



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**PROPUESTA DE REINTRODUCCIÓN DE LA RANA
DE ROCA *Dryophytes arenicolor* EN REPSA BAJO UN
ENFOQUE ECOFISIOLÓGICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

LUIS ENRIQUE LOZANO AGUILAR

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz



LOS REYES IZTACALA EDO. MEX. 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

Quiero dedicar este escrito a todas las personas que han contribuido a mi formación, maestros y camaradas que siempre con su ejemplo o falta de él, me han inspirado en volverme el hombre que el día de hoy soy.

Sobre todo a mi familia y a mis amigos, en especial a mi madre; Quien siempre ha creído en mí y en mis sueños y siempre me ha dado todo el amor, apoyo y comprensión necesaria para poder concluir esta etapa tan importante de mi vida, mi educación, la cual es el más grande legado que se puede obtener.

ÍNDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCION.....	6
Objetivo principal.....	8
Objetivos particulares.....	8
ÁREAS DE ESTUDIO.....	8
MATERIALES Y MÉTODO.....	11
A. Caracterización de las localidades de estudio.....	12
B. Obtención de datos ecofisiológicos.....	13
Colecta de ejemplares.....	13
Temperaturas preferidas.....	14
Límites térmicos críticos.....	15
Preferencia hídrica, tasa de hidratación, desecación y rehidratación.....	16
Curvas de desempeño.....	17
C. Modelo de susceptibilidad.....	17
Modelo eco geográfico con Mapinguari.....	17
RESULTADOS.....	18
A. Caracterización de las localidades de estudio.....	18
Pérdida y ganancia hídrica registrada en los modelos de Agar.....	18
Temperaturas operativas registradas.....	22
Temperatura ambiental de los 3 sitios de estudio.....	25

Humedad relativa de los 3 sitios.	26
B. Obtención de datos ecofisiológicos de los organismos colectados.	27
Ganancia térmica.	27
Preferencias y límites térmicos.	28
Preferencia Hídrica, tasa de hidratación, deshidratación y rehidratación.....	29
Curvas de desempeño.	30
Curvas de desempeño con el mejor modelo GAMM de BIC.	31
C. Modelo de susceptibilidad.	34
Modelo eco geográfico con Mappinguari.	34
Panorama actual de <i>Dryophytes arenicolor</i> en toda su distribución.	34
Panorama actual y futuro de <i>Dryophytes arenicolor</i> en REPSA y Jilotepec.	36
DISCUSIÓN.....	38
Caracterización de los lugares de estudio.....	38
Obtención de datos eco fisiológicos.	39
Ecología térmica.	39
Ecología hídrica.	40
Desempeño.	41
Modelo de susceptibilidad.	42
Conclusiones.	43
Panorama futuro.	43
LITERATURA CITADA.....	44

Índice de Figuras.

Figura 1. I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de <i>Dryophytes arenicolor</i>	9
Figura 2. II. Reserva del pedregal de San Ángel (REPSA); Localidad con dos sitios potenciales para la reintroducción de <i>Dryophytes arenicolor</i> . Sitio Potencial A (Cantera Oriente) y Sitio potencial B (Jardín Botánico).	11
Figura 3. Modelos de Agar con I Buttons en su interior, hechos en moldes de yeso de dentista.	12
Figura 4. A Uso de Modelos de Agar equipados con I Buttons Y B hobbo Data Loggers para la caracterización hídrica y térmica de los lugares de estudio.	13
Figura 5. Colecta de ejemplares en la localidad del Bordo de la Tinaja y mantenimiento en recipientes plásticos de un litro.	14
Figura 6. Gradiente térmico con sustrato húmedo, fuentes térmicas y un enmallado.	15
Figura 7. Obtención de las temperaturas críticas por medio del incremento o decremento de la temperatura con el uso de bolsas ziploc® y una cámara térmica.	16

Figura 8. Cámaras de Hidratación y cuantificación de la ganancia hídrica.....	17
Figura 9. Modelo eco geográfico GAM para el presente en un panorama RCP85, de <i>D. arenicolor</i> , a lo largo de toda su distribución.	35
Figura 10. Modelo eco geográfico GAM para el presente en un panorama RCP85, de <i>D. arenicolor</i> , a lo largo de la región centro de México. A= REPSA C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec).	36
Figura 11. Modelo eco geográfico GAM 2050 en un panorama RCP85, de <i>D. arenicolor</i> , a lo largo de la región centro de México. A= (REPSA) C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec).....	37
Figura 12. Modelo eco geográfico GAM 2070 en un panorama RCP85, de <i>D. arenicolor</i> , a lo largo de la región centro de México. . A= (REPSA) C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec).	37

Índice de Tablas.

Tabla 1. Temperaturas seleccionadas y temperaturas críticas de <i>D.arenicolor</i>	28
---	----

Índice de Graficas.

Grafica 1. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas del Bordo de La Tinaja. Población actual de <i>Dryophytes arenicolor</i> . La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.....	19
Grafica 2. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas de la Cantera Oriente de REPSA. Sitio potencial A, para reintroducción de <i>Dryophytes arenicolor</i> . La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.	20
Grafica 3. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas del Jardín Botánico de REPSA. Sitio potencial B, para reintroducción de <i>Dryophytes arenicolor</i> . La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.	21
Grafica 4. Temperaturas operativas registradas, por los modelos de agar con i button® integrado, en microclimas del bordo de la tinaja. El símbolo “*” muestra diferencias con respecto a los otros microclimas. Población actual de <i>dryophytes arenicolor</i> . Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mayor actividad observada en campo.....	22
Grafica 5. Temperaturas operativas registradas, en los modelos de agar con I Button integrado, en microclimas de la Cantera Oriente de REPSA. Sitio potencial A, para reintroducción de <i>Dryophytes arenicolor</i> . Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mayor actividad observada en campo.	23
Grafica 6. Temperaturas operativas registradas, en los modelos de agar con i button integrado, en microclimas del jardín botánico de REPSA, * muestra diferencias con respecto a los otros microclimas. Sitio potencial b, para reintroducción de <i>dryophytes arenicolor</i> . Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mayor actividad observada en campo.	24
Grafica 7. Temperaturas ambientales promedio de los 4 microclimas evaluados, en los 3 sitios de estudio.	25
Grafica 8. Humedad relativa promedio de los cuatro microclimas evaluados, en las localidades de estudio.	26
Grafica 9. Relación entre las temperaturas corporales de <i>dryophytes arenicolor</i> y las temperaturas del sustrato, r^2 muestra la bondad del ajuste.	27

Grafica 10. Niveles de hidratación promedio de los ejemplares antes de hidratarse, al hidratarse, deshidratarse y rehidratarse nuevamente.	29
Grafica 11. Curvas de desempeño a diferentes niveles de humedad con 5 temperaturas operativas y 2 temperaturas críticas.	31
Grafica 12. Curva de desempeño multidimensional con relación entre talla, desempeño y temperatura.	32
Grafica 13. Curva de desempeño multidimensional con relación entre talla, desempeño y temperatura. ...	33

RESUMEN

Los anfibios son altamente vulnerables al cambio climático acelerado. *Dryophytes arenicolor* es un anuro de amplia distribución, habita desde las Montañas Rocosas de la meseta de Estados Unidos, pasando por el Altiplano de México, hasta Oaxaca. Sin embargo, existen alteraciones en su hábitat y algunas poblaciones han sido extirpadas, como es el caso de la Reserva del Pedregal de San Angel (REPSA), Ciudad de México. Por lo tanto el objetivo principal de este trabajo fue; Analizar eco geográficamente por medio de un modelo *mecanicista* y correlativo de riesgo de extinción (Mapinguari) la posible reintroducción de *Dryophytes arenicolor* en REPSA. Mapinguari se basa en las horas de restricción (Sinervo et al. 2010). Para llevar a cabo dicho modelo se evaluó la ecología térmica e hídrica de esta especie, utilizando datos de organismos vivos en campo y laboratorio y de modelos de agar previamente calibrados y equipados con registradores de temperatura, los cuales emulaban la temperatura y la pérdida hídrica de los organismos en campo. Las temperaturas ambientales estuvieron entre 10 y 26.5 °C; Las temperaturas operativas de los modelos de agar se registraron entre 9.75 y 33.5 °C. La humedad relativa en campo estuvo entre 38.69 % y 96.96%; La pérdida hídrica de los modelos de Agar en campo, fue desde 0 % hasta 80%. El nivel de hidratación preferencial obtenido de organismos vivos fue 87%, su tasa de deshidratación fue de 6% por hora, rehidratándose 100% en 4 minutos. La temperatura crítica mínima y máxima fue de 5.95 y 37.3 °C respectivamente, mientras que la seleccionada fue de 26.25 °C. De acuerdo con la proyección de riesgo de extinción, *D.arenicolor* será más vulnerable a menores elevaciones, por lo que zonas medianamente elevadas, como la REPSA, son adecuadas, tanto térmica como hídricamente para esta especie y una reintroducción en REPSA podría ser factible.

INTRODUCCION.

La reintroducción de especies es la acción de liberar organismos que fueron reproducidos en cautividad, translocados o una combinación de ambas, en zonas donde su especie fue extirpada. Cuando son liberados en una zona con una población ya existente se le conoce como una repatriación. Podemos definir a la translocación como la acción de llevar un organismo o una población de un lugar a otro, sin tomar en cuenta si es o no su distribución actual o histórica. Porque si hablamos de un traslado en las inmediaciones del punto de origen, se habla de una reubicación, que suele ser utilizada en casos de devastación del hábitat por el desarrollo humano. La reintroducción de especies es una herramienta de la conservación que tiene como objetivo establecer una población viable en una zona geográfica determinada, es una estrategia de conservación que puede ser reforzada por proyectos de repatriación, reubicación o translocación, proyectos conocidos como RRT, que por separado cumplen con objetivos específicos, pero en conjunto podrían reforzar la reintroducción de especies (Kenneth-Dodd y Seigel. 1991; Griffiths y Pavajeau. 2008; Germano y Bishop. 2009).

Si hablamos de reintroducir organismos debemos de preguntarnos ¿Qué tipo de organismos deben ser reintroducidos y en dónde? Respecto a que organismos valdría la pena reintroducir, sería referirnos a que organismos están más amenazados y tendrían una mayor probabilidad de tener una reintroducción exitosa. Los anfibios cumplen con ambos criterios para ser considerados en proyectos de reintroducción. Son el grupo de vertebrados que está más amenazado en el mundo. Muchas de sus amenazas son reversibles y otras irreversibles. Y son sus mismas adaptaciones, que los han hecho organismos exitosos durante millones de años, las que, en la actualidad, los hacen más vulnerables (Bosch. 2003). Dentro de estas adaptaciones encontramos que presentan respiración pulmocutánea y huevos anamniotas, dos características que los vuelven organismos dependientes del agua y al ser organismos ectotermos son altamente dependientes a la temperatura ambiental, para activar su metabolismo. Y en cuanto a sus probabilidades de adaptarse al sitio de reintroducción se han tenido varios casos exitosos que se atribuyen a su alta fertilidad, rasgos fisiológicos y conductuales que, a diferencia de animales más sociales como aves y mamíferos, los tienen genéticamente, bien marcados (Urbina y Pérez. 2002; Griffiths y Pavajeau. 2008).

Hay una serie de factores que influyen en determinar cuál es el lugar indicado para reintroducir anfibios y algunos de ellos son la colecta de datos de la calidad del hábitat y los requerimientos fisiológicos de la especie, los cuales son de vital importancia y son evaluados por la ecofisiología, una rama de la Biología que

estudia las interacciones del ambiente con la fisiología de los organismos. Dentro de algunos antecedentes sobre estudios ecofisiológicos realizados en anfibios, se menciona el estrés hídrico y la radiación UV como posible causa de mutaciones (Frias et al. 2005), los límites máximos alcanzados en porcentajes de desecación de 40% o 50% y algunos límites térmicos críticos (Romero-Barreto. 2013).

Los anfibios pueden encontrarse en casi todo el mundo a excepción de las zonas más septentrionales y australes del planeta y algunos ecosistemas insulares. En el caso de México, nuestro país, estamos posicionados en el 5^{to} lugar de diversidad de anfibios con 376 especies (**Parra-Olea et al.2014**). Tenemos muchos endemismos y al ser un país en vías de desarrollo **aun** no llegamos a un balance entre el desarrollo económico y la conservación de especies, a pesar de tener una alta biodiversidad tenemos casos de extirpación y uno de ellos es en la Reserva del Pedregal de San Angel (REPSA) con *Dryophytes arenicolor*.

Dryophytes arenicolor es un anuro con una distribución amplia que va desde las áreas rocosas de la meseta de Estados Unidos, pasando por el altiplano de México hasta el sur en Oaxaca. Habita en zonas templadas y áridas, en bosques de pino, pino-encino y matorral espinoso. Desde los 910 hasta los 2900 msnm. En las noches cálidas se les encuentra cerca de las orillas del agua, pero durante el día o durante los períodos secos, se refugian en las grietas de las rocas o árboles. Al anochecer bajan de su sitio de percha diurno y se dirigen hacia el agua para alimentarse o reproducirse. A menudo vuelven al mismo sitio de percha diurno durante varios días seguidos.

Su reproducción está ligada al inicio de las lluvias. Sus cantos los realizan principalmente por la noche o en el día después de una tormenta, sus nidadas son de 100 o más huevos y pueden flotar libremente o adherirse a la vegetación, eclosionan en menos de 2 semanas y metamorfosean en un lapso de 45 a 75 días.

Las ranas adultas de *D. arenicolor* varían de 32 a 57 mm en Longitud hocico Cloaca (SVL) y los machos adultos tienen un parche oscuro en la garganta. Es una rana resistente a la desecación por su piel rugosa, sus membranas interdigitales están bien desarrolladas, pero no se extienden al quinto dedo de la pata trasera. Las almohadillas para los dedos de los pies están considerablemente agrandadas. Carece de una franja oscura a través del ojo y el color de su dorso es gris, canela o aceituna típicamente con manchas verdes o grises, pero a veces carecen de manchas. Ventralmente tienen color amarillo o naranja en la ingle y la parte interna de los muslos. Su coloración ayuda en su capacidad de camuflaje. Cuando se expone al sol, la coloración dorsal pasa de ser normalmente oscura a gris claro. Respecto a los renacuajos; Suelen tener parches y manchas oscuras, y se vuelven moteados con coloración dorada o bronce a medida que maduran. Crecen cerca de 1.5 pulgadas antes de la metamorfosis (Degenhardt et. al. 2005; Lannoo. 2005; Phillips et. al 2015).

Y desde hace más de 44 años no se han visto ejemplares de *Dryophytes arenicolor* en la REPSA por ningún otro estudio (Sánchez-Herrera. 1980; Méndez de la Cruz et al. 2009).

