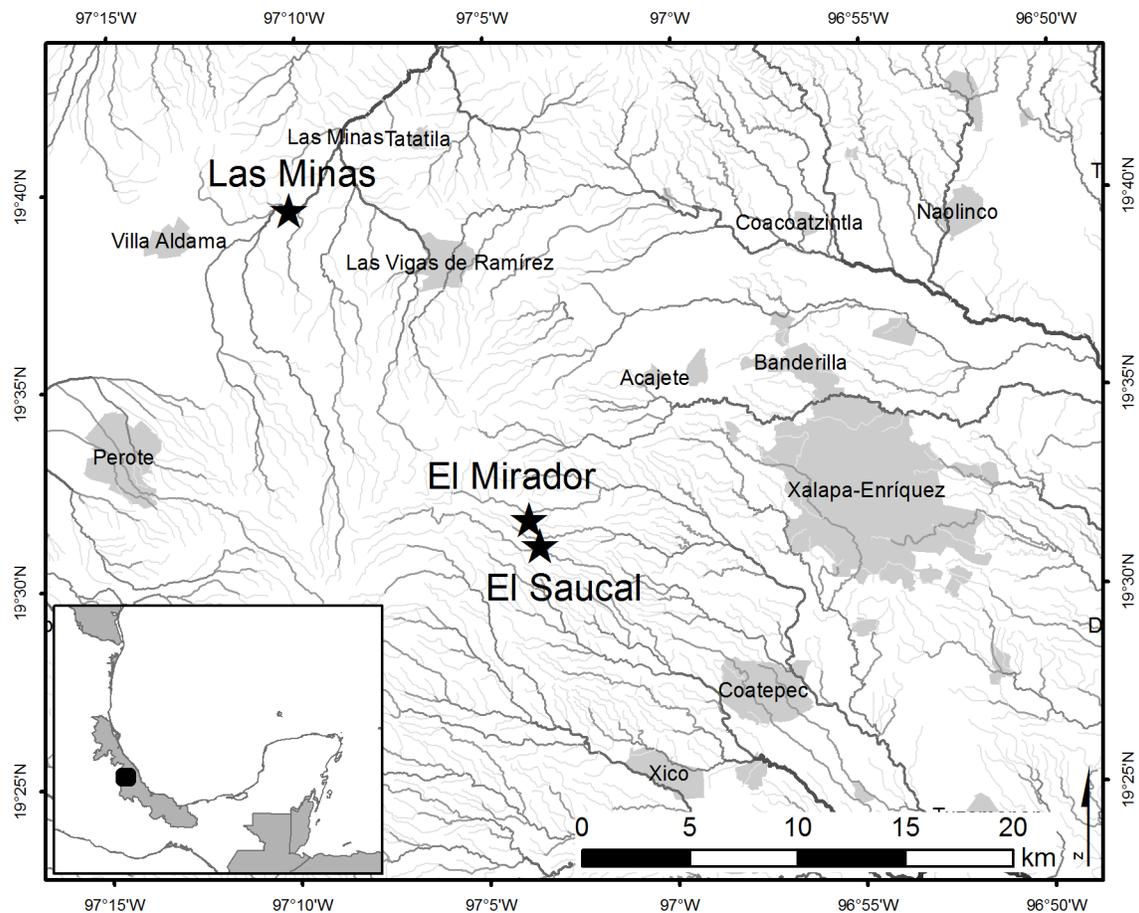


Figura 1. Mapa del área de estudio en dónde se señala la ubicación de los sitios de estudio El Saucal, El Mirador y Las Minas.

A partir de una revisión de la literatura sobre estudios botánicos y consulta a las etiquetas del herbario XAL y MO se obtuvo una lista de sitios en el centro de Veracruz en donde se han hecho colectas de *Taxus globosa*: Chiconquiaco, cerca a Buenavista (2150 m; 19°45'N, 96°50'W), Cerro La Tolva, municipio de Las Minas (19°39'N,

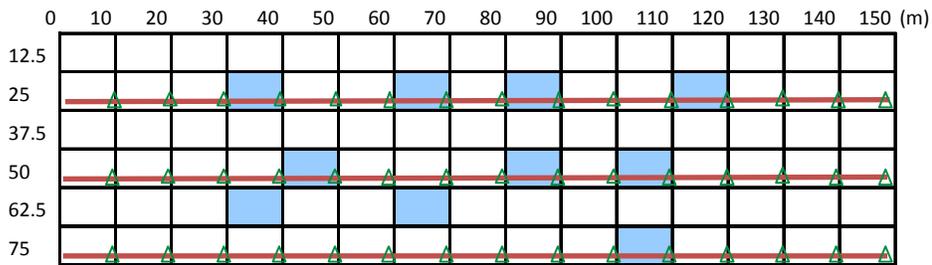
97°08'W), barrancas La Funda (1900 m) y El Toche (2500 m), a lo largo del camino Tonalco-Oxtlapa (19° 27' N, 97°6'W), municipio de Xico, y las barrancas del Alto Pixquiac, municipio de Acajete. Las localidades se encuentran en la zona de transición entre bosque de encino-pino y bosque de coníferas y entre las especies dominantes se encuentran *Cupressus lusitanica*, *Pinus patula*, *P. ayacahuite* y varias especies de *Quercus*. A partir de aquí, *Taxus globosa* será mencionado por el género únicamente.

Se visitaron las localidades donde se había reportado la presencia de *Taxus* a partir de los ejemplares de herbario y por comunicación personal. Después de evaluar en campo las poblaciones y tomando en cuenta que las caminatas no excedieran una hora, se seleccionaron dos sitios en la Cuenca Alta del Río Pixquiac, municipio de Acajete, Veracruz. El criterio de selección de los sitios de estudio se basó en la presencia de poblaciones de *Taxus*, accesibilidad, ya que no hay veredas y se encuentran en barrancas muy pronunciadas, y razones de relativa seguridad por la presencia de crimen organizado. Después de recorrer la región se seleccionaron dos sitios de estudio con presencia de *Taxus* en la Cuenca del Alto Pixquiac y un sitio adicional en donde solo se llevó a cabo la descripción de la estructura y la composición. Las características de cada uno de los sitios seleccionados se presentan en la Tabla 1.

Diseño experimental

Solo en los dos sitios seleccionados para el estudio completo se estableció una parcela que incluía a toda la población de *Taxus*, dejando una franja de 20-30 m a los lados en donde no hay presencia de *Taxus*. Las parcelas tuvieron 150 m x 75 m en El Saucal, y 120 m x 60 m en el Mirador, y en ellas se tomaron datos de la orientación, inclinación de la pendiente y cercanía a cuerpos de agua. Las parcelas fueron de diferente tamaño porque se pretendió incluir a la población de *Taxus* en su totalidad. En esas parcelas se determinaron la estructura de la vegetación, la estructura de *Taxus* y las variables ambientales en dos estaciones, verano y otoño.

A. El Saucal



B. El Mirador

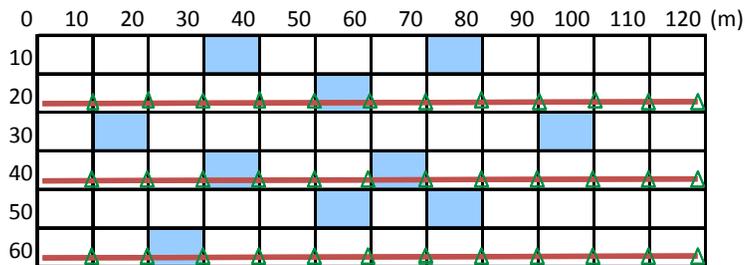


Figura 2. Diagrama de las parcelas utilizadas para describir las poblaciones de *Taxus globosa*. **A.** parcela muestreada en El Saucal, **B.** parcela muestreada en El Mirador. Las líneas gruesas representan los transectos a lo largo de los cuales se midieron las variables microambientales (temperatura del aire, humedad relativa, temperatura del suelo, contenido de agua en el suelo y PAR) los triángulos son los puntos permanentes de medición de cada variable. Los cuadros sombreados representan los lotes de 10 x 10 m en los que se midió la estructura y composición vegetal. Los individuos de *Taxus* se contaron y midieron en toda la parcela.

Estructura de la vegetación y composición arbórea

Para determinar la estructura de la vegetación y composición arbórea de cada uno de los tres sitios de estudio seleccionados, se establecieron al azar 10 lotes de 10 x 10 m para muestrear las plantas leñosas ≥ 5 cm de diámetro a 1.3 m de altura sobre el suelo (dap). En cada lote, se midió el dap y altura de todas las plantas leñosas, se contó el número de individuos y se colectaron e identificaron todas las especies. Además, se prepararon ejemplares para el herbario que fueron depositados en el herbario XAL del Instituto de Ecología A.C.

Población de *Taxus*

En las parcelas, los individuos de *Taxus* se contaron, su distribución espacial en la parcela fue determinada, cada individuo fue georeferenciado y su dap y altura fueron medidos. Para cada sitio se calcularon las variables estructurales de la vegetación del rodal y de la población de *Taxus*. Las variables fueron: altura máxima y altura promedio (m), el área basal ($AB = (dap/2)^2 \cdot \pi / 100$, m²/ha), densidad ($Ind \cdot 10$, ind/ha).

Además, para cada sitio se estimó la riqueza de especies leñosas (S) como número de especies, se estimó el índice de Fisher con la fórmula $S = \alpha \cdot \ln(1+n/\alpha)$, y el índice de diversidad de Shannon con la fórmula $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$. Para comparar la riqueza de especies entre los sitios de estudio a un nivel común de individuos, se hicieron curvas de rarefacción utilizando la función Mao Tau (S_{obs}). Los parámetros de riqueza y diversidad se calcularon con el programa EstimateS 8.7 (Colwell 2006). El índice de valor de importancia ($IVI = (AB \text{ rel} + \text{freq rel} + \text{den rel})/3$) de las especies leñosas se estimó para cada especie en los tres sitios de estudio (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974).

Microambiente

Las variables microambientales se midieron en los rodales de El Saucal y El Mirador de mayo a noviembre del 2011. Estas variables se agruparon en dos temporadas, la primera de mayo a julio considerada como verano, y la segunda de septiembre a noviembre considerada como otoño.

En cada sitio, se establecieron tres transectos a lo ancho de cada parcela, separados entre si por 20-25 m (Figura 2). En cada transecto se marcaron puntos permanentes cada 10 m para la toma de datos periódicos de las variables microambientales (ver Figura 2). Las mediciones se tomaron dos veces al mes en cada sitio cada dos semanas, aunque debido a la logística no se pudieron tomar datos simultáneamente, si se estandarizó la hora del muestreo, entre las 10:00 am y las 12:00 pm.

La temperatura del aire y la humedad relativa del aire fueron medidas usando un termohigrómetro (Kestrel 3000) a una altura de 1.5 m sobre el nivel del suelo. La

temperatura del suelo se midió a una profundidad de 15 cm utilizando un termómetro para medir temperatura del suelo.

Para la determinación del contenido de agua en el suelo (CAS, %), en cada punto se colectó suelo a una profundidad de 15 cm. El suelo se transportó al laboratorio en bolsas de plástico selladas, y el CAS se obtuvo mediante la diferencia de peso húmedo y peso seco después de someter las muestras a secado a 70°C en un horno durante 48 horas.

Los niveles de luz se estimaron como luz fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés, $\text{mmol/m}^2/\text{seg}$). PAR se estimó usando carpetas de papel fotosensible colocando dos conjuntos de capas de papeles Diazo en cada punto de medición sobre ramas horizontales de árboles a una altura de ± 1.5 m. Los papeles Diazo fueron colectados a las 72 horas y fueron guardados en bolsas negras para su posterior revelado en el laboratorio.

