

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



“Dinámica higrótérmica y Herpetofauna asociada a las bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital, El Salvador”.

Trabajo de Graduación Presentado por:

William Adalberto Merino Flores

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

Asesores:

Lic. Jairo Galileo Marroquín Elías

MGI. José Yader Sageth Ruiz Cruz

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2025

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**“Dinámica higrotérmica y Herpetofauna asociada a las bromelias
de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital, El Salvador”.**

Trabajo de Graduación Presentado por:

William Adalberto Merino Flores MF12002

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

Docente asesor:

Lic. Jairo Galileo Marroquín Elías

Asesor externo:

MGI. José Yader Sageth Ruiz Cruz

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2025

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**“Dinámica higrotérmica y Herpetofauna asociada a las bromelias
de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital, El Salvador”.**

Trabajo de Graduación Presentado por:

William Adalberto Merino Flores

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

TRIBUNAL CALIFICADOR:

Jurado interno:

M.sD. Virginia Geraldine Ramírez Pineda

Jurado externo:

Lic. Vladlen Ernesto Henríquez Cisneros

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2025

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

Universidad de El Salvador

Rector

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla

Vicerrectora Académica

Dra. Evelyn Beatriz Farfán

Vicerrector Administrativo

M.Sc. Roger Armando Arias

Secretario General

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

Fiscal

Lic. Carlos Amílcar Serrano Rivera

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Decano

Dr. Luis Gilberto Parada Gómez

Vice Decano

Dr. José Nerys Funes Torres

Secretaria

M. E. B. Ángela Gudelia Portillo de Pérez

Directora Escuela de Biología

Licda. Milagro Elizabeth Salinas Delgado

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2025

DEDICATORIA

Al creador, a mis padres y a todos aquellos exploradores que, a su manera, colocan un pie donde nadie nunca ha estado antes, a los que han contado, cuentan y contarán algo nuevo de este maravilloso mundo al que pertenecemos. La senda está abierta, a la espera de futuros exploradores del dosel. Nos vemos en las alturas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestro creador por permitirme descubrir las maravillas que hay entre el cielo y la tierra, por darme la dicha de balancearme al son de las cuerdas entre orquídeas y telones de niebla. A mis padres por enseñarme a luchar frente a la adversidad y resistir las inclemencias de la vida. A mis maestros James Luce (E. P. D.) y David L. Anderson, por enseñarme a caminar en el cielo por primera vez y darme la llave para entrar al templo del dosel. A mis hermanos, Astrid e Isaac Merino, por su apoyo y por estar siempre presentes, en las buenas y en las malas.

Agradezco profundamente a mis colegas Adriana Hernández, Carolina Díaz, Alexander Navidad, Arnold Tonatiuh y Carlos Funes, por todo su apoyo en este proceso, por darme fortaleza, confianza, seguridad y tenderme su mano en la vereda que abrimos para llegar a estos resultados.

A los propietarios y amigos de Alpes del Pital, El Pital Ecolodge y El Pital, por permitirme hacer esta investigación y apoyarme en todo momento, en especial a La familia Granados, Jaime Osmín, Ernesto y su padre. A Roberto Marroquín y la familia Portillo, en especial a Luis Portillo, Liseth y Marlon.

A mis amigos y maestros de los cursos "Descubriendo el Dosel", Honduras 2018 y Colombia 2022, los recuerdo con mucho cariño y admiración.

A la Universidad de El Salvador por financiar mi carrera universitaria y mis capacitaciones para aprender las técnicas de acceso al dosel necesarias para realizar esta investigación. A la Escuela de Biología y su personal docente, que me dejaron mucho aprendizaje personal y profesional.

A mis asesores, MGI. José Yader Sageth Ruiz Cruz y Lic. Jairo Galileo Marroquín Elías, gracias por ayudarme a enriquecer esta investigación, por todo su apoyo, consejos y paciencia. A los miembros del jurado, M.SD. Virginia Geraldine Ramírez Pineda y Lic. Vladlen Ernesto Henríquez Cisneros por sus acertadas observaciones y su valioso apoyo para culminar este trabajo. Los admiro mucho.

Cada persona en mi vida ha dejado aprendizajes, recuerdos, alegrías y experiencias que no caben en esta página. Gracias de corazón por ser parte de mi historia y por el papel que han tenido en ella.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo general.....	6
4.2 Objetivos específicos	6
5. MARCO DE REFERENCIA	7
5.1 Antecedentes	7
5.2 Bosques nubosos.....	8
5.2.1 Los bosques nubosos en Centroamérica.....	10
5.2.2 Los bosques nubosos en El Salvador.....	12
5.2.3 El bosque nuboso de Cerro El Pital	15
5.3 Bromeliáceas.....	16
5.3.1 Las bromelias como fitotelmata	17
5.3.2 Bromelias de tanque epífitas de la cordillera Alotepeque-Metapán.....	19
5.3.3 Bromelias de tanque epífitas como microhábitat de anfibios y reptiles ...	27
5.3.4 Técnicas para el estudio de anfibios y reptiles en bromelias.....	30
5.4 Anfibios asociados a bromelias en Centroamérica	31
5.4.1 Orden Caudata	33
5.4.2 Orden Anura	34
5.4.3 Antecedentes de anfibios y reptiles en bromelias de tanque epífitas de bosques nubosos en El Salvador	35
5.4.3.1 Parque Nacional Montecristo.....	35
5.4.3.2 Cerro El Pital (esesmiles)	36
6. METODOLOGÍA	38
6.1 Área de Estudio.....	38

6.2	Clima.....	39
6.3	Vegetación	40
6.4	Metodología de Campo.....	42
6.4.1	Metodología de muestreo para el registro de temperatura y humedad en bromelias	42
6.4.1.1	Selección de bromelias y acceso al dosel	42
6.4.1.2	Registro de temperatura y humedad dentro de las bromelias y en el medio externo.	43
6.4.1.3	Metodología de muestreo de anfibios y reptiles en bromelias.....	45
6.5	Análisis de datos.	49
6.5.1	Análisis de datos de temperatura y humedad	49
6.5.1.1	Comparación de la temperatura y humedad registradas dentro de las bromelias en el medio externo.....	49
6.5.1.2	Estacionalidad, tiempo atmosférico y su influencia en la dinámica higrotérmica en bromelias y su medio externo.....	50
6.5.1.3	Capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad con respecto a su medio externo.	51
6.5.2	Análisis de datos de anfibios y reptiles	52
6.5.2.1	Identificación de las especies de anfibios y reptiles que hacen uso de bromelias.	52
7.	RESULTADOS.....	53
7.1	Dinámica Higrotérmica.....	53
7.1.1	Dinámica higrotérmica comparativa entre las bromelias de tanque y su medio externo en el bosque nuboso de cerro El Pital.	53
7.1.2	Tiempo atmosférico y el comportamiento de la temperatura y humedad en bromelias y su medio externo.....	55
7.1.3	Estacionalidad, tiempo atmosférico y su influencia en la dinámica higrotérmica en bromelias y su medio externo.	59

7.2	Capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad del medio externo.....	60
7.3	Temperatura y Humedad en bromelias con presencia de anfibios.	62
7.4	Herpetofauna asociada a las bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital.....	64
7.4.1	Estratificación vertical de anfibios y reptiles presentes en bromelias del bosque nuboso de Cerro El Pital.	67
7.4.2	Variación estacional de la comunidad de anfibios y reptiles según las condiciones higrotérmicas y factores que influyen en la presencia/ausencia de herpetofauna en el dosel.....	70
8.	DISCUSIÓN.....	73
9.	CONCLUSIONES	86
10.	RECOMENDACIONES	88
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
12.	ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subdivisión de un árbol en las zonas verticales después de Johansson (1974) y ter Steege y Conelissen (1989).	8
Figura 2. Distribución geográfica de Bromeliaceae (Tomado de Bonifacio & Rossado, 2017).	17
Figura 3. Mapa de Cerro El Pital, municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango. Mapa elaborado por William Merino en QGIS. Fuente: Datos MARN-MAG.	39
Figura 4. Vegetación del bosque nuboso de Cerro El Pital.	41
Figura 5. Acceso a bromelias por single rope technique (A). Zona de medición de circunferencia del tanque de las bromelias (en rojo) en el segundo juego de hojas de la roseta (B).	43
Figura 6. Ubicación de data loggers en bromelias de tanque epífitas para toma de datos de temperatura y humedad.	45
Figura 7. Camuflaje de salamandra (<i>Bolitoglossa synoria</i>) en bromelias de tanque. ...	47
Figura 8. Uso de bolsas plásticas de un solo uso para manejo y contención de anfibios.	48
Figura 9. Temperaturas registradas en bromelias y su medio externo: Temperatura del medio externo al sol (TME1), Temperatura del medio externo a la sombra (TME2), Temperatura dentro de las bromelias (TBRO).	54
Figura 10. Humedad registrada en bromelias y su medio externo: Humedad del medio externo al sol (HME1), Humedad del medio externo a la sombra (HME2), Humedad dentro de las bromelias (HBRO).	55
Figura 11. Comportamiento térmico típico durante los principales escenarios de tiempo atmosféricos en Cerro El Pital: Día lluvioso, soleado, con viento y en noche fría.	58
Figura 12. Temperatura en días típicos de época seca y lluviosa: Temperatura del medio externo al sol en época seca (1); Temperatura dentro de la bromelia en época seca (2); Temperatura del medio externo al sol en época lluviosa (3) y Temperatura dentro de la bromelia en época lluviosa (4).	60

Figura 13. Humedad en días típicos de época seca y lluviosa: Humedad del medio externo al sol en época seca (A); Humedad dentro de la bromelia en época seca (B); Humedad del medio externo al sol en época lluviosa (C) y Humedad dentro de la bromelia en época lluviosa (D).....	60
Figura 14. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TMES) y Temperatura dentro de la bromelia (TBRO).	62
Figura 15. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TMES) y Temperatura dentro de la bromelia (TBRO).	62
Figura 16. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TME1), Temperatura en el medio externo a la sombra (TME2) y Temperatura dentro de las bromelias (TBRO).	63
Figura 17. Humedad en el medio externo de las bromelias al sol (HME1), Temperatura en el medio externo a la sombra (HME2) y Temperatura dentro de bromelias (HBRO).	63
Figura 18. Especies de bromelias de tanque estudiadas: <i>Werauhia werkleana</i> (A), <i>Tillandsia ponderosa</i> (B) y <i>T. guatemalensis</i> (C). Especies de anfibios y reptiles que utilizan las bromelias en el bosque nuboso de Cerro El Pital: <i>Anolis heteropholidotus</i> (D), <i>Ptychohyla hypomykter</i> (E), <i>Plectrohyla guatemalensis</i> (F), <i>Abronia montecristoi</i> (G), <i>Abronia moreletii</i> (H), <i>Bolitoglossa synoria</i> (I). Las imágenes de cada especie no están a escala entre ellas. (Autores: A, B, C, D, E, F, H, I- William Merino; G- Roberto Marroquín).....	65
Figura 19. Categorías de altura (m) en las que se encontró herpetofauna y en las que crecían en los árboles las bromelias con anfibios y reptiles, número de bromelias ocupadas por herpetofauna en cada Categoría de altura: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m, Alto= 4-12m. Bajo II corresponde a bromelias de estrato bajo en época lluviosa.	68
Figura 20. <i>Abronia moreletii</i> depredado por un "momoto gorgiazul" (<i>Aspatha gularis</i>).	69
Figura 21. Comparación de la presencia de la "salamandra de El Pital" (<i>B. synoria</i>) entre época seca y lluviosa en base a observaciones realizadas en las categorías de altura (m) respecto a los árboles: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m y Alto= 4-12m. Año 2021-2022.	71

Figura 22. Amenazas que enfrentan las bromelias (*Tillandsia* sp.) en Cerro El Pital:
Quema del bosque para cultivos agrícolas-Izquierda; Extracción para venta-Centro;
Desecación por el incremento de exposición al sol directo por la disminución de nubes y
niebla-Derecha..... 72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Bromelias de tanque epífitas colectadas en la región cordillera sur de la serranía del bloque Chortis. (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad [GBIF], 2023).	20
Cuadro 2. Mediciones de condiciones microclimáticas y características de fitotelmatas en bromelias con y sin salamandras. Tomado de Fajardo et al. (2014).....	28
Cuadro 3. Herpetofauna asociada a bromelias, categorías de conservación, usos dados a bromelias y presencia en los sitios de muestreo.	67

1. RESUMEN

Cerro El Pital, ubicado en la frontera entre El Salvador y Honduras, alberga el bosque nuboso más alto del país, un ecosistema singular que enfrenta graves amenazas por fragmentación, explotación y cambio climático. En este contexto, las bromelias de tanque cumplen un papel ecológico relevante al generar microhábitats estables de temperatura y humedad que podrían servir como refugio para anfibios y reptiles especializados.

El presente estudio tuvo como objetivo describir la dinámica higrotérmica y la herpetofauna asociada a las bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital. Se realizaron muestreos entre los 2380 y 2650 m s. n. m., utilizando la técnica de ascenso por cuerda simple (SRT) para acceder al dosel arbóreo y el método de muestreo de parche para registrar temperatura, humedad y presencia de especies. Se seleccionaron 30 bromelias adultas de *Tillandsia ponderosa* para el registro higrotérmico y 150 bromelias de tres especies (*T. ponderosa*, *T. guatemalensis* y *W. werckleana*) para la búsqueda de herpetofauna.

Los resultados demostraron que las bromelias amortiguan eficazmente las fluctuaciones térmicas, manteniendo temperaturas promedio de 12.8 ± 2.1 °C y humedad constante de 94.7 ± 3.1 %, condiciones más estables que el medio externo. Se identificaron seis especies de herpetofauna asociadas: los reptiles *Abronia montecristoi*, *A. moreletii* y *Anolis heteropholidotus*, y los anfibios *Ptychohyla hypomykter*, *Plectrohyla guatemalensis* y *Bolitoglossa synoria*. Los anfibios mostraron preferencia por las bromelias durante la época seca, utilizando estos microhábitats como refugios climáticos. Las salamandras usan estas plantas como sitios de reproducción y en época lluviosa, solo se observaron en bromelias del sotobosque.

Los resultados evidencian que las bromelias de tanque funcionan como amortiguadores microclimáticos y refugios climáticos potenciales frente a las variaciones ambientales extremas, desempeñando un papel esencial en la supervivencia de especies amenazadas del bosque nuboso de Cerro El Pital. Su conservación es prioritaria ante las presiones por extracción y degradación del hábitat.

2. INTRODUCCIÓN

Cerro El Pital es un macizo montañoso fronterizo con Honduras, al norte de El Salvador, es la mayor elevación salvadoreña y tercera de Honduras. Alberga un bosque nuboso en condiciones climáticas y altitudinales únicas. A pesar de esto, pocos estudios científicos se han realizado en este bosque que se encuentra en peligro de desaparecer, debido a la explotación y fragmentación desmedida a la que es sometido, como consecuencia sus árboles y flora epífita reducidos a un ritmo alarmante (Angulo, 2002; Vreugdenhil, D. et al., 2011).

Ante el inminente impacto del cambio climático en este sitio, especies adaptadas al clima muy frío, deberán movilizarse a zonas de comodidad térmica (Parmesan C., 2006). Para los anfibios, de poca movilidad, es complicado desplazarse y migrar a zonas altitudinales más altas para compensar el incremento de temperatura, por lo cual, la disponibilidad de microhábitats que contrarresten el estrés térmico causado por el cambio climático es indispensable. Las bromelias de tanque pueden servir como un amortiguador de temperatura y humedad, donde estas variables tienen poca fluctuación; así como temperaturas más bajas respecto a su medio externo, ofreciendo el micro hábitat ideal para anfibios y reptiles especializados que utilizan las bromelias de tanque.

Acceder a bromelias de tanque epifitas en alturas antes no exploradas, permitirá dar un vistazo a un aspecto desconocido en la ecología del bosque nuboso y la importancia de las bromelias de tanque para anfibios y reptiles especialistas cuya distribución está restringida o limitada a este cerro en El Salvador (Köhler, 2006).

La información existente sobre anfibios y reptiles asociados a bromelias en El Salvador, se limita a registros eventuales. Estos encuentros y colectas de especímenes entre las hojas de bromelias son descritos y recopilados en notas de historia natural por Köhler (2006). Cabe mencionar, que la totalidad de estos encuentros, se dieron en bosques montanos del norte del país, en la cadena montañosa fronteriza con Honduras (Montecristo, Cerro El Pital y sus alrededores). Hasta la fecha, no existen exploraciones al dosel arbóreo en busca de especies especialistas que pudiesen encontrarse en bromelias; en El Salvador se conoce solamente una lagartija especialista del dosel que habita entre las bromelias de los bosques nubosos; esta es *Abronia montecristoi*, observada ocasionalmente en alturas más bajas a

las que suelen frecuentar, ya que estas, como otras *Abronia*, bajan ocasionalmente o caen de los árboles (Campbell & Frost, 1993). También ranas del género *Plectrohyla* y *Ptychohyla* suelen habitar bromelias en la región montañosa donde se encuentra Cerro El Pital.

En el presente estudio, utilizando la técnica de ascenso por cuerda simple (SRT) (Jepson, J., 2000, 2006) y el muestreo de parche (Heyer et al., 1994), propio para especies que se encuentran asociadas específicamente a un microhábitat, se recopiló información de la presencia de anfibios y reptiles en bromelias, identificando las especies que son utilizadas por estos, así como las temperaturas y humedades dentro de las bromelias y en su medio externo, identificando las diferencias entre estas y demostrando la capacidad de las bromelias de tanque, para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad, con respecto a su medio externo en condiciones de estrés higrotérmico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cerro El Pital es un macizo montañoso centroamericano ubicado en el norte de El Salvador fronterizo con Honduras, en el municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango, constituyéndose como la mayor elevación de El Salvador con una altura de 2,730 m s. n. m. (MARN 2011).

Según el sistema de clasificación de formaciones vegetales (Ventura & Villacorta 2000). Cerro El Pital posee bosques nebulosos; una formación vegetal de tierra fría con temperaturas anuales de menos de 17 °C en alturas arriba de 1,800 m s. n. m. La presencia de humedad y bajas temperaturas es una característica constante de estos bosques que se ven influenciados por neblinas y nubes. Cuando ha entrado la estación seca en la tierra baja, se forman en la región de estos bosques, casi diariamente, densas neblinas motivadas por los vientos alisios del noreste, los cuales dan al bosque tanta humedad en la estación seca, que cambia su follaje en formas apenas notables; esta influencia permanente de humedad durante todo el año permite que los árboles se vean cubiertos de una capa densa de musgos, helechos y otras epífitas, entre las cuáles sobresalen muchas especies de bromelias (Lauer, 1954).

Las bromelias poseen como característica importante la presencia de una roseta conformada por hojas cuya disposición puede variar en forma como un simpodio con hojas en disposición espiralada, hojas en una macolla, hojas dispuestas en una roseta tipo cisterna y hojas dispuestas en una roseta tipo tanque (Hornung et al, 2013), estas últimas se conocen con el nombre genérico de bromelias de tanque. La disposición de las hojas en roseta de las bromelias de tanque epífitas deja espacios entre las mismas que son ocupados por agua y materia orgánica. El agua procedente de la lluvia o de la condensación de la niebla se deposita entre las hojas hasta llegar a colmatarse en periodos de lluvias, formando pequeños depósitos de agua (fitotelmata) (Shorrocks, 1999).

La arquitectura compleja y la capacidad de amortiguar las fluctuaciones microclimáticas pueden generar y albergar altos niveles de diversidad y especialización de especies en las bromelias. Las especies de anfibios de varias familias están asociadas con las bromelias del bosque; esta interacción con las bromelias ha sido particularmente importante en la evolución y ecología de varios grupos de anfibios y reptiles neotropicales. Varios rasgos

de las bromelias como la humedad, la disponibilidad de agua y el tamaño de fitotelmata se asocian con la presencia de anuros y pletodóntidos. (Fajardo-Rovito, 2014).

El número de bromelias y el tamaño de estas incrementa con la altitud y es mayor en los bosques primarios, donde los árboles son de mayor tamaño y edad, y sus cortezas han estado más tiempo expuestas a la colonización de bromelias (Aranda et. al. 2012).

En Cerro El Pital, el bosque natural ha sido explotado y fragmentado en gran medida. Angulo (2002) señala que el área de Cerro El Pital posee muchos lugares donde se practica la agricultura, en especial el cultivo del repollo, maíz y duraznos; además, este sitio durante la época de los ochentas fue bastante degradado por la guerra y la extracción abusiva de madera que no consideró el cuidado de la vegetación natural. Este abuso logró un gran deterioro de la vegetación existente, fragmentando el bosque nuboso original y reemplazándolo por zonas abiertas y áreas de cultivos. Sus árboles y su flora epífita han sido reducidos a un ritmo alarmante, generando impactos negativos en las especies de anfibios y reptiles asociados a la formación vegetal original.

A pesar de esto, Cerro El Pital aún alberga herpetofauna única en el país. Entre las especies de mayor importancia figuran las ranas *Plectrohyla guatemalensis*, *Ptychohyla salvadorensis*, *Ptychohyla euthysanota*, *Plectrohyla sagorum*, *Plectrohyla psiloderma* y la Salamandra de Cerro El Pital (*Bolitoglossa synoria*), siendo Cerro El Pital la única localidad del país conocida para las últimas tres especies (Köhler, 2006). Todas las especies de anfibios mencionadas anteriormente figuran en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), han sido recolectadas u observadas en bromelias según indica Köhler (2006) y su distribución es sumamente restringida en El Salvador. En cuanto a reptiles, las lagartijas del género *Anolis* suelen encontrarse entre las bromelias y es muy probable la presencia de lagartijas arborícolas del género *Abronia*.

Las principales amenazas de estos anfibios y reptiles están relacionadas a pérdida de hábitat por cultivos, modificaciones del medio natural, contaminación por agroquímicos y riesgos asociados al cambio climático (Beebee, T. J., & Griffiths, R. A. 2005).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Describir la dinámica higrotérmica y Herpetofauna asociada a las bromelias de tanque en el bosque nuboso de cerro El Pital, El Salvador.

4.2 Objetivos específicos

- Registrar las fluctuaciones higrotérmicas entre las bromelias de tanque y su medio externo.
- Comparar la temperatura y humedad registradas dentro de las bromelias y en el medio externo.
- Demostrar la capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad con respecto a su medio externo.
- Identificar las especies de anfibios y reptiles que hacen uso de bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital, El Salvador.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Antecedentes

El primer naturalista que hizo observaciones y publicó (en 1879) sobre fauna bromelícola fue Johann Friedrich (Fritz) Müller (1822-1897), a quien se debe también el concepto de mimetismo mülleriano. Por sus observaciones en Brasil, Müller fue el primero en proponer que la materia orgánica del agua de las bromeliáceas podría ser nutritiva para estas plantas. Otro alemán, el botánico Andreas Franz Schimper (1856-1901) publicó en 1884 el primer artículo sobre ecología y fisiología de bromeliáceas, que sentó las bases para relacionar estrechamente estas plantas con su fauna; posterior a estos personajes, es muy importante hacer mención a Clodomiro Picado, Costarricense que dedicó gran parte de sus estudios a la ecología de bromelias y principalmente a la fauna bromelícola, describiendo 49 especies de fauna habitante de las bromelias nuevas para la ciencia, la mayoría de ellas en Costa Rica, siendo el primer investigador de las bromelias de tanque y su fauna asociada en Centroamérica. En las dos últimas décadas del siglo XIX se publicaron varios artículos con descripciones de especies animales halladas en bromelias de varios países, desde México hasta Brasil. En la primera década del siglo XX estas publicaciones se hicieron más frecuentes y Picado llegó a disponer de la mayor parte de la información existente (Morales, & Monge, 2013).

Muchas bromelias proporcionan condiciones ideales como temperatura estable, humedad, alimento y/o protección contra depredadores (Beutelspacher, 1971; Benzing, 1980; Benzing, 1990; Dejean, Olmsted & Snelling, 1995; Galindo-Leal et al., 2003; De Carvalho & De Araújo, 2007; McCracken & Forstner, 2008; Mondragón Chaparro & Cruz-Ruiz, 2009; Cruz-Ruiz et al., 2012). En las diferentes especies de bromelias, la disponibilidad de fitotelmata y de los recursos que proporciona este microhábitat, puede jugar un importante papel en la presencia-ausencia de una gran variedad de organismos (Picado, 1913; Nadkarni, 1994; Richardson, 1999; Benzing, 2000; Wittman, 2000; Galindo-Leal et al., 2003; Liria, 2007; McCracken & Forstner, 2008; Frank & Lounibos, 2009). Algunos organismos muestran una marcada especificidad de ocupación hacia algunas especies de bromelias (Romero, 2006), aunque la mayoría son principalmente generalistas (Richardson, Rogers & Richardson, 2000; Stuntz, 2001).

Algunos autores señalan que la abundancia, composición y distribución de las epífitas pueden estar determinadas por la especie de árbol, sus características físicas (ej: edad, tamaño y tipo de corteza) y por condiciones microclimáticas (ej: intensidad luminosa, humedad y corrientes de aire) (Benzing, 1980; Shaw, 2005; Bonnet & Queiroz, 2006; Kersten & Silva, 2006; GarcíaFranco & Toledo, 2008), aunque en algunos estudios, como el realizado por Gonzáles et al. (2014), las bromelias muestreadas se encontraron y recolectaron a varias alturas; y en varias especies de árboles, donde aparentemente la especie de árbol no fue determinante en el número de bromelias que los ocupaban. No obstante, se observó una preferencia de las bromelias a crecer en la porción intermedia de los árboles, donde probablemente también sean intermedias la intensidad luminosa, la humedad y la intensidad de las corrientes de aire (ver zona 2b en Fig. 1).

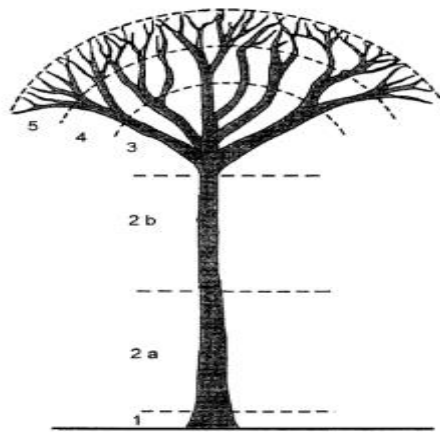


Figura 1. Subdivisión de un árbol en las zonas verticales después de Johansson (1974) y ter Steege y Conelissen (1989).

5.2 Bosques nubosos

Son bosques montanos tropicales o subtropicales que normalmente ocurren en una franja altitudinal donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistente o estacional. Esta persistente nubosidad reduce la radiación solar y el déficit de vapor, llegando a reducir en gran medida o a suprimir los procesos de evapotranspiración. El volumen de agua total que llega al interior de los bosques nubosos se ve significativamente incrementado por el aporte de la neblina, que al ser interceptada por la vegetación se condensa y deposita en las superficies de tallos y hojas, las cuales luego

gotean al suelo o depositan el agua entre las hojas de bromelias. En comparación con los húmedos sistemas forestales de tierras bajas (como la selva tropical lluviosa), los bosques nubosos presentan árboles de menor tamaño, incrementándose por consiguiente la densidad de los tallos (Hamilton et al. 2012). Los árboles dominantes del dosel generalmente exhiben troncos y ramas retorcidas, presentando hojas más pequeñas y coriáceas (Hamilton et al. 2012). Los bosques nubosos se caracterizan por presentar una proporción alta de epífitas (briófitas, líquenes, helechos, cactus, bromelias y orquídeas) y una correspondiente reducción de las lianas leñosas. Los suelos en general son húmedos y presentan una gruesa capa de materia orgánica humificada. Los valores de endemismos son muy altos y la diversidad de árboles, hierbas, arbustos y epífitas también, considerando su reducida superficie en relación con la selva tropical lluviosa, en la cual la alta riqueza específica se concentra en los árboles principalmente (Hamilton et al. 2012). Los bosques nubosos ocurren en un rango muy amplio de precipitaciones (500-10,000 mm anuales). También hay una importante variación en los niveles altitudinales que oscilan de 1,000 a 3,500 m s. n. m. en las áreas tropicales como en los bosques nubosos de la cordillera de los Andes y 1,500 a 2,500 m s. n. m. en las áreas subtropicales del mundo, como los bosques nubosos de las serranías centroamericanas (Hamilton et al. 2012).

En El Salvador, los bosques nubosos suelen encontrarse a partir de los 1,800 m s. n. m. Esta franja altitudinal no es exacta o igual para todos los lugares, pues la altura a la cual se desarrollan estos bosques depende mucho de la latitud del macizo montañoso y la humedad y temperatura influyentes (Lötschert, 1955). En áreas costeras y montañas aisladas esta franja suele descender a los 1,000 m s. n. m. o menos, como es el caso del bosque nuboso del volcán Mombacho en Nicaragua, el cual se encuentra desde los 860 hasta su cúspide de 1,345 m s. n. m. También bajo condiciones excepcionales de humedad, cercanas a la costa marina y ubicación ecuatorial, los bosques nubosos pueden llegar a ocurrir tan bajo como 500 m s. n. m. (Hamilton et al. 2012), como el caso particular del bosque nuboso del Parque Nacional Isla del Coco en Costa Rica, el cual es considerado el bosque nuboso a más baja altitud del mundo, entre 300 y 630 m s. n. m. Los bosques nubosos, brindan excelentes oportunidades para estudiar la adaptación biológica, ecológica y la evolución a lo largo de los gradientes medioambientales dramáticos sobre montañas tropicales. La ocurrencia de estos bosques montañosos tropicales como "islas hábitat", aisladas a gran altitud en un mar de diferentes tipos de

vegetación, a veces promueve una especiación explosiva de biota que resulta en un alto grado de endemismo de especies en estos bosques (Hamilton et al. 2012).