Las razones del porqué *Dryophytes arenicolor* ya no se le encuentra más dentro de REPSA son inciertas y es necesario determinar qué tan adecuada es la REPSA para albergar una población de *D. arenicolor*. Un proyecto de reintroducción de anfibios ayudaría a entender de qué manera podemos caracterizar la calidad ambiental de posibles lugares de reintroducción de especies de anuros, así como entender una parte de las interacciones con su ambiente, con respecto a los factores que tienen una mayor repercusión sobre su sobrevivencia como lo son la humedad y la temperatura. La reintroducción benigna de *D. arenicolor* en un hábitat eco-geográficamente apropiado para su subsistencia, permitiría una ampliación de su distribución y recuperaría parte de la biodiversidad pérdida en la región.

OBJETIVO PRINCIPAL.

Analizar eco geográficamente por medio de un modelo *mecanicista* y correlativo de riesgo de extinción (Mapinguari) la posible reintroducción de *Dryophytes arenicolor* en REPSA.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Conocer los requerimientos y parámetros térmicos e hídricos de una población de *D. arenicolor*.

Calcular la tasa de deshidratación y rehidratación de *D. arenicolor* bajo efectos de una baja Humedad relativa.

Cuantificar la capacidad locomotora de *D. arenicolor* bajo efectos de diferentes niveles de temperatura corporal y niveles de hidratación.

ÁREAS DE ESTUDIO.

I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxtoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de *Dryophytes arenicolor*.

El Bordo de La Tinaja se encuentra en las cercanías del pueblo de Santiago Oxthoc dentro del municipio de Jilotepec, es parte del arroyo de piedras negras. Se ubica en las coordenadas Lat. 20°07'29.9"N Long. 99°32'13"O. Presenta dos unidades climáticas C(w2)(w) y C(w1)(w) correspondientes a clima templado sub húmedo, con lluvias en Verano. Tiene una temperatura media anual de 14°C y una precipitación pluvial media anual entre 700 y 800 milímetros.

La localidad se encuentra a 2400 metros sobre el nivel del mar. El tipo de roca presente es roca ígnea intrusiva del cenozoico, tiene como tipos de suelo Vertisol, Pelico, Feozem y Háplico. La localidad pertenece a la provincia Fisiográfica del Eje Neovolcanico, esta en la subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y su sistema de topofomas corresponde a Lomerío de Basalto.

La vegetación correspondiente está clasificada como agricultura de temporal anual (INEGI).

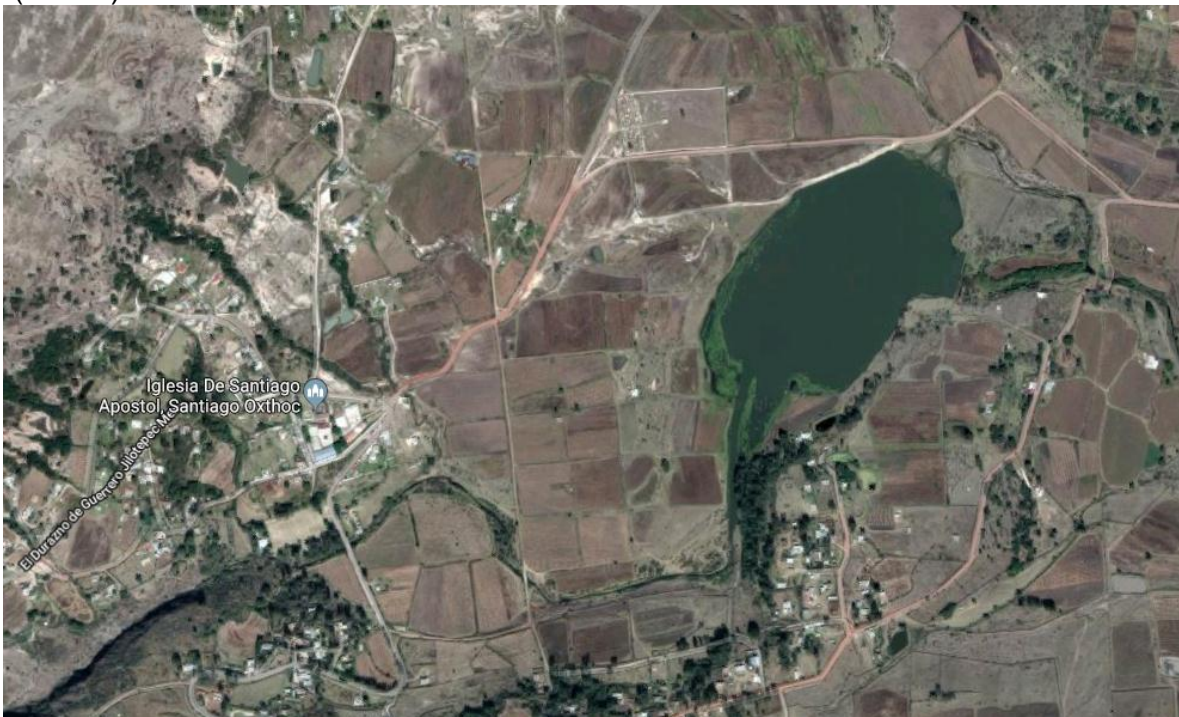


Figura 1. I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de *Dryophytes arenicolor*.

II. Reserva del pedregal de San Ángel (REPSA); Localidad con dos sitios potenciales para la reintroducción de *Dryophytes arenicolor*.

La reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se encuentra al sur del área metropolitana de la Ciudad de México, se caracteriza por presentar una base de roca basáltica producto de la erupción del volcán Xitle hace aproximadamente

2.300 años (Siebe. 2009). La REPSA cuenta con una extensión de 2.37 Km² la cual protege la porción remanente más importante del ecosistema del valle de México, mostrando así una pérdida gradual de la biodiversidad regional a causa de la explosión demográfica en la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En la REPSA prevalece un clima templado subhúmedo con lluvias en verano [Cb(w1)w]. La época lluviosa es de junio a octubre y la época seca es de noviembre a mayo. Se localiza entre las isotermas de 15.3 °C y 15.6 °C y se localiza entre las isoyetas de 814.7 mm y 952.7 mm de precipitación anual (Lot A. y Z. Cano-Santana. 2009).

Existen dos sitios potenciales que se encuentran dentro de la REPSA que son de interés para el estudio. Cantera Oriente; Sitio potencial A y el Jardín Botánico; Sitio potencial B. Ambos sitios presentan rocas ígneas del cenozoico, presentan como unidad climática C (w1) (w) correspondiente al clima templado sub húmedo con lluvias en verano. Tienen en común el tipo de suelo Feozem y haplico. Pertenecen a la provincia Fisiográfica del Eje Neovolcanico, subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac y pertenecen a un sistema de topofomas de Llanura (INEGI). Son sitios parecidos salvo algunas diferencias:

Sitio potencial A (Cantera Oriente).

La Cantera Oriente se localiza en las coordenadas: 19°18'53"N 99°10'17"O y tiene una altitud desde los 2,254 a los 2,292 metros sobre el nivel del mar. La Cantera Oriente es un lugar donde se hacia la extracción de roca volcánica, han quedado descubiertos cuerpos de agua del manto freático. Y el daño a la vegetación fue irreversible, por lo cual la vegetación que se encuentra actualmente corresponde a unidades paisajísticas como son; Paisaje lacustre y de humedales, paisajes de jardines y paisajes de bosques y arbustos (Ortiz-Pérez et al.2007).

Sitio potencial B (Jardín Botánico).

El Jardín Botánico es un sitio más parecido al ambiente natural del Pedregal de San Ángel, en donde existen unas pozas artificiales. Por otro lado, el Jardín Botánico se encuentra en las coordenadas 19°18'44" N 99° 11'46" O y con una altura desde los 2,270 a 2,349 msnm. Su tipo de vegetación es de matorral sarcocaula que se caracteriza por ser un matorral Xerófilo con dominancia de arbustos de tallos carnosos, algunos de corteza papirácea (INEGI).



Figura 2. II. Reserva del pedregal de San Ángel (REPSA); Localidad con dos sitios potenciales para la reintroducción de *Dryophytes arenicolor*. Sitio Potencial A (Cantera Oriente) y Sitio potencial B (Jardín Botánico).

MATERIALES Y MÉTODO.

Para abordar la propuesta de reintroducción de *D. arenicolor* en REPSA con un enfoque ecofisiológico, se realizó la metodología en 3 fases principales que son:

A. Caracterización mediante obtención de datos de ejemplares y modelos respecto a la calidad térmica e hídrica que ofrece la localidad donde ocurre la especie actualmente (**Jilotepec, Santiago Oxthoc, Bordo de La Tinaja**) y caracterización mediante modelos de la calidad térmica e hídrica en los sitios potenciales para la reintroducción en REPSA (Cantera Oriente y El Jardín Botánico).

B. Obtención de datos ecofisiológicos, que respondan la manera en que *D. arenicolor* interactúa con su ambiente de manera térmica e hídrica en los tres sitios.

C. Modelo de susceptibilidad que muestre las zonas ecogeográficas que aún son apropiadas en el presente y sigan siéndolo en panoramas futuros a pesar de cambios ambientales generados por el cambio climático.

A. CARACTERIZACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO.

Las localidades de estudio fueron caracterizadas por modelos de Agar, que midieron parámetros térmicos e hídricos vitales para la especie (temperaturas operativas y pérdida hídrica) (Navas y Cybele. 2000; Tracy et al.2007). Los modelos fueron hechos de agar granulado (BP-1423-500 de Molecular Genetics). Y fueron calibrados previamente en un estudio realizado por (Arias-Balderas y Méndez-de la Cruz. 2017) a una concentración de 6.8 g /100 ml, con el objetivo de asegurar que el modelo emule en términos biofísicos la ganancia o pérdida hídrica y térmica de la especie de estudio. Para los modelos de agar utilizados en cuantificar las temperaturas operativas (T_o), fueron elaborados con, Ibuttons[®] en su interior (Fig.1). Los Ibuttons[®] se envolvieron en papel parafilm, por no ser equipo impermeable, y fueron programados para tomar la temperatura cada 15 minutos. En el caso de la cuantificación de la pérdida o ganancia hídrica de los modelos, fueron pesados por una balanza electrónica CAMRY de 0.01g a 100g modelo EHA60 cada 4 horas durante 24 horas. El criterio que se usó para determinar en campo donde fueron colocados los modelos, fue un sistema binomial que se basó en características de presencia o ausencia de humedad y si es un lugar expuesto o cubierto y que en adelante denominaremos microclimas (**MC**) y que fueron a) húmedo/soleado, b) no húmedo/soleado, c) no húmedo/sombreado y d) húmedo/sombreado. Los modelos que perdían más del 20 % de su peso fueron reemplazados por otros similares con 0 % de pérdida para obtener datos durante las 24 horas.

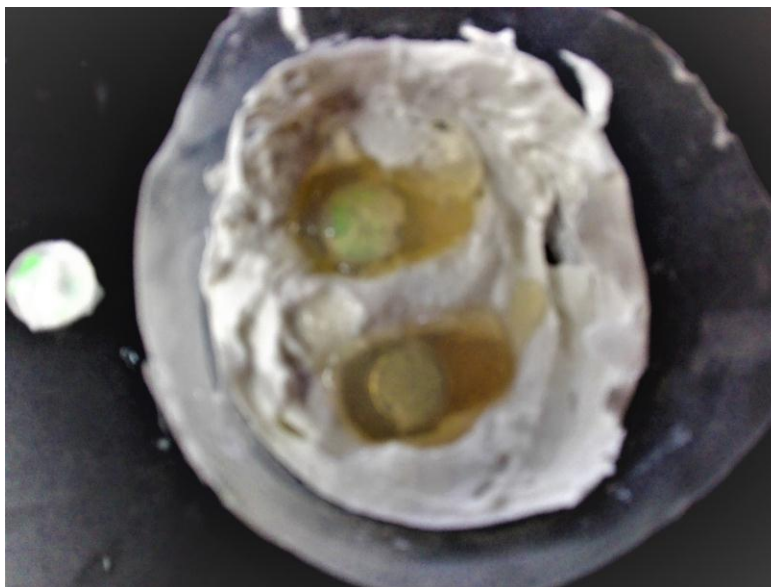


Figura 3. Modelos de Agar con I Buttons en su interior, hechos en moldes de yeso de dentista.

Los modelos fueron expuestos en el mes de julio 2016 para registrar todas las temperaturas operativas, ganancias y pérdidas hídricas en un lapso de 24 horas dentro de la Cantera Oriente de ciudad universitaria, en el Jardín Botánico de Ciudad Universitaria (REPSA) y en el Bordo de La Tinaja, ubicado en Santiago Oxtoc, Jilotepec.

Para caracterizar los lugares de estudio, se utilizaron Hobbo dataloggers® (Fig.2B) posicionados como estación meteorológica en el caso de REPSA y se consultó datos de la estación meteorológica Toluca/José y María (Lat. 19.350 Long. - 99.583, 2576msnm) en Jilotepec, para obtener la humedad relativa y la temperatura del aire registradas durante todo el periodo en el que los modelos de agar fueron desplegados.



Figura 4. A Uso de Modelos de Agar equipados con I Buttons Y B hobbo Data Loggers para la caracterización hídrica y térmica de los lugares de estudio.

B. OBTENCIÓN DE DATOS ECOFISIOLÓGICOS.

COLECTA DE EJEMPLARES.

Se colectaron ejemplares vivos en la localidad del Bordo de La Tinaja, Santiago Oxtoc (Jilotepec), Estado de México, con el fin de usarlos para realizar pruebas de desempeño, pruebas de tasa de desecación, temperaturas preferidas (T_p) promedio con sus intercuartiles y límites críticos máximos (CT_{max}) y mínimos (CT_{min}). Al momento de coleccionar los ejemplares se tomó la temperatura corporal (T_b) la temperatura del sustrato y la temperatura del aire, con el uso de un termómetro digital. En el caso de la temperatura del aire fue tomada a una altura

de 5 cm sobre el sustrato donde se encontraba el organismo procurando cubrir la termocoupla de la radiación solar directa.

Se colectaron 7 ejemplares en Junio, 9 ejemplares en Noviembre del 2016 y se colectaron 16 ejemplares en Junio del 2017 con el objetivo de realizar una prueba distinta con cada colecta y **así**, evitar el efecto de la aclimatación en los ejemplares.

Todos los ejemplares se mantuvieron en recipientes plásticos de un litro con un sustrato húmedo al 100% y una alimentación con grillos cada 3 días, luz natural y una temperatura promedio de **23 °C**. Las pruebas se realizaban con 24 horas de ayuno y con la vejiga previamente vaciada por medio de la manipulación. Los organismos colectados no se mantuvieron durante más de 2 semanas en cautiverio.



Figura 5. Colecta de ejemplares en la localidad del Bordo de la Tinaja y mantenimiento en recipientes plásticos de un litro.

TEMPERATURAS PREFERIDAS.

Para el caso de las temperaturas preferidas se construyó un gradiente térmico en una bañera plástica con capacidad de 350 litros. Con un intervalo de temperaturas a lo largo y alto, desde los 15 °C hasta los 50 °C. La tina contenía tierra de pino y encino, previamente esterilizada en un horno de microondas durante 4 minutos, con 100% de humedad, bolsas con hielo cubiertas por el sustrato en un extremo y focos de 65 watts en el otro.