Las carpetas consistieron en 14 capas de 4 cm x 2 cm de papel fotosensible (papel heliográfico línea azul, velocidad rápida, marca KronalinE, México) con cubiertas de cartulina negra formando carpetas con una perforación en la cubierta superior para dejar pasar la luz a los papeles fotosensibles solo en dicho punto. Cada carpeta se colocó dentro de una bolsa de plástico sellada para protegerla de la humedad en el campo. Para calibrar las capas de papel fotosensible contenidas en las carpetas, se colocaron 48 carpetas expuestas a la luz natural afuera del laboratorio de Ecología Funcional. Durante 72 horas se retiraron periódicamente pares de carpetas y se guardaron en bolsa negra para evitar más exposición a la luz. Simultáneamente, se midió el PAR utilizando dos sensores de luz (LICOR LI-190SA) conectados a un data logger (LICOR 1000, Lincon, Nebraska, USA). El papel fotosensible se reveló exponiéndolo a vapores de hidróxido de amonio por 10 minutos, después las capas de papel expuestas a la luz fueron contadas y se calibraron con los valores de la curva de calibración siguiendo la técnica propuesta por Friend (1961) y verificada por Bardon et al. (1995). La intensidad de sensibilización de las capas de papel fotosensible fue calibrada mediante una regresión lineal entre el número de las capas veladas de papel diazo y los valores de luz integrada (PAR, $\text{mmol/m}^2/\text{seg}$) capturada por los sensores de luz durante 24 registros la ecuación resultante fue la siguiente:

$$\text{PAR} = -1.92 + 0.54 (\text{capas de papel veladas}), n = 24, R^2 = 0.98, P < 0.0001)$$

Análisis estadísticos

Para determinar las diferencias entre área basal, densidad, altura media y máxima, y variables microambientales entre los sitios (El Saucal y El Mirador), se usó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. La normalidad de los datos e independencia de los errores de los modelos se analizaron con pruebas con Shapiro-Wilk y análisis de los residuales. Se efectuó una transformación logarítmica para los datos de área basal y altura promedio, una transformación de arco seno de la raíz cuadrada de la proporción para HR%. Se obtuvieron los promedios de las variables microambientales por sitio y por temporadas de muestreo para su comparación por medio de una prueba de t de una cola $P < 0.05$. Cuando se encontraron diferencias significativas se efectuó una prueba de Tukey-HSD. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas JMP v 6.0.0.

Se obtuvieron los coeficientes de correlación Spearman ρ ($P < 0.05$) entre el número de individuos de *Taxus* adultos y juveniles y las variables microambientales en ambos sitios (El Mirador y El Saucal); además, se examinó la autocorrelación de las variables explicatorias. El mejor modelo de regresión lineal múltiple se ajustó usando la técnica de regresión paso a paso, con un criterio de entrada de $P = 0.05$ y salida de $P = 0.1$. Las variables dependientes fueron el número de individuos de *Taxus* y las variables explicatorias los datos microambientales. Las regresiones paso a paso y las correlaciones Spearman ρ se hicieron con el programa SPSS Statistics 17.0.

Análisis espacial

Cada parcela se consideró como una superficie donde las coordenadas x-y tuvieron asociadas variables (z) referidas como: 1) la abundancia de individuos de *Taxus*, 2) temperatura del aire, 3) humedad relativa del aire, 4) temperatura del suelo, 5) contenido del agua del suelo, y 5) PAR. Cada punto de la matriz se definió con x, y, z. (Ver Figura 2).

La delimitación del hábitat de *Taxus* con respecto a variables microambientales se realizó mediante un análisis espacial en el programa SADIE (2001, Spatial

Association using Distance Indices). Este programa permitió relacionar los patrones espaciales de la densidad de los individuos de *Taxus* y las variables microambientales mediante los parámetros siguientes: i) Índice de agregación (I_a), ii) promedio positivo de índice de agrupamiento (V_i), y iii) promedio negativo de índice de agrupamiento (V_j).

I_a es un índice que cuantifica el patrón espacial total de la variable bajo consideración, en este caso, por separado, la densidad de *Taxus* y cada una de las variables microambientales; V_i y V_j indican el grado de agrupamiento de los datos y son los parámetros que se usan para representar el patrón espacial de las variables en los mapas que produce SADIE.

La asociación entre las variables (densidad de los individuos de *Taxus* y microambientales) se relacionaron entre sí con una herramienta del programa SADIE que proporciona la significancia de la asociación y si ésta es positiva o negativa. El tipo de asociación y la significancia de cada variable por separado se presenta como *asociación local*. La significancia de la *asociación local* la da el programa con un valor P_a que es la probabilidad de que los conteos observados estén ordenados al azar entre las unidades de muestreo dadas (Figura 2).

Los resultados del análisis espacial de la presencia de individuos de *Taxus* y de las variables microambientales en cada rodal se presentan como mapas. Los mapas se hicieron con el programa Surfer 8.0 (Golden Software Inc.) a partir de los índices de agrupamiento, con los valores de V_i y V_j de la distribución espacial de los individuos de *Taxus* con cada una de las variables microambientales analizadas.

RESULTADOS

Estructura de la vegetación

Los valores de área basal, densidad y altura media y máxima del dosel de cada sitio se presentan en la Tabla 1. El área basal y la altura media del dosel fueron estadísticamente similares en los tres sitios de estudio (Tabla 1). La densidad de árboles fue significativamente menor en Las Minas, en comparación con El Saucal y El Mirador; mientras que la altura máxima del dosel fue significativamente mayor en El Saucal, en comparación con Las Minas y El Mirador.

La población de *Taxus* se contó directamente dentro de cada parcela en los tres sitios porque en algunos de estos no se encontraron individuos dentro de los lotes de 10 x 10 m muestreados al azar. Así, cuando sólo se consideró a la población de *Taxus* dentro de cada rodal, se encontraron 26 individuos en El Mirador, mientras que en el Saucal solo se encontraron 6 individuos ≥ 5 cm dap. El área basal fue mayor en El Mirador con 8.40 m²/ha seguido por Las Minas (2.01 m²/ha) y menor en El Saucal con 0.24 m²/ha. De igual manera, la densidad de árboles de *Taxus* fue más alta en El Mirador con 670 ind/ha seguido por Las Minas con 500 ind/ha y por último El Saucal con 310 ind/ha. En cuanto a la altura media y la altura máxima de *Taxus*, se encontró que ambas fueron mayores en El Mirador con 2.8 y 7.0 m, respectivamente; en El Saucal las alturas fueron de 1.1 y 1.9 m y en Las Minas de 0.5 y 1.2 m, respectivamente.

Tabla 1. Características de los tres sitios de estudio en el centro de Veracruz, México, donde se localizaron poblaciones de *Taxus globosa*. Los valores de estructura de la vegetación son medias y un error estándar (entre paréntesis). Letras superíndice diferentes indican diferencias significativas entre sitios según la prueba de Tukey HSD, $P < 0.05$.

Sitio	El Saucal	El Mirador	Las Minas
Localidad	Acajete	Acajete	Rafael Ramírez
Latitud	19° 31' 04" N	19° 31' 43.3" N	19° 39' 36" N
Longitud	97° 03' 36" O	97° 03' 52.2" O	97° 10' 10" O
Altitud (m)	2525	2425	2302
Pendiente	40-70°	68-80°	31-62°
Orientación de la pendiente	NO	NO	N-NE
Cercanía al río (m)	50	100	32
Estructura de la vegetación			
Área basal (m ² /ha)	60.88 (16.36) ^a	45.83 (8.67) ^a	60.45 (13.47) ^a
Densidad (ind/ha)	1400 (93.09) ^b	920 (161.8) ^b	810 (87.5) ^a
Altura media (m)	10.23 (0.47) ^a	10.05 (0.82) ^a	10.07 (1.14) ^a
Altura máxima (m)	21.5 (1.65) ^a	16.9 (1.12) ^b	13.2 (0.78) ^b
Especies arbóreas (0.1 ha)			
Riqueza	12	19	6
Índice de Shannon	1.85	2.14	0.95
Alpha de Fisher	3.14	7.31	1.5

Composición, riqueza y diversidad

En los tres rodales de *Taxus* se registraron un total de 26 especies, 17 géneros y 17 familias de plantas leñosas en los tres sitios de estudio. En El Saucal se contaron 140 individuos y 12 especies en 0.1 ha, de las cuales cinco especies representaron el 84% del IVI total; estas especies fueron *Pinus pseudostrobus*, *Quercus affinis*, *Q. trinitatis*, *P. ayacahuite* y *Q. glabrescens* (Tabla 2). En El Mirador, se contó un total de 92 individuos pertenecientes a 19 especies, de las cuales cinco especies representaron 68.32% del total de individuos. Esta especies son *P. ayacahuite*, *Q. glabrescens*, *Q. crassifolia*, *T. globosa* y *Cleyera theaeoides* (Tabla 2). En Las Minas, se contaron un total de 81 individuos, y solo tres especies conformaron el 93.83% de todos los individuos, estas fueron *Q. ariifolia*, *Cupressus lusitanica* y *Q. acherdophylla* (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de árboles ≥ 5 cm dap en tres sitios en Veracruz, México. **A.** El Saucal, **B.** El Mirador, y **C.** Las Minas. Los valores son número de individuos en 0.1 ha, área basal (m^2/ha), densidad (ind/ha), frecuencia y el índice de valor de importancia de cada especie.

Especie	Familia	Individuos (0.1 ha)	Área basal (m^2/ha)	Densidad (ind/ha)	Frecuencia	IVI
A. El Saucal						
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pinaceae	38	31.16	380	7	30.97
<i>Quercus affinis</i> Scheidw.	Fagaceae	44	3.25	440	10	19.20
<i>Quercus trinitatis</i> Trel.	Fagaceae	22	2.07	220	7	11.93
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb.	Pinaceae	4	14.07	40	3	10.74
<i>Quercus glabrescens</i> A. Kern.	Fagaceae	11	6.74	110	6	10.47
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunoniaceae	8	0.72	80	5	5.77
<i>Pinus patula</i> Schltld. & Cham.	Pinaceae	4	2.48	40	3	4.40
<i>Cleyera theoides</i> (Sw.) Choisy	Theaceae	5	0.20	50	2	2.69
<i>Drimys granadensis</i> L.	Winteraceae	2	0.07	20	2	1.91
<i>Prunus</i> sp. L.	Rosaceae	1	0.09	10	1	0.98
<i>Viburnum tiliifolium</i> (Oerst.) Hemsl.	Urticaceae	1	0.03	10	1	0.95
		140	60.88	1400		
B. El Mirador						
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb.	Pinaceae	36	8.95	360	6	23.90
<i>Quercus glabrescens</i> A. Kern.	Fagaceae	12	9.74	120	5	15.06
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Fagaceae	5	8.07	50	4	10.58
<i>Taxus globosa</i> Schltld.	Taxaceae	5	6.07	50	5	9.85

<i>Cleyera theaeoides</i> (Sw.) Choisy	Theaceae	10	0.70	100	6	8.48
<i>Pinus patula</i> Schltld. & Cham.	Pinaceae	5	3.44	50	4	7.21
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pinaceae	5	1.57	50	3	5.13
<i>Cinnamomum effusum</i> (Meisn.) Kosterm.	Lauraceae	1	3.28	10	1	3.48
<i>Meliosma dentata</i> (Liebm.) Urb.	Sabiaceae	3	0.87	30	2	3.17
<i>Prunus brachybotrya</i> Zucc.	Rosaceae	1	1.35	10	1	2.07
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	1	1.15	10	1	1.92
<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	Araliaceae	1	0.25	10	1	1.27
<i>Viburnum tiliifolium</i> (Oerst.) Hemsl.	Urticaceae	1	0.10	10	1	1.16
<i>Sambucus canadensis</i> L.	Caprifoliaceae	1	0.10	10	1	1.16
<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	Lauraceae	1	0.06	10	1	1.13
<i>Gaultheria acuminata</i> Schltld. & Cham.	Ericaceae	1	0.04	10	1	1.11
<i>Miconia oligotricha</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	1	0.04	10	1	1.11
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	1	0.02	10	1	1.10
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunoniaceae	1	0.02	10	1	1.10
		92	45.83	920		

C. Las Minas

<i>Quercus ariifolia</i> Trel.	Fagaceae	50	17.62	500	8	42.99
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	25	38.09	250	7	42.40
<i>Quercus acherdophylla</i> Trel.	Fagaceae	3	4.43	30	3	8.44
<i>Taxus globosa</i> Schltld.	Taxaceae	1	0.25	10	1	2.14
<i>Quercus glabrescens</i> A. Kern.	Fagaceae	1	0.03	10	1	2.02
<i>Salix paradoxa</i> Kunth.	Salicaceae	1	0.03	10	1	2.01
		81	60.45	810	21	

Los rodales de *Taxus* localizados en El Mirador y en El Saucal presentaron la riqueza de especies arbóreas más alta, con 19 y 12 especies en 0.1 ha, respectivamente, mientras que la riqueza de especies en el rodal de Las Minas fue relativamente baja con sólo 6 especies (Tabla 1). El Alpha de Fisher y el índice de diversidad de Shannon siguieron la misma tendencia que la riqueza de especies (Tabla 1).