5.2.1 Los bosques nubosos en Centroamérica

La historia geológica de Centroamérica es compleja y en términos paleogeográficos reciente; esta complejidad en su proceso de formación moldeó la diversa topografía del terreno y la amplia variedad de ecosistemas y organismos asentados en estos (Savage, 1966, 1983; Wake and Lynch, 1976; Wake 1987, Townsend, J. H., 2014). Las montañas quedaron aisladas creando hábitats únicos en sus cumbres, donde diversas especies de plantas y animales del norte y Suramérica producto del "Gran Intercambio Americano" comenzaron procesos de especiación y diversificación (Stehli and Webb, 1985), generando un gran número de especies endémicas, convirtiendo la región en una de las más biodiversas del mundo.

Las cordilleras que recorren Centroamérica como una espina dorsal reparten la región en dos vertientes contrastantes: La vertiente del atlántico y la vertiente del pacífico (Hall, C., 1985).

La ubicación de estas cordilleras, perpendicular a los principales sistemas atmosféricos crea una clara distinción climática entre las dos vertientes. La del atlántico, bajo la influencia casi continua de los alisios nororientales, recibe abundante precipitación durante la mayor parte del año al estar ubicada en barlovento. La vertiente del Pacífico, por el contrario, al sotavento de los alisios, tiene una estación seca desde noviembre a mayo, durante el invierno boreal; las lluvias se concentran en los meses en que la zona de convergencia intertropical se traslada hacia el norte para ubicarse aproximadamente sobre el istmo (Portig, 1965). A pesar de esta marcada diferencia en la pluviosidad, los bosques nubosos situados en las cumbres de montañas y volcanes reciben abundante humedad durante todo el año gracias a las lluvias, nubes y niebla.

Existe un relativo aislamiento de las dos principales zonas montañosas en la región centroamericana. Una al norte, conocida como Centroamérica nuclear y otra al sur entre Costa Rica y el oeste de Panamá, que constituyen las áreas de endemismo de las tierras altas de Chiapas y Guatemala y la Cordillera de Talamanca, según las define Marshall,

C. J., & Liebherr, J. K. (2000). Este aislamiento favoreció la evolución de especies endémicas en las montañas centroamericanas, especialmente en los bosques nubosos.

La región montañosa del norte de Centroamérica conocida como Centroamérica nuclear ha sido dividida por algunos autores en una porción occidental y oriental, reconociendo esta región de tierras altas como dos entidades biogeográficas diferentes (Johnson 1989; Campbell 1999; Townsend 2006, 2009), donde existe un componente distintivo de biodiversidad endémica, principalmente de anfibios y reptiles (Wilson & Johnson 2010).

Los bosques nubosos de América Central forman una ecorregión que pertenece al bioma de los bosques húmedos latifoliados tropicales y subtropicales, según la definición del Fondo Mundial para la Naturaleza (2019), la cual clasifica estos bosques en un status de vulnerables. Se compone de parches de bosque situados en altitudes que oscilan entre 1,800 y 4,000 m s. n. m. en las cimas y laderas de las montañas más altas de Centroamérica nuclear, desde el sur de México, hacia Guatemala, El Salvador, Honduras, y el norte de Nicaragua, y cubre un área de 13,200 km². En estas altitudes, el clima es más templado con una precipitación relativamente alta que aumenta en las montañas más próximas al atlántico.

La ecorregión montana del norte de América Central existe como más de 40 islas de hábitat relativamente pequeñas que se extienden desde el sur de México hasta el sureste a través de Guatemala y luego a El Salvador y Honduras. Las montañas generalmente dispersas se elevan a partir de una matriz que de otro modo está dominada por un bosque de pinos y robles y representan solo alrededor del 10 % del área total. Su tamaño varía desde un solo macizo de 2,000 km² en la frontera entre México y Guatemala hasta pequeñas montañas aisladas de menos de 1 km² en el sur de Honduras y el oeste de El Salvador (World Wildlife Fund [WWF], 2023).

Estas montañas se derivan de diferentes fuentes geológicas y son de edades muy diferentes. Las montañas más interiores del grupo provienen principalmente de rocas sedimentarias y metamórficas del Paleozoico temprano, incluidos esquistos, gneis, mármoles y serpentinas (Villar Anleu 1994). Contrastando estos, se encuentra el anillo de montañas a lo largo de la costa del Pacífico, que son de origen volcánico que datan del Plioceno tardío (Rich and Rich 1983).

La precipitación en estas montañas suele ser fuerte, con caídas anuales cercanas 2,000 mm y la mayoría de ellas están sujetas a una fuerte capa de nubes. Las montañas más altas

experimentan heladas ligeras regulares durante la noche, sobre todo entre diciembre y marzo, cuando ingresan frentes fríos provenientes del norte (COSUDE, 2003; Zarate 2005; WWF, 2023)

La vegetación de la ecorregión de montaña centroamericana es una mezcla espectacular de elementos del norte y del sur combinados con un alto endemismo, que alcanza hasta el 70% en las islas de hábitat más grandes según Dix (1997). Por ejemplo, estas montañas son esencialmente los límites del sur para géneros de coníferas como *Abies*, *Juniperus*, *Cupressus* y *Taxus*, que tienden a crecer en las laderas más húmedas, orientadas al norte, cerca de las cimas de las montañas más altas. Estas coníferas forman rodales de grandes árboles altos que se entremezclan con bosques perennes de hoja ancha más clásicos que están dominados por robles (*Quercus*). Mezclados con estos géneros de origen norteño se encuentran géneros como *Persea* (Lauraceae), que también están asociadas con los hábitats tropicales del sur. (Standley et al. 1946-1977).

5.2.2 Los bosques nubosos en El Salvador

Las comunidades vegetales localizadas en los lugares más altos de El Salvador son muy influenciadas por neblinas y nubes. En estas regiones, incluso durante la época seca se forman casi a diario densas neblinas, dando tanta humedad al bosque que casi no se notan cambios entre la época seca y lluviosa. Esta característica, asociada a factores como suelos, vientos y altas precipitaciones a las que están expuestas, distingue a estas formaciones vegetales. Lötschert (1955), al igual que Lauer (1954), describe e identifica la vegetación arriba de los 1,800 m s. n. m. como zona tropical húmeda alta; tierra fría, con temperaturas medias anuales de 17 °C en alturas superiores a los 1,800 m s. n. m. A esta zona pertenece la formación vegetal conocida como bosque nuboso o bosque nebuloso. La vegetación de tierra fría comienza según la elevación de masas de las montañas en una altura muy variable; Lötschert (1955) menciona que, en la Laguna de las Ranas, ubicada a 1,700 m s. n. m. en la cordillera de Apaneca, el bosque nuboso ya está desarrollado; no así en la zona de Cerro El Pital, conocida también como los esesmiles (Dickey y van Rossem 1938; Lauer 1954; Lötschert, 1955), donde los bosques de pino-encino llegan hasta los 2,000 m s. n. m. Los bosques nubosos se encuentran principalmente en las máximas elevaciones de El Salvador: Cerro El Pital y Montecristo

(Lauer 1954; Lötschert, 1955; Rivas, 2016), existiendo también pequeños remanentes de éste en algunas reducidas cumbres de la cordillera de Apaneca como Cerro los Naranjos, Cerro el Águila, Laguna de las Ranas, Laguna Verde y Cerro Verde; en el Volcán de San Vicente, Volcán de San Salvador, (Reyna 1979) y Volcán de Santa Ana (Santamaría, 1978). En la actualidad, se considera que uno de los bosques nubosos mejor conservados de la región y más estudiados en El Salvador es el de Montecristo (Komar, O. et al., 2005; Medrano, V. M. R., 2011), mientras que otros han sido destruidos en gran parte para ser utilizados como zonas de cultivos agrícolas de altura como repollo, frutas de zonas frías y hortalizas, siendo este el caso del bosque nuboso de Cerro El Pital y toda la zona circundante, que con el desarrollo turístico local, han degradando rápidamente (Angulo, 2002; Vreugdenhil, D. et al., 2011) el área conocida como los eses miles (Dickey y van Rossem 1938; Lauer 1954; Lötschert, 1955), que en el pasado probablemente fue el bosque nuboso más diverso y extenso del país (Oceáno Grupo Editorial, 2000). Con respecto a trabajos de vegetación realizados en este tipo de bosques podemos mencionar entre ellos los estudios de Rosales y Salazar (1976), que plantean un análisis de la vegetación arbórea de Cerro Verde, buscando determinar las variaciones de la vegetación con la altura. Díaz (1977), buscó una metodología que reflejara la estructuración interna del bosque. Siu y Rosales (1977), determinaron la dominancia y distribución de las Pteridofitas del Cerro verde. Flores (1978), determina los tipos de vegetación de El Salvador y su estado en esa época, haciendo énfasis en aspectos fisionómicos, haciendo a su vez descripciones de la vegetación arbórea y arbustiva. Santamaría (1978) realizó el primer estudio de la distribución y dominancia del estrato herbáceo en un bosque nuboso salvadoreño, realizando su estudio en un gradiente altitudinal de este tipo de bosque en el volcán de Santa Ana. Reyna (1979) quien caracterizó la vegetación de la cima del bosque nuboso, vegetación del ecotono y vegetación secundaria presente en el bosque en Montecristo, en total registró 177 especie arbóreas de fanerógamas y helechos, realizando recorridos durante dos años (1977-1978).

Cardoza (2011) registró 183 especies de árboles y 3 helechos arborescentes para todo el parque Nacional Montecristo; de estas, 69 especies representadas en 51 familias, fueron encontradas en el bosque nublado. En Cerro El Águila donde se encuentra otro pequeño remanente de bosque nuboso se han realizado estudios de composición florística (Ascencio, 1998), composición florística del estrato arbustivo (Amaya, 2002) y la composición florística del estrato herbáceo (Cerén, 2003). Cerro Montecristo, es la zona

con bosques nubosos más estudiados de El Salvador, sin embargo, sus dos montañas vecinas conformantes del macizo montañoso de Montecristo: Cerro Miramundo (Metapán) (2,394 m s. n. m.) y Cerro El Brujo (2,140 m s. n. m.) no han sido tan estudiados como Cerro Montecristo, pues la información disponible es menor. Los pequeños relictos de bosque nuboso de las cumbres de los volcanes de San Salvador y San Vicente no han sido estudiados; el problema de carencia de información es similar para la zona conocida como los esesmiles, donde se erige Cerro El Pital; el segundo bosque nuboso de importancia en el país por su extensión y único remanente de bosque nuboso con alturas superiores a los 2,450 m s. n. m. hasta llegar a su punto más alto a 2,730 m s. n. m. En la zona de los esesmiles existe una investigación desarrollada como tesis por Mariona (1993) en Cerro Miramundo (La Palma) (2,300 m s. n. m.). Este estudio se hizo encaminado a determinar el grado de perturbación de la vegetación del Cerro Miramundo en La Palma, Chalatenango. El estudio reveló la existencia de 23 especies forestales, de las cuales dos fueron dominantes: Pino blanco (*Pinus pseudostrobus*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*); también determinó que existe una pérdida casi completa de la vegetación; recomendando la realización de programas de recuperación de dicha zona. Angulo (2002), realiza un inventario florístico estructural del bosque de El Malcotal, situado a seis kilómetros del Hostal Miramundo, en el municipio de La Palma en un área cercana a la estudiada por Mariona (1993) correspondiente a la zona montañoso conocida como los esesmiles. Angulo menciona que el área de estudio posee muchos lugares donde se practica la agricultura, en especial el cultivo del repollo y maíz; menciona además que el lugar, en la época de los ochenta, fue bastante degradado por la guerra y el abuso maderero en donde solo se extraía sin tener ningún cuidado de la vegetación natural. Este abuso deterioró la vegetación existente, ya que, hasta la fecha, la perturbación es visible. Sobre los estudios florísticos realizados en la zona Angulo (2002) menciona "En El Salvador se han realizado muy pocos estudios florísticos y aún menos de forma estructurales, como ejemplo de esto podemos ver que en ninguna parte se encuentran estudios de la vegetación de la zona de El Pital ". En el mismo estudio, se señala que: "Es importante mencionar que no se pudo encontrar ningún tipo de investigación realizada en la cordillera norte, fuera de las realizadas en el parque Montecristo, a pesar que esta zona es de gran importancia botánica teniendo las elevaciones mayores de El Salvador. "

5.2.3 El bosque nuboso de Cerro El Pital

Cerro El Pital es un macizo montañoso al norte de El Salvador, ubicado en el municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango; es la mayor elevación de El Salvador con una altura de 2,730 m s. n. m. (MARN 2011). Según el sistema de clasificación de formaciones vegetales propuestas por Lauer (1954) Cerro El Pital posee bosques nebulosos; una formación vegetal de tierra fría con temperaturas anuales menores a 17 °C en alturas arriba de 1,800 m s. n. m. Sobre esta formación vegetal Lauer, (1954) señala:

“La presencia de humedad y bajas temperaturas es una característica constante de estos bosques que se ven influenciados por neblinas y nubes. Cuando ha entrado la estación seca en la tierra baja, se forman en la región de estos bosques, casi diariamente, densas neblinas motivadas por los vientos alisios del noreste, los cuales dan al bosque tanta humedad en la estación seca, que cambia su follaje en formas apenas notables; ésta influencia permanente de humedad durante todo el año permite que los árboles se vean cubiertos de una capa densa de musgos, helechos y otras epífitas, entre las cuáles sobresalen muchas especies de bromeliáceas” (p.44-45).

Cerro El Pital; aislado en la región más septentrional del país es un representante característico de las montañas altas de Centroamérica nuclear en El Salvador (One earth, 2023). Aislado, diverso, con endemismos, elevada humedad durante todo el año y las temperaturas más bajas registradas de El Salvador (Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2010). El fragmentado bosque nuboso de este cerro es el único representante de esta formación vegetal en alturas superiores a los 2,700 m s. n. m. en El Salvador; presenta la típica vegetación de un bosque nuboso como un ecosistema denominado Bosque tropical siempreverde estacional latifoliado altimontano, bien drenado (Vreugdenhil, D. et al., 2011); los árboles dominantes del dosel exhiben troncos y ramas retorcidas, siendo tapizados con musgos y líquenes. Las epífitas se hacen presentes en grandes proporciones, observándose en mayores cantidades sobre los troncos de los árboles más longevos y de mayor fuste. Entre las epífitas del bosque sobresalen los helechos y una gran variedad de orquídeas y bromelias. El suelo del bosque cubierto de hojarasca permanece muy húmedo durante todo el año, como lo tipifican Lauer (1954) y Lötschert, (1955); hay pequeñas quebradas de agua muy fría que descienden de la cumbre permanentemente, incrementando su caudal en época lluviosa (Obs. Pers). La vegetación

amanece sumamente mojada por la condensación de la neblina al entrar en contacto con la superficie fría de hojas, troncos y epífitas, en un fenómeno conocido como "precipitación horizontal" (Padrón, C. V., 2023) que es un elemento importante en todo bosque nuboso; probablemente los volúmenes de agua depositados en el bosque por la condensación de la neblina en Cerro El Pital sean mayores que las percibidas en el resto de bosques nubosos del país por su altura superior y posición geográfica; sin embargo se carece de datos o información para asegurarlo.

Según la clasificación de zonas de vida de El Salvador (Holdridge, 1975) Cerro El Pital posee el único Bosque muy húmedo montano subtropical (bmh-MS) del país, con un área de 336.1 ha, correspondiente al 0.02% de la superficie territorial de El Salvador (MAG, 2002). La elevada altura del cerro permite que en él se desarrollen características climáticas únicas en el país, que favorecen la presencia de organismos altamente especializados. Como señala Angulo, (2002) en ninguna parte se encuentran estudios de la vegetación de Cerro El Pital. Fuera de las investigaciones realizadas en el Parque Nacional Montecristo, las investigaciones en la cordillera norte son casi nulas, a pesar de que esta zona es de gran importancia botánica teniendo las elevaciones mayores de El Salvador. Las características de aislamiento, condiciones climáticas y el desconocimiento de su biodiversidad hacen de Cerro El Pital un sitio potencial para nuevos reportes de especies para el país o nuevas especies para la ciencia.

5.3 Bromeliáceas

Las bromelias son plantas angiospermas monocotiledóneas pertenecientes al orden Poales, familia Bromeliaceae, la cual está compuesta por alrededor de 51 géneros y 3,475 especies conocidas (Christenhusz & Byng, 2016). Son plantas cuya distribución se limita a América tropical y África occidental (ver figura 1). Las Bromeliaceae se dividieron originalmente en tres subfamilias: Bromelioideae, Tillandsioideae y Pitcairnioideae basadas en caracteres morfológicos (Smith & Downs 1974). Sin embargo, la evidencia molecular ha revelado que mientras Bromelioideae y Tillandsioideae son monofiléticas, Pitcairnioideae es, de hecho, parafilético (Terry, 1997), dividiéndose así en seis subfamilias: Brocchinioideae, Lindmanioideae, Hechtioideae, Navioideae, Pitcairnioideae y Puyoideae (Zanella, 2012).

El surgimiento y evolución de las bromeliáceas ha sido relativamente reciente, probablemente no antes del terciario. La fitogeografía concuerda también con que el reciente apareamiento de las bromelias les negó la oportunidad de extenderse más allá de la América tropical, excepto por una dispersión única y probablemente reciente en África occidental (Ver Fig. 2) (Benzing & Bennett, 2000; Givnish et. al 2007).



Figura 2. Distribución geográfica de Bromeliaceae (Tomado de Bonifacio & Rossado, 2017).

5.3.1 Las bromelias como fitotelmata

Al concluir en los antecedentes de su tesis doctoral Picado (1913, como se citó en Morales, C. O., & Monge-Nájera, J., 2013) señala: “No existen trabajos que enfoquen en conjunto la fauna bromelícola y las diversas condiciones del medio mantenidas por las bromeliáceas epífitas: este es el estudio que he emprendido” (p. 1540). De esta manera, Picado (1913) inició el estudio de las bromelias de tanque como ecosistema. Aunque no usó el término ecología, Picado contribuyó significativamente para demostrar que los organismos no existen por sí solos, sino que interactúan entre sí y con el ambiente. Con su estudio, alcanzó el objetivo de enfocar en conjunto el microecosistema bromeliano (Morales, C. O., & Monge-Nájera, J., 2013). Como en cualquier ecosistema, en las bromelias se producen una serie de interacciones entre los organismos vivos y el conjunto de factores físicos (Tansley, A.G. 1935) donde se dan procesos biológicos como la fotosíntesis, la descomposición, la depredación, el mutualismo, la simbiosis o el parasitismo, que son los responsables de la transformación, acumulación y transporte de energía y materia.

“La disposición de las hojas en roseta de las Bromeliáceas epifitas deja espacios entre las mismas que son ocupados por agua y materia orgánica que se deposita en forma de ramitas, hojas, frutos, semillas, esporas, granos de polen, flores, etc. El agua procedente de la lluvia o de la condensación de la neblina se deposita entre las hojas hasta llegar a colmatarse en periodos de lluvias y evaporarse lentamente durante la estación seca, pudiendo también ser absorbida parcialmente por la planta al mismo tiempo que es aprovechada por multitud de organismos que viven en mutualismo con ella, abasteciéndola de los nutrientes procedentes de sus actividades vitales” (García, 2002, p. 13).

Estos particulares lagos en miniatura albergan una fauna muy diversa y especializada por darse ahí las condiciones especiales para su supervivencia. Dentro de cada espacio interfoliar ocupado por agua y materia orgánica podemos reconocer una estratificación característica de sus componentes. En la parte basal de las hojas más externas se localizan detritos muy finos entre los que podemos encontrar anfibios (ranas y salamandras), reptiles (lagartijas y pequeñas culebras), anélidos, coleópteros (Carabidae, Curculionidae, Staphylinidae), tijeretas, pseudoescorpiones, alacranes, miriápodos, ortópteros y larvas de algunos dípteros como Stratiomyidae. Un segundo nivel está constituido por hojarasca y detritos aún no degradados, sumergidos la mayor parte del tiempo en el agua. En esta zona son frecuentes entre los detritos las larvas de dípteros (Syrphidae, Culicidae, Tipulidae, Chironomidae, Drosophilidae, Tabanidae), larvas de coleópteros, ninfas de cucarachas, libélulas (en hojas más interiores con menos materia orgánica), así como orugas de mariposa de hábitos semiacuáticos y los principales degradadores de la materia orgánica, los crustáceos Isópoda (Beutelspacher, C.R., 1999). En resumen, podemos agrupar a los componentes de este ecosistema en: Productores primarios (la misma bromelia y algas que se desarrollan en el agua). Este material constituye la fuente nutricia principal de la mayor parte de los organismos bromelícolas. Consumidores primarios (insectos fitófagos consumidores de la planta y detritívoros, consumidores de los detritos), consumidores secundarios (depredadores carnívoros que viven en la hojarasca como anfibios, miriápodos y quelicerados y depredadores carnívoros que viven en el agua como las planarias y larvas de insectos) y degradadores como ácaros, colémbolos, hongos y bacterias. De esta manera, podemos observar la peculiaridad del microhábitat bromeliáceo en su conjunto como un ecosistema.

5.3.2 Bromelias de tanque epífitas de la cordillera Alotepeque-Metapán

Las referencias más importantes sobre la familia Bromeliaceae en El Salvador son los trabajos de Berendson (1993) y el de Utley & Burt-Utley (1994); en el primero se reconocieron un total de 10 géneros y 79 especies, mientras que en el segundo 9 géneros y 49 especies a nivel nacional. La diferencia entre ambos trabajos radica en el hecho de que en el primero se incluyen muchas especies no nativas conocidas solo de cultivo, principalmente del Jardín Botánico La Laguna en Antigua Cuscatlán.

Existe poca información disponible sobre las bromelias de la cordillera de Alotepeque-Metapán, siendo la más importante los especímenes depositados en herbarios provenientes de la zona de Parque Nacional Montecristo. Ante la falta de información y de inventarios florísticos en Cerro El Pital que reporten la presencia de ciertas especies de bromelias, fue necesario realizar una revisión exhaustiva del material vegetal de herbarios nacionales y extranjeros a través de la plataforma GBIF (<https://www.gbif.org/es/>), haciendo una delimitación geográfica en la región montañosa fronteriza entre Honduras y El Salvador y rangos altitudinales superiores a los 2000 m s. n. m. para generar un listado de especies de altura presentes en las montañas cercanas a Cerro El Pital (Cuadro 1).

La cordillera de Alotepeque- Metapán a la cual pertenece Cerro El Pital y Montecristo, forma parte de una sub unidad de la provincia biogeográfica del bloque Chortis propuesta por Townsend (2016), denominada como la región cordillera sur de la serranía del bloque Chortis. Estas montañas se extienden a lo largo de la frontera entre Honduras y El Salvador y poseen características fisiográficas, ecológicas y geológicas similares, lo cual ha permitido ciertas similitudes en su biodiversidad.

Entre las bromelias existe una gran variabilidad en cuanto al tamaño de las hojas y de los tanques que se forman entre ellas; influyendo en la presencia o ausencia de anfibios y reptiles, por ello, en el Cuadro 1 se presentan especies de bromelias con un tamaño de tanque lo suficientemente grande para albergar anfibios en su interior. En las altas montañas de esta región, predominan las bromelias de tanque de los géneros *Tillandsia* y *Werauhia*.

El género *Tillandsia*, ampliamente distribuidas, presentan una mayor variabilidad entre en el tamaño de la base de las hojas, el tamaño de la roseta y el tamaño del tanque (Benzing, 2000); siendo este género el mejor representado en las montañas de esta región (12 especies en lista). Por otra parte, las bromelias del género *Werauhia*, de estas zonas altas, presentan las hojas y tanques más grandes de las especies reportadas (3 especies en lista) manteniendo una disposición y tamaño de hojas similar entre ellas.

De las bromelias que se presentan en la lista siguiente, 2 especies han sido estudiadas exitosamente por Fajardo (2014), como microhábitat de anfibios bromelícolas en el bosque nuboso del volcán Pacaya en Guatemala, obteniendo interesantes resultados sobre la ecología de salamandras bromelícolas; estas son *Tillandsia guatemalensis* y *Werauhia werckleana*.

Cuadro 1. Bromelias de tanque epífitas colectadas en la región cordillera sur de la serranía del bloque Chortis. (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad [GBIF], 2023).