Todo el gradiente fue recubierto por una tela enmallada para evitar que los organismos escaparan.



Figura 6. Gradiente térmico con sustrato húmedo, fuentes térmicas y un enmallado.

LÍMITES TÉRMICOS CRÍTICOS.

Para la obtención de la CT_{min} se utilizó una cámara térmica de unicel de 50 cm de largo por 30 cm de ancho por 15 cm de altura con hielo en su interior, con el fin de disminuir la temperatura de los organismos de manera progresiva.

Para el caso de CT_{max} se utilizó la misma cámara térmica que se utilizó para la CT_{min} pero con agua caliente, calentada previamente en un horno de microondas hasta alcanzar unos $50^{\circ}C$ aproximadamente y se procedió al incremento de temperatura en los organismos por medio del vapor de agua.

En ambos casos los organismos fueron previamente colocados en el interior de bolsas plásticas Ziploc® y fueron expuestos a la fuente de frío o calor en el interior de las cámaras térmicas. Las temperaturas corporales fueron registradas por medio de un termómetro digital Fluke® en intervalos de 30 o 60 segundos aproximadamente, según la velocidad de ganancia o pérdida térmica de cada organismo.

El criterio que se tomó para determinar cuáles eran las temperaturas críticas fue la incapacidad locomotora de poderse reincorporar, una vez que se le volteaba de espaldas o que sus apéndices posteriores permanecieran extendidos.



Figura 7. Obtención de las temperaturas críticas por medio del incremento o decremento de la temperatura con el uso de bolsas ziploc® y una cámara térmica.

PREFERENCIA HÍDRICA, TASA DE HIDRATACIÓN, DESECACIÓN Y REHIDRATACIÓN.

Se tomó como valor de preferencia hídrica al peso promedio inicial de los organismos antes de colocarlos en cámaras de hidratación. Todos los organismos antes de las pruebas fueron hidratados durante 1 hora y posteriormente fueron pesados para considerar el valor obtenido, como el nivel de hidratación de 100%.

Una vez concluido el periodo de hidratación se colocaron los organismos en una cámara de desecación que recibía un flujo continuo de aire, proporcionado por una bomba de aire que pasaba por filtros de Cloruro de Calcio y Sulfato de Calcio. En donde el flujo de aire continuaba por un tubo de cobre con la finalidad de estabilizar la temperatura del aire. Una vez pasada una hora en las cámaras de desecación, las ranas se pesaron en una balanza analítica y se rehidrataron en cámaras con paños húmedos y se monitoreo la ganancia hídrica cada 2 minutos durante 6 mediciones. (Gans et al.1968).



Figura 8. Cámaras de Hidratación y cuantificación de la ganancia hídrica.

CURVAS DE DESEMPEÑO.

Se generaron curvas de desempeño registrando la carrera corta a toda velocidad o “sprint” del salto inicial más largo en 3 repeticiones. Se utilizaron tratamientos agudos de temperaturas dentro de sus límites fisiológicos de CTmin, CTmax y bajo diferentes niveles de hidratación de 100%,90% y 80%. De un total de n=16 se generaron 2 grupos de 5 individuos y uno de 6 de la manera más homogénea posible con respecto a sus tallas. A cada uno de los grupos se les sometió a diferentes niveles de hidratación y se les hicieron las pruebas a 14 °C, 18 °C, 22 °C, 26 °C y 30 °C por individuo.

Se graficaron los resultados obtenidos de las tres curvas de desempeño correspondientes a 100%, 90% y 80% y se generaron dos graficas multidimensionales por medio de Mapinguari en un análisis de no homogeneidad de varianzas, bajo el criterio del mejor modelo GAMM en BIC.

C. MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD.

MODELO ECO GEOGRÁFICO CON MAPINGUARI.

Mapinguari (Caetano et al.2017).Es un programa basado en Biomod, que utiliza **datos geográficos** de la plataforma en línea de WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) y modela gráficamente de forma georreferenciada con comandos en R. “Mapinguari es un paquete para el programa R destinado a proporcionar herramientas para facilitar la incorporación de procesos biológicos en análisis biogeográficos. Ofrece ajustar, comparar y extrapolar modelos de

procesos biológicos como fisiología, fenología, adaptación, interacciones interespecíficas, demografía y dispersión. Estas extrapolaciones espaciales pueden ser informativas por sí mismas, pero también complementan los métodos correlativos de modelo de áreas de distribución (SDM) tradicionales, mediante la mezcla de predictores ambientales, basados en procesos biológicos”.

Con los datos fisiológicos obtenidos, se pueden calcular las horas de restricción para una especie, presentes en zonas geográficas específicas, que se traduce en una mayor probabilidad de extinción a mayor número de horas de restricción. (Sinervo et al. 2010).

Con base en la distribución obtenida de los datos de GBIF (<https://www.gbif.org/>) en los registros de los últimos 50 años de la especie y junto con capas fisiológicas generadas a partir de las temperaturas preferidas, pérdida evaporativa de agua en los modelos de agar y desempeño locomotor. Se obtuvo una proyección en el panorama presente, a lo largo de toda la distribución conocida, del modelo eco geográfico de la especie.

Las zonas de interés para este estudio se encuentran en la región centro del país por lo cual para el panorama futuro se modelaron tres mapas más con las capas fisiológicas de temperaturas seleccionadas y precipitación que posteriormente se recortaron en la región central.

RESULTADOS.

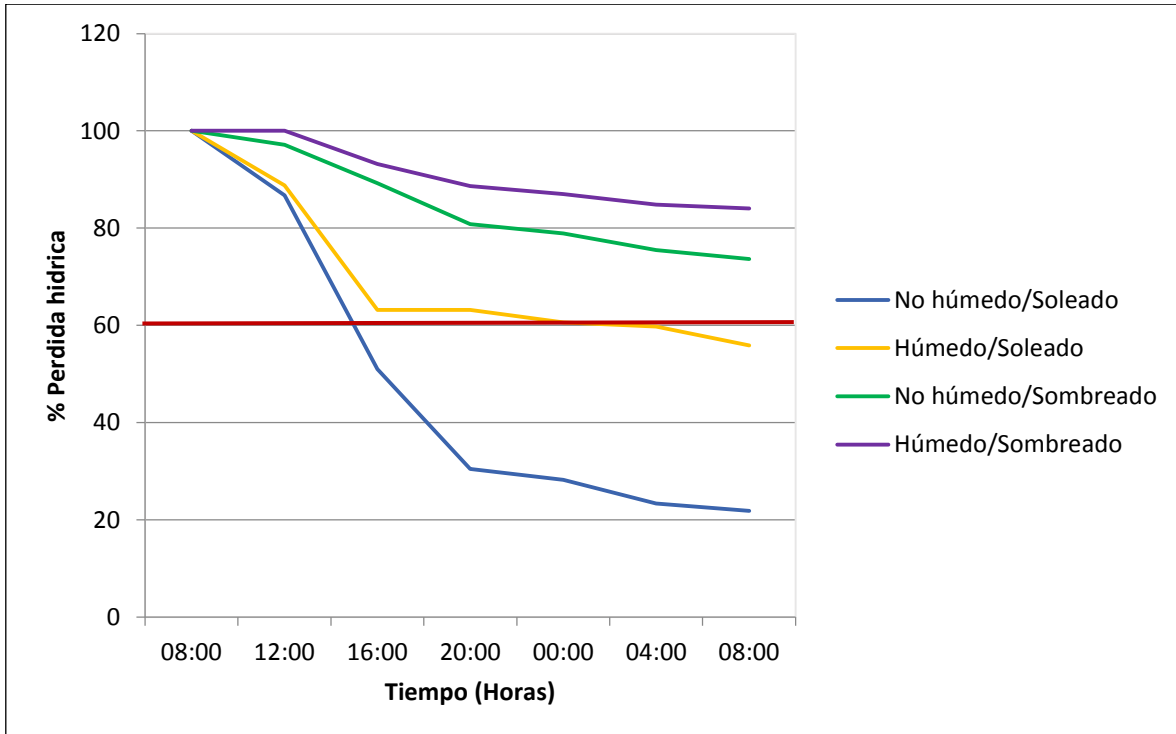
A. CARACTERIZACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO.

PÉRDIDA Y GANANCIA HÍDRICA REGISTRADA EN LOS MODELOS DE AGAR.

I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxtoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de *Dryophytes arenicolor*.

En el caso del Bordo de La Tinaja la localidad en donde se encuentra una población de *Dryophytes arenicolor* se registró por los modelos una pérdida hídrica

máxima del 79% correspondiente al microclima (MC); No húmedo/Soleado, seguido por Húmedo/Soleado con 45%, No húmedo/Sombreado con 27% y la mínima registrada correspondiente a Húmedo/Sombreado con 16%.

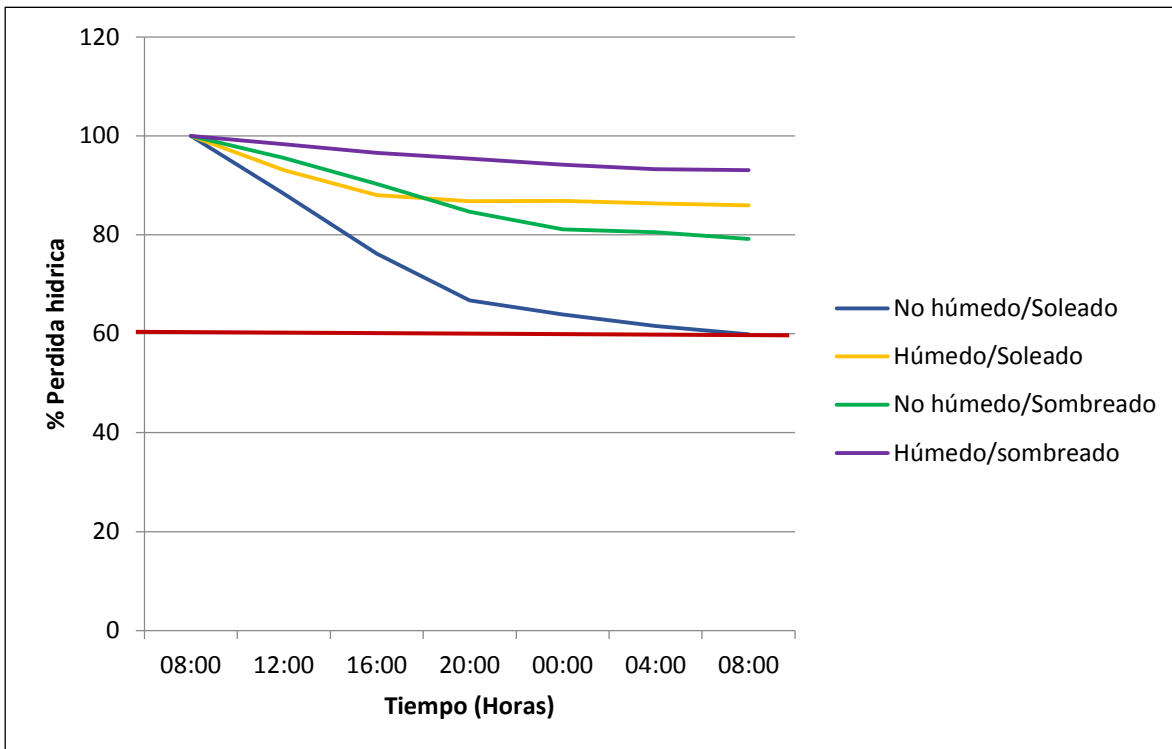


Grafica 1. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas del Bordo de La Tinaja. Población actual de *Dryophytes arenicolor*. La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.

II. Reserva del pedregal de San Ángel (REPSA); Localidad con dos sitios potenciales para la reintroducción de *Dryophytes arenicolor*.

Cantera Oriente (REPSA). Sitio potencial A para reintroducir a *Dryophytes arenicolor*.

A lo largo de 24 horas dentro de la Cantera Oriente. La pérdida hídrica máxima registrada en los modelos de Agar, fue en el MC No húmedo/Soleado con un valor de 41 %. Mientras que en MC Húmedo/Sombreado se registró la pérdida hídrica mínima con un valor del 7%. En MC Húmedo/Soleado fue del 14% y en No húmedo/Sombreado 21%.



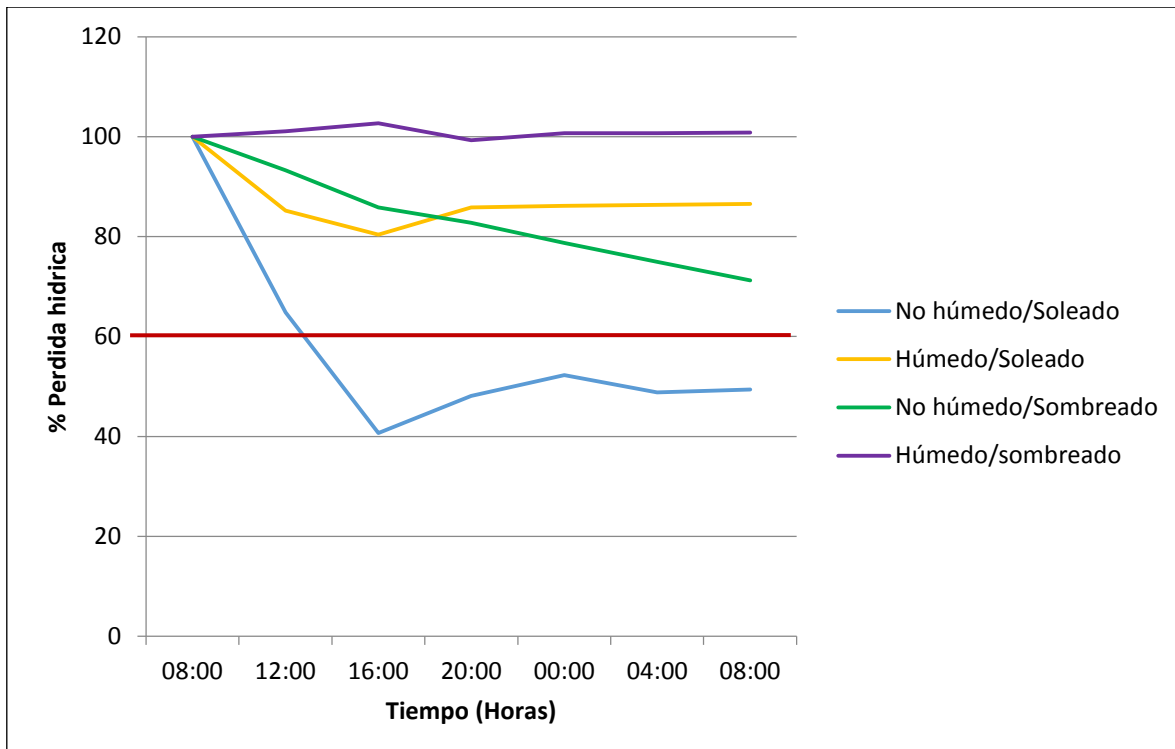
Grafica 2. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas de la Cantera Oriente de REPSA. Sitio potencial A, para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*. La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.