La riqueza de especies de los tres sitios se compararon usando curvas de rarefacción (función Mao Tau) a un nivel común de 81 individuos. La rarefacción indicó que El Mirador, con 18 especies, presenta mayor riqueza que El Saucal con 8 especies y que Las Minas con 6 especies (Figura 3).

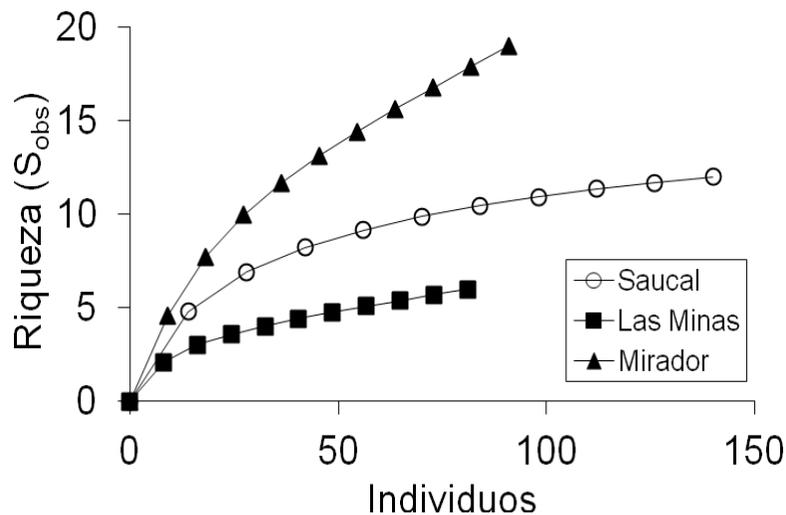


Figura 3. Curvas de acumulación de especies para rarefacción (Mao Tau) de individuos de las especies arbóreas registradas en tres rodales donde se registró *Taxus globosa* en el centro de Veracruz, México.

Microambiente

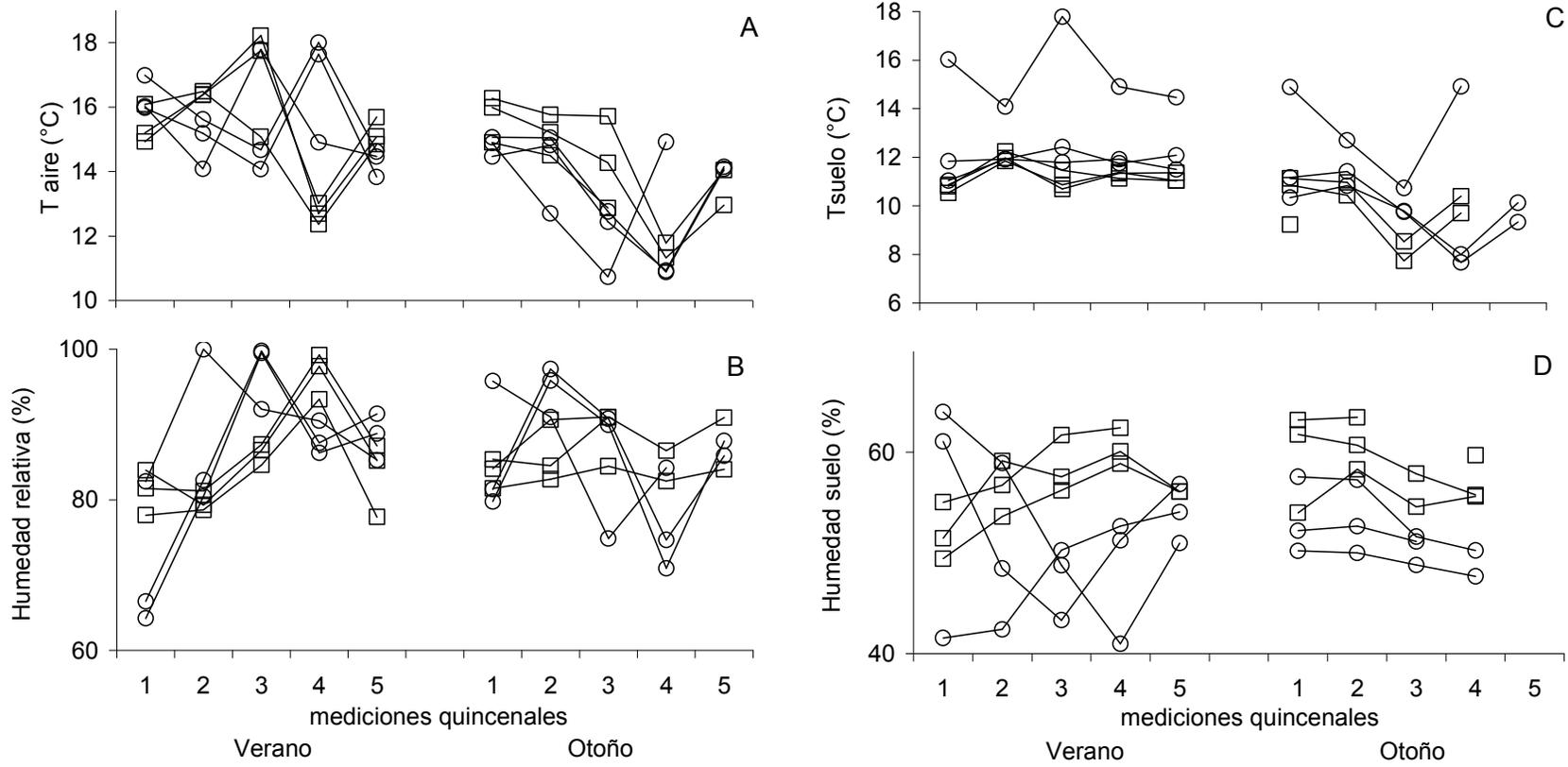
La temperatura promedio del aire fue de 15.4 °C en El Saucal y de 14.5°C en El Mirador. En promedio, la temperatura del aire, el contenido de agua del suelo y PAR fueron significativamente menores en El Mirador que en El Saucal mientras que la

humedad relativa del aire fue mayor en El Mirador que en El Saucal. Sin embargo, la temperatura del suelo fue similar en los dos sitios, de 10.7°C y 10.8°C, respectivamente (Tabla 3).

Las variables microambientales se midieron en dos temporadas de campo, la primera abarcó los meses del verano y la segunda durante los meses del otoño. En la Figura 4 se observa que los transectos mostraron diferentes condiciones microambientales en las parcelas de *Taxus*. Durante el verano, la temperatura ambiental y la humedad relativa fueron estadísticamente similares en El Saucal y El Mirador ($t = -0.427$, $P = 0.336$, $t = 0.147$, $P = 0.441$, respectivamente, Figura 4 A, B). En el otoño, la temperatura ambiental y humedad relativa también fueron iguales en El Saucal y en El Mirador ($t = 1.36$, $P = 0.092$; $t = -0.324$, $P = 0.374$, respectivamente, Figura 4 A, B). Mientras que durante el verano, la temperatura del suelo fue significativamente mayor en El Mirador que en El Saucal ($t = -3.16$, $P = 0.002$, Figura 4C), pero en el otoño la temperatura del suelo fue estadísticamente similar en El Saucal y en El Mirador ($t = 0.226$, $P = 0.41$, Figura 4C). Durante el verano y el otoño, el contenido de agua del suelo fue significativamente mayor en El Saucal que en El Mirador ($t = 2.68$, 4.93 , respectivamente, $P < 0.01$, Figura 4D).

Tabla 3. Microambiente promedio registrado en los rodales donde se localizaron las poblaciones de *Taxus globosa* de El Saucal y El Mirador, Veracruz, México. Los valores son media y un error estándar (entre paréntesis). F y P son los resultados del ANOVA de una vía entre los valores registrados en los sitios de estudio.

	El Saucal	El Mirador	F	P
T _{aire} (°C)	15.4 ^a (0.08)	14.5 ^b (0.09)	57.5	< 0.0001
HR (%)	84.3 ^b (0.58)	86.3 ^a (0.65)	5.1	0.027
T _{suelo} (°C)	10.7 (0.06)	10.8 (0.07)	0.71	0.4
CAS (%)	56.6 ^a (0.57)	51.2 ^b (0.62)	41.8	< 0.0001
PAR (mmol/m ² /seg)	3.2 ^a (0.21)	2.5 ^b (0.24)	5.85	0.02



e

Figura 4. Microambiente a lo largo de los gradientes en cada rodal de *Taxus* durante los muestreos quincenales de verano y otoño. **A.** Temperatura del aire, **B.** Humedad relativa del aire, **C.** Temperatura del suelo, **D.** Contenido de agua del suelo. Los símbolos representan muestreos en El Saucal (cuadros) y en El Mirador (círculos).

Correlación de individuos de *Taxus* y variables microambientales

El número de individuos de *Taxus* adultos tanto en el rodal de El Saucal como en el rodal de El Mirador estuvieron correlacionados negativamente con PAR, los individuos de *Taxus* juveniles se encontraron negativamente correlacionados con PAR solamente en El Mirador. Sin embargo, la densidad de *Taxus* juveniles y adultos en ambos rodales no estuvo significativamente correlacionada con ninguna de las otras variables microambientales (Tabla 4).

Algunas variables microambientales estuvieron correlacionadas entre sí. En ambos sitios, la temperatura del aire se encontró negativamente correlacionada con la humedad relativa, y la temperatura del suelo estuvo positivamente correlacionada con PAR. Además en El Mirador, se encontró una correlación positiva entre la temperatura del suelo y la temperatura del aire y negativa con la humedad relativa. El contenido de agua del suelo también presentó una correlación positiva con la humedad relativa y negativa con la temperatura del suelo. En ambos sitios el número de individuos de *Taxus* adultos y juveniles se encontraron correlacionados.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Spearman ρ entre el número de individuos de *Taxus* adultos y juveniles y las variables microambientales en los sitios A. Saucal, B. Mirador.