Bromelias de tanque epífitas de la región cordillera sur de la serranía del bloque chortis				
#	Especie	Sitios de registro	Altitud m s.n.m.	Colector/año/ herbario (Número de catálogo)
1	<i>Tillandsia cryptopoda</i> <i>L.B.Sm., 1950</i>	El Salvador: P.N. Montecristo, Cima de Cerro Miramundo, Metapán, Santa Ana Honduras: Cerro El Candado, Reserva Biológica El Güisayote, Nueva Ocotepeque.	2404 2180	Galán,P. et al./ 2016/ Asociación Jardín Botánico La Laguna - Herbarium LAGU (PG-03526) Thomas Hawkins, Darío Mejía, Bruce Allen/ 1993/

		Cordillera boscosa del lado sur de Montaña Sta. Bárbara, Sta. Bárbara.	2350	Missouri Botanical Garden (102491145) P. H. Allen, R. Armour & A. Chable/ 1951/ National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. (US 2085837)
2	<i>Tillandsia candelifera</i> Rohweder., 1953	El Salvador: Cerro Miramundo, Hacienda Los Planes, Montecristo, NE de Metapán, Santa Ana Honduras: Quilito, 4 km, NO de Gúajiquiro. La Paz.	2145 2100	Margery C. Carlson/ 1946/ Missouri Botanical Garden (3594806) Ron L. Liesner/ 1993/ University of South Florida Herbarium (USF) (268767)
3	<i>Tillandsia yunckeri</i> L.B.Sm., 1938	El Salvador: El Trifinio, Miramundo, Montecristo, Metapán, Santa Ana. Honduras:	2000-2200 1890	A. Molina R. et al./ 1966/ The Field Museum of Natural History (V0527054F) Gerrit Davidse, Mario Sousa S.,

		Cordillera de Celaque: Cruz Alta, 3 mi N de Belén Gualcho, sobre camino a Cucuyagua, Ocotepeque		José Linares/1994/ Missouri Botanical Garden (603025)
4	<i>Tillandsia eizii</i> <i>L.B.Sm., 1974</i>	Honduras: Cerro al suroeste Río Arcagual. y al Sureste de Río Arcagual. Bosque nublado del filo. Parque Nacional de Celaque. Ocotepeque.	2350	Paul R. House/ 1992/ Missouri Botanical Garden (102491169)
5	<i>Tillandsia vicentina</i> <i>Standl., 1923</i>	El Salvador: Parque Nacional Montecristo; Los Descombros. Metapán, Santa Ana. Honduras: Montaña de Celaque, parte SE del macizo, sendero de represa desde Gracias hasta la cima de la montaña.	2171 2150	Carballo,R.A. & Ramos,E.O./ 2003/ Asociación Jardín Botánico La Laguna - Herbarium LAGU (RAC00699) G. Davidse, R. Zúniga/ 1991/ University of South Florida Herbarium (USF) (266669)
6	<i>Tillandsia excelsa</i> <i>Griseb., 1864</i>	Honduras: Parque Nacional Celaque. Alrededor de Río Naranjo, Ocotepeque.	2100	Paul R. House, Roberto Andino U./ 1991/ Missouri Botanical Garden (1994125)
7	<i>Tillandsia guatemalensis</i> <i>L.B.Sm., 1949</i>	El Salvador: Cantón Río Chiquito, Área Natural Protegida Privada Juan Miguel Posada, San Ignacio, Chalatenango.	2052	López,N., Martínez,R., Molina,C. & López,A./ 2016/ Asociación Jardín Botánico La Laguna -

		<p>San José Ingenio, Los Planes, P.N. Montecristo, alrededores de la cumbre del Cerro Miramundo, Metapán, Santa Ana</p> <p>Honduras:</p> <p>Parque Nacional Celaque. Sendero Gallo, Lempira,</p>	<p>2420</p> <p>1970</p>	<p>Herbarium LAGU (NL-00083)</p> <p>Rodríguez,D. & Magaña,F./ 2015/ Asociación Jardín Botánico La Laguna - Herbarium LAGU (DR-05377)</p> <p>Koopmans,R./ 2012/ University of Vienna, Institute for Botany - Herbarium WU (0015051)</p>
8	<p><i>Tillandsia imperialis</i> Morren ex Roesl, 1883</p>	<p>El Salvador:</p> <p>P.N. Montecristo, sendero a El Trifinio, Metapán, Santa Ana.</p> <p>P.N. Montecristo, alrededores de Quebrada aledaña al Parqueo, Metapán, Santa Ana.</p>	<p>2038</p> <p>2200</p>	<p>Galán,P., Perdido,V., Perdomo,B., Velásquez,A. Gómez,L., Pérez,J., Barrera,A., Portillo,M. & Valle,J./ 2021/ Asociación Jardín Botánico La Laguna - Herbarium LAGU (PG-05809)</p>

				Galán,P. & Matute,G.A./ 2015/ Asociación Jardín Botánico La Laguna - Herbarium LAGU (PG-03297)
9	<i>Tillandsia multicaulis</i> Steud., 1841	El Salvador: P.N. Montecristo, calle a El Trifinio, Metapán, Santa Ana. Honduras: Cordillera de Montecillos, Montaña de San Juanillo, camino entre La Danta y Cerro San Juanillo.	2170 1950	Dagoberto Rodríguez, Jorge Monterrosa S., Rob Dyer, N. Guerra/ 2011/ Missouri Botanical Garden (102762698) Gerrit Davidse/ 1991/ Missouri Botanical Garden (607128)
10	<i>Tillandsia leiboldiana</i> Schltdl., 1845	Guatemala: Bosque Encantado, Jalapa Honduras: Montañas de El Achiote, sobre las planicies de Siguatepeque	1900 1350	Isabel Córdón/ 2019/ Universidad del Valle de Guatemala - Herbario UVAL (UVAL21674) Truman G. Yuncker, R. F. Dawson, H. R. Youse/ 1936/ Missouri Botanical Garden (1988710)

11	<i>Tillandsia mateoensis</i> <i>Ehlers, 1993</i>	Guatemala: San Mateo Ixtatán, Huehuetenango	2870	Mario Véliz, L. E. Velásquez M./ 2011/ Missouri Botanical Garden- BIGU-USAC (100347623)
12	<i>Tillandsia ponderosa</i> <i>L.B.Sm., 1945</i>	Guatemala: Volcán San Pedro, San Pedro La Laguna, Sololá Laderas superiores del Volcán Pacaya, debajo del cono en el lado norte, Guatemala. El Salvador: Parque Nacional Montecristo, Metapán, Santa Ana Honduras: Las Trancas, cerca de la carretera Guajiquiro-San Isidro, ca. Carretera 11 km al NO de Guajiquiro, Reserva Biológica Guajiquiro, La Paz.	2500 2200 2200 2050	P. Pardo/ 2005/ Field Museum of Natural History (Botany) Seed Plant Collection- BIGU-USAC (V0529339F) William E. Harmon/ 1970/ Missouri Botanical Garden (1667167) O. Rohweder/ 1951/ Missouri Botanical Garden (1924432) Randall J. Evans/ 1993/ Missouri Botanical Garden (607807)
13	<i>Werauhia montana</i> <i>(L.B.Sm.)</i>	El Salvador:	2376	Menjívar, J. et al./ 2008/ Asociación Jardín Botánico La

	<i>J.F.Morales & Cerén, 2009</i>	Cerro Miramundo, Parque Nacional Montecristo, Metapán, Santa Ana Honduras: Montañas de El Achiote, sobre las planicies de Siguatepeque	1850	Laguna - Herbarium LAGU (JBL07612) T. G. Yuncker/ 1936/ The New York Botanical Garden Herbarium (NY) (247285)
14	<i>Werauhia nephrolepis (L.B.Sm. & Pittendr.) J.R.Grant, 1995</i>	El Salvador: Parque Nacional Montecristo, Metapán, Santa Ana	2200	Otto Rohweder/ 1950/ Missouri Botanical Garden (1292999)
15	<i>Werauhia werckleana (Mez) J.R.Grant, 1995</i>	Honduras: Parque Nacional Celaque, sendero desde antigua planta de generación eléctrica hacia Campamento Don Tomás, Ocotepeque. El Salvador: Hacienda Los Planes, Montecristo, Metapán, Santa Ana	1920 2000	Randy Evans/ 1993/ University of South Florida Herbarium (USF) (266613) Otto Rohweder/ 1950/ Missouri Botanical Garden (3591885)

5.3.3 Bromelias de tanque epífitas como microhábitat de anfibios y reptiles

Las reservas de agua contenidas en las bromelias de algunos lugares tropicales pueden llegar a 50,000 L/ha, siendo estas reservas, uno de los principales recursos que proporcionan estas plantas a los organismos asociados a ellas (Kitching, 2000; McCracken & Forstner, 2006). Algunos organismos muestran una marcada especificidad de ocupación hacia algunas especies de bromelias (Romero, 2006), aunque la mayoría son principalmente generalistas (Richardson, Rogers & Richardson, 2000; Stuntz, 2001).

González et al. (2014) observó una preferencia de las bromelias a crecer en la porción intermedia de los árboles, donde probablemente también sean intermedias la intensidad luminosa, la humedad y la intensidad de las corrientes de aire. Es importante señalar que la especie del árbol, las condiciones físicas del sitio donde crece la bromelia y los recursos circundantes a la bromelia, influyen en la estructura y composición de la fitotelmata (Palacios-Vargas, 1979). González et. al (2014) encontró una preferencia de la herpetofauna por las bromelias que crecen entre 2.31 y 3.2m de altura; de forma similar, en el estudio desarrollado por Galindo-Leal et al. (2003), localizaron el mayor número de anuros en bromelias que se encontraban de los 2.1 a los 4 m de altura. Probablemente la herpetofauna que ocupa bromelias que crecen a mayores o menores alturas, está más expuesta a depredadores, o la fitotelmata sea más pobre. También factores ambientales extremos como la mayor exposición al sol y fuertes vientos en el dosel, podrían influir en la pérdida de plantas o la desecación más rápida de su fitotelmata.

Fajardo (2014) en su estudio desarrollado en el bosque nuboso del volcán Pacaya, en Guatemala, determinó que las salamandras se encontraron con mayor frecuencia en las bromelias con mayor tamaño de tanque (diámetro) y hojas y en las bromelias con menor temperatura. Los valores medios para las bromelias usadas por las salamandras fueron 33.5 cm de tamaño del tanque (26.45 cm-39.84 cm) y 16.7 °C de temperatura de bromelia (15.89 °C-17.45 °C). Asociando significativamente estas condiciones microclimáticas con la presencia de salamandras (ver Cuadro 2); Las variables que influyeron en el tamaño de la salamandra *Bolitoglossa morio* (Cope, 1869) en las bromelias incluyeron el pH y el ancho de la bromelia, de esta manera, las bromelias más grandes y con pH más alto albergaron salamandras más grandes.

Cuadro 2. Mediciones de condiciones microclimáticas y características de fitotelmatas en bromelias con y sin salamandras. Tomado de Fajardo et al. (2014).

Salamander	Absence		Presence	
	Mean (s.d.)	n	Mean (s.d.)	n
Width (cm)	20.3 (± 14.8)	23	33.5 (± 14.4)	22
Length (cm)	32.1 (± 16.7)	23	55.4 (± 22.0)	22
pH	5.7 (± 0.6)	23	5.8 (± 0.6)	22
Tm ($^{\circ}$ C)	17.6 (± 1.5)	23	16.7 (± 1.7)	22
Ta ($^{\circ}$ C)	19.6 (± 2.4)	23	19.9 (± 1.9)	22
HR (%)	68.2 (± 14.3)	23	66.6 (± 12.6)	22

Leyenda: Diámetro del tanque = Width, largo de la segunda hoja de la bromelia = Length, temperatura del microhábitat = Tm, temperatura del aire ambiente = TA, humedad relativa = HR. Todos los datos están expresados en media y su desviación estándar (s.d.).

La humedad ambiental fue diferente en los sitios de muestreo, a pesar de su cercanía, influenciando en la estructura poblacional de las bromelias y las salamandras que las ocupaban. En el sitio con mayor humedad ambiental promedio (80%) la bromelia dominante fue *Tillandsia guatemalensis*, encontrándose aquí la mayor cantidad de salamandras juveniles. Considerando que en los otros sitios de muestreo de Fajardo et al. (2014). la humedad promedio fue de 63.5% y 58.5%, estos resultados remarcan la importancia de la humedad ambiental en la distribución de las bromelias y los sitios de reproducción de salamandras en estos bosques.

La humedad, la disponibilidad de agua y el tamaño de la fitotelmata han desempeñado un papel importante en la selección de microhábitats de anuros (Bandoni, 2004; Stuckert, 2009). Tales correlaciones son potencialmente impulsadas por el papel de la fitotelmata de las bromelias de tanque como refugios de temperaturas extremas y baja humedad (Lehtinen, 2004; Peixoto, 2003; Wake, 1987). Las especies de bromelias más grandes pueden retener el agua de forma más efectiva, manteniendo una humedad más alta, protegiendo contra las fluctuaciones externas en la temperatura del aire y teniendo condiciones térmicas menos variables (Feder, 1982). Por lo tanto, la capacidad de seleccionar bromelias más grandes con una humedad adecuada puede ser especialmente importante para la supervivencia de anfibios en condiciones extremas, como las que ocurren durante la época seca.

La morfología compatible con las plantas y la estrategia reproductiva caracterizan a los vertebrados e invertebrados más dependientes de las bromelias. Los anuros bromelícolas se conforman al exhibir uno de dos patrones: producen larvas sedentarias o de natación libre. Los renacuajos de varias de las especies que se alimentan libremente exhiben cuerpos excepcionalmente delgados para competir mejor por los espacios estrechos impuestos por las bases de hojas superpuestas en las bromelias (Rivero 1984, 1989).

Existen otras formas para contrarrestar los efectos del estancamiento y el suministro limitado de alimentos. Las larvas de *Hyla brunnea* de Jamaica, presentan colas lateralmente estrechas en comparación con parientes no bromelícolas, supuestamente para alentar el intercambio de gases en medios en gran parte despojados de oxígeno por los restos en descomposición de sus masas de huevos (Nobel, 1929). Las bocas y tractos digestivos vestigiales acompañan la dependencia de vitelo en lugar de la alimentación. Los esfuerzos reproductivos y los volúmenes de cría coinciden, con menos de 20 huevos por nidada en las especies más extremas.

En cuanto a los reptiles, la presencia de lagartijas dentro de las bromelias de tanque, ha sido ampliamente documentado en el neotrópico y las especies de lagartijas que utilizan este tipo de bromelias, suelen desarrollar diferencias morfológicas en comparación con otras lagartijas; sin embargo, en gran parte de los casos, no ha sido estudiada la predilección de estas especies hacia ciertas especies de bromelias o hacia características particulares que estas presenten. Algunos autores indican que la presencia de lagartos en bromelias de tanque se relaciona con la disponibilidad de alimentos (Campbell y Frost, 1993; Teixeira-Filho et al., 2001) o de refugio (De Carvalho y De Araujo, 2007).

En México y Centroamérica, se ha reportado la presencia de varias especies de lagartos del género *Abronia* en bromelias de tanque en bosques nubosos y bosques de pino-encino (Cruz-Ruiz, 2012; Campbell y Frost, 1993) siendo estas lagartijas altamente especializadas, las principales ocupantes de este nicho en bromelias de tanque del dosel en la región.

Según Cruz-Ruiz (2012), en el caso de *Abronia oaxacae*, su presencia se relaciona con la disponibilidad de alimentos, así como de fitotelmata, pues en ella, se observa la presencia de numerosos individuos de macroartrópodos que viven dentro de estas bromelias de tanque, especialmente durante la época seca (García, 2008; Mondragon y Cruz, 2009). Además, la presencia de *Abronia* dentro de las bromelias podría atribuirse a la idoneidad

de estas plantas como refugio del calor y radiación solar que predominan durante la época seca ante la disminución de nubes.

También algunas serpientes como las víboras del género *Bothriechis* son habitantes del dosel y pueden pasar la mayor parte del tiempo, inmóviles, perchadas en las copas de los árboles, en alturas superiores a los 17m, en dosel cerrado, como el caso de *Bothriechis marchi* en bosques húmedos latifoliados que están asociados a ríos (Lonsdale, G., 2022).

A pesar de que lagartos como *Abronia* y serpientes como *Bothriechis* habitan el dosel y pueden visitar a menudo las bromelias, Ninguno de estos reptiles parecen estar modificados para pasar tanto tiempo en las bromelias como los anfibios, más propensos a la desecación (Benzing, D. H., 2000).

5.3.4 Técnicas para el estudio de anfibios y reptiles en bromelias.

Las bromelias son un nicho específico utilizado por especies bastante especializadas; para estudiar estos organismos con adaptaciones especiales, se puede utilizar una modificación de la técnica de muestreos por cuadrantes que se llama 'muestreo de parches', en el que las unidades muestrales son normalmente microhábitats específicos (por ejemplo, troncos, arbustos, o bromelias). El muestreo de parches se aplica cuando se buscan especies objetivo, que sabemos o sospechamos que están confinadas a microhábitats específicos dentro de un hábitat más grande (Heyer et al., 1994).

Para el muestreo de parches se debe cumplir los requisitos siguientes: Cada parche debe definirse de forma precisa y todos los parches deben ser igualmente localizables por el observador sin ningún prejuicio. Los animales no podrán abandonar el parche antes de ser observados. Si se cumplen estos criterios, los cuadrantes, en este caso llamados parches, se pueden distribuir aleatoriamente dentro del área de estudio. Cada uno de ellos, representa entonces una muestra independiente, permitiendo el análisis estadístico de los datos obtenidos si al menos 25 a 30 cuadrantes fueron muestreados (Heyer et al., 1994).

McCracken & Forstner, (2006) sugieren una técnica destructiva para el estudio de anfibios y reptiles en bromelias, una metodología utilizada también por otros autores como González et al. (2014) para la búsqueda de fauna bromelícola, en la cual las bromelias son removidas de su árbol hospedero y posteriormente en el campamento, las

bromelias desmanteladas hoja por hoja para la búsqueda y colecta de anfibios en su interior. Otros autores como Aranda-Coello, J. M. et. al. (2018), usaron cámaras inalámbricas (GoPro Hero 3+ Silver) conectadas en tiempo real a celulares y con ayuda de bastones de 6m de altura en forma de ganchos se abrían las cavidades interfóliales para observar el interior de las plantas para la búsqueda de anfibios y otros autores como Aguilar-Cruz et al. (2021) han utilizado métodos pasivos como la reubicación de bromelias, que consiste en reubicar bromelias de tanque en árboles grandes a 1,5 m del suelo sujetándolas a anillos metálicos sujetos a los árboles. Durante un período de un año, estas bromelias se inspeccionan mensualmente en busca de anfibios. La reubicación de bromelias representa una técnica de muestreo alternativa para anfibios arbóreos, que reduce la cantidad de bromelias que deben sacrificarse y parece ser efectiva para detectar ranas y salamandras en una variedad de ecosistemas.

5.4 Anfibios asociados a bromelias en Centroamérica

Centroamérica ha tenido una historia geológica compleja desde sus inicios, en gran parte por ser el punto de convergencia de 5 de las 14 principales placas tectónicas del mundo: Caribe, Cocos, Nazca, Norteamérica y Sudamérica. Una amplia serie de sucesos como el hecho de convertirse en una ruta de dispersión de especies entre América del Norte y del sur, la extrema topografía y gran heterogeneidad ecológica han impulsado una importante diversificación de especies in situ, particularmente en las zonas montañosas de Centroamérica nuclear y el sureste de América Central (Savage 1966, 1983; Wake 1987, citados por Townsend, 2011).

La América Central Nuclear ha sido considerada por mucho tiempo como una región de alta biodiversidad. Algunos autores han reconocido las porciones occidental y oriental de esta región de tierras altas como entidades biogeográficas diferentes (Johnson 1989; Campbell 1999; Townsend 2006, 2009), donde existe un componente distintivo de biodiversidad endémica, principalmente de anfibios y reptiles (Wilson & Johnson 2010).

En esta pequeña región de América, la diversificación evolutiva de las especies ha jugado un papel fundamental. Gran parte de las salamandras de Centroamérica Nuclear utilizan las bromelias de tanque como su hábitat, sitios de reproducción o refugios, formando

parte esencial de su forma de vida, principalmente en los bosques nubosos, donde se encuentra mayor abundancia de bromeliáceas (Wake & Lynch, 1976; Wake, 1987; McCranie, J. R., & Castañeda, F. E. A., 2006; Feder, 1982; Ruano-Fajardo et al. 2014; Bardales, L. A. H., 2021).

También algunos anuros se han adaptado a la amplia diversidad de nichos ecológicos generados en los diferentes ecosistemas de la región, particularmente en los bosques nubosos (McCranie, J. R., & Castañeda, F. E. A., 2006; Köhler, 2006; Townsend, 2011). Algunas ranas de la familia Hylidae se han especializado en hacer sus vidas en las bromelias, como es el caso de la pequeña rana *Bromeliohyla bromeliacia*, que se ha adaptado al punto de ser completamente bromelícola. Estas ranas depositan sus huevos en las bromelias y sus larvas se desarrollan en el agua contenida entre las axilas de las hojas. *Isthmohyla melacaena* es otra rana arborícola que pasa gran parte de su vida en las bromelias y se cree que se reproduce en ellas (McCranie & Castañeda, 2006; Sabagh et al. 2017; Bardales, L. A. H., 2021). La "rana flecha venenosa" costarricense *Dendrobates pumilio* demuestra uno de los comportamientos más elaborados registrados para un usuario de bromelia (Young 1979). Aunque es terrestre la mayor parte de su vida, este animal de colores brillantes se basa en un comportamiento excepcionalmente complejo e impresionantes poderes de navegación para reproducirse exclusivamente en las fitotelmatas de las bromelias de tanque epífitas. Uno a uno, los renacuajos eclosionados en el suelo se suben a la espalda de su madre para ser llevados a una de una serie de plantas su crianza. Cada depósito consta de una sola larva y un huevo no fertilizado proporcionado como alimento. La cría implica visitas repetidas a las mismas axilas de las hojas y huevos sacrificiales adicionales (Benzing, D. H., 2000).

Otras ranas utilizan las bromelias como refugios diurnos, lugares de canto o sitios de alimentación, como el caso de algunas *Plectrohyla*, *Ptychohyla* y la pequeña rana *Exerodonta catracha*. Incluso se ha encontrado representación de géneros mayoritariamente terrestres y habitantes de hojarasca como el caso de *Eutherodactylus*, con especies adaptadas a vivir en las bromelias, como es el caso de *Eutherodactylus diastema* (McCranie, J. R., & Castañeda, F. E. A., 2006; Köhler, 2006; Bardales, L. A. H., 2021).

5.4.1 Orden Caudata

Algunas salamandras rivalizan con las ranas bromelícolas por su dependencia de fitotelmata, además, también la forma de la planta coincide con la forma del cuerpo y la biología reproductiva de estos animales. De hecho, las bromelias parecen haber jugado un papel decisivo en la historia de este grupo de vertebrados inusualmente vulnerables a la sequía. Las distribuciones dejan pocas dudas de que las cavidades de las bromelias llenas de fitotelmata, materia en descomposición y abundantes invertebrados que ayudaron a este grupo fundamentalmente laurasiano a hacer su incursión sustancial en los trópicos (Wake 1987).

Alrededor del 80% de las más de 140 especies representadas en 11 géneros de pletodóntidos se encuentran en Mesoamérica y el noroeste de América del Sur, donde muchos de estos animales montanos permanecen en contacto con sus bromelias en estrechos rangos altitudinales (Wake & Lynch, 1976; Frost, 1985). Picos de diversidad se registran en bosques nubosos de elevación media ($750 \pm 2,500$ m), especialmente en Costa Rica y Centroamérica nuclear. Un transecto que se extiende desde cerca del nivel del mar hasta los 4,000 m en el sur de México produjo 15, en su mayoría poblaciones discretas de salamandras, muchas exclusivas de los grandes brotes de las bromelias *Tillandsia* y *Vriesea* (Wake 1987).

Las salamandras (Plethodontidae) equipadas para utilizar de diversa forma las bromelias se reproducen por desarrollo directo (sin etapa larval) y tienen una tolerancia excepcional a la sequía, además de poseer distribuciones más estrechas que sus parientes más norteños. Las salamandras más frecuentemente reportadas en bromelias pertenecen a los géneros *Bolitoglossa*, *Dendrotriton*, *Nototriton*, *Chiropterotriton*, y con menor frecuencia *Ixalotriton* y *Pseudoeurycea* (Lynch & Wake, 1978, Wake, 1987; Bardales, L. A. H., 2021).

Las formas apropiadas para competir por los espacios estrechos entre las bases de las hojas superpuestas se destacan de un vistazo. Los adultos generalmente poseen cuerpos pequeños (de 50 mm de longitud) equipados con largas colas prensiles, extremidades alargadas con dedos ampliamente separados y ojos dirigidos frontalmente. Los estudios filogenéticos indican una homoplasia sustancial en aquellas características asociadas con el uso de bromelias, posiblemente relacionadas con un número limitado de nichos para

estos animales en la América tropical. Los parientes que prefieren capas de musgos, plantas superiores con otras formas y escombros en lugar de fitotelmata poseen apéndices y cuerpos más similares a los de las formas terrestres (Wake, 1987).

Poco se sabe sobre el comportamiento y la movilidad de las especies dependientes de bromelias. El gregarismo aumenta durante el clima seco; en una ocasión, hasta 34 especímenes de *Dendrotriton xolocalcae* ocuparon una sola bromelia (Taylor & Smith, 1945) . Wake (1987) observó que hasta una de cada dos de las plantas más grandes muestreadas albergó al menos una salamandra.

En Centroamérica Nuclear gran parte de las salamandras son endémicas y muchas de estas, se han encontrado en bromelias; sin embargo, el comportamiento y grado de relación de estas con las bromelias varía según las especies y montañas donde se encuentren (Wake & Lynch, 1976; Wake, 1987).

5.4.2 Orden Anura

Entre los anuros asociados a bromelias encontramos exclusivamente a las ranas, principalmente a las ranas arborícolas de la familia Hylidae. En Centroamérica la mayor diversidad de anuros bromelícolas se encuentran en los bosques nebulosos, sin embargo, hay algunas ranas que también utilizan las bromelias, teniendo una estrecha relación ecológica con ellas, como el caso de la rana *Anotheca spinosa* que se reproduce en agujeros de árboles llenos de agua, bromelias o entrenudos abiertos de plantas de bambú en el bosque húmedo de tierras bajas, en la vertiente atlántica de Honduras (Duellman, W.E., 2001; Savage, J.M., 2002; McCranie, J. R., & Castañeda, F. E. A., 2006)

La especialista *Bromeliohyala bromeliacia* habita en bromelias. Los machos cantan desde las grandes bromelias. Sus huevos son depositados en estas plantas y las larvas se desarrollan en el agua contenida entre las axilas de las hojas. Se han encontrado larvas de mayo a agosto en los bosques nebulosos donde habitan (McCranie & Castañeda, 2006; Sabagh et al. 2017; Bardales, L. A. H., 2021)

Exerodonta catracha, otra rana encontrada frecuentemente en bromelias de los bosques montanos hondureños ha sido observada tanto en estadio juvenil, así como machos y hembras adultas en bromelias, algunas a distancias considerables de cuerpos de agua al

interior de los bosques. La rana *Bromeliohyala melacaena* se reproduce aparentemente en bromelias y los machos han sido encontrados mientras cantan dentro o cerca de bromelias en junio. Tanto machos como hembras utilizan bromelias como refugios diurnos, al igual que varias especies del género *Plectrohyla* que utilizan las bromelias como refugios diurnos (McCranie & Castañeda, 2006).

5.4.3 Antecedentes de anfibios y reptiles en bromelias de tanque epífitas de bosques nubosos en El Salvador

En El Salvador se carece de estudios relacionados a las bromelias en su función de ecosistema y los estudios dirigidos a anfibios y reptiles asociados a bromelias son inexistentes; por lo tanto, no se puede hacer referencia a estudios previos de la temática; sin embargo, existen registros eventuales que brindan una idea de las especies de herpetofauna que habitan las bromelias de tanque en nuestro país. La mayoría de los encuentros con anfibios y reptiles en bromelias son mencionados por Köhler (2006), en los apartados de historia natural, donde se describen encuentros y colectas de especímenes entre las hojas de bromelias en distintas localidades del país. Es importante mencionar que los registros de anfibios y reptiles en bromelias de tanque epífitas de bosques nubosos, se han dado únicamente en las montañas del norte (Macizo montañoso de Montecristo, Cerro El Pital y sus alrededores).

5.4.3.1 Parque Nacional Montecristo

Köhler (2006) menciona que especímenes de la salamandra de Montecristo (*Bolitoglossa heiroreias*) (Greenbaum, 2004), endémica de Cerro Montecristo, fueron colectadas en bromelias; Mertens (1952), reportó un espécimen que fue colectado en una *Tillandsia* y Rand (1957) reporta especímenes en las axilas de las hojas de bromelias en árboles del bosque nuboso salvadoreño de Montecristo. En febrero de 2015, Peña (2016), reportó la Salamandra Mexicana (*Bolitoglossa mexicana*) (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) en el Parque Nacional Montecristo, a una altura de 1,225 m s. n. m. Se sabe que esta especie habita en bosques tropicales de tierras bajas y en bosques premontanos, donde utiliza

bromelias y otras epífitas como refugio durante la estación seca (Ojeda, 2006). Puede ocupar, además, bosques deforestados y plantaciones de café. Su rango de distribución altitudinal oscila entre el nivel del mar hasta los 2,054 m s. n. m. (García y Mata, 2014; Frost 2014). Otra especie es la "Ranita de Quebrada de Montaña" (*Ptychohyla euthysanota*) (Kellogg, 1928), la cual ha sido reportada también en Cerro El Pital, sin embargo, su hallazgo en bromelias de tanque se ha dado únicamente en el macizo montañoso de Montecristo. Rand (1957) colectó dos especímenes en las axilas de hojas de bromelias aéreas en el bosque nuboso de Cerro Miramundo (Metapán, Santa Ana), en febrero. Leenders y WatkinsCowell (2004) notaron una hembra adulta en la noche sobre vegetación epífita a unos 80 cm sobre el nivel del suelo en el Parque Nacional Montecristo.

En cuanto a reptiles, se ha reportado la presencia del Dragoncillo de Montecristo (*Abronia montecristoi*) (Hidalgo, 1983), la cual se distribuye en el bosque nuboso entre los 2,150 y 2,250 m s. n. m. en Parque Nacional Montecristo (Köhler, 2006). Siendo esta la única especie de este género de lagartos arborícolas especializados habitantes de las bromelias presente en El Salvador.

5.4.3.2 Cerro El Pital (esesmiles)

Köhler (2006) menciona que Oliver Komar reportó un juvenil de la endémica salamandra de Cerro El Pital (*Bolitoglossa synoria*) (McCranie & Köhler, 1999) en una bromelia en el bosque nuboso durante el día en Cerro El Pital, esta especie también ha sido encontrada bajo hojas durante el día y sobre los troncos de helechos arborescentes alrededor de 2 metros sobre el nivel del suelo; también se han observado entre las raíces de orquídeas caídas cerca de una quebrada. Recientemente se realizó el primer reporte de la "Rana Combatiente Guatemalteca" (*Plectrohyla guatemalensis*) (Brocchi, 1877) en el territorio salvadoreño de Cerro El Pital por Morán (2012). De acuerdo con Mertens (1952), estas ranas pueden ser encontradas en cuerpos de agua, sobre pequeñas hojas y en bromelias del género *Tillandsia*. Rand (1957) encontró un juvenil en las axilas de las hojas de una bromelia epífita. Mc Crane y Wilson (2002) encontraron individuos de esta especie en la vegetación sobre quebradas entre abril-agosto y octubre-febrero en Honduras; adultos fueron colectados de bromelias durante el día. La "Rana Combatiente de Dorso Liso"

(*Plectrohyla psiloderma*) (McCranie & Wilson, 1999) pertenece a un género de ranas encontrado habitualmente entre las hojas de las bromelias, sin embargo, Köhler (2006) no menciona su ocurrencia en bromelias. Mc Crane y Wilson (2002) notaron la presencia de esta especie en la vegetación baja y rocas adyacentes a un río en Honduras durante los meses de abril-agosto. Observando renacuajos, muchos de ellos tenían sus partes bucales deformadas. La "Rana Combatiente de Dorso Liso" (*Plectrohyla psiloderma*) al igual que su pariente, la "Rana Combatiente de Rostro Quillado" (*Plectrohyla sagorum*) (Hartweg, 1941) han sido reportadas en El Salvador únicamente en Cerro El Pital. Duellman (1970, 2001) notó que la especie *Plectrohyla sagorum* pasa el día en bromelias y canta en las noches cerca de arroyos en el bosque nuboso. La "Ranita de Quebrada Salvadoreña" (*Ptychohyla salvadorensis*) (Mertens, 1952) ha sido registrada en la zona de La Palma, Chalatenango a una altura de 1,100 m s. n. m. (Köhler, 2006). Duellman (1970, 2001) menciona que esta especie también se conoce en bosques nubosos, por lo tanto, es muy probable su presencia en Cerro El Pital. No hay observaciones de esta especie en bromelias, pero su similar (*Ptychohyla euthysanota*) ha sido observada en bromelias del bosque nuboso en Montecristo. *P. euthysanota* ha sido reportada en Cerro El Pital, sin embargo, no se ha observado en bromelias de tanque; el registro de la presencia de esta rana en bromelias de Montecristo sugiere que también podría utilizar este microhábitat en Cerro El Pital. En 2014 Roberto Vásquez realizó la observación del primer ejemplar de la "Salamandra Mexicana" (*Bolitoglossa mexicana*) en El Salvador, municipio de La Palma, Morán (2015); el registro pertenece a la cadena montañosa del norte conocida como los esesmiles, específicamente en Cerro La Palma, abriendo la posibilidad de que esta especie esté presente en otra zona de la cadena montañosa fronteriza, como Cerro El Pital. Posteriormente, en febrero de 2015 Peña (2016), reportó esta especie en el Parque Nacional Montecristo, a una altura de 1,225 m s. n. m.