Jardín Botánico (REPSA). Sitio potencial B para reintroducir a *Dryophytes arenicolor*.

La pérdida hídrica mínima registrada dentro del Jardín Botánico a lo largo de 24 horas, fue del 0%, en el microclima Húmedo/Sombreado y la pérdida máxima registrada, fue del 40%, en el microclima No húmedo/Soleado.

El MC No húmedo/Soleado dentro del lapso de las 8 h a las 16 h, tuvo una pérdida hasta del 60% y en adelante tuvo una ganancia del **10 %**, fluctuando levemente hasta las 8 h del día siguiente. Mientras que Húmedo/Soleado tuvo una pérdida máxima del 20% dentro del mismo lapso de tiempo que No húmedo/Soleado y tuvo una ganancia del 6% que mantuvo hasta las 8 h del día siguiente. No húmedo/Sombreado tuvo una pérdida hídrica del 29% a lo largo de las 24 h.

Los aumentos registrados dentro del Jardín Botánico a partir de las 16 h, en los niveles de hidratación de los modelos de Agar. Se atribuyeron a la lluvia. Siendo **aún mayor** la pérdida hídrica registrada dentro del Jardín Botánico a la registrada en la Cantera Oriente.



Grafica 3. Porcentaje de pérdida hídrica de los modelos de agar, en microclimas del Jardín Botánico de REPSA. Sitio potencial B, para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*. La línea roja indica el límite registrado de pérdida hídrica en anfibios.

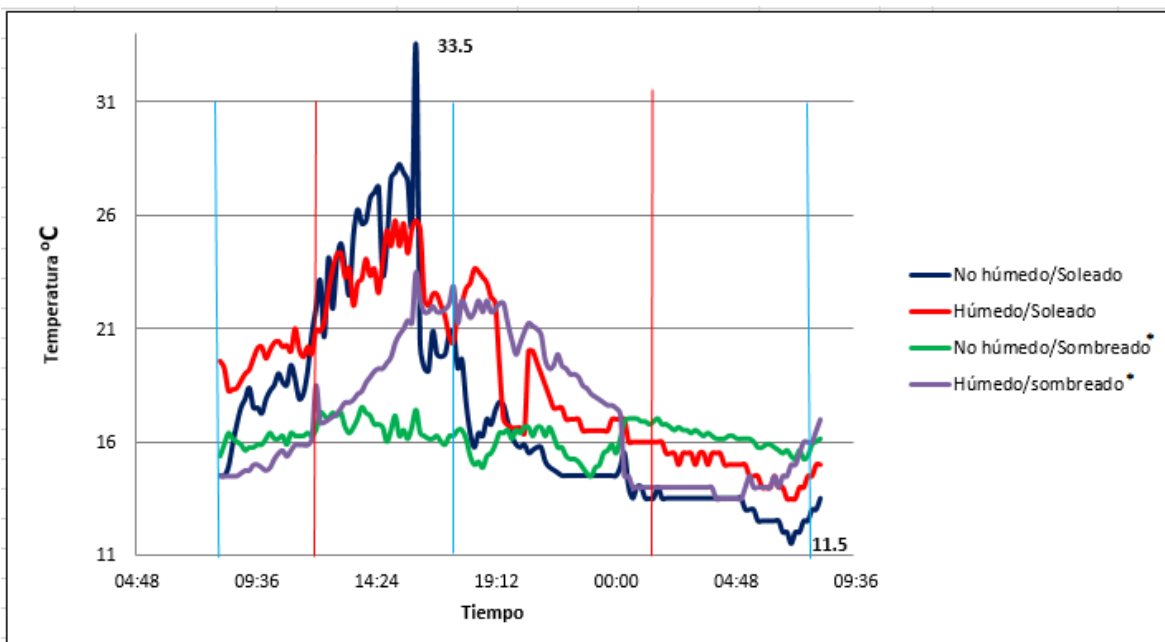
Dentro de la caracterización que se realizó en el mes de Julio con una separación de dos días entre cada localidad. Se encontró que entre los 3 sitios de estudio, **evaluados. La** pérdida hídrica registrada en los modelos de **Agar fue** mayor dentro de los cuatro microclimas del Bordo de La Tinaja que, en las registradas, dentro de los dos sitios evaluados dentro de REPSA, siendo la Cantera Oriente el sitio que presentó una menor pérdida hídrica, en comparación con el Jardín Botánico.

TEMPERATURAS OPERATIVAS REGISTRADAS.

I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxtoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de *Dryophytes arenicolor*.

En el caso de la localidad del Bordo de La Tinaja, lugar donde se encuentra una de las poblaciones naturales de *D.arenicolor*, se registró una temperatura máxima de 33.5 °C en el MC No húmedo/Soleado a las 12 h y una mínima de 11.5 en el mismo MC a las 7:04 h.

La mayor heterogeneidad entre los 4 microclimas fue a las 12 h y muy marcada entre Húmedo/Sombreado y No húmedo/Sombreado dentro del intervalo de las 14:30 h a las 23:30 h. En el caso de No húmedo/Soleado y Húmedo/Soleado solo durante breves momentos, se mostraron heterogéneos a lo largo de ese mismo intervalo. Ambos se mostraron muy homogéneos entre sí y muy heterogéneos dentro del intervalo de las 12 h a las 16 h, respecto a los otros dos MC.

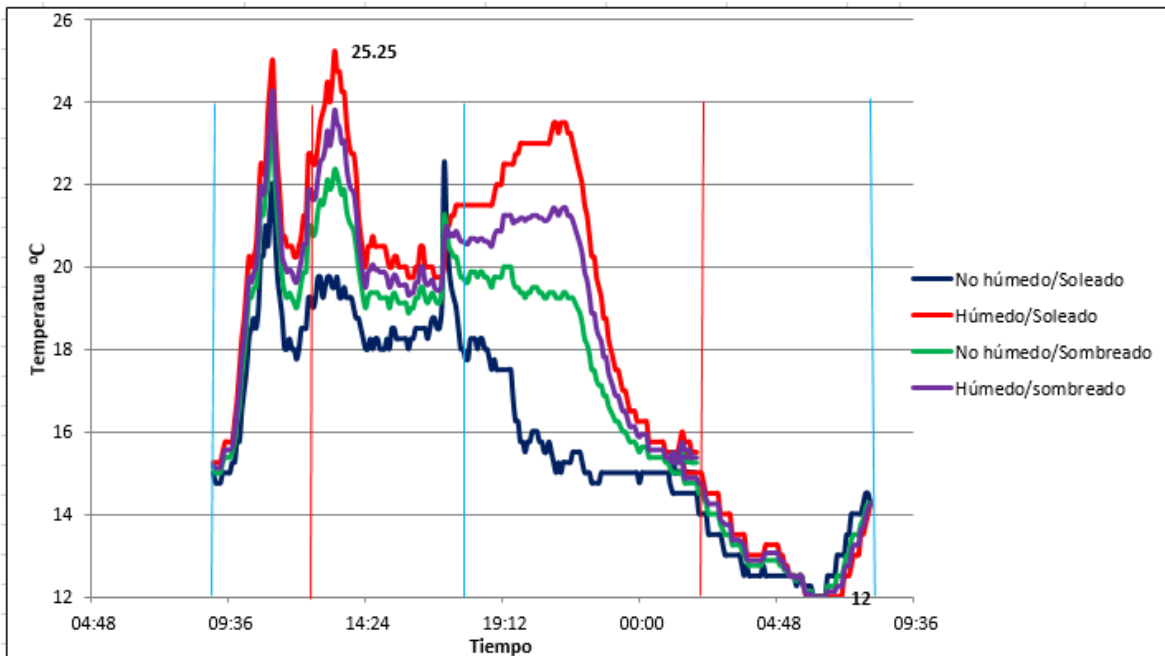


Grafica 4. Temperaturas operativas registradas, por los modelos de agar con i button® integrado, en microclimas del bordo de la tinaja. El símbolo “*” muestra diferencias con respecto a los otros microclimas. Población actual de *dryophytes arenicolor*. Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mayor actividad observada en campo.

Cantera Oriente (REPSA). Sitio potencial A para reintroducir a *Dryophytes arenicolor*.

Las temperaturas operativas registradas dentro de la Cantera Oriente por los modelos de agar equipados con un **I Button** a lo largo de 24 horas, fue una máxima de 25.25 °C a las 13:13 h en Húmedo/Soleado y una mínima de 12°C a las 6:30 h en Húmedo/ Soleado.

Las temperaturas se mostraron muy homogéneas entre los distintos microclimas dentro del intervalo de las 8 h a las 12 h. Mientras que a partir de las 12 h hasta las 16:00 horas, empezó la heterogeneidad entre los distintos MC, haciéndose más notoria en el intervalo de las 16 h a las 20 h.

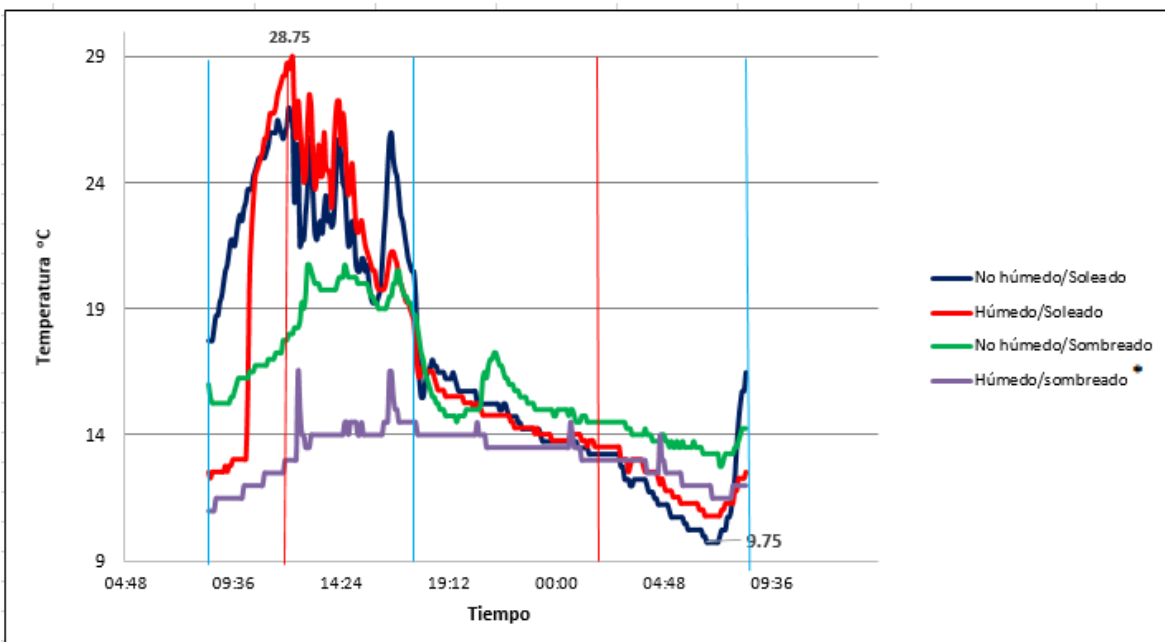


Grafica 5. Temperaturas operativas registradas, en los modelos de agar con I Button integrado, en microclimas de la Cantera Oriente de REPSA. Sitio potencial A, para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*. Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mayor actividad observada en campo.

Jardín Botánico (REPSA). Sitio potencial B para reintroducir a *Dryophytes arenicolor*.

La temperatura registrada como máxima en el Jardín Botánico fue en Húmedo/Soleado con 28.75 °C a las 12:12 h y como mínima de 9.75 °C en No húmedo/Soleado a las 7:17 h.

En el intervalo de las 8 h hasta las 17 h, Húmedo/Sombreado se mantuvo más heterogéneo con respecto a los otros microclimas. En el caso de No húmedo/Sombreado se mantuvo similar a los otros microclimas a partir del lapso de las 8 h hasta las 15 h. Mientras que No húmedo/Soleado y Húmedo/Soleado se mostraron muy similares a lo largo de las 24 h a excepción del intervalo de las **16 h a las 17 h**.



Grafica 6. Temperaturas operativas registradas, en los modelos de agar con i button integrado, en microclimas del jardín botánico de REPSA, * muestra diferencias con respecto a los otros microclimas. Sitio potencial b, para reintroducción de *dryophytes arenicolor*. Las líneas rojas indican el inicio de periodos de tiempo de menor actividad y las líneas azules indican el inicio de periodos de mavor actividad observada en campo.

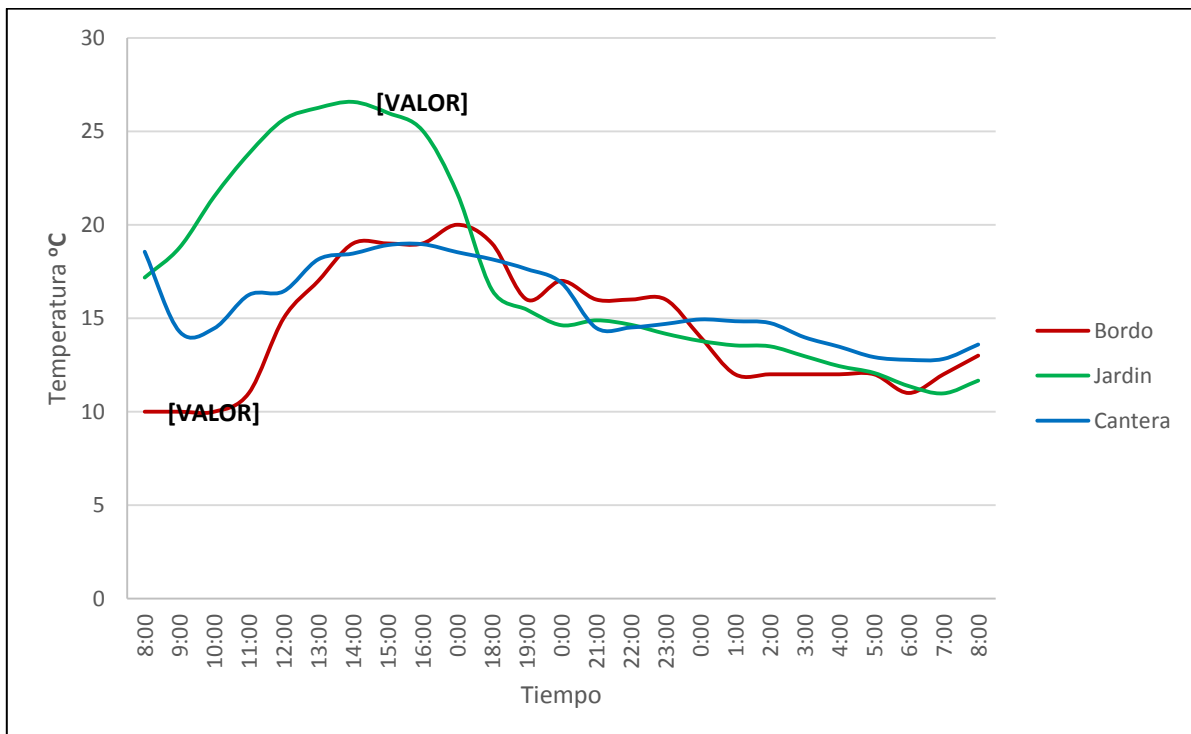
Las temperaturas más altas registradas dentro de las 3 localidades, se obtuvieron en el ambiente No húmedo/Soleado dentro de la localidad del Bordo de La Tinaja con 33.5 °C a las 16 h. Mientas que en Jardín Botánico y la Cantera Oriente la temperatura mayor se encontró dentro del microclima Húmedo/Soleado con 28.75 °C a las 12 h y 25.25 °C a las 13:19 h respectivamente.