* es $P < 0.05$, ** es $P < 0.01$, *** es $P < 0.001$

	Juveniles	T _{aire}	HR%	T _{suelo}	CAS%	PAR
A. Saucal						
Adultos	0.960***	-0.210	0.080	-0.038	0.246	-0.341*
Juveniles		-0.162	0.087	0.011	0.230	-0.291
T _{aire}			-0.685***	0.272	-0.058	0.251
HR%				-0.187	0.278	-0.096
T _{suelo}					-0.143	0.361*
CAS%						0.124
B. Mirador						
Adultos	0.918***	-0.025	0.310	-0.059	0.162	-0.390*
Juveniles		0.050	0.289	0.019	0.050	-0.430**
T _{aire}			-0.440**	0.344*	-0.192	0.314
HR%				-0.569***	0.377*	-0.644***
T _{suelo}					-0.351*	0.353*
CAS%						-0.179

Modelos de regresión

Aunque algunas variables microambientales estuvieron correlacionadas entre sí, no se observó un patrón claro de autocorrelación en ambos sitios, por lo que se incluyeron todas en el ajuste del modelo de regresión lineal múltiple. Las variables microambientales significativas que explican la densidad de la población de *Taxus* en cada sitio, de acuerdo a la selección paso a paso, fueron diferentes en cada sitio. El contenido de agua del suelo explicó significativamente la densidad de *Taxus* en el rodal localizado en El Saucal ($F = 4.69$, $P = 0.036$), mientras que PAR fue significativa en El Mirador ($F = 4.27$, $P = 0.047$). El proceso de selección paso a paso durante el ajuste al modelo de regresión lineal múltiple no seleccionó a las otras cuatro variables explicatorias como significativas (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado del proceso de selección paso a paso durante el ajuste de modelos de regresión lineal múltiple. La variable de respuesta fue el número de individuos en los rodales de *Taxus* en **A.** El Saucal y **B.** El Mirador. Las variables explicatorias incluidas en el modelo fueron temperatura del aire, humedad relativa del aire, temperatura del suelo, contenido de agua del suelo y PAR medidas en los sitios de estudio del centro de Veracruz, México.

A. El Saucal

Resumen de modelo

Modelo	R	R ²	R ² Ajustada	E.E. del estimado	Estadísticos de cambio				
					R ²	F	gl1	gl2	Sig. F
1	0.314 _a	0.098	0.077	1.362	0.098	4.687	1	43	0.036

a. Predictor: H_{suelo}

Variable dependiente: No. Ind.

ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Regresión	8.693	1	8.693	4.687	0.036 _a
	Residual	79.752	43	1.855		
	Total	88.444	44			

a. Predictor: H_{suelo}

Variable dependiente: No. Ind.

Coefficientes

Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados			Correlaciones			Colinealidad	
	B	E. E.		Beta	t	Sig.	Orden cero	Parcial	Part	Tolerancia	VIF
	(Const)	-6.247	3.405		-1.835	0.073					
	H _{suelo}	0.130	0.060	0.314	2.165	0.036	0.314	0.314	0.314	1.000	1.000

Variables excluidas

Modelo	Beta In	t	Sig.	Correlación parcial	Colinealidad			
					Tolerancia	VIF	Tolerancia mínima	
1	T _{aire}	-0.232	-1.629	0.111	-0.244	0.999	1.001	0.999

HR (%)	0.025	0.167	0.869	0.026	0.934	1.071	0.934
T _{suelo}	-0.007	-0.045	0.965	-0.007	0.985	1.015	0.985
PAR	-0.218	-1.513	0.138	-0.227	0.985	1.015	0.985

B. El Mirador

Resumen de modelo

Modelo	R	R ²	R ² Ajustada	E.E. del estimado	Estadísticos de cambio			Sig. F	
					R ²	F	gl1		gl2
1	0.334 _a	0.111	0.085	3.507	0.111	4.265	1	34	0.047

a. Predictor: PAR

Variable dependiente: No. Ind

ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Regresión	52.467	1	52.467	4.265	0.047 _a
	Residual	418.283	34	12.302		
	Total	470.750	35			

a. Predictor: PAR

Variable dependiente: No. Ind

Coefficientes

Modelo	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados			Correlaciones			Colinealidad	
	B	E. E.		Beta	t	Sig.	Orden cero	Parcial	Part	Tolerancia	VIF
1	(Const)	5.298	1.513		3.502	0.001					
	PAR	-1.163	0.563	-0.334	-2.065	0.047	-0.334	-0.334	-0.334	1.000	1.000

Variable dependiente: No. Ind.

Variables excluidas

Modelo	Beta In	t	Sig.	Correlación parcial	Colinealidad			
					Tolerancia	VIF	Tolerancia mínima	
1	T _{aire}	0.123	0.717	0.479	.0124	0.895	1.118	0.895
	HR (%)	0.115	0.605	0.549	0.105	0.740	1.352	0.740
	T _{suelo}	0.112	0.662	0.512	0.115	0.932	1.073	0.932
	H _{suelo}	0.034	0.205	0.839	0.036	0.990	1.010	0.990

Análisis espacial. Delimitación de hábitat de *Taxus* y microambiente

Índices de agregación. Los resultados del análisis espacial indicaron que el patrón espacial de los individuos de *Taxus* y las variables ambientales fueron diferentes entre los sitios de estudio. En El Saucal, los individuos de *Taxus* y la temperatura del aire no presentaron un patrón agregado significativo, pero la humedad relativa, la temperatura del suelo, contenido de agua del suelo y PAR estuvieron significativamente agregados (Tabla 6). Sin embargo, en El Mirador, los individuos de *Taxus* presentaron una agregación significativa, así como las variables humedad relativa, temperatura del suelo y PAR (Tabla 6).

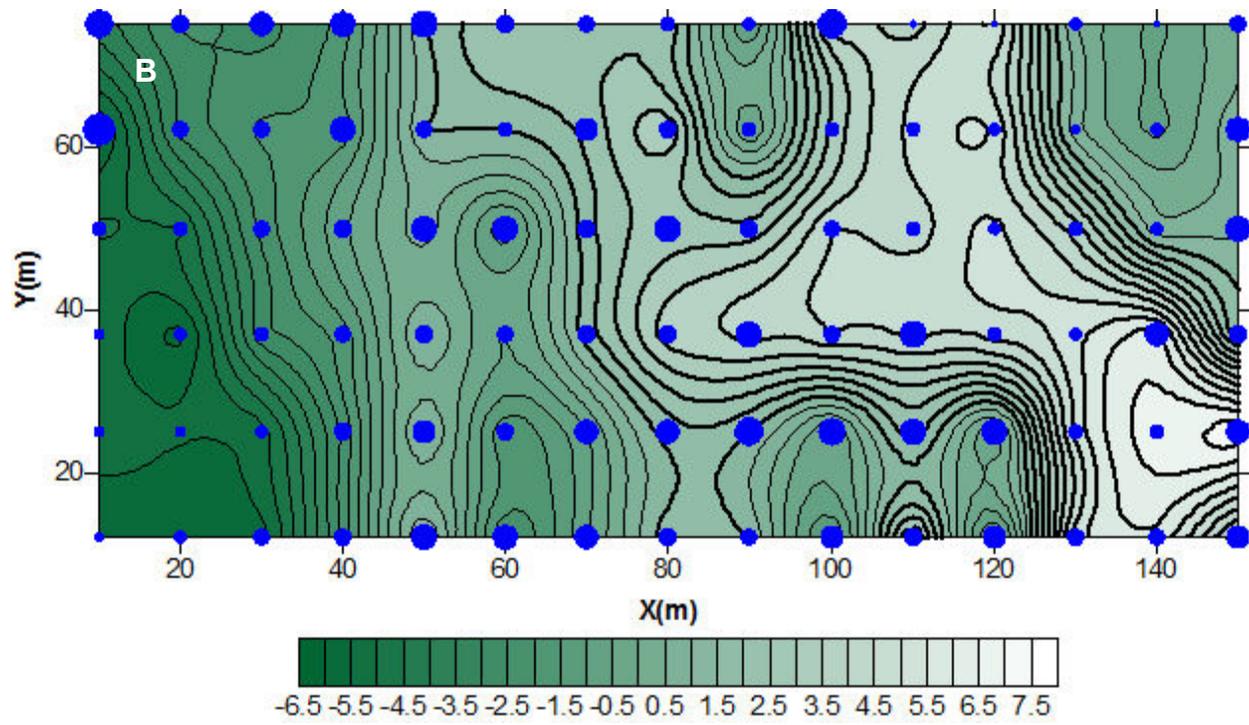
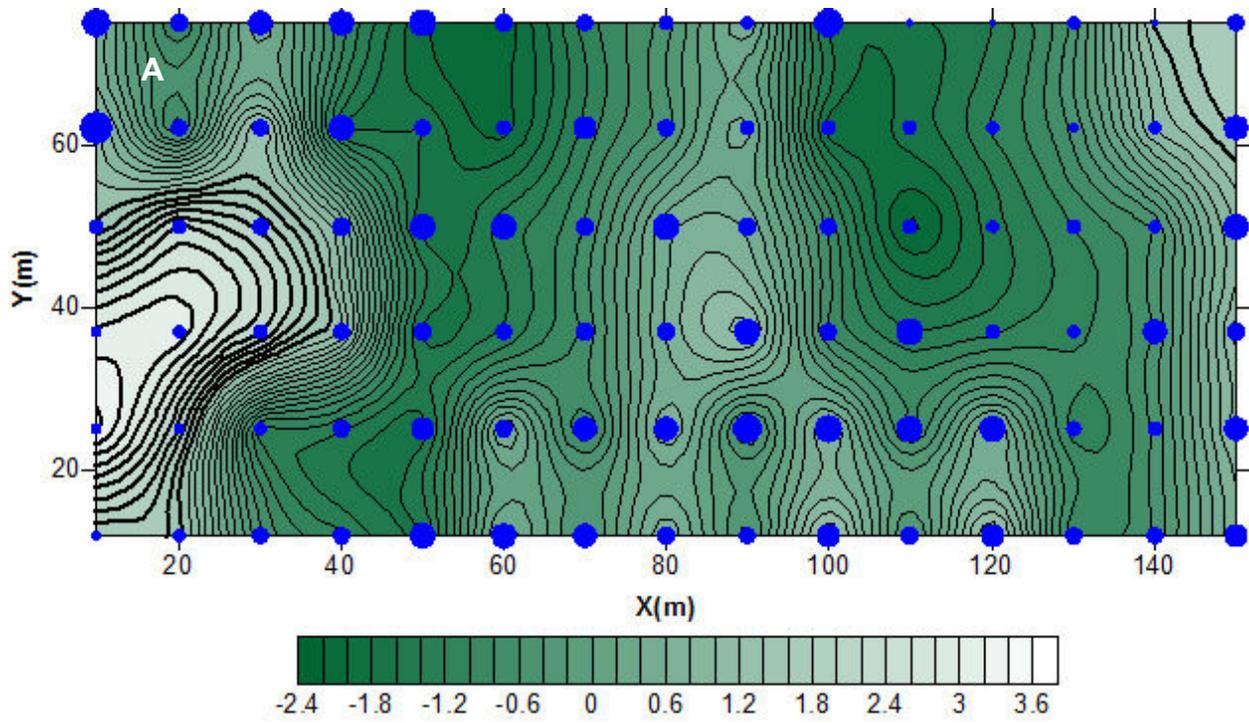
Tabla 6. Patrón espacial de los individuos de *Taxus* y las variables microambientales, T_{aire} (C°), HR (%), T_{suelo} (C°), CAS (%) y PAR en los 90 cuadrantes de 10 x 12 m en el sitio El Saucal y en los 72 cuadrantes de 10 x 10 m en El Mirador. I_a es el índice de agregación, V_i promedio positivo de índice de agrupamiento, V_j promedio negativo de índice de agrupamiento.