6. METODOLOGÍA

6.1 Área de Estudio

Cerro El Pital es la mayor elevación de El Salvador, con una altura de 2,730 m s. n. m. Ubicado al norte del país, es un macizo montañoso que pertenece a la sierra de Alotepeque, que forma parte de la zona de conservación Alotepeque-La Montañona, ubicado en el municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango (Ver Figura 4) (MARN 2011). Es una montaña transnacional en la frontera entre El Salvador y Honduras que se encuentra a 13 km al Noreste del casco urbano del municipio salvadoreño de San Ignacio y a 7 km al Sureste de la ciudad hondureña de Nueva Ocotepeque en las coordenadas 14°23'00"N 89°07'00"O. El área boscosa que sobrevive, es zona núcleo de la reserva de biosfera Trifinio-Fraternidad, donde se han declarado algunas porciones de tierras como áreas naturales protegidas privadas en 2013, haciendo un total de 310 hectáreas.

Cerro El Pital es el único sitio de El Salvador que conserva remanentes de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical (bmh-ms) (Holdridge, 1975). Gran parte del cerro ha sido deforestada por la intensa producción agrícola como horticultura, floricultura y fruticultura generadas en el lugar, así como la presión generada a la zona por tener gran potencial turístico ecológico y cultural.

Se definieron tres sitios de muestreo en el área de estudio, el sitio 1 de muestreo, "El Pital Ecolodge", ubicado a (2380-2430 m s. n. m.), el sitio 2, "Alpes del Pital" (2490-2540 m s. n. m.), y el sitio 3, "El Pital" ubicado en la parte más alta de la montaña (2600-2650 m s. n. m.).

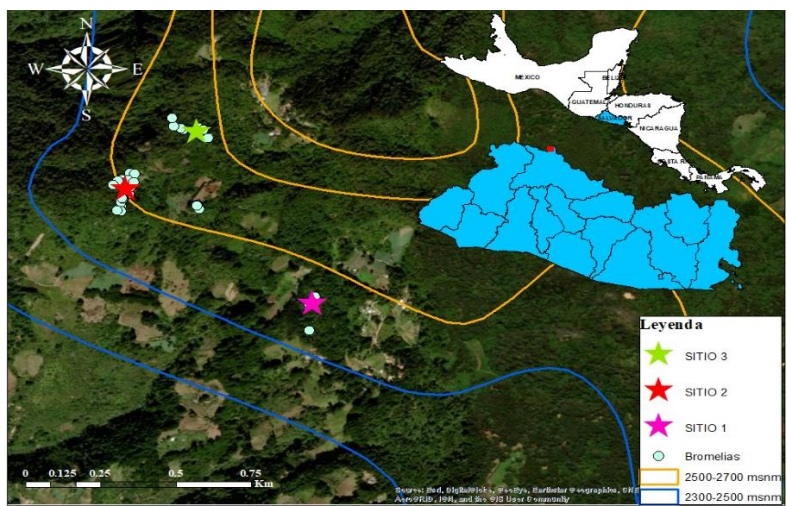


Figura 3. Mapa de Cerro El Pital, municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango. Mapa elaborado por William Merino en QGIS. Fuente: Datos MARN-MAG.

6.2 Clima

Según la altura en metros sobre el nivel del mar, Cerro El Pital se encuentra en la última zona climática; tierras frías, ubicada en el rango de 1200 a 2700 m s. n. m., donde se registran temperaturas de 20 a 16 °C en planicies altas y valles, de 21 a 19 °C en faldas de montañas y de 16 a 10 °C en valles y hondonadas sobre 1,800 metros (Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], 2021)

La zona de vida presente en Cerro El Pital, tiene una importancia excepcional por ser única en el país y amerita un tratamiento cuidadoso propio de un área de protección. Su temperatura puede oscilar entre 6 y 12 °C, lo que limita la evapotranspiración anual a la cuarta parte (máximo la mitad) de sus precipitaciones, que oscilan entre 1,000 y 2,000 mm acumulados anualmente, lo que provoca que el ambiente se mantenga húmedo la mayor parte del año. (COSUDE, 2003).

De acuerdo con los datos de la estación meteorológica de SNET Las Pilas G-13, ubicada a 1,960 m s. n. m. provistos a García Guirola et al. (2020) con datos de los años 1972 al 2014; La precipitación acumulada anual promedio es de 1,580 mm. Por ser una zona montañosa y contar con el punto más alto del país, esta zona cae dentro del rango inferior de pérdidas de agua por evapotranspiración. La evapotranspiración para esta zona es de

menos de 1,250 mm/año. (SNET, s.f.; Ramírez, 2011). La temperatura promedio es de 16 °C con máximas de 23.8°C entre los meses de marzo a mayo y mínimas de 11.3°C. La época seca es de noviembre a abril y la época lluviosa de mayo a octubre. La época lluviosa es bimodal, presentando dos máximos de lluvia: uno en junio y el otro en septiembre, mostrando una marcada disminución de la precipitación en los meses de julio y agosto, ya que son los meses donde se presenta canícula (García Guirola et al., 2020). La lluvia alcanza valores sumamente bajos en los meses de diciembre, enero y febrero. La humedad promedio es de 85% con promedios máximos mensuales de 97% y mínimos de 65% (García Guirola et al., 2020).

En estas montañas del norte, los vientos predominantes durante el año, tienen una dirección de norte a noroeste, provenientes del Pacífico. A finales de año, a partir de noviembre, los vientos del sur provenientes del Pacífico disminuyen y dan paso a los vientos del norte asociados a frentes fríos, que pueden alcanzar velocidades cercanas a los 100 km/h (Zarate, 2005). Para los meses de diciembre a febrero los vientos del Pacífico disminuyen casi por completo y son los vientos del norte los que azotan la zona (SNET, 2002). Enero es el mes con más frentes fríos, seguido de diciembre y son estos dos meses, en los que reúne el 57% total de frentes fríos provenientes del Caribe para el período seco en El Salvador (Zárate 2005). Para el mes de marzo, los vientos del norte comienzan a disiparse, para dar paso a los vientos provenientes del Pacífico, que a su vez da paso al tiempo de transición de época seca a época lluviosa.

6.3 Vegetación

Ramírez (2011) registró en Río Chiquito, caserío El Pital, a 2,330 m s. n. m. una densidad de 2,080 árboles/ha; presentando una mayor diversidad de especies en comparación a otros sitios de la zona a menor altitud donde predominan bosques de pino en asociaciones. Entre las especies encontradas se encuentran el *Abies guatemalensis*, *Miconia argentea*, *Pinus oocarpa*, *Pinus patula*, *Cupressus lusitanica*, *Clethra vicentina*, *Quercus sapoteifolia liebm* y *Eugenia pachyklamys*, siendo la primera la de mayor presencia en el sitio. La mayor diversidad de plantas encontradas en comparación a sus otros puntos de muestreo es atribuida a la mayor altitud, topografía accidentada y también a la

dificultad de acceso al sitio, permitiendo así una mayor regeneración de las especies nativas.

Tucker & Muller (1945) comentan que las laderas de esta montaña resultaron ser las más interesantes y rentables botánicamente de cualquiera de las áreas visitadas en El Salvador para su expedición. La ladera oriental de la montaña posee un bosque nuboso denso y exuberante, donde la mayoría de las colectas fueron realizadas. Aquí se registraron ocho especies de Robles: *Quercus acatenangensis* Trel., *Q. eugeniaefolia* Liebm., *Q. flagellifera* Trel., *Q. oocarpa* Liebm., *Q. sapotaefolia* Liebm., *Q. seemanni* Liebm., *Q. vicentensis* Trel. y *Q. esesmilensis* descrito en dicha publicación.

El bosque es de apariencia alto, con una alta densidad de árboles a menudo deformados por los fuertes vientos a que están sometidos. (COSUDE 2003).

En estos bosques se encuentra gran cantidad de helechos epifitos y terrestres, entre los que sobresalen helechos arborescentes. En laderas escarpadas donde el viento azota con intensidad, los árboles desnudos crean en el suelo una gruesa capa de hojarasca y están cubiertos por epifitas (Ver Fig. 4), predominando los cactus, musgos y orquídeas. En algunas zonas se encuentran árboles cubiertos por bromelias entre las que sobresalen los géneros *Tillandsia* y *Werahuia* (observaciones personales).



Figura 4. Vegetación del bosque nuboso de Cerro El Pital.

6.4 Metodología de Campo

6.4.1 Metodología de muestreo para el registro de temperatura y humedad en bromelias

6.4.1.1 Selección de bromelias y acceso al dosel

Las bromelias muestreadas, fueron seleccionadas al azar entre 0 y 15 m de altura en árboles seleccionados directamente. El requisito de selección para el árbol fue que este tuviera una comunidad de bromelias de 15 individuos o más, por tratarse de árboles con el número de bromelias mínimo para no considerarse una comunidad perturbada, según recomendaciones propuestas por McCracken & Forstner, (2008). En el sitio 1 se hizo la excepción del criterio de selección del árbol, pues al ser un bosque joven intervenido, no presenta una abundante comunidad de bromelias y se muestrearon aquellos árboles que tenían bromelias en cualquier cantidad.

Para la toma de muestras de temperatura y humedad se seleccionaron 30 bromelias adultas de la especie *Tillandsia ponderosa*, definiendo como plantas adultas aquellas con escape floral, evidencia de floración previa o el tamaño del tanque en el rango de aquellas de su misma especie que presentan floración, midiendo con una cinta métrica la circunferencia del tanque de la bromelia en el segundo juego de hojas de la roseta (Ver Figura 5B) (Willans, 2007), para obtener el diámetro de estas con la fórmula $D=C/\pi$ (D= Diámetro, C= Circunferencia) y así establecer el tamaño del tanque; para reducir la variación del rango de medidas en bromelias utilizadas para registrar temperatura y humedad, considerando que las bromelias adultas están más expuestas a ser colonizadas por anfibios y reptiles.

Se seleccionó la especie *T. ponderosa* por ser una bromelia de tanque especialista de alta montaña dominante en la comunidad de bromelias (Obs. Pers.) en las alturas muestreadas (2380-2650 m s. n. m.). Al ser escasas las bromelias de las especies *T. guatemalensis* y *W. werckleana*, solo *T. ponderosa* pudo tener el tamaño muestral que permitiera cumplir con el requerimiento de ser plantas adultas y el criterio de selección del árbol para la toma de datos higrotérmicos.

Para acceder a las bromelias, se trepó los árboles utilizando la técnica de cuerda simple (*sensu lato*, ver Figura 5A), evaluando en el árbol aspectos de seguridad previo a cada trepa, haciendo uso de binoculares; aquellos árboles que no cumplieron con requisitos mínimos de seguridad, fueron descartados, aunque fueran hospederos de una comunidad de bromelias abundante.



Figura 5. Acceso a bromelias por single rope technique (A). Zona de medición de circunferencia del tanque de las bromelias (en rojo) en el segundo juego de hojas de la roseta (B).

6.4.1.2 Registro de temperatura y humedad dentro de las bromelias y en el medio externo.

Los horarios para realizar los muestreos fueron de 7:00–17:00 h. Se tomó la temperatura (°C) y humedad (0-100%) al interior de la bromelia, fuera de la bromelia a la sombra y fuera de la bromelia al sol con data loggers marca Kestrel y Elitech, que cuentan con sensores de temperatura y humedad externos de alta fiabilidad (estos productos son individualmente inspeccionados, testeados y calibrados en fábrica, contando con su respectiva certificación).

Cada unidad muestral se identificó taxonómicamente y se registraron sus datos con un código único compuesto por la fecha y correlativo de bromelia muestreada, registrando

sus respectivas coordenadas con un GPS Garmin Rino 650t y su altura en el árbol hospedero.

Para medir la temperatura a la luz, se utilizaron data loggers marca Kestrel modelo drop d2 y 5400, para hacer las mediciones fuera de la bromelia a la sombra se usaron Elitech RC-51H y para el interior de las bromelias se usó el Elitech GSP-6 con sondas externas de temperatura y humedad.

Al tratarse de marcas y modelos diferentes de data loggers, se realizaron pruebas para determinar que no hay diferencias significativas en cuanto a las mediciones dadas por las marcas de estos aparatos; En aquellos casos en los que los data loggers dejaron de funcionar por condiciones climáticas extremas como lluvias intensas en condiciones frías, se descartó el set de muestras completo.

Los aparatos fueron sincronizados para registrar simultáneamente cada 2 minutos, por 5h la temperatura (°C) y humedad (%) al interior de la bromelia, fuera de la bromelia a la sombra y fuera de la bromelia al sol (Ver Figura 6), obteniendo tres sets de 150 muestras de temperatura y humedad simultáneas por aparato en cada uno de los tres entornos térmicos de la bromelia.

Algunas bromelias fueron muestreadas durante condiciones de tiempo atmosférico específicas para describir el comportamiento de la temperatura y humedad durante un día con viento, día soleado sin viento, día lluvioso y en la noche. Para ello, se recortó el tiempo de muestreo de la metodología descrita anteriormente de 5h a 3:30h por la imposibilidad de la permanencia de un tiempo atmosférico específico durante tanto tiempo en un entorno dinámico como el bosque nuboso.



Figura 6. Ubicación de data loggers en bromelias de tanque epífitas para toma de datos de temperatura y humedad.

6.4.1.3 Metodología de muestreo de anfibios y reptiles en bromelias

Para la búsqueda de anfibios y reptiles en bromelias, se utilizó la misma técnica de muestreo empleada para el muestreo de temperatura y humedad en bromelias, utilizando el muestreo de parche (Heyer et al., 1994), adecuado para especies que se encuentran asociadas específicamente a un microhábitat o parche. Con esta técnica, el muestreo se enfoca en especies de anfibios que habitan parches; en este sentido, un parche se define

como un microhábitat específico bien definido y delimitado precisamente, como es el caso de una bromelia. Los parches pueden tratarse como cuadrantes o una unidad independiente en un sentido estadístico (Heyer et al., 1994). Se realizó búsqueda intensiva entre las 7:00–17:00 h, considerando que la mayoría de anfibios son nocturnos y buscan refugio durante el día. El muestreo se realizó sin utilizar el criterio de plantas adultas definido previamente en el apartado “selección de bromelias y acceso al dosel” de esta metodología (ver sección 6.4.1.1.). Se inspeccionaron 150 plantas adultas y jóvenes de las tres especies de bromelias de tanque más representativas del área: *T. ponderosa*, *T. guatemalensis* y *W. werckleana*.

McCracken & Forstner, (2008) recomiendan el uso de técnicas destructivas para la búsqueda de anfibios en bromelias, sin embargo, no se destruyeron bromelias en esta investigación, debido al elevado grado de fragmentación del bosque, aislamiento de las comunidades de bromelias en el lugar y la importancia de estas plantas para anfibios y reptiles en peligro de extinción, pues todas las especies que utilizan las bromelias en el área se encuentran en peligro de extinción de acuerdo al Listado Oficial de especies amenazadas y en peligro de extinción del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

En lugar de los métodos destructivos tradicionales, se utilizó una nueva metodología que demanda más tiempo, pero reduce daños a la estructura de la comunidad de bromelias en el dosel. Se accedió a las bromelias trepando el árbol hospedero por medio de la técnica de cuerda simple (SRT, *sensu lato*), una vez identificada la bromelia a ser muestreada, se realizó un posicionamiento seguro en el árbol con un acollador y se cambiaron guantes de trepa por guantes de látex de un solo uso como protocolo de bioseguridad para anfibios. Se removió el exceso de material vegetal en la bromelia y con la ayuda de una linterna pequeña se iluminó el interior del tanque hoja por hoja para poder ver su interior. En algunas bromelias como *T. ponderosa* es posible ver el fondo del tanque sin destruir la planta o perder datos, para ello, debe tomarse la punta de la hoja, y estirarla suavemente hasta formar un ángulo de 45° entre ella y el escapo floral, en esta posición debe iluminarse con una linterna el interior de la planta. El uso de linterna es indispensable, de hacerse la revisión del tanque sin ella, puede dar falsos negativos de presencia de anfibios, pues algunos, como las salamandras, tienen un excelente camuflaje que les permite confundirse con el color de la parte interior del tanque y partículas suspendidas en el agua (Ver Figura 7).

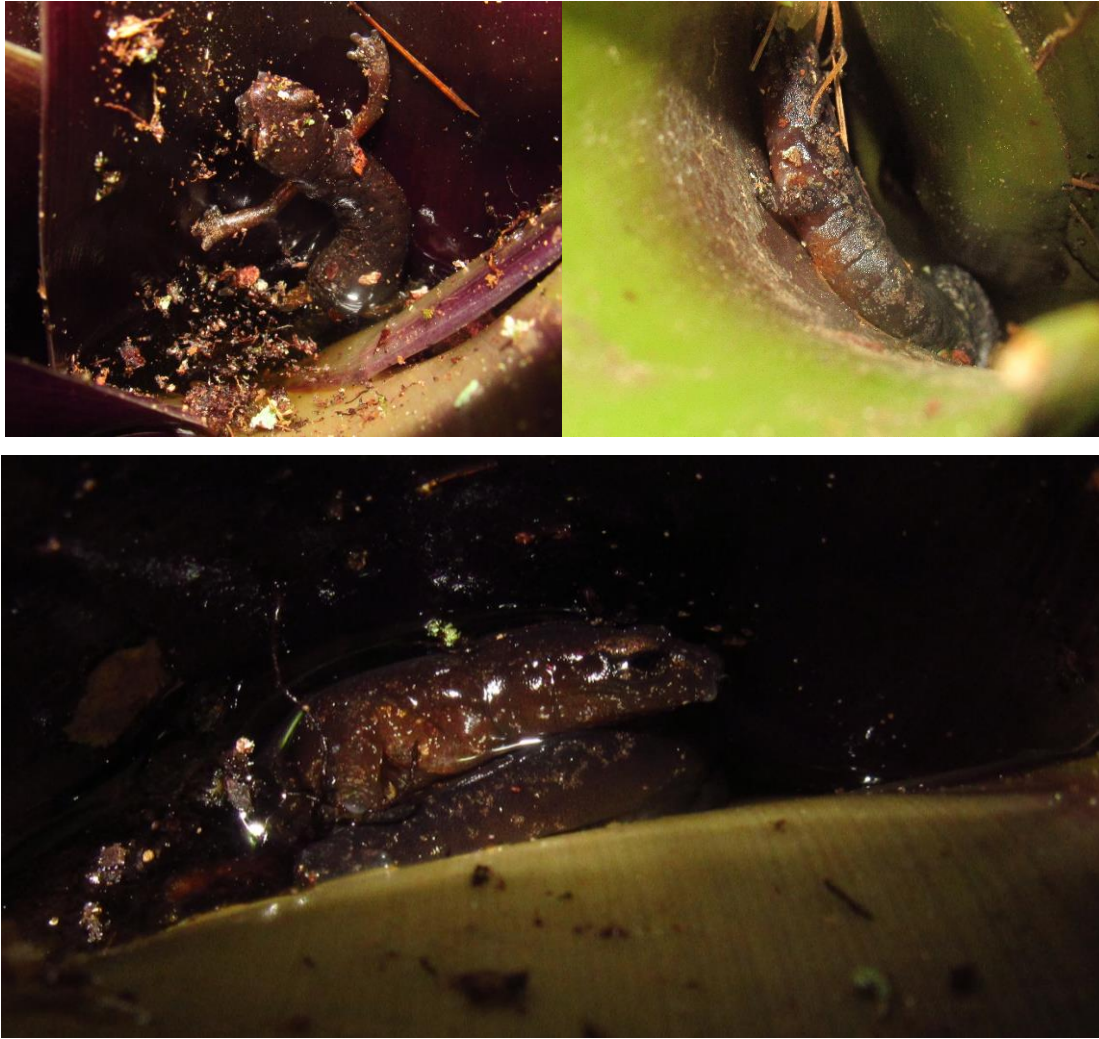


Figura 7. Camuflaje de salamandra (*Bolitoglossa synoria*) en bromelias de tanque.

Se registraron los individuos observables encontrados, identificando los usos que estos hacían a las bromelias: Sitio de forrajeo, Sitio de reproducción, Refugio diurno ocasional y Refugio climático; definiéndose estos usos de la siguiente manera:

- **Sitio de forrajeo (SF):** Comprende las actividades de búsqueda de alimento u otro recurso como sitios de asoleo, refugio o pareja, realizada por los organismos entre las hojas de la bromelia o sobre estas.
- **Sitio de reproducción (SR):** Evidenciado con la presencia de oviposturas y /o juveniles de determinada especie entre las hojas de las bromelias.
- **Refugio diurno ocasional (RDO):** Aquellas bromelias utilizadas por los animales por un día, sin regresar a este durante varios días luego de su período de actividad nocturna inmediato.

- **Refugio climático (RC):** Bromelias utilizadas como refugio en tiempo prolongado por animales que necesitan utilizar estos espacios para sobrevivir a períodos de clima adverso.

Para la identificación y medición de anfibios, se utilizaron bolsas plásticas transparentes de un solo uso para su manipulación (Ver Figura 8), para evitar contaminación cruzada de mucosa cutánea entre individuos y reducir riesgos de propagación de hongo *Quitridio* (Bd). Para manipulación de reptiles no fue necesario el uso de guantes. Se utilizaron claves taxonómicas especializadas para la identificación de los ejemplares (algunas ranas del género *Plectrohyla* solo pueden identificarse con la observación de sus excrescencias nupciales y reptiles como *Abronia* tienen un patrón de escamas cefálicas único entre especies). En todos los casos se registró la altura de la bromelia sobre el suelo, especie de bromelia hospedera, y sitio de muestreo, anotando las coordenadas respectivas con un GPS Garmin Rino 650t.



Figura 8. Uso de bolsas plásticas de un solo uso para manejo y contención de anfibios.

6.5 Análisis de datos.

6.5.1 Análisis de datos de temperatura y humedad

6.5.1.1 Comparación de la temperatura y humedad registradas dentro de las bromelias en el medio externo.

Al registrar la temperatura y humedad de las bromelias de tanque y su medio externo, los data loggers almacenan esa información en archivos (.csv) los cuales se descomprimen y abren en Excel, donde esta información se presenta tabulada. En un nuevo archivo se agruparon las columnas de temperatura y humedad de los tres entornos térmicos por bromelia (1. dentro de la bromelia, 2. fuera de la bromelia a la sombra y 3. fuera de la bromelia al sol.). Se generaron 30 archivos que contienen tres columnas con datos de temperatura y tres columnas de humedad, de cada uno de estos archivos se generaron gráficas lineales múltiples para ilustrar el comportamiento de la temperatura y humedad y describir el comportamiento higrotérmico en bromelias y su medio externo en los principales escenarios de tiempo atmosférico: Día con viento, soleado sin viento, lluvioso y noche fría, para lo cual fueron seleccionadas las gráficas más representativas de las bromelias muestreadas.

Seguido a esto, se agrupó en un archivo las 4530 muestras de temperatura y las 4530 de humedad obtenidas por entorno térmico, en un archivo Excel final, creado a partir de los datos generados en las tablas de compilación de las 30 bromelias muestreadas. Se realizaron análisis exploratorios para conocer el comportamiento de los datos, procesarlos con el estadístico más acorde, obtener la estadística descriptiva y gráficas que ilustraran el comportamiento de la temperatura y humedad.

Se elaboró esta base de datos compilada con el detalle de toda la información de temperatura y humedad registrada, para ser analizada de la mejor manera.

Utilizando el software PAST se realizaron análisis exploratorios de datos, se elaboraron gráficos de cajas y bigotes y violín para las variables estudiadas y pruebas de normalidad utilizando histograma y el Test de Shapiro para determinar la distribución de los datos y decidir las pruebas que se realizaron.

Los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y la homogeneidad de varianza (homocedasticidad) por lo cual, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis, para determinar

si existían diferencia significativa entre las medias de las muestras, asimismo, se realizó, por medio de una prueba U de Mann-Whitney, una comparación de los datos de temperatura y humedad registrados dentro de la bromelia, fuera de la bromelia a la sombra y fuera de la bromelia al sol.

Se obtuvo la estadística descriptiva de las 4530 muestras por entorno térmico registradas durante la investigación, obteniendo los valores de las medidas de tendencia central: media, mediana y las medidas de variabilidad: rangos de datos para las variables como temperatura y humedad dentro de la bromelia, fuera de la bromelia a la sombra y fuera de la bromelia al sol; varianza y desviación estándar. Para la representación gráfica de estas medidas o estadísticos descriptivos, se utilizaron diagramas de cajas, bigotes y puntos, para poder tener mejor comprensión visual de la dinámica higrotérmica en las bromelias y su medio externo. Se ocupó el gráfico de cajas y bigotes porque es ideal para presentar un resumen visual de gran cantidad de datos y comparar los tres conjuntos de estos, permitiendo apreciar los valores máximos y mínimos de temperatura y humedad de cada conjunto de datos, sus medianas, cuartiles y el rango intercuartil, que nos permite ver qué tanto varían los datos; lo cual se refuerza con el gráfico de puntos superpuestos, en el que apreciamos la dispersión de estos en cada entorno térmico muestreado.

6.5.1.2 Estacionalidad, tiempo atmosférico y su influencia en la dinámica higrotérmica en bromelias y su medio externo.

Al ser un bosque nuboso, el constante aporte de humedad permanece durante todo el año en forma de niebla o lluvia. En la época lluviosa, la niebla, nubes y lluvia, permanecen presentes la mayor parte del tiempo, aunque en los últimos años, los períodos de sequía en esta época han sido más perceptibles (Obs. Pers.) y es comentado por los habitantes de la zona. Esta condición, fomentada por el cambio climático y factores locales no investigados en el presente estudio, permitió obtener datos de tiempo atmosférico típicos de época seca durante la época lluviosa (Ver Anexo 1). Sin embargo, aún se mantienen diferencias marcadas entre ambas estaciones; para identificarlas, se seleccionaron datos de temperatura y humedad obtenidos de 10 bromelias bajo la influencia de un tiempo atmosférico típico de la época lluviosa y 10 bromelias bajo la influencia de un tiempo atmosférico típico de la época seca, comparando la dinámica higrotérmica en estas

bromelias y su medio externo. Los datos se presentan en diagramas de cajas, bigotes y puntos, para poder tener mejor comprensión visual de la dinámica higrotérmica en las bromelias y su medio externo para apreciar la dispersión de los datos. A su vez, se presentan los valores de media, desviación estándar y valores mínimos y máximos registrados para la temperatura y humedad dentro y fuera de las bromelias.

6.5.1.3 Capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad con respecto a su medio externo.

Se utilizó estadística descriptiva para todo el conjunto de datos, así como también, para la agrupación de datos de las bromelias con presencia de anfibios y el mismo procedimiento fue utilizado para describir cómo la estacionalidad y su tiempo atmosférico característico influyen en la dinámica higrotérmica en bromelias y su medio externo en un grupo de 20 bromelias seleccionadas que estuvieran bajo la influencia de un tiempo atmosférico típico de la época lluviosa y época seca, identificando estas características por las oscilaciones de temperatura y humedad reflejadas en las gráficas lineales generadas con los datos de cada bromelia, seleccionando aquellas en las que predominaran las condiciones de días lluviosos y nublados como típicas de época lluviosa y aquellas con dominancia de días soleados como típicas de época seca.

Para identificar la capacidad de las bromelias de amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad con respecto a su medio externo, se extrajeron de los 30 archivos las muestras que se obtuvieron al momento de estar bajo la influencia directa de luz solar, extrayendo estos segmentos de cada uno de los registros de temperatura y humedad dentro de la bromelia y fuera de la bromelia al sol generados por cada unidad muestral, obteniendo la diferencia entre la temperatura expuesta al sol y en la bromelia en cada par de muestras tomadas simultáneamente para realizar la comparación del porcentaje de disminución de temperatura por amortiguación dentro de la bromelia.

6.5.2 Análisis de datos de anfibios y reptiles

6.5.2.1 Identificación de las especies de anfibios y reptiles que hacen uso de bromelias.

Se elaboró un listado de las especies de anfibios y reptiles, el total de individuos encontrados en las bromelias de tanque epífitas de Cerro El Pital, sitio de muestreo donde las especies fueron encontradas, los usos dados a las bromelias por parte de cada especie (Sitio de forrajeo, Sitio de reproducción, Refugio diurno ocasional y Refugio climático), su categoría de conservación en el listado nacional de especies amenazadas y en peligro de extinción del MARN y su estatus en la lista roja de UICN, para de esta manera, conocer las especies que hacen uso de las bromelias y la importancia que tienen estas plantas para la conservación de anfibios y reptiles amenazados y en peligro de extinción.