TEMPERATURA AMBIENTAL DE LOS 3 SITIOS DE ESTUDIO.

Las temperaturas ambientales en los tres sitios, se mostraron con una tendencia similar. Un incremento de la temperatura en el lapso de las 8 h a las 16 h y un decremento en adelante.

Dentro del primer lapso de tiempo se registró la temperatura más baja de 10 °C, para Bordo de La Tinaja a las 8 h y la más alta en el Jardín Botánico con 26.5°C a las 14:00.

En cuanto al coeficiente de correlación con respecto al Bordo de La Tinaja la Cantera Oriente mostró un valor de 0.68 y el Jardín Botánico de 0.45.



Grafica 7. Temperaturas ambientales promedio de los 4 microclimas evaluados, en los 3 sitios de estudio.

Bordo. Población actual de *Dryophytes arenicolor*.

Jardín. Sitio potencial A. para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*.

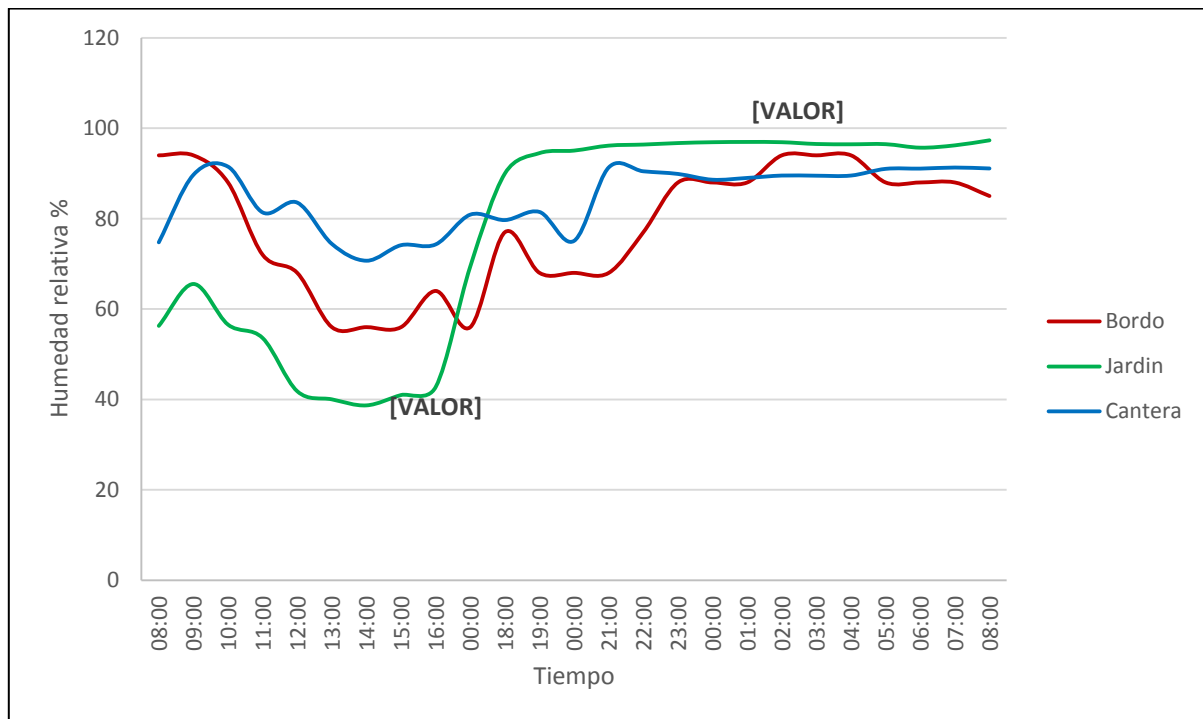
Cantera. Sitio potencial B. para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*.

HUMEDAD RELATIVA DE LOS 3 SITIOS.

El valor más bajo que se encontró fue de 38.6 % en el Jardín Botánico a las 14 h y el más alto en la localidad del Bordo de La Tinaja, con un valor de 96.9 % a las 2 am.

Los intervalos de humedad relativa en la Cantera Oriente se mantuvieron por encima de los intervalos encontrados en el Jardín Botánico y en Jilotepec, durante la mayor parte del lapso de 24 h.

El coeficiente de correlación del jardín y de la cantera, con relación a la localidad del Bordo de La Tinaja, fue de 0.57 y 0.71 respectivamente.



Grafica 8. Humedad relativa promedio de los cuatro microclimas evaluados, en las localidades de estudio.

Bordo. Población actual de *Dryophytes arenicolor*.

Jardín. Sitio potencial A. para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*

Cantera. Sitio potencial B. para reintroducción de *Dryophytes arenicolor*

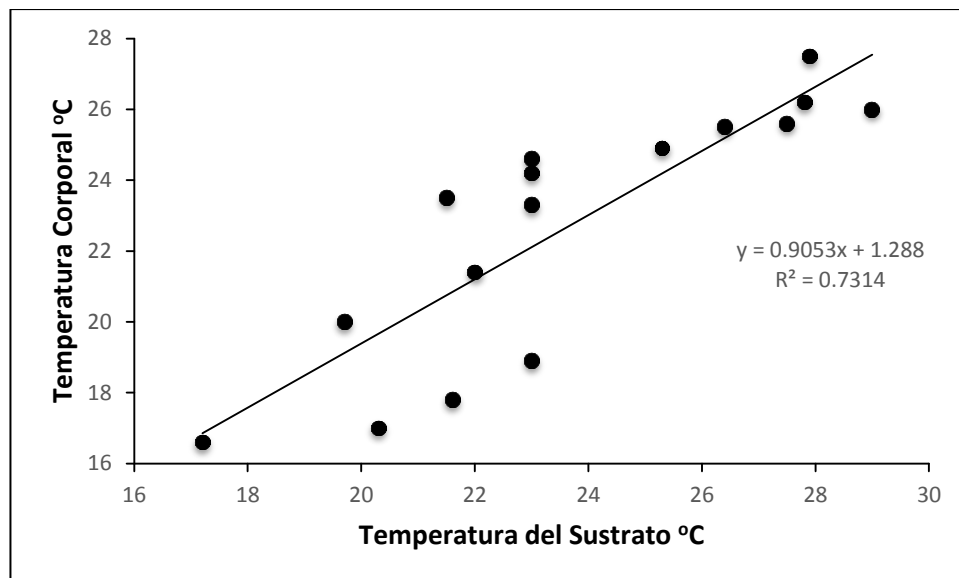
Si abordamos las diferencias y similitudes, respecto a las temperaturas ambientales y la humedad relativa, registradas en los tres sitios de estudio en las gráficas 7 y 8. Encontramos que la Cantera Oriente, se asemeja más a la localidad, Bordo de La Tinaja. En el caso estadístico el coeficiente de similitud de Pearson es mayor para el Bordo de La Tinaja que el calculado para el Jardín Botánico.

B. OBTENCIÓN DE DATOS ECOFISIOLÓGICOS DE LOS ORGANISMOS COLECTADOS.

GANANCIA TÉRMICA.

I. Bordo de La Tinaja (Santiago Oxtoc-Jilotepec); Localidad en donde habita la población que se estudió de *Dryophytes arenicolor*.

Se encontró que son organismos tigmotérmicos porque presentaron una correlación positiva, y con un mayor valor del coeficiente de correlación de Pearson, entre las temperaturas corporales y las del sustrato $R = 0.85$, que el valor de correlación de Pearson calculado para las temperaturas corporales y del aire $R = 0.79$. Las variables están relacionadas con un valor de $p < 0.05$.



Gráfica 9. Relación entre las temperaturas corporales de *Dryophytes arenicolor* y las temperaturas del sustrato, r^2 muestra la bondad del ajuste.

PREFERENCIAS Y LÍMITES TÉRMICOS.

Las temperaturas preferidas se obtuvieron con los organismos colectados en El Bordo de La Tinaja, a partir de 9 organismos que se colocaron en un gradiente térmico a lo largo de 6 horas donde se obtuvo su temperatura corporal de los organismos cada hora.

El intervalo de temperaturas preferidas fue desde 24 °C hasta 28.5 °C, teniendo como mediana **26.25 °C**. **Que** fue la Temperatura tomada como la preferida.

Los valores de los límites térmicos se obtuvieron con 5 organismos para *CTmax*. y con 4 organismos para *CTmin*. Obteniendo un valor de 37.3 °C para *CTmax* y 5.95 °C para *CTmin* mostrando que *D. arenicolor* es un organismo euritermo, una característica esperada en organismos que puede encontrarse en ambientes templados.

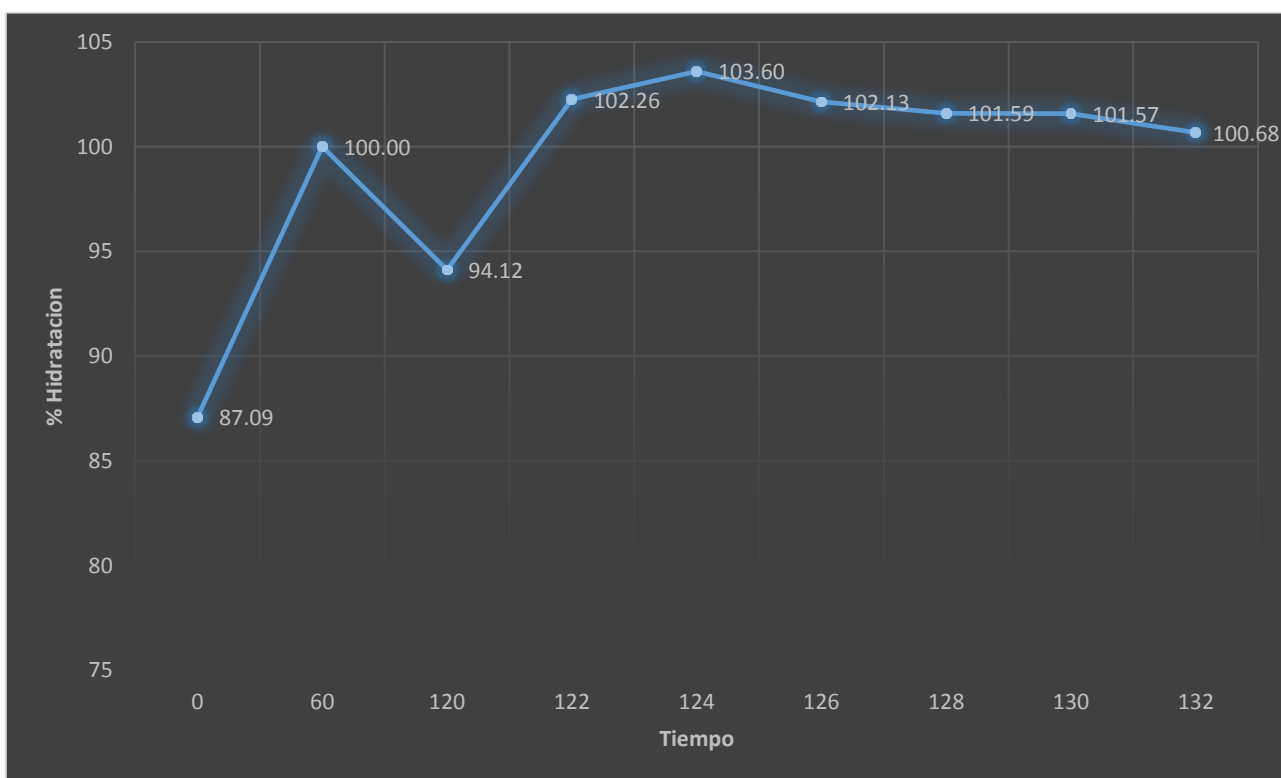
Tabla 1. Temperaturas seleccionadas y temperaturas críticas de *D.arenicolor*.

RANA	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	Ct. Min	Ct. Max	Inter.1
1	22.9	23.8	23	24	30.6	28.6	25	-	35.5	24
2	24	29.5	24	29.3	23.5	28.9	27.8	-	36.8	Inter. 2
3	24.4	23.8	24.7	25.7	20.1	0	29	6.4	-	28.5
4	23.1	31.2	25.5	24.1	30.1	24.4	24.8	5.1	-	Preferida
5	29	30.2	27.6	27.8	22.6	24.3	26	4	-	26.25
6	28.5	26	29.8	27.8	0	24.7	27	-	38.2	Ct.Min.
7	27.2	22.4	25.6	29.6	28.9	29.7	27	-	37.8	5.95
8	28.3	28	28.1	24.5	28	27.8	23.5	-	38.2	Ct. Max.
9	28.5	29	30.5	27.1	27.5	26.3	28.9	8.3	-	37.3

PREFERENCIA HÍDRICA, TASA DE HIDRATACIÓN, DESHIDRATACIÓN Y REHIDRATACIÓN.

La preferencia hídrica fue de 87%. Los organismos presentaron una pérdida hídrica del 6% de su peso por hora y en los primeros 2 minutos de hidratación ganaron hasta 8% de su peso, dentro de los siguientes 2 minutos ganaron 1.34% por encima del valor que se tomó como 100%.

Se registró que el nivel de hidratación preferido fue de 87%, con base en los ejemplares en cautiverio que se mantuvieron con agua a su disposición durante todo el tiempo. Es de notar que en la mayoría de los casos los organismos preferían mantenerse adheridos a las paredes de los encierros, que estar sobre sustrato húmedo o en agua.



Grafica 10. Niveles de hidratación promedio de los ejemplares antes de hidratarse, al hidratarse, deshidratarse y rehidratarse nuevamente.

CURVAS DE DESEMPEÑO.

Los organismos correspondientes al tratamiento registrado de 80 % de hidratación después de 4 horas en las cámaras de desecación en su mayoría solo llegaron a 85 %, mientras que otros no bajaron de 90%. Se sabe que los anfibios pueden modificar su pérdida hídrica y tienen mecanismos que les ayudan a preservar el agua, como, por ejemplo, la generación de compuestos serosos y de mucosa. Sin embargo, su desempeño se ve ligeramente menor en la gráfica 11 y 13, esto puede deberse a estrés y no por efecto de deshidratación, pero para fines de reflejar el estrés generado de estar en condiciones con una humedad relativa muy baja durante lapsos de tiempo prolongados se registraron los resultados en las curvas de desempeño con el tratamiento de 80%.