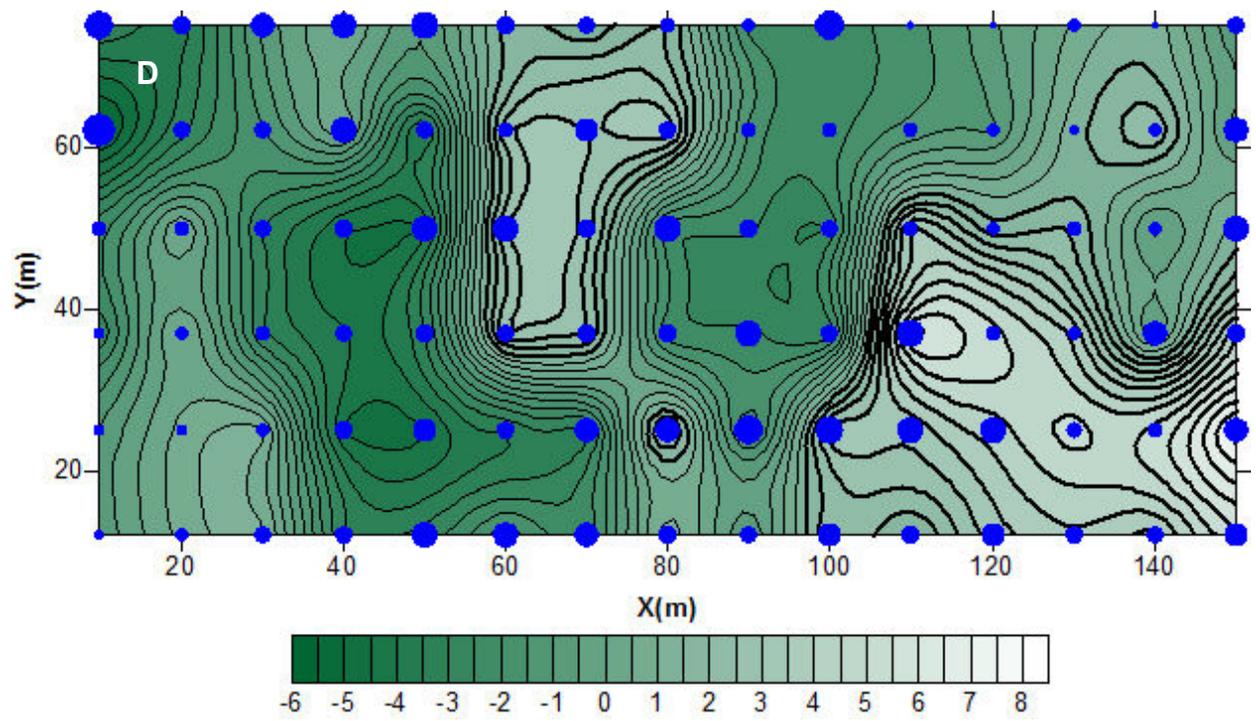
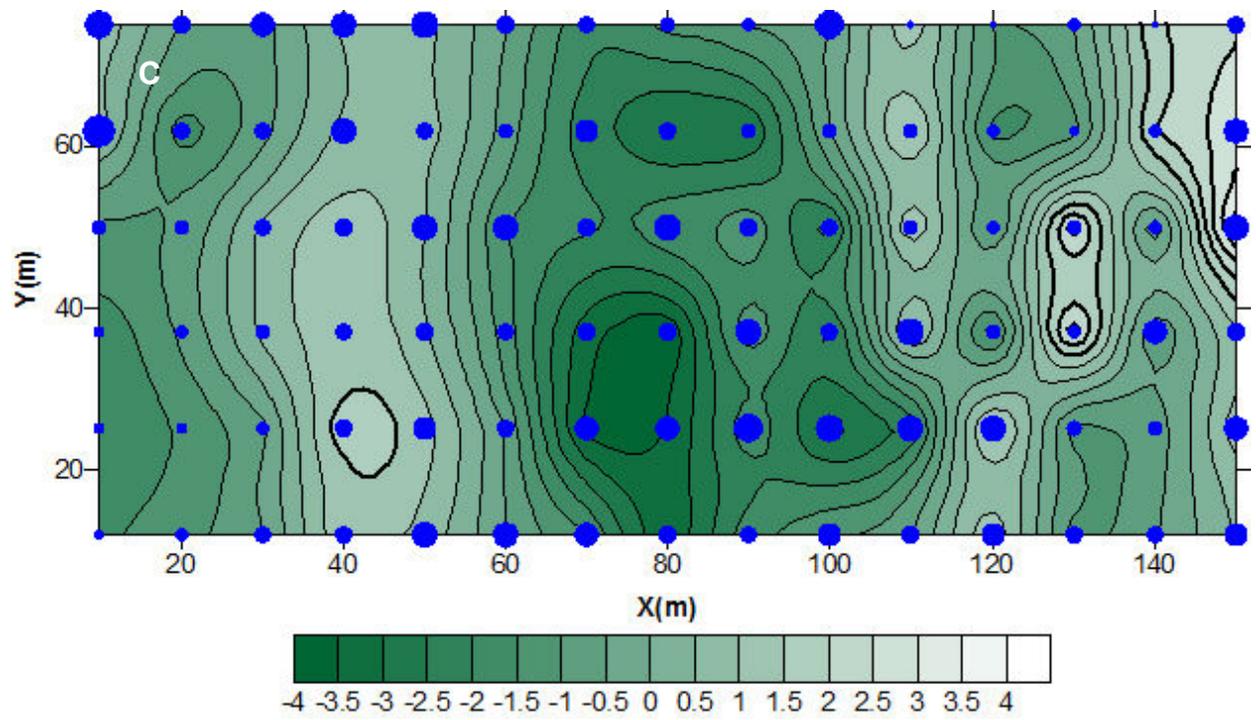
	El Saucal			El Mirador		
	I_a	V_j	V_i	I_a	V_j	V_i
<i>Taxus</i>	1.251	-1.268	1.127	1.574*	-1.538	1.661
T_{aire} (C°)	1.276	-1.177	1.339	1.032	-1.123	1.097
HR (%)	3.609*	-2.772	3.07	2.91*	-2.461	2.129
T_{suelo} (C°)	1.695*	-1.521	1.395	2.104*	-1.894	1.475
CAS (%)	2.691*	-2.462	2.694	0.947	-0.908	1.014
PAR	1.882*	-1.892	1.583	2.164*	-1.914	1.647

*Significancia del índice de agregación ($P < 0.01$) probado contra 5967 permutaciones.

Mapas de los índices de agrupamiento. Los índices de agrupamiento de los individuos de *Taxus* se distribuyeron de manera diferente en relación a cada variable microambiental en las parcelas. En los mapas (ver Figuras 5 y 6), los círculos representan agrupamiento de *Taxus*. Los tonos de gris en cada mapa indican agrupamiento de las variables microambientales; los colores más pálidos indican un mayor agrupamiento con valores de $v > 1.5$; los colores más oscuros indican menor

agrupamiento y ocurre con valores de $v \leq 1.5$. Los mapas indican un mayor agrupamiento donde el color es más pálido y los círculos son de mayor tamaño, en caso de no agrupamiento se observa coincidencia entre color oscuro y círculo de menor tamaño.