Se identificaron las especies de anfibios y reptiles encontradas con las respectivas especies de bromelias en las cuáles se observaron y la altura sobre el forofito en el cual fueron encontradas. Se realizó un gráfico de estratificación vertical de anfibios y reptiles presentes en bromelias del bosque nuboso de Cerro El Pital, en el cual se presentaron las categorías de altura (m) en las que se encontró herpetofauna y altura en las que se encontraban las bromelias hospederas en los árboles, así como el número de bromelias ocupadas por herpetofauna en cada categoría de altura: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m, Alto= 4-12m. tanto en época seca como en época lluviosa.

Finalmente, se presentan datos sobre la variación estacional de la comunidad de anfibios y reptiles según las condiciones higrotérmicas y factores que influyen en la presencia/ausencia de herpetofauna en el dosel, haciendo una gráfica de barras dobles en la cual se compara la presencia de la especie que mostró mayor dependencia a las bromelias, haciendo uso de ellas para alimentarse, refugiarse y reproducirse; la "salamandra de El Pital" (*B. synoria*) entre época seca y lluviosa en base a observaciones realizadas en las categorías de altura (m) de los árboles: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m y Alto= 4-12m entre 2021 y 2022.

7. RESULTADOS

7.1 Dinámica Higrotérmica.

7.1.1 Dinámica higrotérmica comparativa entre las bromelias de tanque y su medio externo en el bosque nuboso de cerro El Pital.

Cerro El Pital se caracteriza por tener una serie de procesos atmosféricos dinámicos típicos de los bosques nubosos, en el cual se pueden apreciar en pocos minutos cambios importantes en el microclima. Estas áreas, influenciadas bajo diversos factores presentan cambios bruscos de temperatura y humedad similares en los tres sitios de muestreo, dependiendo la hora del día y época del año, observando en las fluctuaciones de las temperaturas registradas, comportamientos térmicos típicos de diferentes escenarios atmosféricos retratados en gráficas lineales múltiples obtenidas de cada bromelia y su medio externo, en las cuales se muestra el registro detallado de las fluctuaciones higrotérmicas entre las bromelias de tanque y su medio externo. (ver Anexo 1).

Las 4530 muestras de temperatura obtenidas del interior de las 30 bromelias muestreadas en época seca y lluviosa, se compararon con las temperaturas presentes en el medio externo, encontrando una diferencia significativa entre los grupos según el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis H (χ^2): 1904. $p=0$, lo cual indica que las medianas de los tres grupos de temperatura analizados difieren entre sí. Los valores de las pruebas Mann-Whitney pairwise y Dunn's post hoc muestran valores inferiores a 0 al comparar los distintos grupos de temperatura (ver Anexo 2). Las bromelias presentaron menor temperatura ($\bar{x}= 12.8$, $n=4530$) respecto a la registrada fuera de ellas a la sombra ($\bar{x}= 13.4$, $n= 4530$) y a la luz ($\bar{x}= 15.5$, $n= 4530$) (ver Fig. 9). La varianza y desviación estándar de las temperaturas dentro de las bromelias ($s=2.1$, $n= 4530$) fue similar que en las temperaturas fuera de las bromelias a la sombra ($s=2.2$, $n=4530$) y menor a la temperatura fuera de las bromelias a la luz ($s=4.0$, $n=4530$).

En cuanto a la humedad, se observó que también existe una diferencia significativa entre los grupos según el análisis de Kruskal-Wallis H (χ^2): 3483. $p=0$, indicando que las medianas de los grupos difieren entre sí. Las bromelias son más húmedas que su medio

externo en condiciones sin lluvias, registrando humedad estable entre máximas de 100% y mínimas de 85% ($s=3.1$, $n=4530$) mientras que fuera de la bromelia a la sombra se registraron mínimas de 67.9% ($s=5.5$, $n=4530$) y fuera de la bromelia a la luz, mínimas de 24% % ($s=15.7$, $n=4530$). En ambos casos, se observó humedad de 100% durante lluvias y el ingreso continuo de niebla densa (ver Fig. 10).

El comportamiento de la temperatura y humedad fue cambiante con los diferentes escenarios atmosféricos presentes y con estos cambios, la capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad con respecto a su medio externo. La periodicidad de los escenarios atmosféricos caracteriza la época seca de la lluviosa y determina la función que desempeñan las bromelias para los anfibios y reptiles.

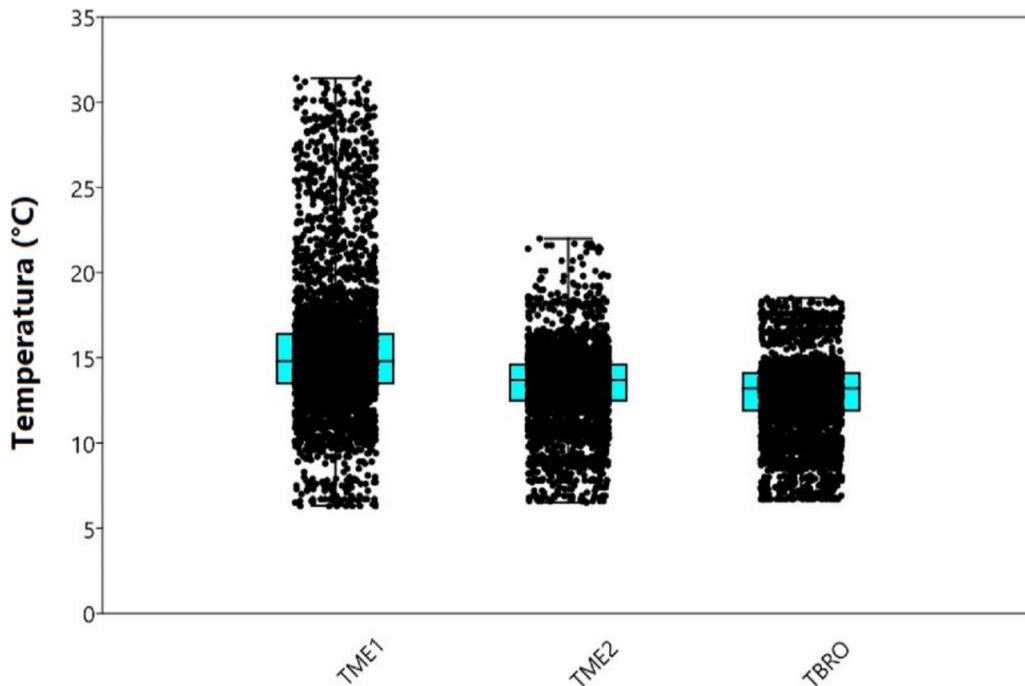


Figura 9. Temperaturas registradas en bromelias y su medio externo: Temperatura del medio externo al sol (TME1), Temperatura del medio externo a la sombra (TME2), Temperatura dentro de las bromelias (TBRO).

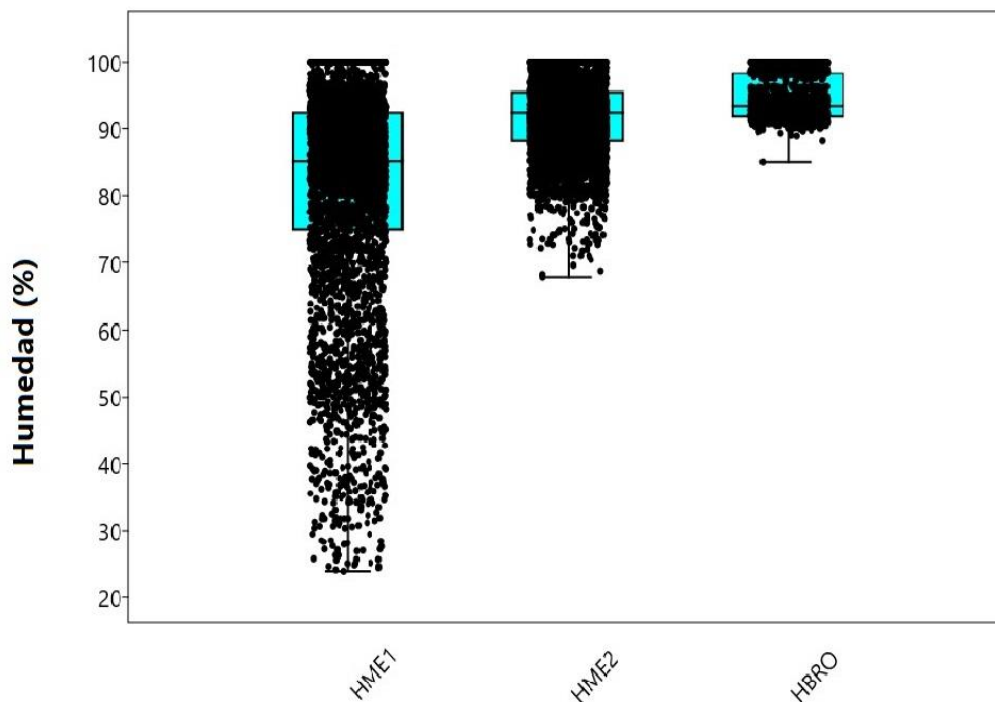


Figura 10. Humedad registrada en bromelias y su medio externo: Humedad del medio externo al sol (HME1), Humedad del medio externo a la sombra (HME2), Humedad dentro de las bromelias (HBRO).

7.1.2 Tiempo atmosférico y el comportamiento de la temperatura y humedad en bromelias y su medio externo.

Se identificaron los principales escenarios de tiempo atmosféricos observados en el sitio de estudio: día con viento, día soleado sin viento, día lluvioso y el comportamiento típico que refleja la temperatura y humedad ambiental ante estas condiciones cuyas características al ser representadas gráficamente se describen a continuación.

Día con viento:

Se caracteriza por la constante oscilación de la temperatura del aire expuesta al sol. La temperatura a la sombra, al estar menos expuesta a las ráfagas de viento, presenta menor oscilación de la temperatura. Generalmente, durante la época seca (noviembre-abril) en los días con viento, se tienen cielos despejados; esta condición, permite que la oscilación de temperatura sea extremadamente marcada (ver Fig. 11). Durante la época lluviosa, los

días con viento generalmente vienen cargados de humedad en forma de niebla y la oscilación de la temperatura ocurre en un rango de temperaturas más estrecho.

Día soleado sin viento:

Se caracteriza por la ausencia de oscilaciones térmicas bruscas y una marcada diferencia entre la temperatura del aire al sol y la temperatura del aire a la sombra. Las temperaturas registradas en este escenario atmosférico supera la temperatura promedio de 15.5 °C registrada en todas las muestras de la investigación, como se detalla en la sección anterior, llegando a registrar temperaturas máximas de 31.4 °C. La gráfica de datos recolectados en un día soleado presentados en la figura 11, reflejan una temperatura promedio del aire expuesto al sol de 17.4 °C y un promedio de 12.5 °C al interior de la bromelia.

Día lluvioso:

Se registra la máxima humedad y se caracteriza por presentar temperaturas bajas y constantes, la temperatura del aire al sol y a la sombra se igualan o alcanzan valores muy similares. Generalmente las temperaturas del medio externo tienden a igualar a las registradas dentro de las bromelias y cuando las lluvias presentan vientos, la temperatura del medio externo baja más que la registrada al interior de las bromelias.

Durante el día, los escenarios atmosféricos cambian constantemente, a pesar de esto, se observó que las temperaturas registradas dentro de las bromelias son estables y se aprecia una reducida dispersión de los datos (ver Fig. 11).

Entre las 7:00 y 16:00 h se presentan mayores diferencias entre la temperatura dentro de la bromelia y su medio externo como puede apreciarse en las gráficas de la figura 11 y anexo 1. En la tarde, después de las 16:00 h, la temperatura del medio externo a las bromelias tiende a acercarse a la temperatura dentro de estas ($\bar{x}=12.8\pm 2.1^{\circ}\text{C}$), como puede apreciarse en las gráficas del anexo 1 de este documento (TB030521-2, TB090621-4, TB100621-4, TB240721-5, TB240821-1, TB250721-4, TB250721-5, TB250821-2, TB310122-1, TB310122-2,); un fenómeno apreciado también en días lluviosos, como se observa en la figura 11. En ocasiones, la temperatura llega a ser ligeramente más fría en el medio ambiente externo que el interior de las bromelias en la noche y madrugadas, principalmente en la época seca, como muestra la gráfica respectiva en la figura 11, donde la temperatura promedio al interior de las bromelias es de 12.6 °C y 7.5 °C afuera de ellas.

Durante días soleados, la humedad relativa registró un mínimo de 24% y durante la época seca, entre noviembre y febrero, el ingreso de frentes fríos trae consigo humedad en lluvias y niebla que es depositada los primeros días, los cuales son acompañados por condiciones secas en los días siguientes a medida el frente avanza. De esta manera, las bromelias constan de un aporte de agua continuo durante todo el año. El mes de enero es el que presentó una mayor influencia de vientos provenientes de frentes fríos. En esta época, la humedad al interior de las bromelias ronda entre el 89% y 100% convirtiéndose en un recurso vital para algunos animales. En época lluviosa, las bromelias llegan a colmatarse de agua depositada por lluvias y niebla y casi no pierden humedad.

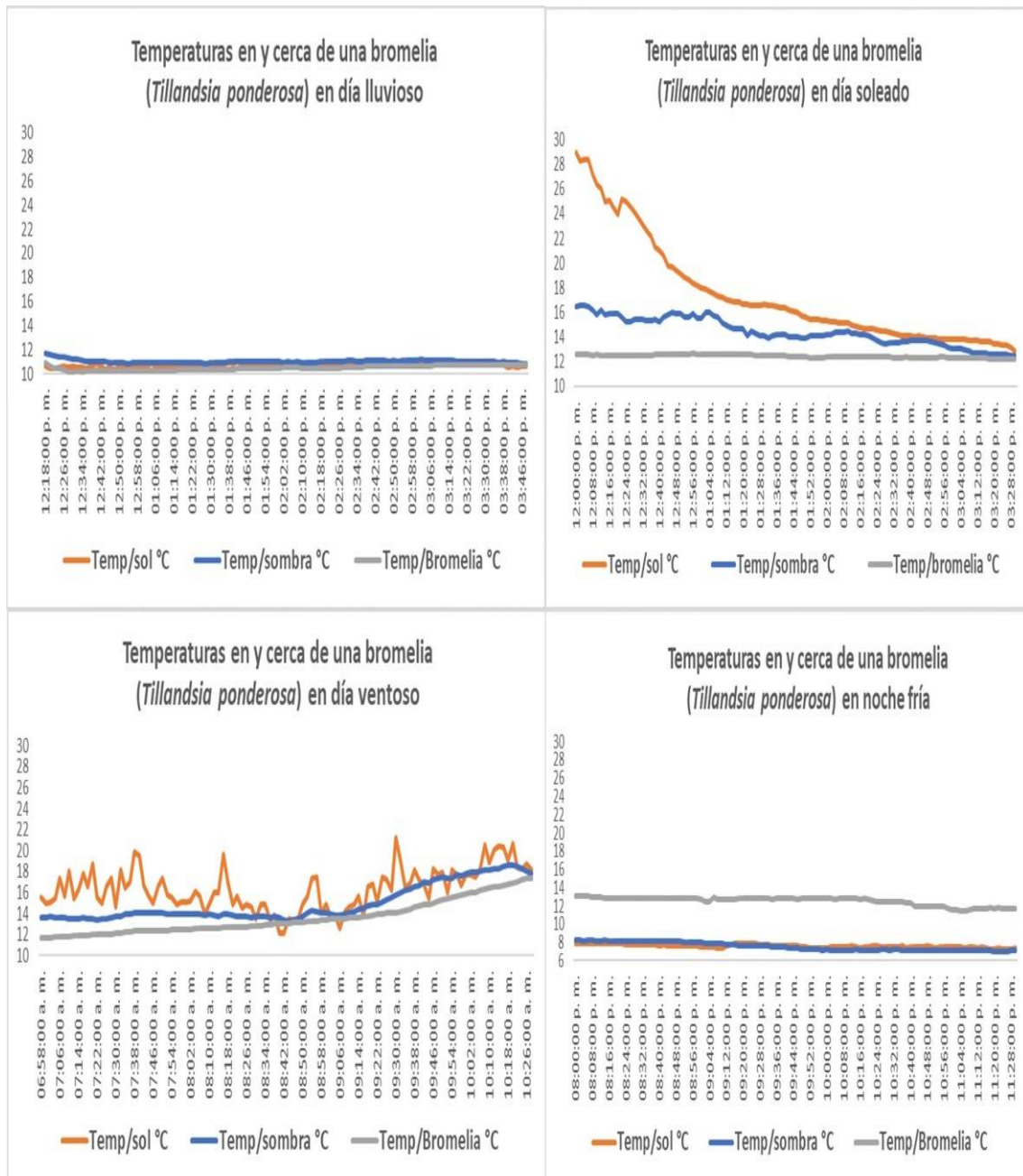


Figura 11. Comportamiento térmico típico durante los principales escenarios de tiempo atmosféricos en Cerro El Pital: Día lluvioso, soleado, con viento y en noche fría.

7.1.3 Estacionalidad, tiempo atmosférico y su influencia en la dinámica higrotérmica en bromelias y su medio externo.

Los resultados de esta comparación nos muestran que las condiciones de temperatura y humedad típicas durante la época seca son extremadamente variables y esto genera una condición de estrés higrotérmico para aquellos organismos que dependen de bajas temperaturas y elevada humedad constante. Se registraron temperaturas que oscilan entre mínimas de 6.3°C a máximas de 31.4°C y la humedad del aire descendió hasta 24% mientras que, en la época lluviosa, bajo condiciones de tiempo atmosférico típicas, la temperatura se mantuvo entre mínimas de 11.7°C y máximas de 21.1°C y la humedad del aire entre 65.4% y 100% observando una mayor dispersión de datos de temperatura y humedad durante la época seca, que comprende los meses de noviembre a abril. La disminución en el aporte de humedad que brindan las lluvias y nubosidad, causa una notoria variabilidad en las temperaturas y reducción de la humedad del aire durante la época seca, en la cual el tiempo atmosférico dominante es el soleado y los días con viento, que aportan humedad y lluvias ocasionales. La temperatura promedio en la época seca ($\bar{x}= 14.6 \pm 5.2^{\circ}\text{C}$, $n=1465$), muestra una mayor dispersión de los datos que en la época lluviosa ($\bar{x}= 14.7 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$, $n=1510$), mostrando una temperatura promedio idéntica entre las muestras evaluadas, pero con una mayor variabilidad en las registradas durante la época seca. Por otra parte, la humedad promedio es elevada durante todo el año, sin embargo, los datos también presentan alta variabilidad durante la época seca ($\bar{x}= 73.6 \pm 18.9\%$, $n=1465$) a diferencia de la época lluviosa, que es el período del año donde la humedad permanece elevada y constante ($\bar{x}= 88.8 \pm 6.1\%$, $n=1510$).

En cuanto a la temperatura dentro de las bromelias, existe una estrecha similitud entre los registros de época seca ($\bar{x}= 10.6 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$, $n=1465$) y época lluviosa ($\bar{x}= 13.6 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$, $n=1510$) y la humedad dentro de estas se mantuvo constantemente elevada tanto en la época seca ($\bar{x}= 94.7 \pm 2.9\%$, $n=1465$), como en la época lluviosa ($\bar{x}= 95.2 \pm 3.4\%$, $n=1510$) estos resultados muestran que las condiciones de temperatura y humedad dentro de las bromelias no cambian de una estación a otra, manteniendo todo el año su característica baja temperatura y elevada humedad.

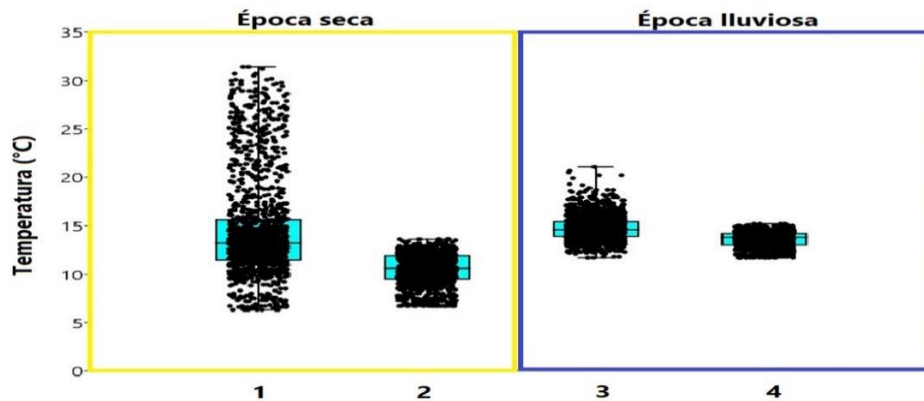


Figura 12. Temperatura en días típicos de época seca y lluviosa: Temperatura del medio externo al sol en época seca (1); Temperatura dentro de la bromelia en época seca (2); Temperatura del medio externo al sol en época lluviosa (3) y Temperatura dentro de la bromelia en época lluviosa (4).

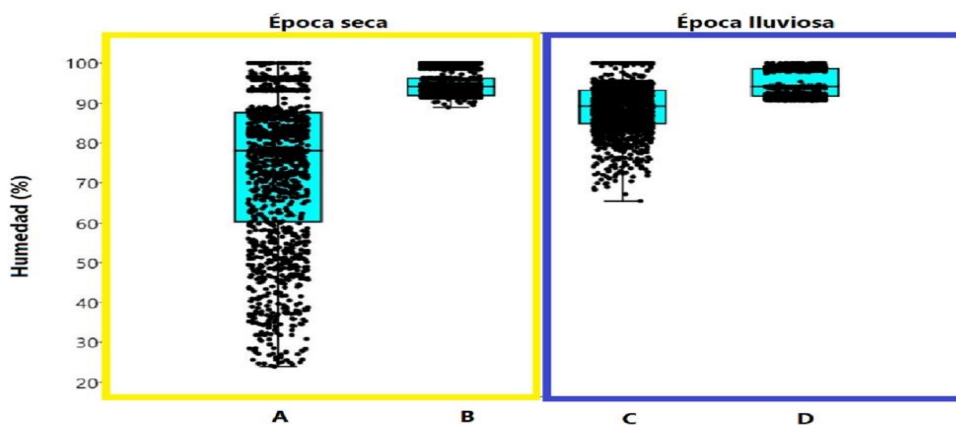


Figura 13. Humedad en días típicos de época seca y lluviosa: Humedad del medio externo al sol en época seca (A); Humedad dentro de la bromelia en época seca (B); Humedad del medio externo al sol en época lluviosa (C) y Humedad dentro de la bromelia en época lluviosa (D).

7.2 Capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad del medio externo.

Las mayores fluctuaciones de temperatura y humedad se dan cuando el tiempo atmosférico es soleado. Es bajo la influencia de esta condición que se pudo demostrar a

través de los registros simultáneos de temperatura y humedad entre el interior de las bromelias y su medio externo, la capacidad de las bromelias de tanque para amortiguar las fluctuaciones de temperatura y humedad del medio externo en condiciones de estrés higrotérmico. Al comparar la temperatura y humedad registradas dentro de las bromelias y en el medio externo al momento de estar bajo la influencia de luz solar, se evidenció que la temperatura del medio exterior puede ser amortiguada.

En días soleados se registraron temperaturas máximas de 31.4°C en el medio externo a las bromelias, mientras que, dentro de estas, la temperatura se elevó hasta los 18.5°C, un valor que representa el 59% del máximo alcanzado afuera de las bromelias sobre la corteza de los árboles expuesta al sol, durante tiempo atmosférico soleado, en promedio, la temperatura dentro de las bromelias se redujo a un 63% de la temperatura registrada en el medio externo, lo cual indica que dentro de las bromelias la disminución de temperatura promedio fue de 37%. Considerando que la temperatura promedio durante condiciones de tiempo atmosférico soleado es ($\bar{x}= 22.0 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$, $n=887$) se pudo observar que cuando las temperaturas del medio externo a la bromelia fueron mayores al promedio (22.1-31.4°C), lo cual corresponde al 42% ($n=371$) de los datos, la temperatura dentro de las bromelias fue en promedio un 51% menor a las registradas en el exterior (ver Anexo 2). Demostrándose así que, en un entorno hostil, las bromelias pueden amortiguar las elevadas temperaturas del medio externo inmediato a ellas.

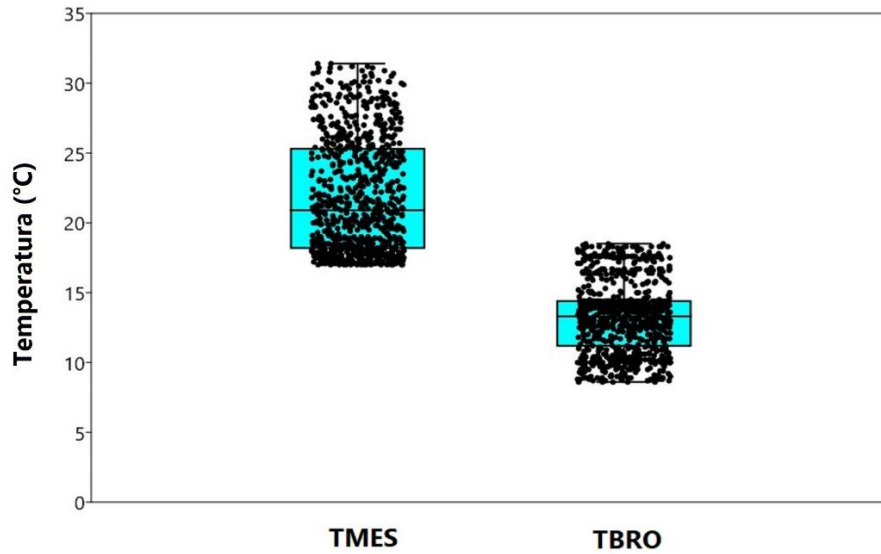


Figura 14. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TMES) y Temperatura dentro de la bromelia (TBRO).

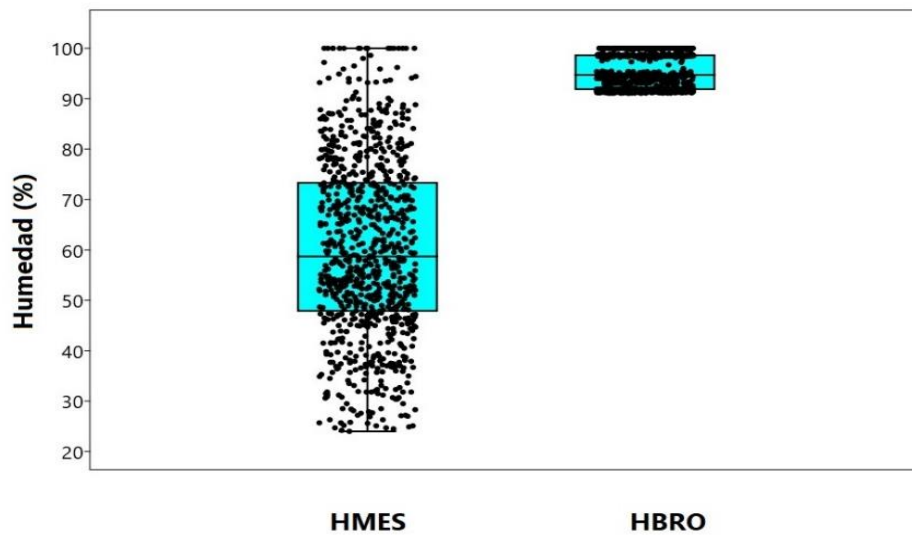


Figura 15. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TMES) y Temperatura dentro de la bromelia (TBRO).

7.3 Temperatura y Humedad en bromelias con presencia de anfibios.

La temperatura del medio externo a bromelias con presencia de anfibios fue coincidente con tiempo atmosférico soleado o soleado con viento en todos los casos observados. La temperatura fuera de las bromelias al sol ($\bar{x} = 15.0 \pm 5.2^\circ\text{C}$, $n=1661$) registró máximas de 31.4°C y mínimas de 6.3°C , mientras que al interior de las bromelias se registraron

temperaturas más bajas y con menor variabilidad ($\bar{x} = 11.1 \pm 2.1^\circ\text{C}$, $n=1661$) con máximas de 14.8°C y mínimas de 6.7°C ; La temperatura fuera de las bromelias a la sombra ($\bar{x} = 11.7 \pm 2.2^\circ\text{C}$, $n=1661$) fue similar a la registrada dentro de las bromelias.

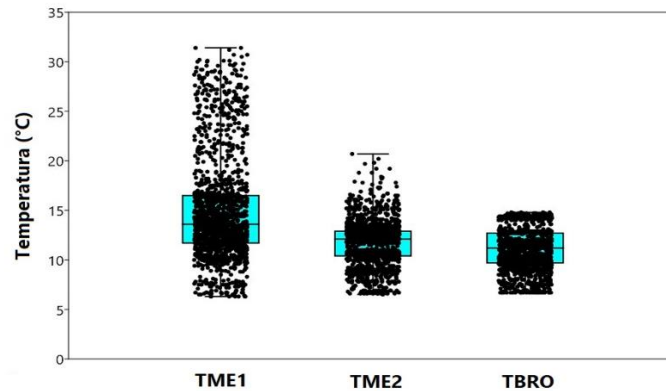


Figura 16. Temperatura en el medio externo de las bromelias al sol (TME1), Temperatura en el medio externo a la sombra (TME2) y Temperatura dentro de las bromelias (TBRO).