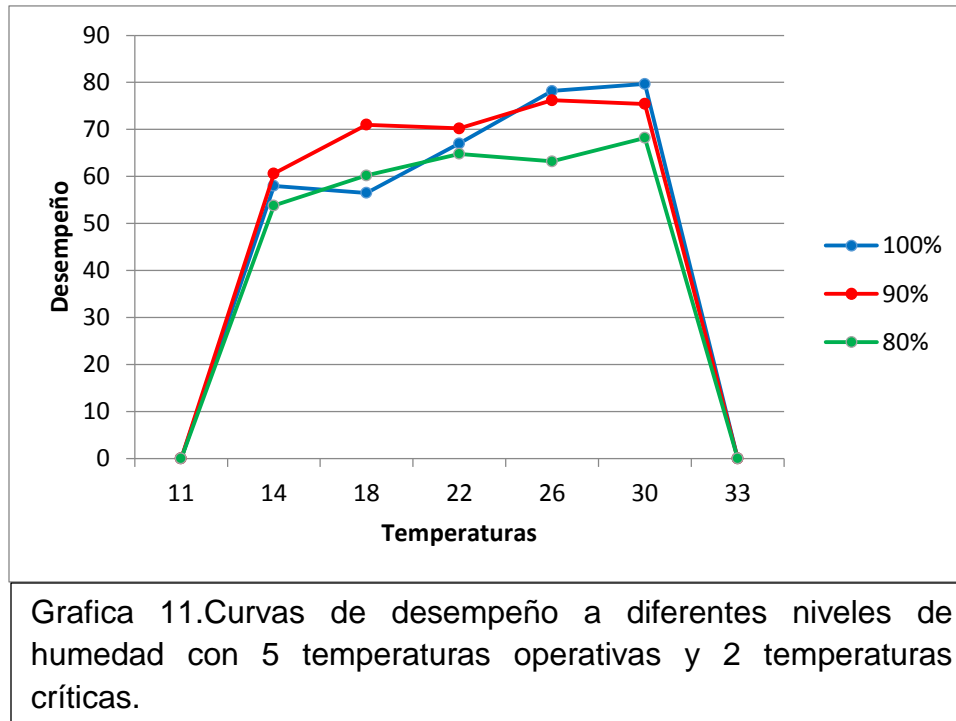
Curva de desempeño de distancia total.

La suma de las distancias recorridas en las 5 temperaturas operativas de la curva de desempeño de 90% de humedad, fue mayor que las curvas de 100% y 80% de humedad.

La curva de 100% de humedad estuvo casi por debajo de la curva de 90% a excepción de 26 °C y 30 °C, en donde sus valores fueron cercanos a la curva de 90% de humedad.

En el caso de la curva de 80% de humedad solo se mostró mayor a la de 100% en 18 °C.

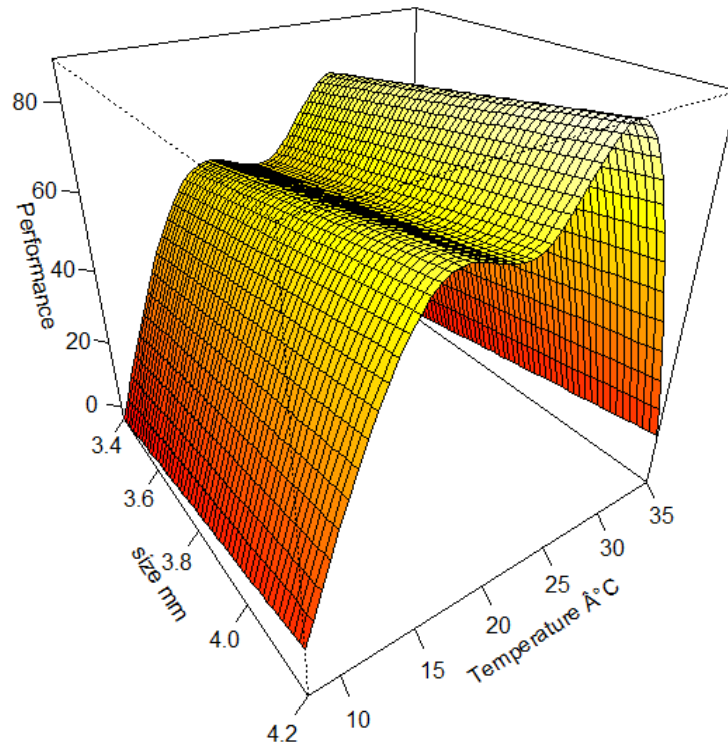
A 22 °C independientemente del nivel de hidratación el desempeño fue similar.



CURVAS DE DESEMPEÑO CON EL MEJOR MODELO GAMM DE BIC.

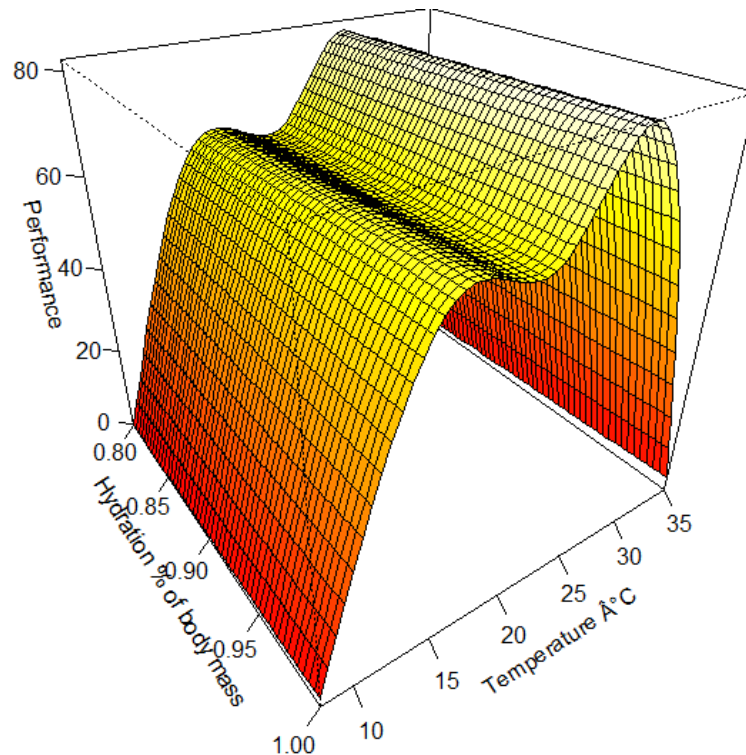
Respecto a la talla y su relación con el desempeño, la inclinación de la curva de desempeño es mínima. Las tallas obtenidas de los 16 ejemplares fueron de los 34 mm hasta los 42 mm, mostrando una tendencia descendente en el desempeño en menores tallas.

Los organismos se dividieron de manera muy homogénea y no se ve una tendencia clara en la figura 12 de que de la talla haya influenciado en los resultados de las curvas de desempeño, por lo cual puede decirse que se eliminó el efecto de la talla en los resultados obtenidos.



Grafica 12. Curva de desempeño multidimensional con relación entre talla, desempeño y temperatura.

Respecto a la relación entre el desempeño y los distintos niveles de hidratación, la curva de desempeño se mantuvo horizontal, no hay una tendencia clara a disminuir o aumentar el desempeño entre los niveles de hidratación de 80%, 90 % y 100 %.



Grafica 13. Curva de desempeño multidimensional con relación entre talla,

En el caso del desempeño respecto a las temperaturas en todas las curvas de desempeño del mejor modelo GAMM de BIC se muestra un valle a 22 °C y dos crestas. Una menor que corresponde a los tratamientos de 14 °C y 18 °C. Una mayor correspondiente a los tratamientos de 26 °C y 30 °C.

Las Curvas de desempeño mostraron una tendencia a un mayor desempeño locomotor bajo tratamientos de temperaturas mayores, en el caso de los niveles de hidratación se encontró una relación, con el desempeño casi neutro a excepción del nivel de hidratación de 90%. Que en la gráfica 11, se mostró una tendencia a un mayor desempeño respecto a los otros niveles de hidratación. El nivel de hidratación de 87% que fue el valor determinado como el nivel de hidratación preferido de la especie.

C. MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD.

MODELO ECO GEOGRÁFICO CON MAPINGUARI.

En la Fig. 9. En color rojo, se muestran los lugares donde el espacio geográfico no es adecuado para sustentar a la especie, en amarillo lugares donde difícilmente la especie sobreviviría y en verde y azul, lugares que tienen condiciones ambientales adecuadas para la subsistencia de la especie.

PANORAMA ACTUAL DE *DRYOPHYTES ARENICOLOR* EN TODA SU DISTRIBUCIÓN.

A lo largo del mapa se muestra una menor calidad ambiental para *D. arenicolor* en zonas cercanas al nivel de mar. Mientras que en zonas con una mayor elevación se encuentran zonas con una mayor calidad ambiental.

Las zonas correspondientes a la Sierra Madre Occidental, el Eje Neo Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre Oriental muestran colores que reflejan una calidad ambiental adecuada.

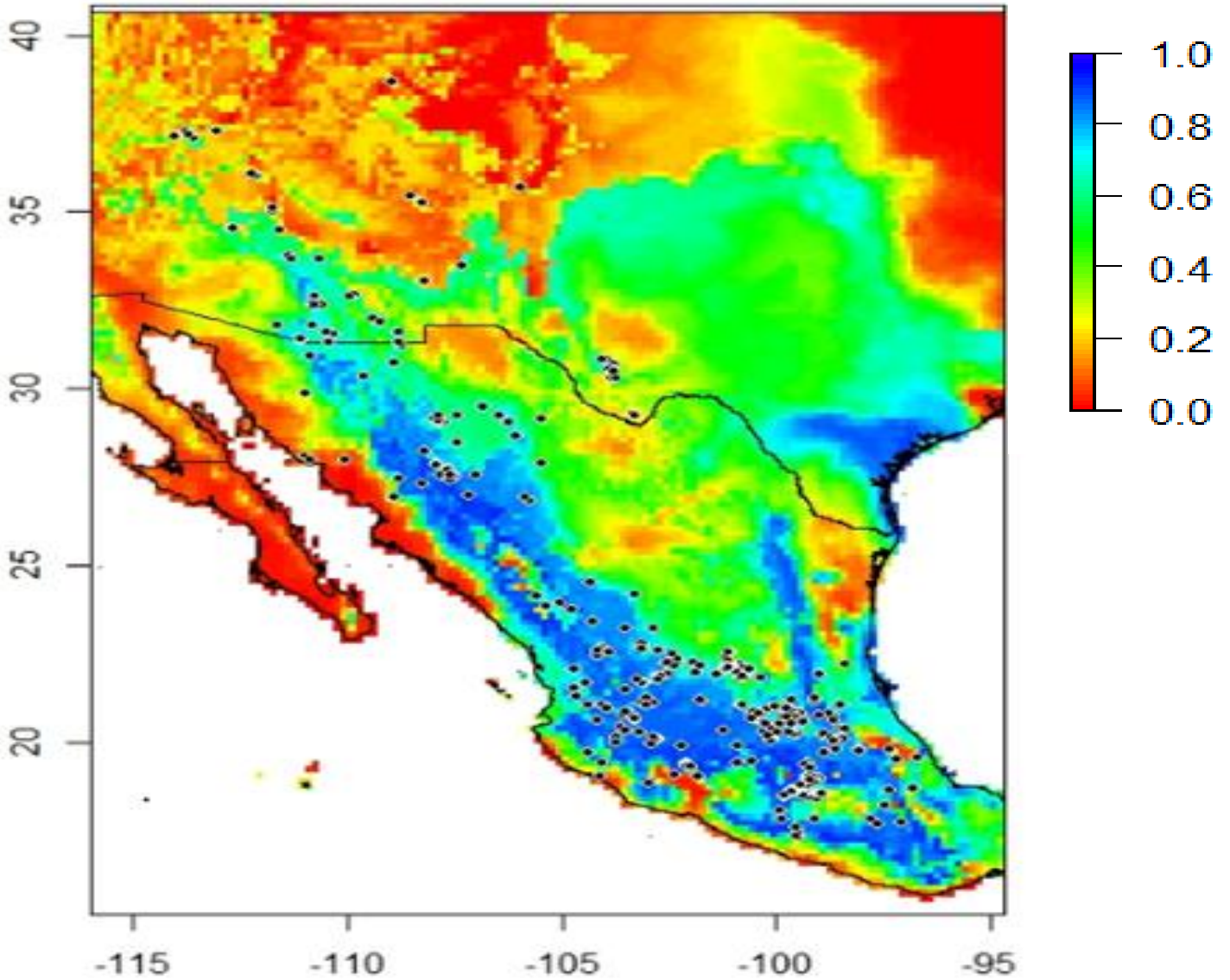


Figura 9. Modelo eco geográfico GAM para el presente en un panorama RCP85, de *D. arenicolor*, a lo largo de toda su distribución.

PANORAMA ACTUAL Y FUTURO DE *DRYOPHYTES ARENICOLOR* EN REPSA Y JILOTEPEC.

La zona centro del país en donde se encuentra el Bordo de la Tinaja, Jilotepec-Edo. de México, localidad de la población de estudio de *Dryophytes arenicolor* (C) y la REPSA, localidad de posible reintroducción de *D. arenicolor* (A). Mostraron una calidad ambiental buena en el escenario presente, que se mantiene a través de los años a pesar de cambios en las condiciones ambientales, que son atribuidos al cambio climático.