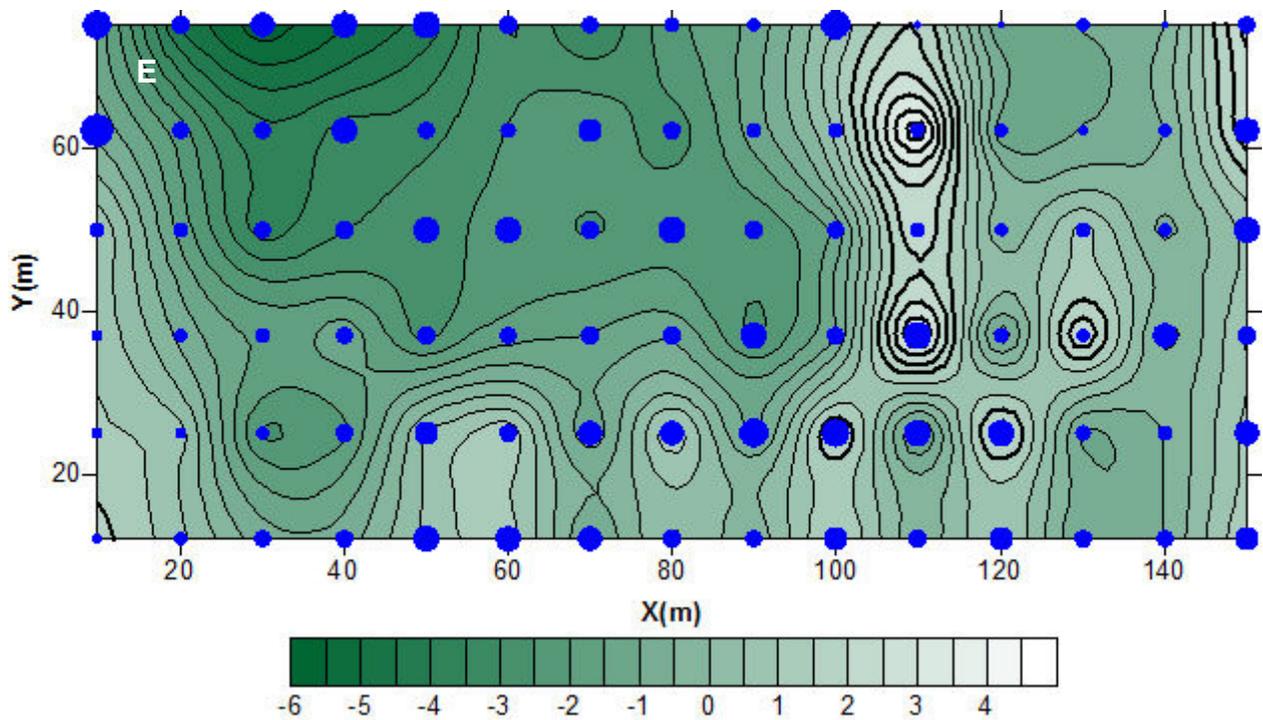
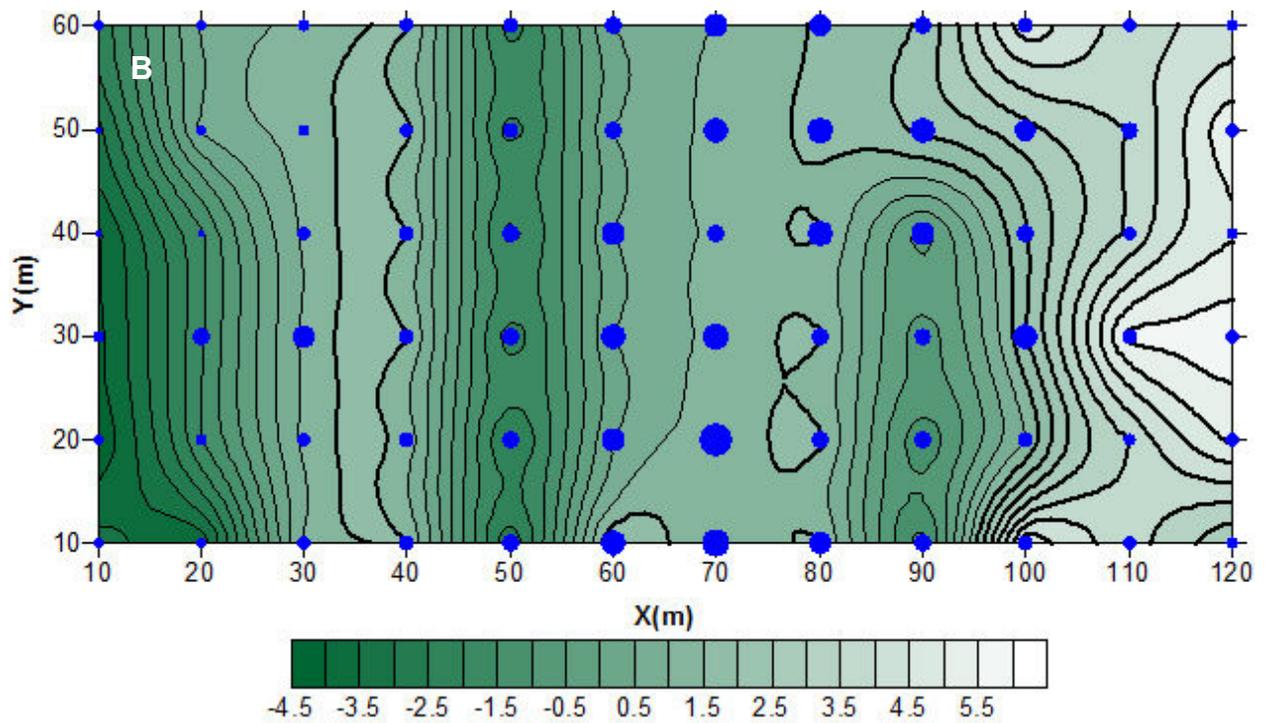
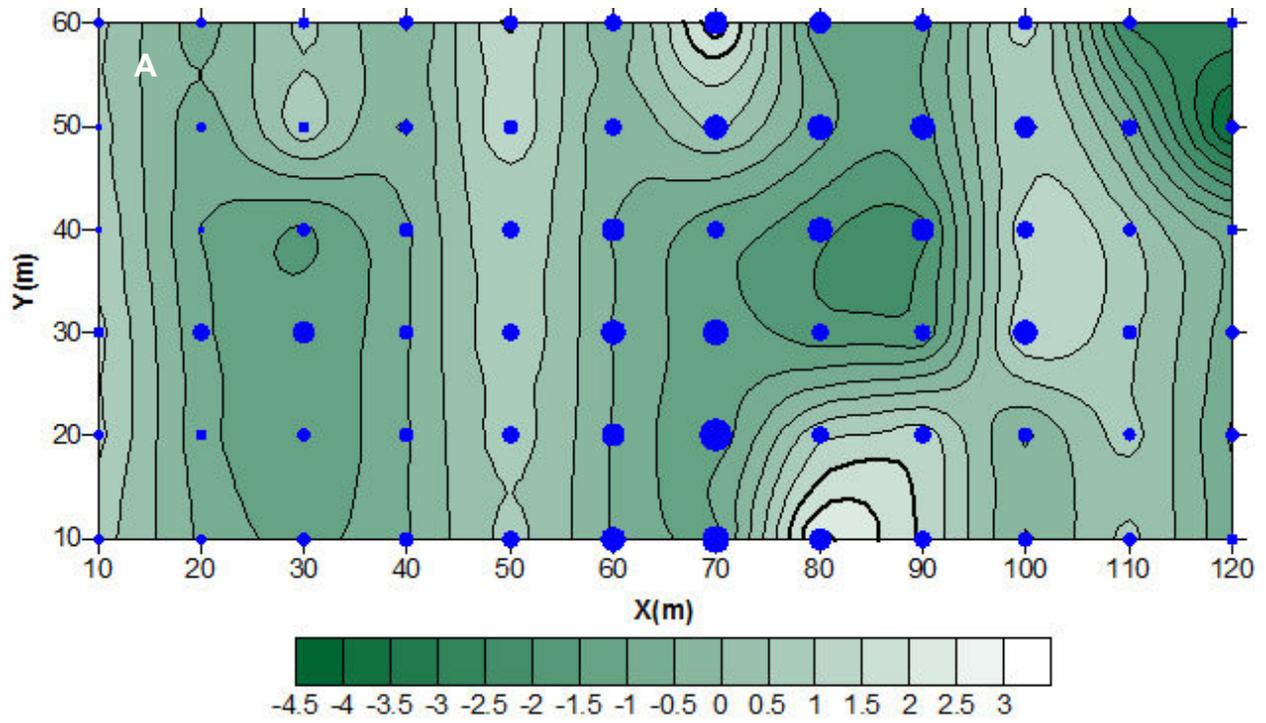
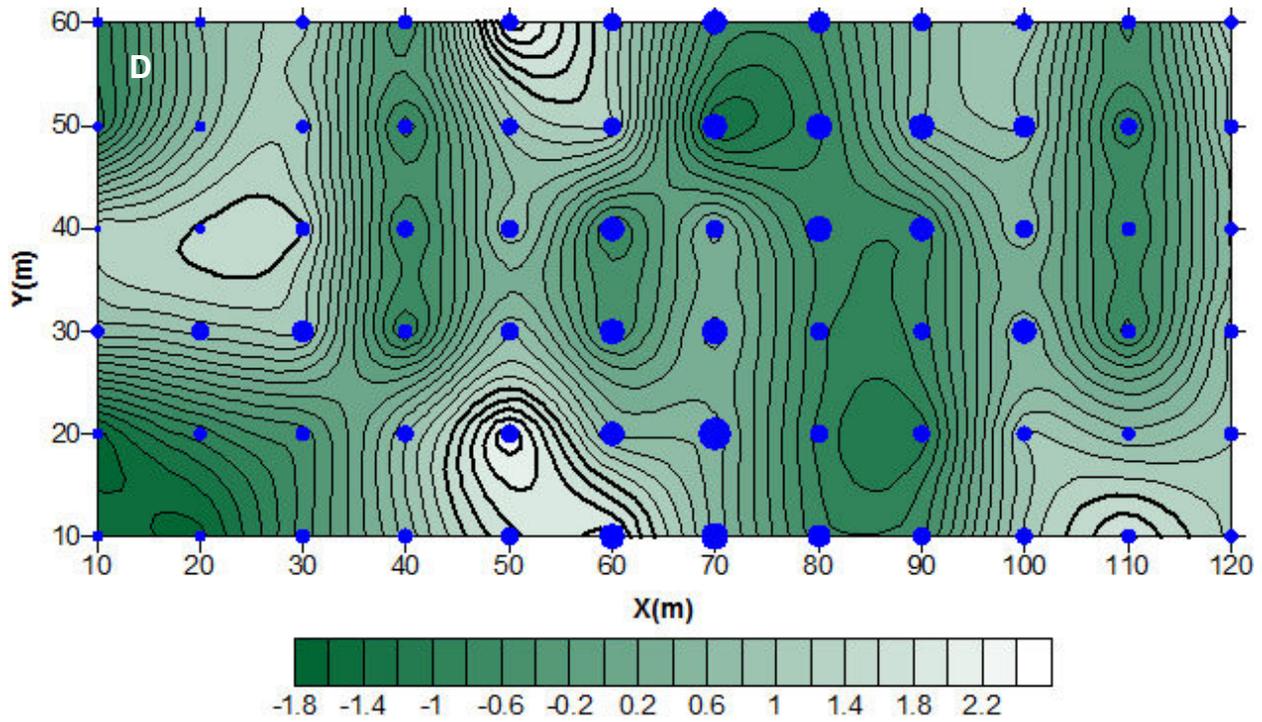
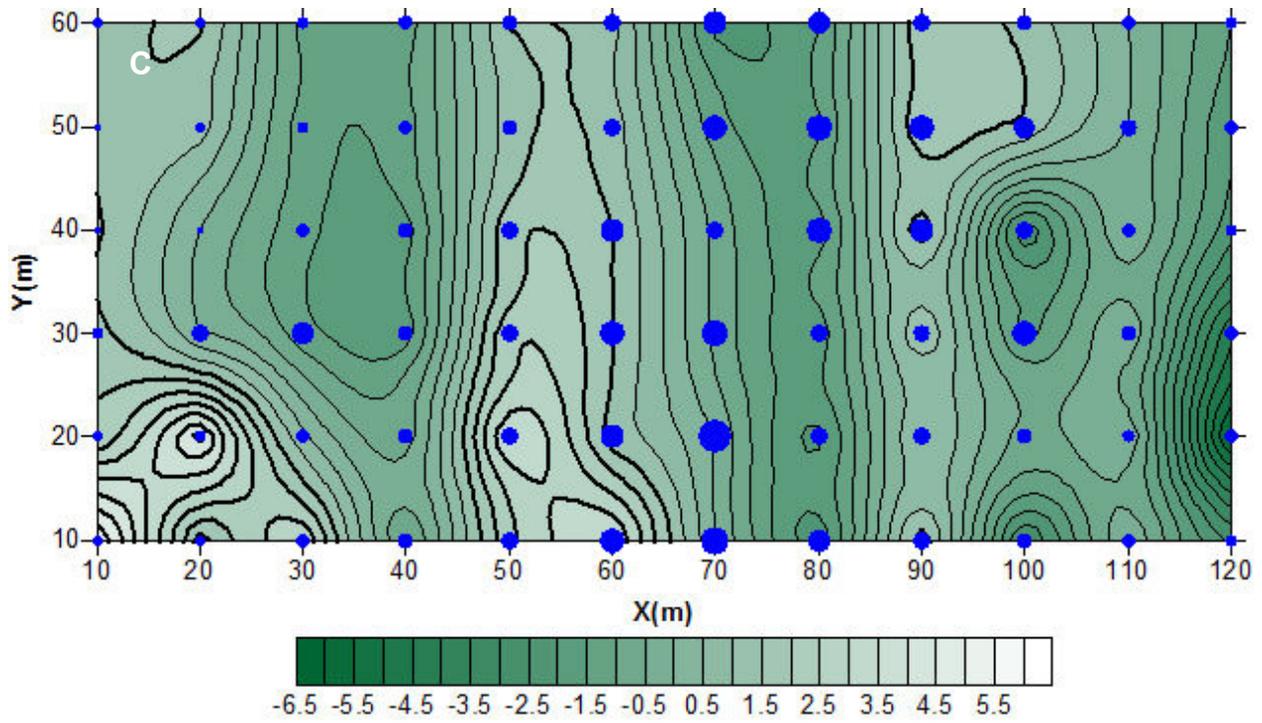


Figura 5. Mapas de los índices de agrupamiento (v) de los individuos de *Taxus* en el sitio El Saucal en relación a las variables microambientales: **A.** temperatura del aire (T_{aire}), **B.** porcentaje de humedad relativa (HR), **C.** temperatura del suelo (T_{suelo}), **D.** contenido de agua del suelo (CAS) y **E.** luz fotosintéticamente activa (PAR). $v > 1.5$ indica zonas de agregación, $v < -1.5$ indica zonas sin agregación. Los mayores índices de agrupamiento de los individuos de *Taxus* están representados por los círculos más grandes. Las barras de grises en la parte inferior de los mapas indican el valor de las isoclinas.