En cuanto a la humedad, fuera de las bromelias al sol ($\bar{x} = 76.2\% \pm 18.2\%$, $n=1661$) se mantuvo menor que al interior de las bromelias ($\bar{x} = 94\% \pm 2.6\%$, $n=1661$) y fuera de las bromelias a la sombra ($\bar{x} = 90.9 \pm 5.6\%$, $n=1661$) mantuvo una considerable similitud a la registrada dentro de las bromelias.

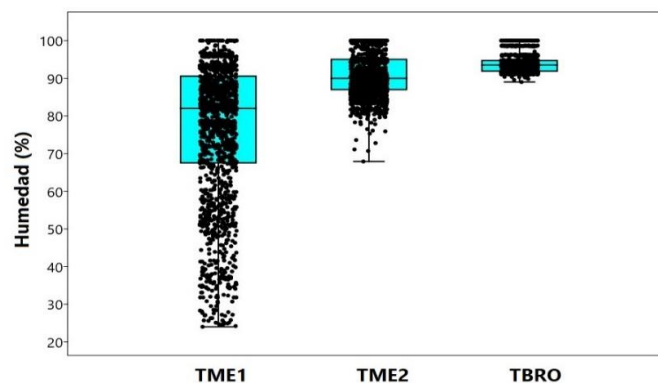


Figura 17. Humedad en el medio externo de las bromelias al sol (HME1), Temperatura en el medio externo a la sombra (HME2) y Temperatura dentro de bromelias (HBRO).

Tanto la temperatura como la humedad en las bromelias con presencia de anfibios, coinciden con el tiempo atmosférico presente en períodos de mayor estrés higrotérmico,

durante la época seca, cuando la temperatura y humedad afuera de las bromelias presentan mayor variabilidad.

7.4 Herpetofauna asociada a las bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital.

Teniendo en cuenta las tres especies de bromelias de tanque presentes en los 3 sitios de muestreo en el bosque nuboso de Cerro El Pital, *Tillandsia ponderosa*, *T. guatemalensis* y *Werauhia werkleana*, se observaron anfibios y reptiles únicamente en *T. ponderosa* y *T. guatemalensis*. En las bromelias se encontraron 22 individuos de 3 especies de anfibios y 3 especies de reptiles que hacen uso de estas plantas, entre los cuáles se encontró un juvenil de Salamandra de Cerro El Pital (*Bolitoglossa synoria*), siendo esta especie la única de la cual se registró evidencia de su reproducción en bromelias, al encontrar una ovipostura en una *Tillandsia ponderosa* a 2.36 m sobre el nivel del suelo en el sitio 2 (Alpes del Pital) a 2526 m s. n. m. el 30 de agosto de 2022, durante la época lluviosa.

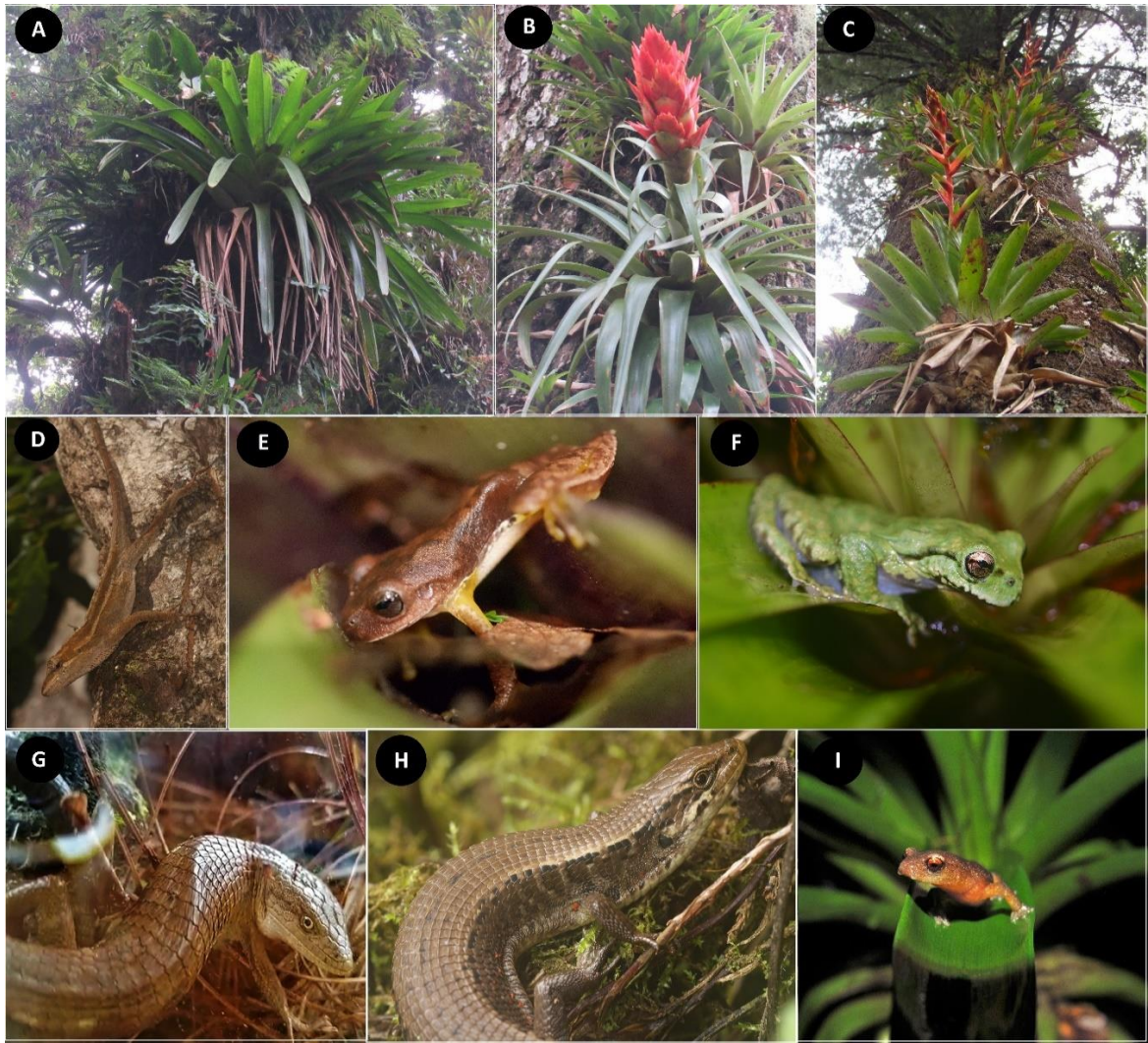


Figura 18. Especies de bromelias de tanque estudiadas: *Werahuhia werkleana* (A), *Tillandsia ponderosa* (B) y *T. guatemalensis* (C). Especies de anfibios y reptiles que utilizan las bromelias en el bosque nuboso de Cerro El Pital: *Anolis heteropholidotus* (D), *Ptychohyla hypomykter* (E), *Plectrohyla guatemalensis* (F), *Abronia montecristoi* (G), *Abronia moreletii* (H), *Bolitoglossa synoria* (I). Las imágenes de cada especie no están a escala entre ellas. (Autores: A, B, C, D, E, F, H, I- William Merino; G- Roberto Marroquín).

De las 150 bromelias muestreadas, 20 (13.33%) estaban ocupadas por anfibios y reptiles; de estas 20, 16 (80%) fueron *T. ponderosa* y 4 (20%) *T. guatemalensis*. Las 4 salamandras que utilizaron bromelias del sotobosque (0.39-0.85m) como refugio diurno ocasional durante la época lluviosa se encontraron en *T. guatemalensis*. El 100% de los anfibios encontrados durante la época seca, se refugiaban en *T. ponderosa*, mientras que los reptiles fueron observados forrajeando en *T. guatemalensis*. En *W. werkleana* no se

encontraron anfibios o reptiles. Al tratarse de bosques perturbados, la abundancia de esta especie fue extremadamente baja, observando únicamente 3 juveniles y 4 plantas adultas en los 3 sitios de muestreo, de las cuales 4 fueron muestreadas en búsqueda de anfibios y reptiles sin observarse alguno.

Todas las especies de anfibios y reptiles que hacen uso de las bromelias en este bosque se encuentran en la lista de especies amenazadas y en peligro de extinción del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) o en alguna categoría de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Los usos dados a las bromelias por parte de cada especie se detallan en el cuadro 3.

La Salamandra de Cerro El Pital (*Bolitoglossa synoria*), mostró mayor dependencia a las bromelias, haciendo uso de ellas para alimentarse, refugiarse y reproducirse, mientras que las demás especies solo hacen uso parcial de las bromelias para ciertas actividades como búsqueda de alimento y asoleo en el caso de los reptiles o refugio climático durante períodos de tiempo particulares de estrés higrotérmico, en el caso de las ranas *Plectrohyla guatemalensis* y *Ptychohyla hypomykter*, que usan como refugio estacional estas plantas durante la época seca.

Existieron diferencias entre las especies de anfibios y reptiles encontradas entre sitios de muestreo, según se detalla en el cuadro 3. Estas diferencias muestran preferencia al uso de bromelias en zonas de bosque maduro con moderada cobertura de dosel y una alta densidad de bromelias de tanque encontrados en el sitio 2 de muestreo (2490-2540 m s. n. m.), por el contrario, el sitio 1 de muestreo, ubicado a menor altitud (2380-2430 m s. n. m.) es un bosque joven con moderada cobertura de dosel y baja densidad de bromelias, presentó la menor cantidad de anfibios y reptiles bromelícolas y el sitio 3, ubicado a mayor altura (2600-2650 m s. n. m.), es un bosque maduro con poca cobertura de dosel y una moderada densidad de bromelias, este sitio, presentó una cantidad moderada de anfibios.

Cuadro 3. Herpetofauna asociada a bromelias, categorías de conservación, usos dados a bromelias y presencia en los sitios de muestreo.

Especie	Nombre común	Categoría lista roja MARN	Categoría de Amenaza UICN	Usos dados a las bromelias	Presencia en sitio de muestreo
<i>Bolitoglossa synoria</i>	Salamandra de Cerro El Pital	En Peligro	CR	SF, SR, RDO, RC	S1, S2, S3
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>	Rana Combatiente Guatemalteca	En Peligro	NT	SF, RC	S2, S3
<i>Ptychohyla hypomykter</i>	Rana arborícola de quebrada	En Peligro	EP	SF, RC	S2
<i>Abronia moreletii</i>	Dragoncillo	Amenazada	LC	SF	S2, S3
<i>Abronia montecristoi</i>	Dragoncillo de Montecristo	En Peligro	EP	SF	S1, S2
<i>Anolis heteropholidotus</i>	Bebeleche montano	En Peligro	LC	SF	S2

7.4.1 Estratificación vertical de anfibios y reptiles presentes en bromelias del bosque nuboso de Cerro El Pital.

Se encontraron anfibios y reptiles en bromelias hasta 11 m de altura y se aprecia una tendencia de la herpetofauna a preferir las bromelias que crecen a alturas entre 4 y 11m (categoría “Alto” de altura) (Fig. 10). Durante la época lluviosa se observaron únicamente 4 salamandras en 3 bromelias del sotobosque a 0.39m y 0.85m de altura, haciendo uso de ellas como refugio diurno ocasional; en el estrato “Alto” se observó en noviembre de 2021 una salamandra juvenil de 23mm (LHC) a 11 m de altura, que pudo haber nacido

en las bromelias de ese árbol durante la época lluviosa de ese año y se evidenció que el estrato “Medio” fue utilizado por salamandras como sitio de reproducción al encontrar una ovipostura a 2.36 m sobre el suelo en sitio 2 (Alpes del Pital). De las bromelias ocupadas durante la época seca (n=17) 11 crecieron en el rango “Alto” (64.7%), albergando 11 individuos de las especies *P. guatemalensis* (1), *P. hypomykter* (1) y *B. synoria* (9); 3 bromelias en el rango “Medio” (17.6%) albergaron *B. synoria* (3) y *P. guatemalensis* (1) y 3 bromelias (17.6%) en el rango “Bajo” de alturas, fueron ocupadas por los reptiles *A. moreletii* (1) y *A. heteropholidotus* (2) y 4 *B. synoria* en época de lluvias, siendo una de las plantas utilizadas por *A. heteropholidotus* ocupada nuevamente por dos salamandras en época lluviosa. Los anfibios que dependen de un refugio climático no utilizaron bromelias de estrato bajo porque las bromelias de este son pequeñas y escasas en los sitios 1 y 2 y ausentes en el sitio 3.

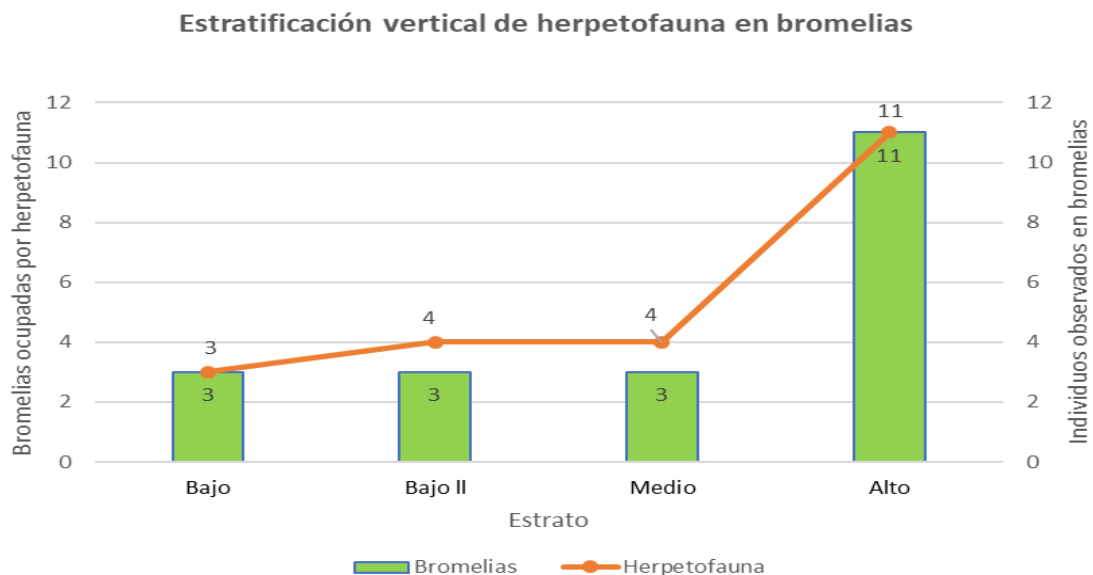


Figura 19. Categorías de altura (m) en las que se encontró herpetofauna y en las que crecían en los árboles las bromelias con anfibios y reptiles, número de bromelias ocupadas por herpetofauna en cada Categoría de altura: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m, Alto= 4-12m. Bajo II corresponde a bromelias de estrato bajo en época lluviosa.

Las lagartijas *Anolis heteropholidotus* forrajean en el sotobosque, entre arbustos, bromelias y plantas ornamentales introducidas. Fueron observadas en horas de la mañana buscando alimento y tomando el sol en *T. guatemalensis*. El “dragoncillo” *Abronia moreletii* es principalmente terrestre, se encuentran en bromelias al nivel del suelo, aunque suele trepar árboles a baja altura para buscar alimento entre las epifitas y tomar el

sol. Se observó una el 7 de mayo de 2021 a 3m de altura y fue depredada por un "momoto gorgiazul" (*Aspatha gularis*) (ver Fig. 11). Por otra parte, el "dragoncillo de Montecristo" *Abronia montecristoi* es una lagartija de hábitos arbóreos. Puede encontrarse en bosques de roble (*Quercus sp.*) llenos de bromelias (Sitio 2 Alpes del Pital) y en bosques de *Abies guatemalensis* asociado a pinos (*Pinus sp.*) y robles (*Quercus sp.*) (Sitio 1, Ecolodge).



Figura 20. *Abronia moreletii* depredado por un "momoto gorgiazul" (*Aspatha gularis*).

Todos los individuos de *A. montecristoi* fueron encontrados en el suelo a finales de la época lluviosa, entre julio y agosto en 2021 y 2022. Dos adultos y un juvenil fueron observados en el sitio 1, un área con escasas bromelias, lo cual evidencia que la especie no es completamente dependiente de estas plantas para sobrevivir, sin embargo, su fuente de alimento proviene principalmente de ellas. En el sitio 2 se observó uno en el suelo, no se observaron individuos entre bromelias. En las ramas más altas de los robles, arriba de 15m, hay huecos y densas capas de epífitas, entre las que predominan musgos y la orquídea *Maxillaria cucullata* donde se encuentran los mejores sitios de asoleo y refugios potenciales.

7.4.2 Variación estacional de la comunidad de anfibios y reptiles según las condiciones higrotérmicas y factores que influyen en la presencia/ausencia de herpetofauna en el dosel.

La composición de la comunidad de anfibios y reptiles presentes en el dosel fluctúa entre estaciones climáticas gracias a las condiciones de tiempo atmosférico dominantes en cada una de ellas. La reducción en la formación de nubes impulsado por la fragmentación intensiva no regulada de los parches de bosque desde el pie de montaña hasta la cumbre y el cambio climático, han afectado la zona, generando cambios en la precipitación y temperatura, disminuyendo la alta frecuencia de nubes y rocío que son características de un bosque nuboso durante todo el año. La reducción de estas condiciones climáticas, favorece la apreciación definida de dos estaciones en la alta montaña; La época seca y lluviosa. Debido a estas condiciones y el estrés higrotérmico que representa, cada especie ha tenido que responder al cambio climático de manera particular.

Los reptiles que forrajean entre bromelias, están presentes en ellas tanto en época seca como en la lluviosa, sin embargo, se observaron algunos patrones de movilidad en los Dragonillos. La especie *Abronia moreletii* es de hábitos predominantemente terrestres, sin embargo, forrajea en bromelias del sotobosque. Se observan con mayor frecuencia durante la época seca, cuando pudo observarse un individuo en una bromelia. En febrero se observaron juveniles en el suelo en potreros abandonados. Por otra parte, *A. montecristoi* es predominantemente arbórea, hace uso del dosel todo el año, pero entre los meses de julio y agosto se observaron 4 individuos en el suelo. El patrón de encuentro sugiere que en estos meses presentan mayor actividad y desplazamiento, moviéndose de un árbol a otro, forrajeando en el suelo en busca de alimento y asoleándose.

En cuanto a los anfibios, por tratarse de animales ectotermos poiquilohídricos, los bruscos cambios de temperatura y humedad en la época seca por la disminución de la alta frecuencia de nubes y niebla, genera una condición de estrés que los obliga a buscar micro-refugios climáticos que les brinden las condiciones de temperatura y humedad óptimas para su supervivencia. Las ranas arborícolas *Plectrohyla guatemalensis* y *Ptychohyla hypomykter* se encontraron en bromelias durante la época seca, ausentándose de estas durante la época lluviosa. En cuanto a la salamandra *Bolitoglossa synoria* utiliza las bromelias como micro-refugio climático durante la época seca y como refugio ocasional y sitios de reproducción durante la época lluviosa. El aumento de humedad

disponible durante esta época favorece un mayor rango de movilidad para los anfibios. En el caso de las salamandras, se observó una marcada preferencia por microhábitats terrestres durante la época lluviosa, migrando al dosel durante la época seca (ver Fig. 21).

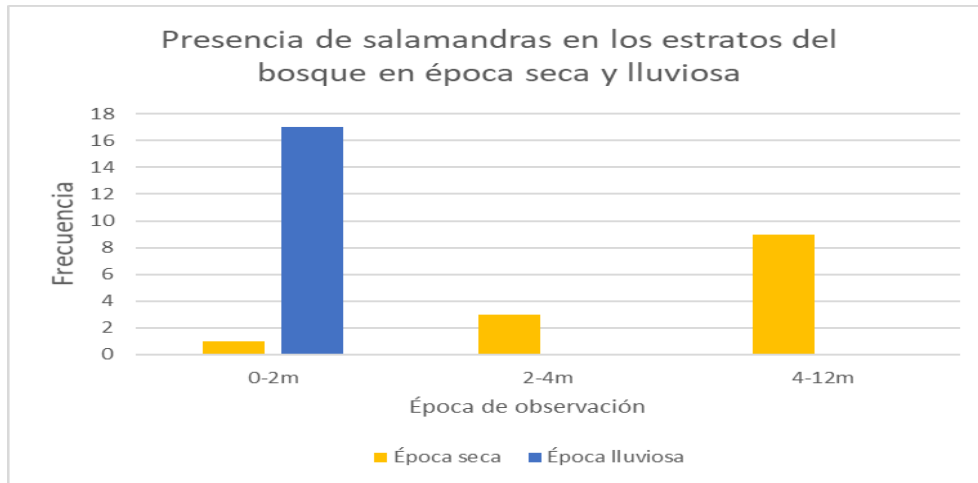


Figura 21. Comparación de la presencia de la "salamandra de El Pital" (*B. synoria*) entre época seca y lluviosa en base a observaciones realizadas en las categorías de altura (m) respecto a los árboles: Bajo= 0-2m, Medio= 2-4m y Alto= 4-12m. Año 2021-2022.

En Cerro El Pital, las bromelias son llamadas localmente "lirios". Estas plantas son extraídas de su hábitat para ser comercializadas a turistas y en algunas zonas muy visitadas, los mismos turistas saquean estas plantas para llevárselas. En el sitio de muestreo 3, en la cima de la montaña, las bromelias epífitas han desaparecido del estrato bajo del bosque entre los 0 y 2 m sobre el suelo. Por otra parte, se observó que no hay comunidades de bromelias establecidas en los fragmentos de bosque joven. Estas plantas también enfrentan amenazas relacionadas al cambio de uso del suelo, pues en las zonas altas de la montaña, fragmentos de bosques con muchas epífitas, fueron quemados para transformarlos en áreas de cultivos. Además de estas amenazas, las bromelias están sufriendo mayor estrés en las zonas altas de la montaña, pues pasan mayor tiempo expuestas al sol directo por la disminución de las nubes y niebla (ver Fig. 22).



Figura 22. Amenazas que enfrentan las bromelias (*Tillandsia sp.*) en Cerro El Pital: Quema del bosque para cultivos agrícolas-Izquierda; Extracción para venta-Centro; Dsecación por el incremento de exposición al sol directo por la disminución de nubes y niebla-Derecha.

8. DISCUSIÓN

En cerro El Pital se puede apreciar la alta fragmentación del ecosistema natural producto de la actividad antrópica en el área, las zonas abiertas y de borde están más expuestas a vientos y radiación solar, disminuyendo la humedad e incrementando la temperatura, creando un gradiente de variación higrotérmica entre zonas abiertas y bordes con el bosque natural, aunque estos se encuentren a la misma altitud. Debido a esta heterogeneidad del paisaje se recopiló una amplia gama de fluctuaciones higrotérmicas influenciadas por todas las variables que inciden en este sistema dinámico.

Algunas especies de bromelias se caracterizan por su capacidad de persistencia en los bosques que han sido modificados, y por su capacidad de colonización en áreas abiertas, principalmente aquellas especies que son heliófitas o tolerantes al sol (Wolf, 2005; Werner y Gradstein, 2008; Toledo-Aceves et al., 2012; Padilha et al., 2017). Por ello, la composición de bromelias cambia en cada uno de los sitios dependiendo del nivel de perturbación (Cascante Marín et al., 2006; Padilha et al., 2017). En el caso de *Tillandsia*, suele encontrarse en sitios perturbados, como pudo evidenciarse en el presente estudio realizado en bosques perturbados de Cerro El Pital, donde *T. ponderosa* y *T. guatemalensis* son las bromelias más abundantes, siendo la última la más adaptable y tolerante a la perturbación y una de las especies más importantes en los bosques montanos de la provincia de Chiapas (Morrone, 2001), la cual en este sitio, por factores que limitan su óptimo desarrollo, ha adoptado tallas más pequeñas que las observadas en bosques nubosos maduros bien conservados y de menor altitud presentes en Guatemala y Honduras (Dix y Dix, 2006; Jocque, M., & Kolby, J. E., 2012; Ruano-Fajardo et al. 2014). Tomando en consideración que el estado de conservación del bosque define ciertas condiciones microambientales de las cuales dependen las bromelias, como la temperatura y humedad (Susan-Tepetlan et al., 2015). Según Perez Farrera, M. A., Martinez Melendez, N., & Martinez Camilo, R. (2018) a pesar de su capacidad de adaptación a perturbación, las *Tillandsia*, son más abundantes en sitios más conservados, como pudo observarse en el sitio 2 durante el presente estudio, siendo esta una tendencia mucho más marcada en bromelias de tanque grande como *W. werckleana*, una de las especies dominantes de bromelias en los bosques nubosos de la región (Dix y Dix, 2006), escasa en áreas perturbadas y con una tendencia a dominar en la comunidad de bromelias de

bosques bien conservados como en el caso del volcán Pacaya en Guatemala y Parque Nacional Cusuco en Honduras (Jocque, M., & Kolby, J. E., 2012; Ruano-Fajardo et al. 2014).

La temperatura del medio externo a las bromelias expuesto al sol es una variable poco estudiada; Feder, (1982) estudió el comportamiento térmico de una bromelia *Tillandsia sp.* y la temperatura de su medio externo en Guatemala, a 2200 m s. n. m. registrando que la bromelia mantiene en su interior una temperatura baja y estable que rondó entre los 11.5 y 13.5 °C, la temperatura del aire a la sombra estuvo entre 14 y 16 °C, mientras que la temperatura del aire sobre la corteza del árbol adyacente al sol osciló entre 15 y 28 °C. Feder, (1982) no observó diferencia de temperatura entre las bromelias que albergan dos especies de salamandras guatemaltecas (*B. franklini* y *Dendrotriton bromeliacius*) y aquellas sin salamandras, al igual que en el presente estudio, donde se evidencia una estrecha semejanza entre bromelias con o sin salamandras, inclusive entre bromelias muestreadas en época seca y lluviosa.

En el Volcán Pacaya, Ruano-Fajardo et al. (2014) registraron temperaturas promedio dentro de las bromelias de ($\bar{x}= 17.1\pm 1.7^{\circ}\text{C}$), y fuera de las bromelias esta fue de ($\bar{x}= 19.8\pm 2.2^{\circ}\text{C}$) mientras que en el presente estudio en Cerro El Pital fueron de ($\bar{x}= 12.8\pm 2.1^{\circ}\text{C}$) dentro de las bromelias y ($\bar{x}= 15.5\pm 4.0^{\circ}\text{C}$) fuera de las bromelias, observando una diferencia de 2.7 °C entre los valores promedio de temperatura al interior y exterior de las bromelias en ambos casos, registrando temperaturas promedio más bajas en Cerro El Pital por situarse a mayor altitud. La mayor desviación estándar de los datos fuera de la bromelia en El Pital puede indicar una mayor exposición a cambios térmicos causados por vientos fríos o prolongada exposición al sol producto de la degradación del bosque.

En Parque Nacional Cusuco, en Honduras, a 1641 m s. n. m. las temperaturas promedio dentro de las bromelias fue de $16.8 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ (Jocque, M., & Kolby, J. E., 2012). A pesar de tener una diferencia altitudinal de 1000 m s. n. m. la temperatura dentro de las bromelias es similar, debido a la proximidad a la costa Atlántica y el clima del área, que le confieren condiciones de bosque nuboso a menor altitud; Al ser estas bromelias de mayor tamaño que las presentes en El Pital (Jocque, M., & Kolby, J. E., 2012; Obs. Pers.), y registrarse en estas una menor desviación estándar de la temperatura al interior del tanque, sugiere que el mayor tamaño del tanque en bromelias brinda un entorno térmico más aislado y estable; una conclusión a la cuál llegó Ruano-Fajardo et al. (2014) en

Guatemala, quien además, observó la preferencia de salamandras más grandes hacia las bromelias de mayor tamaño, que registraron menor temperatura al interior del tanque, albergando también la mayor cantidad de individuos dentro de la planta.

Si bien la selección de bromelias por sus atributos ligados al tamaño de tanque de las bromelias no fue objeto de estudio de esta investigación, en base a los casos anteriormente expuestos, se puede inferir que el tamaño del tanque en bromelias puede ser importante en el desarrollo de conductas selectivas o de uso, de acuerdo a diversas condiciones medioambientales relacionadas con el clima, la estructura y características de la comunidad de bromelias que pueden ser particulares de una montaña o región, principalmente durante la época seca, cuando se generan condiciones de estrés higrotérmico.

En los bosques nubosos de esta región de Centroamérica, las bromelias *T. guatemalensis* y *W. werckleana*, son generalmente las especies dominantes en la comunidad de bromelias (Dix y Dix, 2006; Obs. Pers.). En las montañas más altas, como El Pital, especies como *T. ponderosa* se vuelven las dominantes. Considerando que esta especie posee un tanque de menor tamaño que las antes mencionadas, la disponibilidad de espacio y recursos en la fitotelmata es menor, lo cual puede influir en la ecología y patrones conductuales de los anfibios y reptiles que hacen uso de estas plantas.