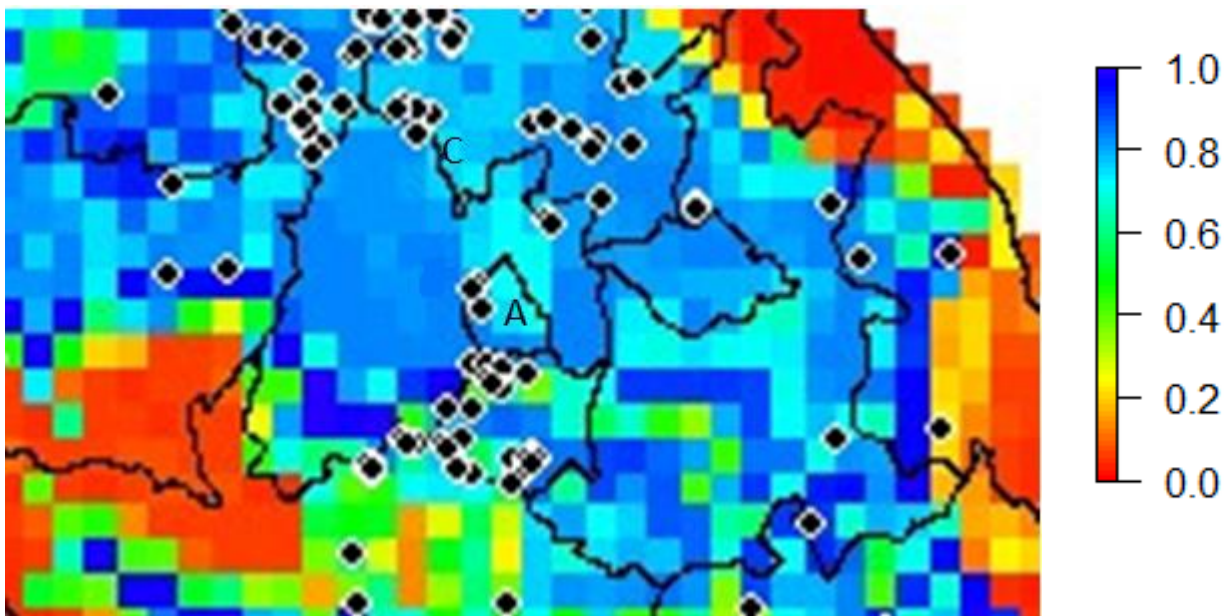


Figura 10. Modelo eco geográfico GAM para el presente en un panorama RCP85, de *D. arenicolor*, a lo largo de la región centro de México. A= REPSA C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxtoc-

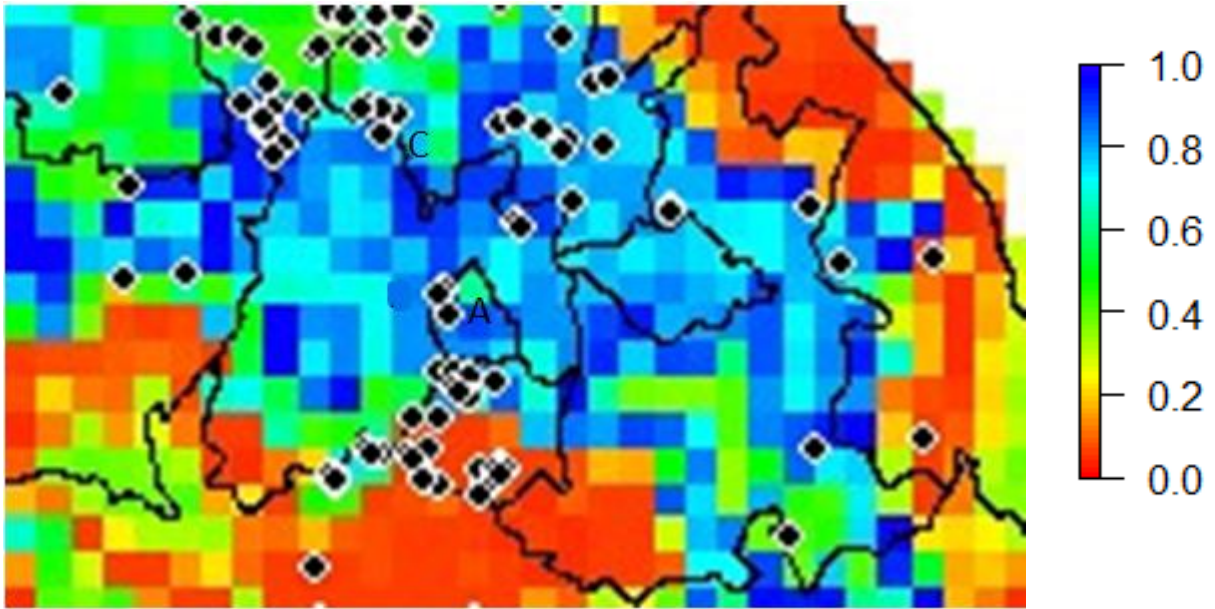


Figura 11. Modelo eco geográfico GAM 2050 en un panorama RCP85, de *D. arenicolor*, a lo largo de la región centro de México. A= (REPSA) C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec).

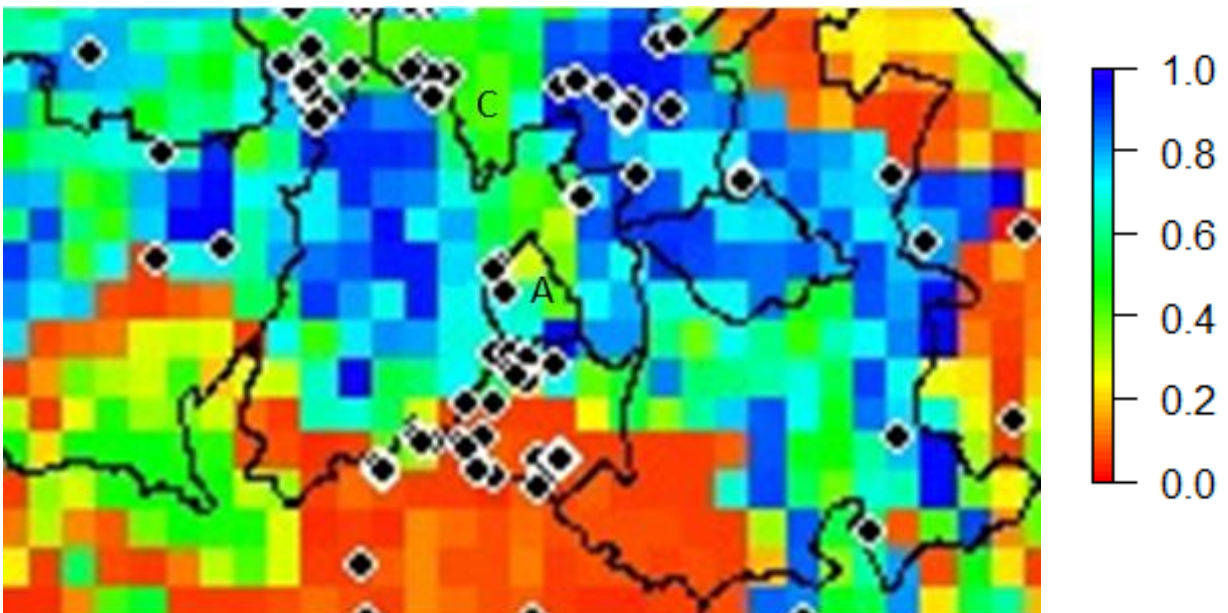


Figura 12. Modelo eco geográfico GAM 2070 en un panorama RCP85, de *D. arenicolor*, a lo largo de la región centro de México. . A= (REPSA) C= Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec).

La zona referente a REPSA y Jilotepec, tanto en la Figura 10 como en la 11 y la 12, de acuerdo con los análisis, son apropiadas ambientalmente para la sobrevivencia de *Dryophytes arenicolor*.

DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LOS LUGARES DE ESTUDIO.

La reintroducción de especies se apoya de la reproducción en cautiverio y la translocación (Griffiths y Pavajeau. 2008). Se registra que los proyectos de translocación de herpetofauna se han llevado a cabo por tres principales motivos; **Conflicto humano**, conservación o investigación. Y se menciona que los proyectos de translocación motivados por la conservación, son más exitosos y más numerosos (Germano y Bishop. 2009). Quizás, sea porque los esfuerzos enfocados a la conservación estén mejor sustentados y piensen más en los intereses de la especie que en los intereses humanos. Y sabemos que para los anfibios la principal causa de fracasos al momento de reintroducirlos es un hábitat pobre). La calidad del hábitat es sumamente importante para la sobrevivencia de los anfibios por eso se les considera buenos bioindicadores. La caracterización del hábitat es algo básico en todo proyecto de reintroducción y respecto a lo encontrado en los lugares de estudio en temperaturas operativas y una pérdida hídrica. Hubo una cuantificación diferencial dentro de los diferentes microclimas donde fueron desplegados los modelos de agar. Las diferencias térmicas e hídricas de los diferentes microclimas son atribuidas a la cobertura vegetal porque las tres localidades son similares en condiciones de altura sobre el nivel del mar y están geográficamente cercanas. Se sabe que “Las características del paisaje, como el tipo de vegetación y su cobertura influyen directamente en las propiedades térmicas del hábitat. Estas particularidades están asociadas, en gran medida, a la cantidad de radiación solar que reciben los sitios de percha” (Lara et al. 2014). Una posible explicación de las diferencias térmicas e hídricas en los distintos lugares de estudio podría ser la cobertura vegetal, en el caso del Bordo de La Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec) se apreciaba vegetación de tipo arbustiva y la cantidad de cobertura vegetal parecía ser menor en comparación a las observadas en REPSA. Y en REPSA; La Cantera Oriente presenta unidades paisajísticas bosques y arbustos (Ortiz-Pérez et al.2007). Un bosque artificial que posiblemente brindaba una mayor cobertura vegetal que la otorgada por el Jardín Botánico con Matorral Xerófilo. Sin embargo, si lo abordamos desde las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, fue la Cantera Oriente la localidad dentro de la REPSA que más se asemejó al lugar en donde ocurre la especie (Jilotepec).

Se menciona que los cambios ambientales traídos por la llegada de las lluvias son precursores en la fenología reproductiva en anfibios (Arias-Balderas y Méndez-de la Cruz. 2017). En REPSA la estacionalidad entre temporada seca y de lluvias es muy bien marcada, presenta una precipitación característica de la vegetación de

Matorral Xerófilo. Si consideramos la fenología reproductiva de la especie. No debería de haber diferencias entre el inicio y la duración del periodo reproductivo de la especie debido a la cercanía geográfica de las localidades de REPSA.

OBTENCIÓN DE DATOS ECO FISIOLÓGICOS.

ECOLOGÍA TÉRMICA.

Los anfibios son organismos tigmotermos su ganancia térmica o hídrica está asociada al sustrato que utilizan (Ortega-Andrade et al. 2011; Urbina y Pérez-Torres. 2002). El sustrato asociado para *D. arenicolor* son las rocas, las cuales le brindan un refugio para las horas de inactividad (Snyder y Hammerson.1993; Woolrich-Piña et al.2017).Una de las observaciones que se hicieron en campo fue encontrar al hylido dentro de orificios en las rocas volcánicas, que normalmente iban desde los 5 hasta los 15 cm de largo por 5 de ancho aproximadamente.

Las rocas volcánicas son un recurso importante para *D. arenicolor* en donde gracias a sus atributos fisiológicos, conductuales y morfológicos, saca provecho de ellas (Seebacher y Alford. 2002). Además de utilizar las rocas como un recurso térmico e hídrico y sus orificios como refugios en horas de inactividad. Las rocas volcánicas, son un sustrato en donde *D. arenicolor* puede mimetizarse fácilmente, razón que le a brindado a la especie el nombre “rana de roca” o “rana de cañón”.

El tipo de roca volcánica, como la encontrada en el Bordo de La Tinaja, se le encuentra en REPSA, solo que distribuidas espacialmente de una forma distinta. En el caso de Jilotepec, hay una pared de roca volcánica con relieves muy accidentados. Las rocas están amontonadas entre sí y son de diámetros mayores a 3 metros aproximadamente, están dispuestas a lo largo de las orillas del Bordo en donde reciben alta radiación solar. En el caso de la Cantera Oriente, las rocas volcánicas se encuentran en paredes extensas que amurallan la zona con una altura mayor a los 15 metros, las cuales no reciben radiación solar constante a lo largo de todo el día. El Jardín Botánico presenta una superficie horizontal con una pendiente predominante de 45 ° de roca volcánica y una distribución de sus rocas por toda la localidad, incluyendo los cuerpos de agua artificiales, por lo cual la incidencia de los rayos solares en ellas, se presenta a lo largo de todo el día. El Jardín Botánico presenta una mayor abundancia y disponibilidad de rocas volcánicas, que la encontrada en la Cantera Oriente.

Con respecto a los límites térmicos de *Dryophytes arenicolor*, las **temperatura críticas** registradas en este estudio fueron de 37.3 °C como máxima y de 5.95 °C como mínima, para el caso del valor de crítica máxima, el resultado es consistente con otra especie de *Hylido (Scinax ruber)* en donde se obtuvo la CTmax de 36.88 (Romero-Barreto. 2013) *Scinax ruber* es una especie con amplia distribución en Sudamérica que se le suele asociar a zonas perturbadas, estás dos especies de hylidos tienen una distribución amplia y son euritérmicos, lo que nos indica que pueden ser un buen modelo para entender por medio de su reintroducción porque

son tan exitosos y poder estar presentes en diversos ambientes. Se menciona que los anfibios no suelen termoregular comportamentalmente, que la fisiología termal en anfibios es muy plástica y tienden a ajustar las diferencias térmicas ambientales por ajustes fisiológicos (Navas.1999). Estos ajustes fisiológicos explicarían porqué las especies exitosas como *D. arenicolor* que están adaptadas a zonas agrestes presentan un intervalo amplio de tolerancia térmica y tardan en alcanzar sus límites críticos (Johnson.1972).

Considerando las preferencias térmicas de la especie y comparándolas con el intervalo de temperaturas operativas que ofrecen los lugares de estudio, encontramos que la localidad más favorable para *Dryophytes arenicolor* desde el punto de vista de las preferencias térmicas, es la Cantera Oriente. En la Cantera Oriente se registró en, al menos dos de sus microclimas, temperaturas que estuvieron dentro del intervalo de temperaturas seleccionadas (24 a 28.5 ° C), durante mayor tiempo en comparación con las demás localidades y durante los intervalos observados de actividad de *D. arenicolor*.

ECOLOGÍA HÍDRICA.

Se sabe que *D. arenicolor* presenta tubérculos que secretan compuestos serosos que ayudan a evitar la desecación (Arias-Balderas y Méndez de la Cruz. 2017) y que tiene casi 7 veces mayor resistencia a la desecación que *Lithobates pipiens* y una 5/15 parte de la resistencia a la desecación presentada en anfibios impermeables pertenecientes a los géneros *Phyllomedusa*, *Litoria*, *Hyperolius*, *Chiromantis* (Snyder y Hammerson.1993). Los organismos presentaron una tasa de desecación de 6% de deshidratación por hora y al momento de desecarlos por más de 2 horas no perdían la misma cantidad inicial y se mantenían con valores cercanos al 90% de hidratación, mismos niveles que se tomaron como el nivel de hidratación preferencial. No solo se cuantificó una resistencia a la desecación si no también una osmoregulación muy efectiva. A pesar de colocarse en cámaras de hidratación hasta ya no tener aumentos significativos de peso (expuestos durante una hora), los organismos no absorbieron agua al máximo de su capacidad. Y lo sabemos porque los pesos obtenidos en campo eran mayores a los obtenidos después de la hidratación y después de haberlas desecado por una hora, en donde solo requirieron de 2 minutos para obtener toda el agua pérdida y un extra. Si relacionamos con las observaciones en campo al momento de la colecta de organismos. Los organismos liberaban gran cantidad de orina. Se ha registrado que los anuros pueden almacenar hasta el 30 % de su peso corporal en orina en el interior de su vejiga, misma que puede servir como un reservorio de agua (Snyder y Hammerson.1993). Por esta razón podríamos suponer que, durante el reposo, los organismos podrían absorber toda el agua posible y buscar un refugio húmedo y críptico para mantenerse bien hidratados mientras mantienen su posición de conservación de agua, una postura observada en todos los ejemplares colectados en horas de inactividad. Quizás durante sus horas de actividad liberen el exceso de agua junto con desechos nitrogenados y al momento de refugiarse sobre hidratarse de nuevo.