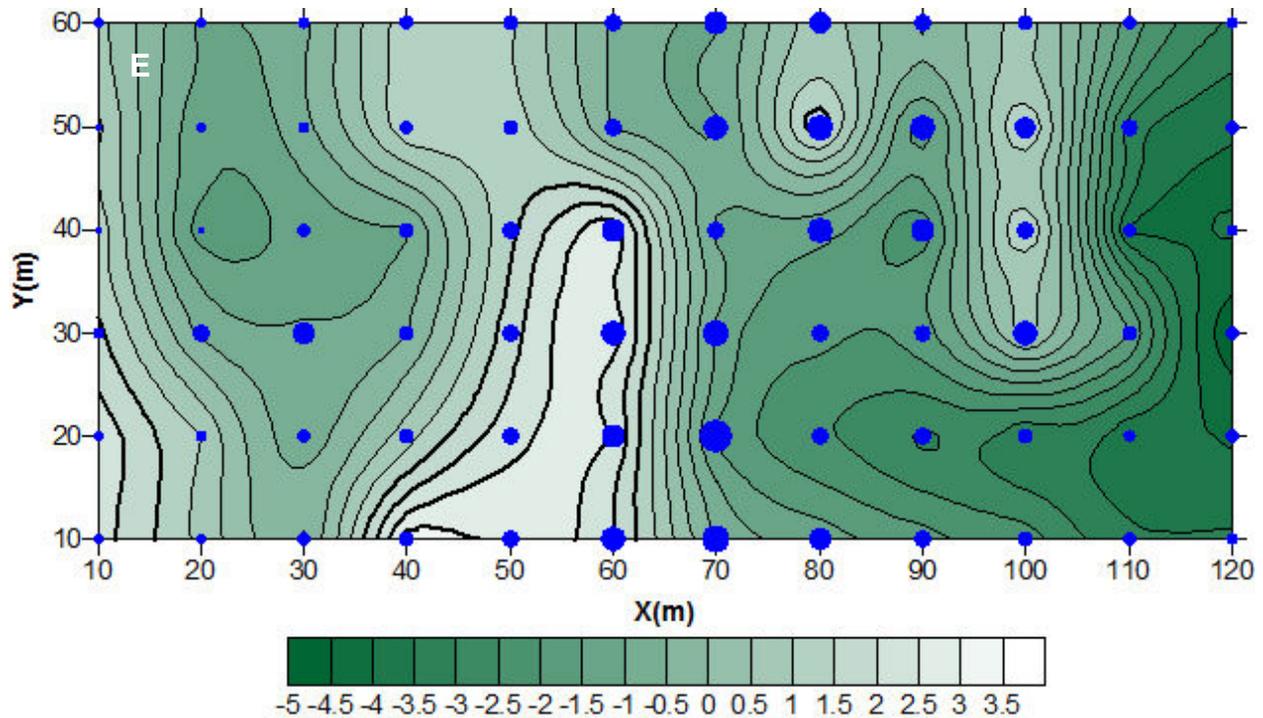


Figura 6. Mapas de los índices de agrupamiento (v) de los individuos de *Taxus* en el sitio El Mirador en relación a las variables microambientales: **A.** temperatura del aire (T_{aire}), **B.** porcentaje de humedad relativa (HR), **C.** temperatura del suelo (T_{suelo}), **D.** contenido de agua del suelo (CAS) y **e)** luz fotosintéticamente activa (PAR). $v > 1.5$ indica zonas de agregación, $v < -1.5$ indica zonas sin agregación. Los mayores índices de agrupamiento de los individuos de *Taxus* están representados por los círculos más grandes. Las barras de grises en la parte inferior de los mapas indican el valor de las isoclinas.

En el sitio El Saucal, los individuos de *Taxus* se encuentran agrupados visualmente hacia la parte superior izquierda, centro y centro inferior de la parcela donde se pueden observar los círculos mayores (Figura 5). En la Figura 5a, se observan los valores de la temperatura del aire agrupados hacia la parte inferior izquierda de la parcela, aunque el valor de I_a no es significativo (Tabla 6), lo cual no concuerda con el patrón de agrupamiento de los individuos de *Taxus*. Los valores de humedad relativa (Figura 5b, Tabla 6) se agrupan en la parte central e izquierda de la parcela, los cuales solo concuerdan en la zona central con los patrones de *Taxus*. Los

valores de temperatura del suelo (Figura 5c, Tabla 6) se agrupan en la parte inferior izquierda y superior derecha, los cuales no concuerdan con los patrones de los valores de *Taxus*. Los valores de humedad del suelo (Figura 5d, Tabla 6) se encuentran agrupados hacia la parte central superior e izquierda inferior de la parcela los cuales coinciden con los de *Taxus*, excepto por la parte extrema inferior de la izquierda. La PAR (Figura 5e, Tabla 6) se agrupa en la parte inferior y superior izquierda de la parcela, en los cuales coinciden casi en su totalidad con los de *Taxus*.

En el sitio El Mirador, los *Taxus* se encuentran agregados hacia el centro de la parcela (Figura 6). En la Figura 6a, se observan los valores de la temperatura del aire agrupados hacia el centro de la parcela y hacia la parte superior e inferior de la parte izquierda, pero en este caso el valor de I_a no es significativo (Tabla 6), aunque visualmente coincide con los patrones de agregación *Taxus*. Los valores de humedad relativa (Figura 6b, Tabla 6) se concentran en la parte central, derecha y extrema izquierda, los cuales coinciden con los de *Taxus* en la parte superior izquierda. La temperatura del suelo (Figura 6c, Tabla 6) se agrupa en la parte central inferior, superior derecha y la parte inferior de la extrema derecha, los cuales concuerdan con *Taxus* en la parte central inferior e izquierda. La humedad del suelo (Figura 6d, Tabla 6) se concentra en la parte central y central izquierda de la parcela, además de la parte inferior derecha, la cual coincide con *Taxus* en la parte central superior e inferior. La PAR (Figura 6e, Tabla 6) se agrupa en la parte central, extrema izquierda y superior derecha, concuerda con los de *Taxus* en la parte central y superior derecha.

Contrario a lo esperado, el análisis espacial demostró que para ambos sitios no se presentó una asociación significativa entre los individuos de *Taxus* y las variables microambientales (Tabla 7). Sin embargo, algunas variables microclimáticas presentaron asociaciones significativas entre ellas. En los dos sitios hubo una asociación negativa entre la temperatura del aire y la humedad relativa. En El Saucal, además, se presentaron asociaciones positivas entre humedad relativa y humedad del suelo y entre PAR y T_{aire} , T_{suelo} y humedad del suelo. En el sitio El Mirador, se encontró una asociación negativa entre humedad relativa y la temperatura del suelo; PAR presentó una asociación negativa con la humedad relativa y una asociación positiva con la temperatura del suelo (Tabla 7).

Tabla 7. Índices de asociación entre los individuos de *Taxus* y las medias de las variables microambientales T_{aire} , HR, T_{suelo} , CAS% y PAR medidos en cada lote de los rodales establecidos en **A.** El Saucal, y **B.** El Mirador.

	T_{aire} (C°)	HR (%)	T_{suelo} (C°)	CAS (%)	PAR
A. El Saucal					
No Ind	-0.088	0.050	0.067	-0.035	-0.060
T_{aire} (C°)		-0.520*	-0.001	-0.054	0.212*
HR (%)			-0.018	0.364*	0.112
T_{suelo} (C°)				-0.024	0.262*
CAS (%)					0.269*
B. El Mirador					
No Ind	-0.072	0.168	-0.070	-0.024	0.121
T_{aire} (C°)		-0.341*	0.162	-0.003	0.321
HR (%)			-0.618*	0.111	-0.571*
T_{suelo} (C°)				-0.029	0.500*
CAS (%)					-0.029

*Significancia de la asociación positiva ($P < 0.025$) o negativa ($P > 0.975$) probada con el nivel ajustado Dutilleul de probabilidad.

DISCUSIÓN

Las localidades donde se llevó a cabo este estudio se encuentran en la zona de transición entre bosque mesófilo de montaña, bosque de encino-pino y bosque de coníferas. Los sitios son húmedos y con neblinas frecuentes similares a otras localidades donde se han reportado las poblaciones de *Taxus* en Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000, Shemluck et al. 2003). Dado que *Taxus globosa* se distribuye desde el norte de México hasta Guatemala, y en el intervalo altitudinal entre 1000 y 2950 m, puede formar parte de varios tipos de vegetación, desde bosques de encino-pino y bosque de coníferas, como las poblaciones de este estudio, hasta bosque mixto caducifolio y bosque de *Picea* en Nuevo León (Shemluck et al. 2003).

Los rodales de este estudio se encuentran en el rango altitudinal de las poblaciones de *Taxus* encontradas en Nuevo León y Tamaulipas, entre 1400 y 2690 m, (García-Aranda et al. 2011) pero por debajo de las encontradas en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, entre 2500 y 2700 m (Zavala-Chávez 2001). La orientación de las cañadas donde *Taxus* está presente en Las Minas es similar a las de las mesas de San Isidro en Río Verde, San Luis Potosí, (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000) así como a la de las poblaciones de Nuevo León y Tamaulipas (García-Aranda et al. 2012) y las del Parque Nacional El Chico, Hidalgo (Zavala-Chávez 2001). Los sitios donde crece *Taxus* en el centro de Veracruz presentan pendientes pronunciadas que se encuentran dentro del rango de las registradas para las mesas de San Isidro en Río Verde, San Luis Potosí (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000) y para el Parque Nacional El Chico, Hidalgo (Zavala-Chávez 2001).

Estructura y composición de la vegetación de los rodales de *Taxus*

En Veracruz, los individuos de *Taxus* se encuentran en las partes central y baja de las cañadas, creciendo bajo el dosel de los árboles dominantes, como lo observado en las poblaciones del Parque Nacional El Chico, Hidalgo (Zavala-Chávez 2001). La densidad de las poblaciones de *Taxus* de este estudio fueron mayores a las registradas en las poblaciones de Tamaulipas (0.9 individuos/ha), la Sierra de Pachuca, Hidalgo (6.6 individuos/ha) (Zavala-Chávez 2001) y Nuevo León (5 a 39 individuos /ha) (García-

Aranda et al. 2011). El área basal y la densidad de los rodales de *Taxus* se encuentran dentro del rango reportado para estudios llevados a cabo en Nuevo León y Tamaulipas (23.03 y 82.32 m²/ha) (García-Aranda et al.2011).

La altura media de los individuos de *Taxus* del centro de Veracruz fue menor a la de las localidades de Nuevo León y Tamaulipas (García-Aranda et al. 2011). La altura media de *Taxus* en el Parque Nacional El Chico en Hidalgo fue 4.5 m (Zavala-Chavez 2001) mientras que las poblaciones de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León y Tamaulipas variaron entre 2 y 6.8 m (García-Aranda et al. 2011). Por otro lado, la altura máxima de los individuos de *Taxus* medidos en este estudio se encuentra en el rango de alturas registradas en San Luis Potosí, de 8 m (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000), y una población del sur de Nuevo León presentó una altura máxima de 7 m, similar a la registrada en El Mirador (Shemluck et al. 2003). Sin embargo, la altura media de los rodales en los que crece *Taxus* en Veracruz fue mayor a la reportada para otros sitios, ya que las especies acompañantes alcanzan entre 13-20 m; esta altura es mayor a los valores registrados en los rodales en que las poblaciones de *Taxus* crecen en Nuevo León y Tamaulipas, los cuales variaron entre 4.9 y 8.7 m (García-Aranda et al. 2011).

La composición específica de los rodales de *Taxus* en la Sierra Madre Oriental presenta especies asociadas en común a las encontradas en los rodales del centro de Veracruz. La similitud de la composición específica en rodales de especies raras es un fenómeno biogeográfico estudiado para otras especies, lo cual podría ayudar a explicar la historia florística y biogeográfica de las especies y sus hábitats. Dentro del género *Taxus*, Shemluck et al. (2003) analizaron este fenómeno a una mayor escala tanto geográfica como taxonómica, haciendo una comparación de las especies de *Taxus* con distribución en Norteamérica, *Taxus brevifolia*, *T. canadensis*, *T. floridana* y *T. globosa* y sus géneros acompañantes. En los sitios estudiados en el centro de Veracruz, las especies encontradas concuerdan parcialmente con las especies encontradas en otros rodales de *Taxus* en la Sierra Madre Oriental. En San Luis Potosí, entre las especies acompañantes que se encontraron, *Quercus affinis* y *Meliosma dentata*, concuerdan con este estudio (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000). En la Sierra Madre Oriental la especie *Pinus patula*, encontrada en Puerto Purificación, Hidalgo, Tamaulipas, y *P.*

pseudostrobus en las localidades La Camotera y Potrero Redondo, Santiago, Nuevo León y El Rumbadero, Montemorelos, Nuevo León; concordaron con las del presente estudio (García-Aranda et al. 2012).