En cuanto a la variable humedad relativa ambiental, en el Volcán Pacaya se registró un promedio de $80.0 \pm 7.3\%$ en el sitio más alto de muestreo a 2336 m s. n. m. y en el presente estudio de $80.7 \pm 15.7\%$. La humedad relativa al interior de las bromelias no fue evaluada por otros autores, en estos estudios realizados en bromelias, probablemente por presunción de humedad 100% por mantener agua en el tanque, sin embargo, en algunas bromelias la materia orgánica al interior del tanque, exposición al viento y sol, posición en el árbol y otros factores del entorno podrían influir en los valores registrados. En el presente estudio se registró una humedad estable entre máximas de 100% y mínimas de 85% al interior de las bromelias, manteniendo una característica humedad elevada tanto en época lluviosa como en época seca, cuando la humedad del medio externo a las bromelias al sol descendió hasta un 24%.

En Centroamérica nuclear, las bromelias son los microhábitats arbóreos más importantes, donde inclusive existen salamandras especialistas. (Wake y Lynch, 1976; Wake, 1987). En 2004, Parra-Olea et al. propusieron varios subgéneros para *Bolitoglossa* donde

agrupan a *B. synoria* en el subgénero *Magnadigita*; ninguna especie de este grupo, incluyendo *B. synoria*, tienen manos y patas que tengan una membrana interdigital completa y casi todos tienen la punta de los dedos bien definidos (Parra-Olea et al., 2004; Wake y Lynch, 1976). A pesar de presentar una morfología aparentemente no especializada para trepar árboles, aunque tienen una membrana interdigital semicompleta; se conoce que estas salamandras hacen uso de bromelias del dosel, como la salamandra *B. morio* y *B. pacaya* en Guatemala, donde se han encontrado salamandras en bromelias hasta los 7 m de altura en volcán Pacaya (Ruano-Fajardo et al. 2014; Wake, 1987; Wake y Lynch, 1976) y la salamandra de Cerro El Pital *B. synoria*, observada en bromelias hasta los 11 m de altura en el presente estudio.

La temperatura dentro de bromelias con salamandras en el Volcán Pacaya fue de $\bar{x}=16.7\pm 1.7$ °C, similar a la registrada en bromelias con presencia de salamandras en este estudio $\bar{x}=11.1 \pm 2.1$. Igual relación se encontró con la humedad del medioambiente externo a la bromelia, el cual fue de $\bar{x}=66.6 \pm 12.6\%$ en el volcán Pacaya y $\bar{x}=76.2\pm 18.2\%$ en Cerro El Pital.

Debido a las condiciones de temperatura, humedad y protección contra depredadores que ofrecen las bromelias, algunos animales viven sólo parte de su vida en estos microhábitats y cuando son adultos, pasan a ecosistemas terrestres de forma permanente (Richardson, 1999) o cuando las condiciones del medioambiente externo son favorables, como en el caso del comportamiento de migración vertical estacional observado en *B. synoria* durante este estudio, en el cual se encontraron salamandras en bromelias del dosel únicamente en la época seca, mientras que no se observaron al muestrear las mismas plantas durante la época de lluvias (Ver Fig. 21), apoyando la postura de Richardson, (1999) que plantea que las bromelias no son estrictamente islas, como las define Rosenzweig (1795), pues estas tienen una mayor dinámica de migración que otras islas biológicas.

La migración estacional de las salamandras *B. synoria* hacia y desde las bromelias parece ser inducida por la disponibilidad de agua y humedad en el medio ambiente, pues estudios conductuales en pletodóntidos sugieren que las salamandras permanecen activas hasta que la pérdida de agua corporal alcanza un nivel fisiológicamente limitante, en cuyo momento, entran en inactividad donde la deshidratación disminuye y la rehidratación desde un sustrato húmedo puede proceder. Se sabe que después de que las salamandras pierden agua durante sus períodos de actividad, se produce la rehidratación por contacto

directo con el suelo o superficies húmedas o dondequiera que se refugien (Cunningham, 1960; Spotila, 1972; Spight, 1967; Feder, 1983).

El nivel de rehidratación alcanzado durante el período inactivo sobre la superficie húmeda o en su refugio, determina el reinicio de actividades (Keen, W. H. 1984). Es por esta razón, que las salamandras necesitan una rehidratación constante para poder realizar la maratónica labor de subir o bajar del dosel de los árboles donde se encuentran las bromelias que habitan en la época seca. Incluso las salamandras en un ambiente húmedo requieren algo de rehidratación después de períodos de actividad (Jaeger, R. G., 1978; Keen, W. H. 1984). Es por esta razón que suben y bajan de los árboles al suelo durante el final e inicio de la época lluviosa respectivamente, cuando las lluvias cubren la corteza de los árboles con una película de agua que las rehidrata constantemente.

En algunos plepodóntidos se ha registrado el comportamiento trepador de plantas casi exclusivamente en las noches lluviosas o cuando había caído lluvia la tarde anterior (Jaeger, R. G., 1978) una conducta apreciada en la población de *B. synoria* estudiada en la presente investigación. Por otro lado, Keen, W. H. (1984) observó un comportamiento similar en salamandras terrestres, las cuales tienden a moverse más lejos de la orilla de arroyos durante y justo después de períodos lluviosos, que es el momento en el cual se observó a *B. synoria* más activa. Es por esta razón que, las observaciones realizadas en este estudio, sugieren que las salamandras se mantienen en las bromelias de un mismo árbol hospedero durante la época seca hasta que las condiciones de lluvias les permiten movilizarse más para bajar de este.

Mientras se encuentran en el dosel, las salamandras se movilizan entre las bromelias que habitan el mismo árbol en busca de recursos, algo que pudo constatarse durante esta investigación al monitorear en distintos días las bromelias con presencia de salamandras, observando que estas prefieren utilizar las bromelias más abundantes y de mayor tamaño de tanque disponibles; por el contrario, durante la época lluviosa, las salamandras se limitan al uso de bromelias del sotobosque como refugio diurno de un día, aparentemente, sin importar el tamaño del tanque de esta, observándose únicamente en bromelias de la especie *Tillandsia guatemalensis*, la cual en El Pital, posee el tanque de menor tamaño en la comunidad de bromelias según se pudo apreciar en este trabajo. Se observó un comportamiento similar a este en las *B. morio* de Guatemala, en bromelias de la zona más alta muestreada en Pacaya, a 2336 m s. n. m. con una humedad ambiental promedio de 80.1%, donde se encontraron solo salamandras juveniles y no se apreció la típica

selección de bromelias de tanque grande observada por parte de adultos de esta especie en los otros dos sitios de muestreo a menor altura entre los 2000-2100 m s. n. m. donde la humedad ambiental promedio fue de 61% (Ruano-Fajardo, 2009), lo cual concuerda con la sugerencia de que el tamaño de la bromelia podría ser menos importante para las salamandras en una región de alta disponibilidad de agua (Feder, 1982; Ruano-Fajardo et al. 2014), lo cual explica la conducta de las salamandras observada durante la época lluviosa en el presente estudio (Ver Fig. 21).

Las especies del grupo *B. morio* se consideran generalistas que están relacionadas a bosques de pino-encino o latifoliados en la sierra central de Guatemala o a hábitats secundarios (Wake y Lynch, 1976). Ocupan generalmente microhábitats creados por troncos, rocas y ocasionalmente se encuentran en bromelias. Al igual que *B. Morio*, *B. synoria* es generalista, encontrándose enterradas en el suelo, entre rocas, bajo troncos, hojarasca (Ver Anexo 3.1) y bromelias (Obs. Pers.).

Ruano-Fajardo et al. (2014) no reporta ningún espécimen de *B. morio* colectado en microhábitats terrestres en el volcán Pacaya. Sin embargo, en un lugar cercano, el volcán Agua, se han encontrado individuos en microhábitats terrestres y en bromelias, por lo tanto, se supone que dicha especie ha cambiado el uso de microhábitat en un espacio relativamente corto (Wake, 1987; Wake y Lynch, 1976). El cambio de microhábitat señalado por Wake en áreas con modificación como el Cerro Grande en el volcán Pacaya debido a actividad volcánica o en lugares con modificaciones de otra índole como el caso de las modificaciones antrópicas en Cerro El Pital, hace que las bromelias sean adecuadas para la supervivencia de las salamandras y que suela haber en ellas importantes conglomerados de abundancia poblacional.

El volcán Pacaya alberga una población de salamandras de alta densidad en las bromelias, las cuales han cambiado los microhábitats que usan generalmente a lo largo de su distribución, debido a la modificación que causa la actividad volcánica en este sitio. En el caso de *B. synoria* en Cerro El Pital, no se observa una población de alta densidad en las bromelias; esto podría deberse a que el nivel de modificación genera menos estrés que el generado por la actividad volcánica del Pacaya, o la población de salamandras es menor. Sin embargo, puede observarse un incremento del uso de bromelias cuando se hacen presentes condiciones de estrés higrotérmico durante la época seca.

En Bosques nubosos maduros conservados, como el estudiado en el volcán Pacaya (Wake y Lynch, 1976; Wake, 1987; y Ruano-Fajardo et al. 2014) en Guatemala, las bromelias de tanque más grandes, como *W. werckleana*, son más abundantes y es la preferida por salamandras como *B. morio*. En bosques nubosos con fuerte perturbación antropogénica como en Cerro El Pital, se observó que esta especie de bromelia es escasa y confinada a las copas de los árboles en parches de bosque poco o medianamente perturbados, mientras que en parches de bosque muy perturbados es posible encontrar una o dos plantas aisladas (Obs. Pers.). A pesar de tener un tamaño de tanque grande, que hace más estable y baja la temperatura y retiene más agua en la bromelia, brindando mejores condiciones higrotérmicas a las salamandras (Ruano-Fajardo et al. 2014), no se encontraron estos anfibios en las bromelias de esta especie muestreadas en El Pital. Si bien durante este estudio no se muestreó la totalidad de bromelias de las diferentes especies presentes, se observó una tendencia a que los anfibios ocuparan más la bromelia *T. ponderosa*, debido a la abundancia de la misma, lo cual sugiere que la disponibilidad de bromelias y la ubicación de estas sobre los árboles con respecto al fuste podría ser un factor importante a considerar para la selección de estas por parte de las salamandras.

Aranda-Coello, J. M. et. al. (2018) reportaron la presencia de las salamandras *Bolitoglossa hartwegi* y *Bolitoglossa lincolni* en las bromelias *T. guatemalensis* y *T. ponderosa* entre marzo y mayo del 2017, expresando la preocupante situación al encontrar solamente 5 salamandras en las 3467 bromelias muestreadas. Cabe destacar que todas las salamandras en ese estudio fueron encontradas en bromelias a nivel de suelo, un escenario similar al observado en el presente estudio con *B. synoria* durante la época lluviosa en Cerro El Pital, cuando se encontraron salamandras en bromelias del sotobosque y se ausentaron en los estratos de mayor altura. La ausencia de salamandras en tantas bromelias muestreadas por Aranda-Coello, J. M. et. al. (2018) sugiere que el sitio tuvo una alta disponibilidad de agua en forma de lluvia o niebla, así como el escenario observado en El Pital durante la época lluviosa. Si el bosque presenta precipitaciones y elevada humedad constante, es normal que las salamandras prefieran microhábitats terrestres como corteza de los troncos, debajo de piedras y en el suelo, respaldando las observaciones de Parra-Olea, García-París y Wake (2004).

En cuanto a reptiles, el Dragoncillo de Montecristo (*Abronia montecristoi*) es una de las 2 especies conocidas en El Salvador de este género de lagartos arborícolas, compuesto por más de 25 especies distribuidas desde el sur de Tamaulipas, México, hasta el sur de

Honduras (Campbell y D. Frost 1993, Flores-Villela y Sánchez-H, 2003). Se conoce que estos lagartos son especializados habitantes de las bromelias. A pesar de que en este estudio no se encontraron estos Dragoncillos en bromelias, si se observaron en el suelo en las áreas donde se realizaron muestreos, haciendo de cerro El Pital la segunda localidad en el país donde se reporta esta especie, pues anteriormente solo se había reportado en Parque Nacional Montecristo entre los 2,150 y 2,250 m s. n. m. (Köhler, 2006). No encontrar individuos en bromelias podría ser un indicio de que son animales muy activos que se desplazan en el dosel utilizando los recursos alimenticios que se encuentran entre las epifitas, pues se conoce que estas plantas proveen alimento y hábitat a muchas especies, gracias a que conforman una compleja galería entre sus rosetas, que contienen una gran variedad de invertebrados (Beutelspacher C.R., 1999). Por otra parte, *Abronia moreletii*, a diferencia de la anterior, es predominantemente terrestre, encontrándose en la hojarasca del bosque nuboso y sus alrededores (Köhler,2006), aunque en otros estudios se han encontrado entre bromelias que son extraídas para su comercialización (Aranda-Coello, J. M. et. al., 2018). La conducta terrestre fue observada en el presente estudio, a la cual se añade el registro de forrajeo en bromelias y la observación de una lagartija en un árbol a 3m de altura.

Además de salamandras y lagartijas arbóreas, en las bromelias de los bosques nublados de Centroamérica hay una cantidad importante de anuros que hacen uso de estas plantas y la gran mayoría de ellos, pertenecen a categorías de preocupación especial dentro de listados de amenazas a su supervivencia a largo plazo, muchos inclusive figurando en la lista roja de la UICN (Bardales, L. A. H., 2021). Ranas de los géneros *Bromeliophyla*, *Isthmohyla*, *Ecnomyohyla*, *Duellmanohyla*, *Exerodonta*, *Plectrohyla*, *Scinax*, *Tlalocohyla*, *Trachycephalus*, *Hyla* y *Tripurion* han sido encontradas en bromelias en diferentes ecosistemas de Centroamérica nuclear (Köhler 2011; Rovito et al. 2015; Bardales, L. A. H., 2021). En cuanto a ranas bromelícolas que ocurren en los bosques nubosos de El Salvador, se conoce que individuos de *Ptychohyla euthysanota* fueron observados y colectados en las axilas de hojas de bromelias aéreas en el bosque nuboso de Cerro Miramundo, en febrero (Rand,1957), en otra ocasión, Leenders y Watkins-Cowell (2004) notaron una hembra adulta en la noche sobre vegetación epífita a unos 80 cm sobre el nivel del suelo en el Parque Nacional Montecristo. En el presente estudio, fue encontrada, *Ptychohyla hypomykter* en una bromelia del estrato Alto del bosque, siendo esta la primera observación de esta especie en bromelias del dosel y una nueva localidad

donde se reporta esta rana en el país. Otras ranas de mayor tamaño, como *Plectrohyla guatemalensis*, fueron encontradas en la bromelia *Tillandsia ponderosa* durante el presente estudio y también han sido observadas por otros autores en bromelias del mismo género; inclusive un juvenil en las axilas de las hojas de una bromelia epífita y ocasionalmente, fueron colectado adultos en bromelias durante el día en Honduras. (Rand, 1957; Mc Crane y Wilson, 2002). También Duellman (1970, 2001) notó que la especie *Plectrohyla sagorum* pasa el día en bromelias y canta en las noches cerca de arroyos en el bosque nuboso, el único ejemplar salvadoreño conocido de esta especie fue observado y colectado en Cerro El Pital, en marzo de 1942 (Spencer C., 2023).

Algunas ranas están tan especializadas a la vida en las bromelias, que su ciclo de vida completo gira en torno a ellas, como es el caso de *Bromeliophyla bromeliacea* y *Bromeliophyla melacaena*, dos ranas bromelígenas endémicas, con una marcada distribución en las montañas de la vertiente Atlántica del norte de Centroamérica, donde el clima es muy húmedo todo el año, a diferencia de la vertiente del Pacífico donde se encuentra El Pital. Ambas especies habitan en simpatria en la Sierra de Omoa, al noroeste de Honduras (McCranie & Castañeda, 2006; Sabagh et al. 2017; Bardales, L. A. H., 2021). En el extremo norte de esta cordillera, en Parque Nacional Cusuco, *W. werckleana* y *T. guatemalensis* son grandes y muy abundantes, dominando en la comunidad de bromelias. En ellas, es posible observar *B. bromeliacea* reproduciéndose durante la época de lluvias, apreciando renacuajos y metamorfos al interior de *W. werckleana* con poca materia orgánica (Obs. Pers., 2022); en este sitio, la relación entre anfibios y bromelias es más estrecha, comparada con las montañas de la vertiente del pacífico como El Pital. En Cusuco, los anfibios habitan las bromelias todo el año y sus ciclos de vida dependen de ellas, llegando en algunos casos como *B. bromeliacea* a la exclusividad. Salamandras como *Bolitoglossa conanti*, *B. diaphora* y *Criptotriton nasalis* se encuentran en bromelias con facilidad inclusive en la época lluviosa, mientras que en Cerro El Pital, se constató en este estudio que los anfibios no han desarrollado una relación evolutiva tan estrecha con las bromelias. A pesar de usarlas, no se encontró evidencia de que las ranas se reproduzcan en estas plantas, además, la diversidad de especies de anfibios que usan las bromelias es menor y las salamandras prefieren migrar de las bromelias al suelo en la época más húmeda del año.

En vista de la reducida presencia de bromelias de tanque grandes como *W. werckleana*, dominante en bosques nubosos maduros muy húmedos, la bromelia *T. ponderosa* con un

ancho de tanque que oscila entre 15 y 25 cm cuyas tallas máximas son similares a las tallas promedio de 26.8 registradas para todas las bromelias por Ruano-Fajardo et al. (2014), ha asumido el rol ecológico que tienen estas bromelias para los anfibios, que como bien mencionan algunos autores, (Picado, 1913; Benzing, 1980; Feder, 1982; Benzing, 1990; McCracken & Forstner, 2008; Ruano-Fajardo et al. 2014) brindan condiciones de temperatura, humedad y pH seleccionados predilectamente por salamandras que aprovechan las ventajas que ofrecen para su óptimo desarrollo y supervivencia.

T. ponderosa es la especie de tanque grande dominante en las comunidades de bromelias bien establecidas en zonas de moderada perturbación (sitio 3) y poca perturbación (sitio 2) de Cerro El Pital. En el presente estudio se encontraron 20 bromelias ocupadas por anfibios y reptiles; de estas 20, 16 (80%) fueron *T. ponderosa*, mostrando una tendencia a la preferencia de ocupación de esta especie por parte de la herpetofauna bromelícola del sitio, principalmente durante la época seca. En la época lluviosa se registró la presencia de salamandras en 3 bromelias del sotobosque de la especie *T. guatemalensis* en altura baja (0.39-0.85 cm), observando el abandono de la bromelia al día siguiente, a diferencia de las salamandras que durante la época seca permanecen por más días en estas plantas (Obs. Pers.).

Estudios previos indican la preferencia de anfibios y reptiles por los estratos de mediana altitud sobre el árbol, que van de 2.31 a 3.2m. (García-González, A. et al., 2014) coincidiendo con la preferencia de las salamandras *B. morio* en el estrato altitudinal medio de los árboles entre 2 y 4 m. Además, la mayor concentración de estas salamandras ocurrió en bromelias que estaban a 3.8m sobre el suelo. En este estudio, se determinó que cuando el estrato bajo y medio de bromelias sobre los árboles ha sido perturbado y saqueado en su gran mayoría o no se han desarrollado bromelias en este, como es el caso de dos de los tres sitios de muestreo (sitio 1 y 3); las salamandras se desplazan verticalmente, buscando refugio en las bromelias que se encuentran en el estrato alto de los árboles, que es superior a los 4 metros. De las bromelias ocupadas durante la época seca (n=17) 11 crecieron en este estrato, albergando 11 individuos de las especies *P. guatemalensis* (1), *P. hypomykter* (1) y *B. synoria* (9) (Ver Fig. 19). A pesar de esta preferencia, las dos salamandras de mayor longitud total (95 mm) fueron encontradas en bromelias a 2.25 y 2.36m de altura sobre el árbol en el sitio 2. Las salamandras encontradas durante la época lluviosa se encontraron en bromelias de baja altura, lo cual

sugiere la preferencia de hábitats terrestres por parte de estas en la época lluviosa, que brinda ventajas para el desplazamiento a microhábitats preferidos.

Según Feder, (1982) la variabilidad térmica dentro de bromelias individuales es baja y no se aprecian diferencias significativas entre la temperatura de bromelias de la misma especie con presencia o ausencia de salamandras, respaldando esa observación en este estudio, pues la variabilidad de la temperatura en todas las bromelias muestreadas fue de $s=2.1$, apreciándose poca dispersión de los datos (Ver Fig. 9) y manteniendo temperaturas similares entre la época seca y lluviosa, a pesar de presentarse condiciones de tiempo atmosférico diferentes en el medio exterior a estas (Ver Fig. 12).

Respaldando las afirmaciones de Cascante Marín et al., 2006 y Padilha et al., 2017, en el presente estudio se observaron cambios en la composición de la comunidad de bromelias, dependiendo el nivel de perturbación que presentaron los sitios, pues mientras mayor es la perturbación antrópica, menor es la diversidad y densidad de bromelias, pues hay factores que limitan el óptimo desarrollo de estas, como la deforestación y la extracción ilegal de plantas para la venta (Ver Fig. 22). En el sitio 1, donde los árboles hospederos son más jóvenes, se presentaron bromelias aisladas, sin una comunidad de estas bien establecida, aquí no se observaron salamandras en bromelias durante la época seca, estas fueron observadas en mayor cantidad en el sitio 2, que presentó árboles de roble (*Quercus sp.*) maduros llenos de una abundante y desarrollada comunidad de epifitas, observándose un mayor número de bromelias de la especie *T. ponderosa* y algunas *W. werckleana* adultas que indican un menor grado de perturbación. En el sitio 3, a mayor altitud (2600-2650 m s. n. m.), se observaron menos salamandras y la ausencia de una comunidad de bromelias del estrato bajo de los árboles, presuntamente por la extracción de las plantas, pues es el sitio más turístico y muchas personas que llegan al lugar se llevan las bromelias a sus hogares por sus atractivas flores. En este sitio, las salamandras se refugiaron a mayor altura sobre los árboles, hasta 11m de altura.

La neblina modifica las variables que intervienen en el balance hídrico de manera que se producen ahorros significativos de agua en estos bosques, como la reducción de la radiación solar y el aumento de la humedad relativa, que, a su vez, reduce la evapotranspiración (Bruijnzeel 2004 y Tobón 2009). La disminución de la neblina y nubosidad, a causa de la fragmentación de los bosques y el cambio climático, genera una

modificación del hábitat, en el cual especies adaptadas al clima muy frío, deben buscar zonas de confort térmico (Parmesan C., 2006). La decreciente disponibilidad de agua en el aire y de cortezas con alta capacidad de retención de agua, pueden limitar la germinación y desarrollo exitoso de las bromelias en los primeros estadios, siendo esta la principal amenaza del cambio climático a estos importantes microhábitats del bosque nuboso, pues cuando las plantas ya están desarrolladas, pueden tolerar las condiciones estresantes generadas en los bordes del bosque nuboso (Castro-Hernández et al., 1999). La magnitud y distancia del efecto de borde es influenciada por procesos naturales y factores locales como la estructura y composición de la vegetación (Mcintyre y Hobbs, 1999; Ries, et al., 2004), la edad del borde, la historia de manejo del fragmento de bosque (Murcia, 1995) y la orientación (Chen et al., 1993; Ries, et al., 2004), interactuando esta última con la cobertura vegetal y el clima, donde juega un papel importante la dirección e intensidad de los vientos. La latitud y atributos temporales como el momento del día y la estación climática (Didham y Lawton, 1999) así como también, según Arango-Caro (2002), la topografía, son factores que añaden complejidad al fenómeno en estos bosques de montaña. La antropización de Cerro El Pital por diversos factores y su consecuente degradación ambiental han favorecido que la humedad de la hojarasca sea propensa a disminuir debido a la reducción de la cobertura vegetal, como lo exponen Romero-Torres, M., & Ramírez, A. V., 2011, pues aunque se permite mayor entrada de lluvia al suelo, se maximiza la pérdida de humedad por una mayor exposición al viento y luz solar (Camargo y Kapos, 1995; Mesquita et al., 1998; Hylander, 2005), favorecido por la disminución de la niebla. Sumado a esto, la reducida cobertura vegetal genera una capa de hojarasca de menor grosor, que complica la supervivencia de organismos como las salamandras, que son extremadamente sensibles a la transformación de su hábitat por condicionantes fisiológicas que las obliga a mantener su piel constantemente húmeda y fría durante el día, para tener un proceso respiratorio eficiente y conservar líquidos corporales para su supervivencia (Rueda-Almonacid et al. 2004).

En México y Guatemala las bromelias epífitas son aprovechadas ampliamente con fines comerciales y usos tradicionales (Toledo, 2016). También en zonas montañosas de El Salvador la extracción y comercialización de epífitas como orquídeas y bromelias es una práctica común (Obs. Pers.). En los fragmentos de bosque de Cerro El Pital, se ha sufrido históricamente hasta en la actualidad el saqueo de bromelias para su comercialización. Estas plantas, llamadas localmente "lirios", son extraídas también por turistas. Por esta

razón, en las áreas de mayor carga turística como en el sitio 3 del presente estudio, las bromelias de rango "Bajo" de altura han desaparecido.

La ausencia de bromelias de sotobosque en bosques maduros de sitios con alta carga turística obliga a los anfibios a subir al dosel en busca de refugios y preferir el estrato "Alto" del bosque en lugar de la habitual preferencia por bromelias de estrato medio evidenciada en otros estudios (García-González, A. et al., 2014).

La extracción de bromelias trae consecuencias negativas sobre la herpetofauna que utiliza estas plantas como sitios de alimentación, refugio o reproducción, pues en algunas regiones de México como en el bosque de Chanal, Chiapas, donde se realiza extracción intensiva de bromelias como *T. guatemalensis*, y *T. ponderosa*, lagartijas del género *Abronia* y salamandras del género *Bolitoglossa* son sacrificadas porque los lugareños las consideran venenosas (Aranda-Coello, J. M. et. al., 2018). En el presente estudio en Cerro El Pital, hablando con algunas personas del lugar, ellos aseguran haber matado o presenciar la muerte de lagartijas *Abronia* que caen de los árboles y salamandras *Bolitoglossa synoria*, por creer que son venenosas.

Por otra parte, en bosques jóvenes como el de zona 1, no hay comunidades de bromelias bien establecidas y en las crestas de la montaña, donde el viento es fuerte, no hay bromelias en el dosel. Las bromelias enfrentan amenazas relacionadas al cambio de uso de suelo, extracción y efectos de cambio climático, sumados a otros factores naturales, que podrían afectar negativamente en un futuro la presencia de herpetofauna en el dosel.

9. CONCLUSIONES

1. Las bromelias amortiguan los altibajos de temperatura y humedad ocasionados por la exposición a radiación solar y ráfagas de viento frío, presentando temperaturas bajas estables ($\bar{x}=12.8\pm 2.1^{\circ}\text{C}$) y humedad elevada todo el tiempo ($\bar{x}=94.7\pm 3.1\%$), con condiciones higrotérmicas similares a las del medio exterior durante lluvias. Estas condiciones permiten que 6 especies de herpetofauna se encuentren asociadas a estas plantas en Cerro El Pital.
2. Las bromelias registraron menor temperatura ($\bar{x}=12.8\pm 2.1^{\circ}\text{C}$), respecto al medio externo a ellas a la sombra ($\bar{x}=13.4\pm 2.2^{\circ}\text{C}$), y a la luz ($\bar{x}=15.5\pm 4.0^{\circ}\text{C}$) mientras que la humedad dentro de las bromelias fue elevada todo el año ($\bar{x}=94.7\pm 3.1\%$), siendo esta menor y más variable al exterior de la bromelia ($\bar{x}=80.7\pm 15.7\%$).
3. Las bromelias presentan poca variabilidad térmica tanto en tiempo atmosférico típico de época seca ($\bar{x}= 10.6\pm 1.7^{\circ}\text{C}$) como en tiempo de época lluviosa ($\bar{x}= 13.6\pm 0.8^{\circ}\text{C}$). Esto hace de las bromelias potenciales refugios climáticos para la herpetofauna ante anomalías de temperatura causadas por el cambio climático.
4. La humedad al interior de las bromelias es elevada y estable tanto en época seca ($\bar{x}= 94.7\%\pm 2.9\%$), como en época lluviosa ($\bar{x}= 95.2\pm 3.4\%$). Lo cual permite que la herpetofauna se refugie en ellas ante cualquier eventualidad climática.
5. Durante condiciones de tiempo atmosférico soleado, las temperaturas del medio externo a las bromelias oscilan entre $22.1-31.4^{\circ}\text{C}$, manteniéndose una temperatura dentro de las bromelias en promedio un 51% menor a las registradas en el exterior. Por lo tanto, las bromelias pueden amortiguar las elevadas temperaturas del medio externo inmediato a ellas en un entorno hostil.
6. La herpetofauna que utiliza las bromelias de tanque en el bosque nuboso de Cerro El Pital prefieren hacerlo durante condiciones atmosféricas de época seca, siendo estos los reptiles *Abronia montecristoi*, *Abronia moreletii* y *Anolis heterophilidotus* y los anfibios *Ptychohyala hypomykter*, *Plectrohyla guatemalensis* y *Bolitoglossa synoria*.