DESEMPEÑO.

Se ha registrado que *Dryophytes arenicolor* bajo reposo es muy resistente a efectos de deshidratación y temperaturas altas. Una de las causas de porque la deshidratación afectaría el desempeño locomotor es porque la viscosidad sanguínea se modifica y por consiguiente la efectividad del transporte de oxígeno por todo cuerpo disminuye. Se registra que los efectos de deshidratación no se ven reflejados en pruebas de sprint si no en pruebas de resistencia, pero para casos de sobrevivencia el sprint es más significativo al momento de cazar o evasión depredatoria (Preest. 1992; Moore y Gatten. 1989). En cuanto a las pruebas realizadas bajo distintos niveles de hidratación, hay una tendencia al aumento en el sprint en el nivel de hidratación de 90%. Ese nivel es cercano al cuantificado como el nivel de hidratación preferencial de 87%. Podría indicar que *Dryophytes arenicolor* está prefiriendo ese nivel de hidratación porque le confiere mayor "sprint", que se podría reflejar al estar en presencia de depredadores o alimentarse en un mayor índice de sobrevivencia.

El efecto de la temperatura sobre *Dryophytes arenicolor* respecto a su desempeño locomotor sería importante porque incide sobre factores como sus límites fisiológicos máximos y sobre la velocidad de respuesta a la evasión depredatoria o de caza, factores que inciden directamente en la sobrevivencia de *D. arenicolor*. El efecto de la temperatura sobre el desempeño locomotor de *D. arenicolor* se explicaría por el aumento o disminución de la tasa metabólica. A mayores temperaturas se obtiene como resultado, un mayor consumo de oxígeno, que se traduce en una síntesis energética y una contracción muscular más eficiente. Caso contrario en temperaturas más bajas (Miller.1982). Respecto a las temperaturas menores se registró un pico de desempeño ligeramente mayor al desempeño obtenido a 22 °C. Se esperaría que las temperaturas menores a 22 °C mostraran un desempeño menor. Sin embargo, se sabe que los organismos ectotermos generan mecanismos conductuales compensatorios como lo son el aumento de la agresividad y la evasión cuando se encuentran bajo el estrés generado por temperaturas bajas en tratamientos agudos (Bennett.1990).

Si consideramos el estrés, debe considerarse que los tratamientos agudos y crónicos generan efectos distintos en cuanto a la respuesta fisiológica de los organismos y la acumulación de la hormona del estrés (cortisol). La exposición prolongada a una condición ambiental estresante como la que generan los tratamientos crónicos genera mayores concentraciones de cortisol en los organismos, que trae como consecuencias, daños permanentes y el decaimiento de la respuesta inmunológica (Barcellos et al.1999; Patchev y Patchev. 2006). Para fines del estudio, los tratamientos agudos sirvieron para determinar la

respuesta locomotora durante el espectro de temperaturas que se puede obtener a lo largo del día. Si fuera el caso de que las temperaturas ambientales fuesen muy homogéneas dentro del lugar de estudio por efectos de algún tipo de alteración, o si se hubiese buscado encontrar un óptimo fisiológico que no abarque solo el desempeño locomotor. Los tratamientos crónicos hubiesen podido ser un mejor modelo experimental, sin embargo, el mantener una misma temperatura en organismos poiquiloterms durante un lapso de varios días o semanas y llevar a cabo las pruebas pertinentes en las mismas condiciones, requiere de una mayor inversión de equipo y recursos, en comparación de los tratamientos agudos.

MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD.

Los modelos de susceptibilidad se basan en los nichos fundamentales y los nichos realizados. Los nichos fundamentales son los intervalos de tolerancia fisiológica de una especie y los nichos realizados son características implícitas en el hábitat donde ocurre la especie, tales como la suma de efectos ambientales y las interacciones bióticas. Todos los organismos y los ecosistemas son resilientes en cierto grado a las perturbaciones, pero si la magnitud de la alteración sobrepasa la capacidad de resiliencia del sistema, el sistema no regresa a su estado original y eso tiene repercusiones, en ocasiones graves, en la sobrevivencia de las especies. En el caso de *Dryophytes arenicolor* hay una serie de características que conforman su nicho ecológico, y por medio de Mapinguari se mostró las zonas ecogeográficamente apropiadas por medio de variables que están dentro de su nicho fundamental y nicho realizado (Soberón et al. 2017; Buckley et al. 2010)

Los modelos de información geográfica pueden ser usados en la conservación y ayudan a tomar decisiones importantes de manejo en áreas naturales protegidas, el cambio climático global está alterando los ecosistemas y con ello tiende a perjudicar a una infinidad de especies vegetales y animales (Villarreal et al. 2014). Sin embargo, son una aproximación con un porcentaje de incertidumbre y la toma de datos suficientes y de calidad es primordial para mantener un porcentaje reducido de incertidumbre y así poder tener mayor confianza de que el modelo este realmente mostrando la realidad.

En el caso de este estudio nuestro modelo muestra que la zona de ocurrencia estudiada Bordo de la Tinaja (Santiago Oxthoc-Jilotepec) y la localidad con sus dos sitios potenciales, donde se propone reintroducir a *D. arenicolor* (REPSA) son y seguirán siendo zonas ecogeográficamente apropiadas para la subsistencia de la especie y que una reintroducción en REPSA, desde el punto de vista ecofisiológico, es recomendable, independientemente de las localidades propuestas para la reintroducción: Jardín Botánico o Cantera Oriente.

CONCLUSIONES.

Los lugares de estudio se mostraron aptos para la subsistencia de la especie de estudio. *Dryophytes arenicolor* es un anuro con una amplia tolerancia fisiológica a condiciones de estrés hídrico y térmico, utiliza los recursos hídricos y térmicos de manera eficiente y es una especie más favorecida en ambientes fluctuantes como lo son ambientes de elevaciones mayores.

La reintroducción de *D. arenicolor* en REPSA es factible desde un punto de vista térmico e hídrico. Complementar el estudio con más evidencias que no solo abarquen aspectos ecofisiológicos y llevar el proyecto a una siguiente etapa brindara una experiencia valiosa en la conservación de anuros en México y en el mundo.

PANORAMA FUTURO.

El estudio se centró solo en ejemplares adultos de *D. arenicolor*, sin embargo faltaría contemplar estudios ecofisiológicos de todas las etapas de vida de la especie. Los requerimientos de los anfibios son distintos de acuerdo al estadio y para que esta propuesta sea mucho más completa deben de tomarse en cuenta todas estas diferencias y aspectos que influyen en su historia de vida, como las interacciones ecológicas, dinámica demográfica y etapas reproductivas.

LITERATURA CITADA.

- Arias-Balderas S.F., y F.R. Méndez de la Cruz. 2017. Phenology of three anuran species in Sierra de Guadalupe forest, México. *Journal of Environment Biology*. 38:1205-1211.
- Balderas-Valdivia, C.J., J.F. Mendoza Santos, y A. Alvarado Zink. 2014. Guía de Anfibios y Reptiles. Divulgación de la Ciencia y Educación Ambiental Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. DGDC, UNAM, México, D.F: 79.
- Barcellos, L. J. G., Nicolaiewsky, S., De Souza, S. M. G., and Lulhier, F. 1999. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. *Aquaculture Research*. 30(6):437-444.
- Bennett, A. F. 1990. Thermal dependence of locomotor capacity. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 259(2), R253-R258.
- Bosch, J. 2003. Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe*, 16, 56-73.
- Buckley, T. R., Marske, K., and Attanayake, D. 2010. Phylogeography and ecological niche modelling of the New Zealand stick insect *Clitarchus hookeri* (White) support survival in multiple coastal refugia. *Journal of biogeography*.
-
- Caetano G., J. Santos, and B. Sinervo. 2017-08-11
Mapinguari.<https://gabrielhoc.github.io/Mapinguari.html>
- Degenhardt, W. G., Painter, C. W., & Price, A. H. (2005). *Amphibians and reptiles of New Mexico*. UNM Press.67-69.
- Frías-Álvarez.P.L. 2005 .*Rana montezumae en el Jardín Botánico de la UNAM. Estudios fenológicos y detección de enfermedades y malformaciones*. Facultad de Ciencias. Tesis de licenciatura: 70.
- Gans C., T. Krakauer, and C. V. Paganelli. 1968. Water loss in snakes: Interspecific and intraspecific variability. *Biochem. Physiol.*27: 747 - 761.

Germano J. M., and P. J. Bishop. 2009. Suitability of Amphibians and Reptiles for Translocation. *Conservation Biology*. 23(1): 7–15.

Griffiths R. A., and L. Pavajeau. 2008. Captive Breeding, Reintroduction, and the Conservation of Amphibians. *Conservation Biology*. 22 (4): 852–861.

INEGI

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación, Escala 1:250, 000, Serie VI. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades Climáticas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Carta Edafológica 1: 250,000, Serie II.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Conjunto de datos vectoriales Geológicos, Continuo Nacional escala 1:1 000 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Provincias Fisiográficas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Subprovincias Fisiográficas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Topoformas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1989. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Aguas Superficiales. Escala 1:250 000.

- Johnson, C. R. 1972. Thermal relations and daily variation in the thermal tolerance in *Bufo marinus*. *Journal of Herpetology*: 35-38.
- Kenneth-Dodd C. Jr., and R. A. Seigel. 1991. Relocation, Repatriation, and Translocation of Amphibians and Reptiles: Are They Conservation Strategies That Work? *Herpetologica* 47 (3): 336-350.
- Lannoo, M. J. (Ed.). 2005. *Amphibian declines: the conservation status of United States species*. Univ of California Press. 447.
- Lara-Reséndiz, R. A., Larraín-Barrios, B. C., de la Vega, A. H. D. y Méndez-De la Cruz, F. R. 2014. Calidad térmica a través de un gradiente altitudinal para una comunidad de lagartijas en la sierra del Ajusco y el Pedregal de San Ángel, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(3): 885-897.
- Lot A. y Z. Cano-Santana. 2009. Biodiversidad del Pedregal de San Ángel. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México: 19-25.
- Méndez de la Cruz F.R., A.H. Díaz de la Vega-Perez y V.H. Jiménez-Arcos. 2009. *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Eds. Lot, A. y Z. Cano-Santana. Cap. Herpetofauna. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica, UNAM., México, D.F: 246-247.
- Miller, K. 1982. Effect of temperature on sprint performance in the frog *Xenopus laevis* and the salamander *Necturus maculosus*. *Copeia*. 695-698.
- Moore, F. R., and Gatten Jr, R. E. 1989. Locomotor performance of hydrated, dehydrated, and osmotically stressed anuran amphibians. *Herpetologica*: 101-110.
- Navas, C. A. 1999. Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: Una visión ecofisiológica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23. 465-474.
- Navas C., A. Cybele. 2000. The Use of Agar Models to Study Amphibian Thermal Ecology. *Journal of Herpetology*. 34: 330-334.
- Ortega-Andrade, H. M., Tobar-Suárez, C., y Mónica Arellano, M. 2011. Tamaño poblacional, uso del hábitat y relaciones interespecíficas de *Agalychnis spurrelli* (anura: hylidae) en un bosque húmedo tropical remanente del noroccidente de Ecuador. *Papéis Avulsos de Zoología*. 51 (1): 01-19.

- Ortiz-Pérez M.A., J.M. Figueroa-Mah -Eng., M.P. Salazar-Enciso, G.P. Colín y L. Castillo-Téllez. 2007. (Lot A. Ed.) Guía ilustrada de la Cantera Oriente. Caracterización ambiental e inventario biológico. Unidades ambientales. Instituto de Geografía.UNAM.29
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 460-466.
- Patchev, V. K., and Patchev, A. V. 2006. Experimental models of stress. *Dialogues in clinical neuroscience*, 8(4). 417.
- Phillips, S. J., Comus, P. W., Dimmitt, M. A., & Brewer, L. M. (Eds.). (2015). *A natural history of the Sonoran Desert*. Univ of California Press.458.
- Preest M. R., D. G. Brust, and M. L. Wygoda.1992. Cutaneous WaterLoss and the Effects of Temperature and Hydration Stateon Aerobic Metabolism of CanyonTreefrogs, *Hyla arenicolor*. *Herpetologica*.48 (2): 210-219.
- Romero-Barreto.P.G.2013. *Requerimientos fisiológicos y microambientales de dos especies de anfibios (Scinax ruber e Hyloxalus yasuni) del bosque tropical de Yasuní y sus implicaciones ante el cambio climático*. Pontifica Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Escuela de Ciencias Biológicas. Tesis de licenciatura: 125.
- Sánchez-Herrera O.1980.Herpetofauna of the Pedregal de San Angel, D.F., México. Bulletin Maryland Herpetological Society.16 (1):9-18.
- Siebe, C. 2009. La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 +/- 35 años AP y sus implicaciones. En: A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.) Biodiversidad del Pedregal de San Ángel. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. Pp. 43-49
- Sinervo B., F. Méndez-de-la-Cruz, D. B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De la Riva, P. Victoriano-Sepulveda, C. F. Duarte-Rocha, N. Ibargüengoytía, C. Aguilar-Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert, and J. W. Sites Jr.2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*.328: 894 – 899.
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., y Peterson, T. 2017. Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88(2).

- Seebacher, F., and R. A. Alford. 2002. Shelter microhabitats determine body temperature and dehydration rates of a terrestrial amphibian (*Bufo marinus*). *Journal of Herpetology*. 36(1): 69-75.
- Snyder, G. K., and Hammerson, G. A. 1993. Interrelationships between water economy and thermo-regulation in the Canyon tree-frog *Hyla arenicolor*. *Journal of arid environments*, 25(3): 321-329.
- Tracy C. R., G. Betts, C. R. Tracy, and K. A. Christian. 2007. Plaster Models to Measure Operative Temperature and Evaporative Water Loss of Amphibians. *Journal of Herpetology*. 41: 597-603.
- Urbina Cardona, J. N., and J. Pérez-Torres. 2002. Dinámica y preferencias de microhábitat en dos especies del género *Eleutherodactylus* Anura: *Leptodactylidae* de bosque andino. Jaramillo C. A., C. A. Castaño-Urbe, F. A. Hincapié, J. V. Rodríguez, & C. L. Durán (Eds.), *Libro del Congreso Mundial de Páramos*. 1: 278-288.
- Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R., Lemos-Espinal, J. A., & Martínez-Olguín, R. G. 2017. Resource Use by Adults of Four Species of Anurans Along the Río Salado, Puebla, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology*, 12, 182-191.
- Villarreal-Wislar, C., Castañeda-Gaytán, J. G., Romero-Méndez, U., y Hernández-Martínez, J. E. 2014. Distribución potencial de *Gopherus Flavomarginatus* bajo efectos del cambio climático antropogénico. Informe CONANP.