El índice de importancia de *Taxus* dentro la comunidad vegetal de la que forma parte es variable. En los sitios El Mirador y Las Minas, *Taxus* ocupa el cuarto lugar en valor de importancia dentro de los rodales, de igual forma en San Luis Potosí, *Taxus* también ocupa el cuarto lugar en el índice de importancia (García-Sánchez y Castillo-Lara 2000). Sin embargo, en el sitio El Saucal, *Taxus* tiene un valor de importancia muy bajo.

Riqueza y diversidad

La riqueza y la diversidad de especies en los rodales del centro de Veracruz fueron mayores a los encontrados en otros estudios. La riqueza de especies de los rodales estudiados varió entre 6 y 19 especies, las cuales fueron altas en comparación con las de otros sitios de la Sierra Madre Oriental. García-Aranda et al. (2012) estudiaron nueve sitios y reportaron una riqueza de especies que varió de 5 a 11 especies por sitio. De igual manera, la diversidad como índice de Shannon fue también más alta en este estudio, entre 0.95 y 2.14, mientras que en la Sierra Madre Oriental varió entre 0.98 y 2.02 (García-Aranda et al. 2012).

Análisis espacial

En los resultados del análisis espacial se observó que en el sitio El Saucal, los individuos de *Taxus* no presentaron un patrón agregado significativo, sin embargo, visualmente se encuentran agrupados hacia la parte superior izquierda y centro de la parcela. En El Mirador, la densidad de individuos de *Taxus* si presentó una agregación significativa ya que los árboles se encuentran agregados hacia el centro de la parcela. Contrario a lo reportado en otros estudios en los cuales se afirma que las plántulas de *Fagus* y encino forman agregados, Gazol e Ibáñez (2010) en su estudio en Navarra, España, reportaron que individuos juveniles de *Fagus* tienden a estar distribuidos de forma aleatoria.

Los patrones de agregación de las variables microambientales y de la densidad de individuos de *Taxus*, no estuvieron por completo traslapados entre sí. En El Saucal, la temperatura del aire no presentó un patrón agregado significativo, pero la humedad relativa, la temperatura del suelo, el contenido de agua del suelo y la PAR estuvieron significativamente agregados; en El Mirador, presentaron una agregación significativa las variables humedad relativa, temperatura del suelo y PAR. González-Rodríguez et al. (2011) en su estudio con varias especies de *Quercus* en la Sierra Morena, Córdoba, España, reportaron que las variables ambientales de disponibilidad de luz y producción de plantas herbáceas mostraron patrones espaciales agregados, pero no la humedad del suelo.

En el sitio El Saucal, el cual es el menos conservado debido a su cercanía a un caserío, y con un rodal con pendiente menos pronunciada, se observaron patrones similares entre la agregación de la temperatura del aire y de la PAR y de la densidad de los individuos de *Taxus*, en cambio en El Mirador, que es el sitio más conservado y con el rodal con la mayor pendiente, los patrones de agregación de los individuos de *Taxus* fueron similares a los de humedad relativa, humedad del suelo y PAR. En plántulas que *Quercus*, de acuerdo a los índices de agregación espacial (González-Rodríguez et al. 2011) se ha reportado que durante el primer año de vida las plántulas parecen estar poco influenciadas por las condiciones ambientales, sin embargo la supervivencia y establecimiento dependen en mayor grado de la disponibilidad de agua en el suelo. En su estudio Maestre y Cortina (2002) mostraron la presencia de complejos patrones espaciales en las propiedades del suelo y la vegetación, los cuales son cruciales para la dinámica de los nutrientes, vegetación e hidrología en su sitio de estudio en las estepas semiáridas del Mediterráneo, al sureste de España.

El análisis espacial demostró que para ambos sitios no se presenta una asociación significativa entre la densidad de los individuos de *Taxus* y las variables microambientales, similar a lo reportado por González-Rodríguez et al. (2011) quienes no encontraron una asociación espacial entre las variables ambientales (disponibilidad de luz, humedad del suelo y producción de plantas herbáceas) y la supervivencia de plantas de encino. Gazol e Ibáñez (2010) sugieren que a gran escala, la abundancia de plántulas está determinada principalmente por las condiciones ambientales y la

competencia con la vegetación del sotobosque y que en escalas finas, la densidad del banco de plántulas está determinado principalmente por procesos de estructura espacial relacionados a la depredación de semillas y el establecimiento.

El programa utilizado en este estudio da una idea demasiado general de la relación de la distribución de los individuos de dos poblaciones de *Taxus* en relación a variables microambientales. SADIE tal vez no sea el mejor pero fue un primer acercamiento a resolver el problema. De hecho, quedan preguntas pendientes, ya que la agregación de los individuos de *Taxus* podría estar relacionada con la perturbación antropogénica y la pendiente del sitio, con la cercanía a corrientes de agua, con la presencia de neblina durante gran parte del año.

CONCLUSIÓN

Los individuos de *Taxus* de las poblaciones estudiadas en la cuenca del Alto Pixquiac en el centro de Veracruz, aparentemente alcanzan una altura menor que los *Taxus* en otros sitios de la Sierra Madre Oriental. Sin embargo, la vegetación arbórea de los rodales en los que crece *Taxus* en Veracruz presentan una mayor riqueza, diversidad de especies. Además, la estructura de la vegetación parece estar más desarrollada ya que el área basal y la altura del dosel tienden a ser mayores que en otros sitios.

La hipótesis inicialmente planteada sobre la distribución de las poblaciones de *Taxus* en relación a factores abióticos y bióticos que caracterizan el hábitat no pueden ser apoyadas con los resultados de la presente investigación. Los resultados sugieren que ninguna de las variables microclimáticas medidas pudo explicar significativamente la presencia de individuos de *Taxus* de acuerdo con el análisis espacial usado en este estudio. Sin embargo, los resultados del análisis espacial pueden indicar que en el sitio El Saucal, la falta de resultados significativos se debió a la perturbación antropogénica fuerte debido a la colindancia con la parcela ejidal de uso común, y principalmente a la extracción de madera que crea grandes claros en el dosel. Estos claros afectan negativamente a la población de *Taxus* ya que es una especie que requiere sombra.

A partir de los resultados, se considera que para estudios futuros se debe explorar el uso de otras herramientas de análisis espacial para definir el hábitat de *T. globosa* (y otras especies). Se considera que otros programas pueden ser más sensibles a la interpretación de la distribución de poblaciones pequeñas en relación a variables microclimáticas como las determinadas en el presente este estudio.

REFERENCIAS

- Bardon, R. E., Countryman, D. W. y Hall, R. B. 1995. A reassessment of using light-sensitive Diazo paper for measuring integrated light in the field. *Ecology* 76:1013-1016.
- Busing, R. T., Halpern, C. B. y Spies, T. A. 1995. Ecology of Pacific yew (*Taxus brevifolia*) in western Oregon and Washington. *Conservation Ecology* 9:1199-1207.
- Colwell, R.K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Persistent URL: www.purl.oclc.org/estimates
- Contreras-Medina, R. y Luna, I. 2001. Presencia de *Taxus globosa* Schltdl. (Taxaceae) en el estado de Chiapas, México. *Polibotánica* 12:51-56.
- Contreras-Medina, R., Luna-Vega, I. y Ríos-Muñoz, C. A. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio de uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:421-433.
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions. Spatial inference and prediction. USA, Cambridge University Press, New York. Pp. 320.
- Friend, D. T. C. 1961. A simple method of measuring integrated light values in the field. *Ecology* 42:577-580.
- García-Aranda, M. A., Estrada-Castillón, E., Jurado-Ybarra, E. y González-Uribe, D. U. 2011. Análisis de once poblaciones naturales de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental. *Madera y Bosques* 17:93-104.
- García-Aranda, M. A., Estrada-Castillón, E., Cantú-Ayala, C. y Pando-Moreno, M. 2012. Clasificación de nueve sitios de bosque mixto de coníferas con presencia de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León y Tamaulipas, México. *Botanical Sciences* 90:53-62.
- García-Aranda, M. A., Cantú-Ayala, C., Estrada-Castillón, E., Pando-Moreno, M. y Moreno-Talamantes, A. 2012. Modelación en Maxent para la generación del área potencial de distribución de *Taxus globosa* Schlecht. en México. *Revista de Investigaciones Geográficas, UNAM*. Sometido.

- García-Sánchez, F. y Castillo-Lara, P. 2000. Aspectos ecológicos de *Taxus globosa* Schlecht. en las Mesas de San Isidro, municipio de Río Verde, San Luis Potosí. *Biotam* 11:11-18.
- Gazol, A. e Ibáñez, R. 2010. Scale-specific determinants of a mixed beech and oak seedling-sapling bank under different environmental and biotic conditions. *Plant Ecology* 211:37-48.
- González-Espinosa, M., Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Manríquez, G. y Newton, A. C. (Eds.). 2011. The Red List of Mexican Cloud Forest Trees. *Fauna & Flora International*, Cambridge, Reino Unido.
- González-Rodríguez, V., Villar, R., Casado, R., Suárez-Bonnet, E., Quero, J. L. y Navarro-Cerrillo, R. M. 2011. Spatio-temporal heterogeneity effects on seedling growth and establishment in four *Quercus* species. *Annals of Forest Science* 68:1217-1232.
- Hutchinson, G. E. 1958. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium of Quantitative Biology* 22:415-427.
- Loiselle, B. A., Jorgensen, P. M., Consiglio, T., Jiménez, I., Blake, J. G., Lohmann, L. G. y Montiel, O. M. 2008. Predicting species distributions from herbarium collections: does climate bias in collection sampling influence model outcomes? *Journal of Biogeography* 35:105-116.
- Lyons, K. G., Brigham, C. A., Traut, B. H. y Schwartz, M. W. 2005. Rare species and ecosystem functioning. *Conservation Biology* 19:1019-1024.
- Maestre, F. T. y Cortina, J. 2002. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. *Plant and Soil* 241:279-291.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. USA, John Wiley & Sons. Pp 547.
- Muñoz-Gutiérrez, L., Vargas-Hernández, J., López-Upton, J. y Soto-Hernández, M. 2009. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. *New Forests* 38:187-196.
- SADIE. 2001. Spatial Association using Distance Indices. SADIESHELL v.1.22. www.rothamsted.ac.uk/pie/sadie

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Nación.
- Shemluck, M. J., Estrada, E., Nicholson, R. y Brobst, S. W. 2003. A preliminary study of the taxane chemistry and natural history of the mexican yew, *Taxus globosa* Schlecht. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72:119-127.
- Silvertown, J. 2004. Plant coexistence and the niche. Trends in Ecology and Evolution 19:605-611.
- Whittaker, R. H., Levin, S. A. y Root, R. B. 1973. Niche, habitat, and ecotone. The American Naturalist 107:321-338.
- Zamudio-Ruiz, S. 1992. Familia Taxaceae. En: Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 9. 7 p.
- Zavala-Chávez, F., Soto-Hernández, M. y Rodríguez-González, M. T. 2001. El Romerillo (*Taxus globosa* Schltdl.): Biología, dificultades y perspectivas de su uso. Revista Chapingo Serie Horticultura 7:77-94.
- Zavala-Chávez, F. 2001. Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schlecht. en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. I: Población de adultos y algunas características del hábitat. Ciencia Ergo Sum 8:169-174.
- Zavala-Chávez, F. 2002. Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schlecht. en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. II: Población de juveniles y algunos datos de semillas. Ciencia Ergo Sum 8:169-174.