7. Las salamandras se mantienen en las bromelias de un mismo árbol hospedero durante la época seca hasta que las condiciones de lluvias les permiten moverse más para bajar de este. Durante la época lluviosa, las precipitaciones y elevada humedad constantes propician que las salamandras se movilizan más y prefieran microhábitats terrestres y bromelias del sotobosque, evidenciando migración vertical entre los estratos del bosque.
8. Durante la época lluviosa, las salamandras utilizan bromelias del sotobosque como refugio diurno de un día y sitios de reproducción, lo cual sugiere la preferencia de hábitats terrestres por parte de estas. No se encontró evidencia de que las ranas se reproduzcan en estas plantas.
9. Las bromelias brindan condiciones de temperatura y humedad óptimas que ofrecen ventajas para el desarrollo y supervivencia de los reptiles *Abronia montecristoi*, *Abronia moreletii* y *Anolis heteropholidotus* y los anfibios *Ptychohyla hypomykter*, *Plectrohyla guatemalensis* y *Bolitoglossa synoria* en escenarios de estrés higrotérmico.
10. Las bromelias de tanque de cerro El Pital son extraídas para su comercialización y sus poblaciones se ven amenazadas por la quema y tala de bosques y la reducción de nubes y niebla.

10. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios detallados del efecto de borde en los fragmentos de bosque en el pital y su efecto en las variables ambientales como humedad relativa del ambiente y temperatura ambiental en los microhábitats preferidos por salamandras en el sotobosque y la relación de estos efectos con la presencia o ausencia de salamandras en bromelias del dosel.
2. Investigar la preferencia de anfibios hacia valores de pH y la influencia de estos sobre la probabilidad de ocurrencia de anfibios en bromelias.
3. Mantener un monitoreo a mediano y largo plazo de la temperatura y humedad en bromelias y la dinámica de presencia- ausencia de anfibios y reptiles en bromelias del dosel en Cerro El Pital para documentar efectos de cambio climático en la dinámica de este ecosistema amenazado.
4. Describir el proceso de migración vertical suelo-dosel en salamandras de El Pital, condiciones detonantes del fenómeno, etapas del proceso de movilización y mecanismos.
5. Identificar la presencia o ausencia del hongo Bd en bromelias del dosel en Cerro El Pital.
6. Es importante realizar una investigación experimental sobre reubicación de bromelias que han caído de árboles y la respuesta de los anfibios ante estos nuevos microhábitats disponibles, pues factores de estrés causados por el cambio climático, cambio de uso de suelos y contaminación causarán un impacto negativo en las poblaciones de anfibios, por lo tanto, es necesario tomar acciones de conservación y restauración para incrementar la disponibilidad de microhábitats que brinden las condiciones de temperatura y humedad óptimas para el desarrollo de estos animales.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Cruz, Y., Arenas-Cruz, M. D. L. Á., Ochoa-Ochoa, L. M., & Zotz, G. (2021). Bromeliad sampling: a passive technique for arboreal amphibians across ecosystems in the Neotropics. *Ichthyology & Herpetology*, 109(1), 211-218.
- Amaya Nolasco, J. A. (2002). *Estudio de la composición florística del estrato arbustivo en el Cerro El Águila municipio de Chalchuapa, Santa Ana, El Salvador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/18191/>
- Angulo, F. (2002). *Inventario florístico estructural del bosque de El Malcotal, El Salvador* [Tesis de Licenciatura, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2258>
- Aranda-Coello, J. M., Mendoza Velázquez, O. M., Gómez Cruz, A., Cervantes Díaz, J., Villalobos Escobar, C. A., Moctezuma Hernández, N., & Montoya Cabrera, E. A. (2018). *Ausencia de anfibios en bromelias de tanque en la Estación Biológica San José, Chiapas, México*. Cuadernos de Investigación UNED, 10(1), 227-229.
- Arango-Caro, S. (2002). *Edge-effects on tree regeneration in the Colombian Andes*. University of Missouri-Saint Louis.
- Bandoni F., Navas C.A. (2004). *Plant selection and seasonal patterns of vocal activity in two populations of the bromeligen treefrog Scinax perpusillus*. *Journal of Herpetology*, 38(3), 331-339.
- Bardales, L. A. H. (2021). *Microambientes aprovechados por herpetofauna arborícola en los bosques nublados de Mesoamérica*. *Centro*, 13, 66-72.
- Beebee, T. J., & Griffiths, R. A. (2005). *The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology*. *Biological conservation*, 125(3), 271-285.
- Benzing, D. H. (1980). *The biology of the bromeliads*. Mad River Press.
- Benzing, D. H. (1990). *Vascular Epiphytes. General biology and related biota*. Cambridge University Press.
- Benzing, D. H. (2000). *Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation*. Cambridge University Press.
- Berendsohn W. G. (1993). *Listado Básico de la Flora Salvadorensis*. *Cuscatlania* 1(9): 4-11.
- Beutelspacher, C. R. (1971). *Una bromeliácea como ecosistema*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). *Biología*, 2, 82-87.

- Beutelspacher, C. R. (1999). *Bromeliáceas como ecosistemas. Con especial referencia a Aechmea bracteata (Swartz) Griseb.* Plaza y Valdés.
- Bonnet, A., & Queiroz, M. H. (2006). *Estratificação vertical de bromelias epifíticas em diferentes estádios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa, Santa Catarina, Brasil.* Revista Brasileira de Botânica, 29, 217-228.
- Bruijnzeel, L. A. (2004). *Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees?*. Agriculture, ecosystems & environment, 104(1), 185-228.
- Camargo, J. L. C., & Kapos, V. (1995). *Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest.* Journal of Tropical Ecology, 11(2), 205-221.
- Campbell, J. A., Frost, D.R. (1993). *Anguid lizards of the genus Abronia: revisionary notes, descriptions of four new species, a phylogenetic analysis, and key.* Bulletin of the AMNH, 216:1-121.
- Cardenal, R. (2000). *Enciclopedia de El Salvador.* (Vol. 1). Océano Grupo Editorial.
- Cardoza Ruíz, F. S. (2011). *Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, El Salvador.* Proyecto Finnfor I y Finnfor II-CATIE, 111p.
- Cascante-Marín, A., Wolf, J. H., Oostermeijer, J. G. B., Den Nijs, J. C. M., Sanahuja, O., & Durán-Apuy, A. (2006). *Epiphytic bromeliad communities in secondary and mature forest in a tropical premontane area.* Basic and Applied Ecology, 7(6), 520-532.
- Castro Hernández, J. C., Wolf, J. D., García-Franco, J. G., & González-Espinosa, M. (1999). *The influence of humidity, nutrients and light on the establishment of the epiphytic bromeliad Tillandsia guatemalensis in the highlands of Chiapas, Mexico.* Revista de Biología Tropical, 47(4), 763-773.
- Cerén López, José Gabriel. (2003). *Estudio de la composición florística del estrato herbáceo en el área natural del cerro El Águila, jurisdicción de Chalchuapa, Santa Ana.* San Salvador, Universidad de El Salvador, 72 p.
- Christenhusz, M. J. M. & Byng, J. W. (2016). *The number of known plants species in the world and its annual increase.* Phytotaxa. 261 (3), 201–217.
- COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). (2003). *Análisis de amenazas y*
- Cruz-García, S., Garrido-Jiménez, I., & Hornung-Leoni, C. T. (2010). *Las bromelias como importantes fitotelmata.* Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas, 7(1), 8-10.

- Cruz-Ruiz, G. I., Mondragón, D., & Santos-Moreno, A. (2012). *The presence of Abronia oaxacae (Squamata: Anguinae) in tank bromeliads in temperate forests of Oaxaca, Mexico*. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 337-341.
- Cunningham, J. D. (1960). *Aspects of the ecology of the Pacific slender salamander, Batrachoseps pacificus, in southern California*. *Ecology*, 41(1), 88-99.
- De Carvalho, A. L. G., & De Araujo, A. F. B. (2007). *Ecomorphometric structure of Restinga da Marambaia lizard community, Rio de Janeiro, southeastern Brazil*. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24, 786-792.
- Dejean, A., Olmsted, I., & Snelling, R. R. (1995). *Tree-epiphyte relationships in the low inundated forest of Sian Ka'an Reserve, Quintana Roo, México*. *Biotropica*, 27, 57-70.
- Díaz, A. C. (1977). *Aplicación de los métodos de releve y ordenación en la vegetación arbórea del Cerro Verde en base a una gradiente altitudinal*. Tesis de Licenciatura, departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad de El Salvador.
- Dickey, D. R., & Van Rossem, A. J. (1938). *The Birds of El Salvador*. Zoological Series 23. Chicago Field Museum of Natural History.
- Didham, R. K., & Lawton, J. H. (1999). *Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments*. *Biotropica*, 31(1), 17-30.
- Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, (15 de diciembre de 2010). *Temperatura en Las Pilas, Chalatenango, supera récord histórico*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://snet.gob.sv/page.php?id=621&p=133>
- Dix, M. A. (1997). *Sierra de Las Minas region and biosphere reserve, Guatemala*. *Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy for Their Conservation*, 3, 193-197.
- Domínguez Quezada, E. M., Alvarenga Alvarenga, D. C., Salazar Echeverría, S. C. (2020). *Caracterización Climática de la zona de Chalatenango, basado en series largas de datos desde 1970 al 2018*. redicces.org.sv. <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/4183>
- Duellman, W. E. (1970). *The Hylid Frogs of Middle America*. Monograph of the Museum of Natural History. Kansas, 1, 1-753.
- Duellman, W. E. (2001). *The Hylid Frogs of Middle America* (2nd ed.). Ithaca (Society for the Study of Amphibians and Reptiles).

- Falero Álvarez, O., Ferro Díaz, J., & García Padrón, L. (2018). *Criterios metodológicos para una evaluación ecológica de fauna invertebrada asociada a tres especies de bromelias de tanque de los Parques Nacionales Viñales y Guanahacabibes, Cuba*. Revista ECOVIDA, 7(2), 136-151.
- Feder, M. E. (1982). *Thermal ecology of neotropical lungless salamanders (Amphibia: Plethodontidae): environmental temperatures and behavioral responses*. Ecology, 63(6), 1665–1674.
- Feder, M. E. (1983). *Integrating the ecology and physiology of plethodontid salamanders*. Herpetologica, 291-310.
- Flores, J. S. (1980). *Tipos de vegetación de El Salvador y su estado actual. Un Estudio Ecológico*. Editorial Universitaria. San Salvador, El Salvador.
- Flores-Villela, O., & Sánchez-H., O. (2003). *A new species of Abronia (Squamata: Anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero, Mexico with comments on Abronia depii*. Herpetologica, 59(4), 524-531.
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (29 de septiembre de 2019). *Central American montane forests*. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0112>
- Frank, J. H., & Lounibos, L. P. (2009). *Insects and allies associated with bromeliads: a review*. Terrestrial Arthropod Reviews, 1(2), 125-153.
- FROST, D. R. (editor). (1985). *Amphibian Species of the World*. Allen Press, Inc. & Assoc. Syst. Collec., Lawrence, Kansas.
- Frost, D.R. (2018). *Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference*. American Museum of Natural History. Recuperado el 06 de mayo del 2018.
- Galindo-Leal, C., Cedeño-Vázquez, J. R., Calderón, R., & Augustine, J. (2003). *Arboreal frogs, tank bromeliads and disturbed seasonal tropical forest*. Contemporary Herpetology, 1, 1-14.
- García, I. M. (2008). *Macroártropodos asociados a la bromelia Tillandsia prodigiosa (Lem.) Baker en dos localidades de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca*. Oaxaca: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad. Tesis de Maestría en ciencias.
- García, M. (2002). *Las Bromeliáceas, un singular ecosistema acuático de los bosques tropicales*. Cuadernos de biodiversidad, nº 10, 13-16.
- García-Franco, G., & Toledo, T. (2008). *Epífitas vasculares: Bromelias y Orquídeas*. En Manson, R. H., Hernandez-Ortíz, V., Gallina, S., & Mehltreter, K. (Eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (pp.

- 69-82). México D.F., México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- García-González, A., García Padrón, L. Y., Delgado Fernández, F., & Riverón-Giró, F. B. (2014). *Anfibios y reptiles asociados a tres especies de bromelias de tanque en el Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba*. Cuadernos de Investigación UNED, 6(1), 87-97.
- García-Padilla, E. & Mata-Silva, V. (2014). *Noteworthy distributional records for the herpetofauna of Chiapas, Mexico*. Mesoamerican Herpetology 1: 293-295.
- Givnish, T. J., Millam, K. C., Berry, P. E., & Sytsma, K. J. (2007). *Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography of Bromeliaceae inferred from ndhF sequence data*. Aliso: A Journal of Systematic and Floristic Botany, 23(1), 3-26.
- González-Espinosa, M., Quintana-Ascencio, P. F., Ramírez-Marcial, N., & Gaytán-Guzmán, P. (1991). *Secondary succession in disturbed Pinus-Quercus forests in the highlands of Chiapas, Mexico*. Journal of Vegetation Science, 2(3), 351-360.
- Guerra Ascencio, Oscar Armando. (1998). *Composición florística del Cerro El Águila, Santa Ana, El Salvador, Centroamérica*, Universidad de El Salvador, 164 p.
- Hall, C. (1985). *América Central como región geográfica*. Anuario de Estudios Centroamericanos, 5-24.
- Hamilton, L. S., Juvik, J. O., & Scatena, F. N. (Eds.). (2012). *Tropical montane cloud forests*. Springer Science & Business Media.
- Heyer, R., Donnelly, M., McDiarmid, R., Hayek, L.A. y Foster, M. (1994). *Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians*. Peter Strupp/Princeton Ed. Smithsonian Institution Press, 364 p.
- Holdridge, L. R. (1975). *Zonas de vida de El Salvador*. PNUD/FAO/ELS/73/004, no. 6, San Salvador, El Salvador.
- <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American.
- <https://www.oneearth.org/ecoregions/central-american-montane-forests/>
- Hylander, K. (2005). *Aspect modifies the magnitude of edge effects on bryophyte growth in boreal forests*. Journal of applied ecology, 42(3), 518-525.
- Jaeger, R. G. (1978). *Plant climbing by salamanders: periodic availability of plant-dwelling prey*. Copeia, 686-691.
- Jepson, J. (2000). *The tree climber's companion: a reference and training manual for professional tree climbers*. Drayer Fachhandel.
- Jepson, J. (2006). *Single Rope Technique (SRT)*. Tree Care Industry, 17(3), 60-64.

- Jocque, M., & Kolby, J. E. (2012). *Acidity of tank bromeliad water in a cloud forest, Cusuco National Park, Honduras*. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 4(4), 59-70.
- Juarez-Peña, Carlos & Sosa-Bartuano, Angel & Sigüenza-Mejía, Silvia. 2016. *New herpetofaunal records for Parque Nacional Montecristo, El Salvador*. *Mesoamerican Herpetology*, 3(4), 1107-1113.
- Keen, W. H. (1984). *Influence of moisture on the activity of a plethodontid salamander*. *Copeia*, 684-688.
- Kersten, A. R., & Silva, M. S. (2006). *The floristic compositions of vascular epiphytes of a seasonally inundated forest on the coastal plain of Ilha do Mel Island, Brazil*. *Revista de Biología Tropical*, 54(3), 935-942.
- Kitching, R. L. (2000). *Food webs and container habitats. The natural history and ecology of phytotelmata*. Cambridge University Press.
- Köhler G. (2003). *Reptiles de Centroamérica* (1st ed.). Herpetön, Verlag Elke Köhler. Offenbach, Germany. 367 pp.
- Köhler G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpetön, Verlag Elke Kohler. Offenbach, Germany. 380 pp.
- Köhler, G., Veselý, M., & Greenbaum, E. (2006). *The amphibians and reptiles of El Salvador*. Krieger Pub Co.
- Komar O., Borjas G., Cruz G. A., Eisermann, K., Herrera N., Linares J. L., Escobar C. E., Girón L. E. (2005). *Evaluación Ecológica Rápida en la Propuesta Área Protegida Trinacional Montecristo en Territorio guatemalteco y hondureño*. *Salvanatura*, 175.
- Lauer, W. (1954). *Las Formas de la Vegetación de El Salvador*. Comunicaciones, Instituto tropical de investigaciones Científicas. Universidad de El Salvador, 3(1).
- Leenders. T. A. & Watkins-Colwell, G. J. (2004). *Notes on a collection of amphibians and reptiles from El Salvador*. *Postilla* (231), 1-31.
- Lehtinen, R. M. (2004). *Ecology and evolution of phytotelm-breeding anurans*. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, (193), 1–9.
- Liria, J. (2007). *Fauna fitotelmata en las bromelias Aechmea fendleri André y Hohenbergia stellata Schult del Parque Nacional San Esteban, Venezuela*. *Revista peruana de biología*, 14(1), 33-38.
- Lonsdale, G. (2022). *Snake Community Ecology And Conservation In Cusuco National Park, Honduras* (Doctoral dissertation, University of Plymouth).

- Lötschert, W. (1955). *La vegetación de El Salvador*. Comunicaciones, 4 (3-4), 65-79.
- Lynch, J. F., & Wake D. B. (1978). *A new species of Chiropterotriton (Amphibia: Caudata) from Baja Verapaz, Guatemala, with comments on relationships among Central American members of the genus*. Natural History Museum of Los Angeles County, Contributions in science, (294), 1-22.
- Mariona Sánchez, S. A., Pineda M., A. A. y Vaquero Alas, L. A. (1993). *Bases dasonómicas para la conservación y recuperación de un área boscosa en Miramundo, La Palma, Chalatenango*. Tesis Ing. Agr. UES. 142p.
- Marshall, C. J., & Liebherr, J. K. (2000). *Cladistic biogeography of the Mexican transition zone*. Journal of biogeography, 27(1), 203-216.
- Matsubara S., Krause G.H., Aranda J., Virgo A., Beisel K.G., Jahns P. y Winter K. (2009). *Sun-shade patterns of leaf carotenoid composition in 86 species of neotropical forest plants*. Functional Plant Biology 36(1), 20-36.
- McCracken, S. F., & Forstner, M. R. J. (2006). *Reproductive ecology and behavior of Eleutherodactylus aureolineatus (Anura, Brachycephalidae) in the canopy of the Upper Amazon Basin, Ecuador*. Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 5(2), 135-143.
- McCracken, S. F., & Forstner, M. R. J. (2008). *Bromeliad patch sampling technique for canopy herpetofauna in neotropical forests*. Herpetological Review, 39, 170-174.
- McCrane, J.R., Wilson, L.D. (2002). *The Amphibians of Honduras*. Ithaca (Society for the Study of Amphibians and Reptiles), 625 pp.
- McCranie, J.R., & Castañeda, F. E. A. (2006). *Guía de Campo de los Anfibios de Honduras*. Bibliomanía.
- McIntyre, S., & Hobbs, R. (1999). *A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models*. Conservation biology, 13(6), 1282-1292.
- Medrano, V. M. R. (2011). *Plan de Vigilancia de la Zona Núcleo*. Comisión Trinacional del Plan Trifinio, 72.
- Mertens, R. (1973). *Die Amphibien und Reptilien von El Salvador*. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. 487: 1-120.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2013). *Zonas de vida de la República de El Salvador, C.A.*, El Salvador. 24 p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2011). *Estudio de racionalización y priorización del sistema de áreas naturales protegidas de la*

- República de El Salvador*. World Institute for Conservation and Environment. 254 pp.
- Mondragón-Chaparro, D. M., & Cruz-Ruiz, G. I. (2008). *Seasonal variation of the macroarthropod community associated to Tillandsia carlos-hankii (Bromeliaceae) in an oak-pine forest in Oaxaca, Mexico*. *Brenesia*, 70, 11-22.
- Morales Rivas, A. E. (2016). *Dieta, actividad y reproducción de los murciélagos Anoura geoffroyi y Sturnira hondurensis en el bosque Nublado del Parque Nacional Montecristo, El Salvador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11704/1/19201033.pdf>
- Morales, C. O., & Monge-Nájera, J. (2013). *Centenario de la publicación de “Las bromeliáceas epífitas consideradas como medio biológico” (1913) Clodomiro Picado Twilight, pionero de la ecología de las bromeliáceas*. *Revista de Biología Tropical*, 61(4), 1537-1542.
- Morales, J., & Cerén, J. G. (2009). *Una nueva combinación y nuevos registros en las Bromeliaceae de El Salvador*. *Darwiniana, nueva serie*, 47(2), 344-348.
- Morán Hidalgo, E. S., & Ruballo, N. E. (2012). *Nueva localidad de Plectrohyla guatemalensis (BROCCHI, 1987) (Anura: Hylidae) en el departamento de Chalatenango, El Salvador*. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 2(2), 126-130.
- Morán Hidalgo, E. S., Ruballo, N. E., & Vásquez, R. A. (2015). *Primer registro de Bolitoglossa mexicana Dumeril, Bibron & Dumeril, 1854 (Caudata: Plethodontidae) en El Salvador*. *Cuadernos de herpetología*, 29(2), 161-162.
- Morrone, J. J. (2001). *Biogeografía de América Latina y el Caribe (vol. 3)*. M&T–Manuales & Tesis SEA.
- Nadkarni, N. M. (1994). *Diversity of species and interactions in the upper tree canopy of forest ecosystems*. *American Zoologist*, 34(1), 70-78.
- Ojeda, M. (2006). *Salamandras endémicas para la región de Guatemala*. Programa EDC-integrado. Guatemala: Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- One earth, (2023). *Central American Montane Forests*.
- Padilha, P. T., Elias, G. A., dos Santos, R., Martins, R., & Citadini-Zanette, V. (2017). *Vascular epiphytes respond to successional stages and microhabitat variations in a subtropical forest in southern Brazil*. *Brazilian Journal of Botany*, 40, 897-905.
- Padrón, C. V. (10 de agosto de 2023) *La importancia de la Precipitación horizontal en el contexto del cambio climático*. [Archivo PDF]. <https://jornadasforestalesdegran Canaria.com/wp-content/uploads/2021/11/La->

importancia-de-la-precipitacion-horizontal-en-el-contexto-del-cambio-climatico-Carlos-Velazquez.pdf

- Palacios-Vargas, J. G. (1979). *Los colémbolos (Ins.:Apter.) de suelo y hojarasca de epífitas*. Folia Entomológica Mexicana, 42, 41-42.
- Parmesan C. (2006). *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 37, 637–669.
- Parra-Olea, G., García-París, M., & Wake, D. B. (2004). *Molecular diversification of salamanders of the tropical American genus Bolitoglossa (Caudata: Plethodontidae) and its evolutionary and biogeographical implications*. Biological Journal of the Linnean Society, 81(3), 325-346.
- Peixoto, O. L., Caramaschi, U., & Freire, E. M. X. (2003). *Two new species of Phyllodytes (Anura: Hylidae) from the state of Alagoas, northeastern Brazil*. Herpetologica, 59(2), 235-246.
- Perez Farrera, M. A., Martínez Melendez, N., & Martínez Camilo, R. (2018). *Diversidad y distribución vertical de bromeliáceas epífitas en un bosque de niebla en Chiapas, México*. Lacandonia, 12(2), 7-18.
- Picado, C. (1913) *Les broméliacées épiphytes considérées comme milieu biologique*. Bulletin Scientifique France Belgique, 47, 215-360.
- Portig, W. H. (1965). *Central American rainfall*. Geographical Review, 55(1), 68-90.
- propuesta de Plan de reducción Municipal de Desastres*. San Salvador, ES. 74 p.
- Ramírez Rodríguez, A. I. (2011). *Contribución hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio, América Central*. Turrialba, Costa Rica. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, 19-30.
- Rand, A. S. (1957). *Notes on amphibians and reptiles from El Salvador*. Fieldiana, Zool. 34, 505-534.
- Reyna Vásquez, M. L. (1979). *Vegetación arbórea del Bosque Nebuloso de Montecristo*. San Salvador, El Salvador, C.A. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional – Universidad de El Salvador.
- Rich, P. V., & Rich, T. H. (1983). *The Central American dispersal route: biotic history and paleogeography*. Costa Rican natural history. University of Chicago Press, Chicago, 12-34.
- Richardson, B. A. (1999). *The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a Neotropical forest 1*. Biotropica, 31(2), 321-336.

- Richardson, B. A., Rogers, C., & Richardson, M. J. (2000). *Nutrients, diversity, and community structure of two phytotelm systems in a lower montane forest, Puerto Rico*. *Ecological Entomology*, 25(3), 348-356.
- Ries, L., Fletcher Jr, R. J., Battin, J., & Sisk, T. D. (2004). *Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained*. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 491-522.
- Romero, G. Q. (2006). *Geographic Range, Habitats, and Host Plants of Bromeliad-living Jumping Spiders (Salticidae)*. *Biotropica*, 38(4), 522-530.
- Rosenzweig, M. L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Rovito S. M., Parra-Olea G., Recuero E. y Wake D. B. (2015). *Diversification and biogeographical history of Neotropical plethodontid salamanders*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175(1), 167–188.
- Ruano-Fajardo, G., Rovito, S. M., & Ladle, R. J. (2014). *Bromeliad selection by two salamander species in a harsh environment*. *Plos One*, 9(6).
- Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Amézquita, A. (2004). *Libro rojo de los anfibios de Colombia* (p. 384). Conservación Internacional Colombia.
- Sabagh L. T., Ferreira R. B. y Rocha C. F. D. (2017). *Host bromeliads and their associated frog species: Further considerations on the importance of species interactions for conservation*. *Symbiosis* 73(3), 201–211.
- Santamaría, J. A. (1978). *Volcán de Santa Ana: análisis de distribución y dominancia del estrato herbáceo*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional – Universidad de El Salvador.
- Savage, J. M. (2002). *The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas*. University of Chicago press, 934 pp.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (20 de abril de 2021). *Clima en El Salvador*. <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2002). *Los vientos superficiales en El Salvador*. <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/marn/documents/426731/download>
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (s.f.). *Mapa de Evapotranspiración anual de referencia*. <https://www.snet.gob.sv/Hidrologia/MAPAS/Evapotranspiracion/Evapotranspiracion%20Anual-Con%20Ficticias.jpg>

- Shaw, D. C. (2005). *Vertical organization of canopy biota*. En M. D., Lowman, & H. B. Rinker, (Eds.). *Forest canopies* (pp. 73-96). Elsevier Academic Press.
- Shorrocks, B. (1999). *Competition and selection in a patchy and ephemeral habitat: The implications for insect life-cycles*. En F. Gilbert (Ed.), *Insect Life Cycles: Genetics, Evolution and Coordination*. (pp. 215-228). Springer Science & Business Media.
- Sistema Global de Información sobre Biodiversidad. (2023). *Ocurrencia de Bromeliaceae, Tillandsia y Werauhia en Honduras y El Salvador (Elevación mayor a 2012 m s. n. m.)*.
[https://www.gbif.org/occurrence/taxonomy?country=HN&country=SV&country=GT&elevation=2012,9999&has_coordinate=true&taxon_key=8279994&taxon_key=2694484&taxon_key=2694988&taxon_key=2694764&taxon_key=7289561&advanced=1&geometry=POLYGON\(\(-91.06973%2013.25746,-87.60043%2013.25746,-87.60043%2014.80517,-91.06973%2014.80517,-91.06973%2013.25746\)\)&occurrence_status=present](https://www.gbif.org/occurrence/taxonomy?country=HN&country=SV&country=GT&elevation=2012,9999&has_coordinate=true&taxon_key=8279994&taxon_key=2694484&taxon_key=2694988&taxon_key=2694764&taxon_key=7289561&advanced=1&geometry=POLYGON((-91.06973%2013.25746,-87.60043%2013.25746,-87.60043%2014.80517,-91.06973%2014.80517,-91.06973%2013.25746))&occurrence_status=present)
- Siu, B. M., & Rosales, V. M. (1977). *Pteridophytas del Cerro Verde: dominancia y distribución*. Comunicaciones. Universidad de El Salvador, 1(1), 41-53.
- Smith, L. B., & Downs, R. J. (1979). *Flora Neotropica, Monograph No. 14, Part 3, Bromelioideae (Bromeliaceae)*. New York, The New York Botanical Garden.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). (2006). Consultado en 20 abril. 2021. Disponible en: <http://atlas.snet.gob.sv/snet/?q=node/176>
- Spencer C. (2023). MVZ Herp Collection (Arctos). Version 36.75. Museum of Vertebrate Zoology. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/pi1mts> accessed via GBIF.org on 2023-09-19. <https://www.gbif.org/occurrence/1145598489>
- Spight, T. M. (1967). *The water economy of salamanders: exchange of water with the soil*. The Biological Bulletin, 132(1), 126-132.
- Spotila, J. R. (1972). *Role of temperature and water in the ecology of lungless salamanders*. Ecological Monographs, 42(1), 95-125.
- Standley, P. C., Steyermark, J. A. (1946). *Flora of Guatemala*. Fieldiana, Botany, 24.
- Stehli, F. G., & Webb, S. D. (Eds.). (2013). *The great American biotic interchange* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Stuckert, A. M., Stone, J. P., Asper, J. R., Rinker, M. G., Rutt, C. L., Trimmer, N. C., & Lindquist, E. D. (2009). *Microhabitat use and spatial distribution in Picado's Bromeliad Treefrog, Isthmohyla picadoi (Anura, Hylidae)*. Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 8(2), 125-134.

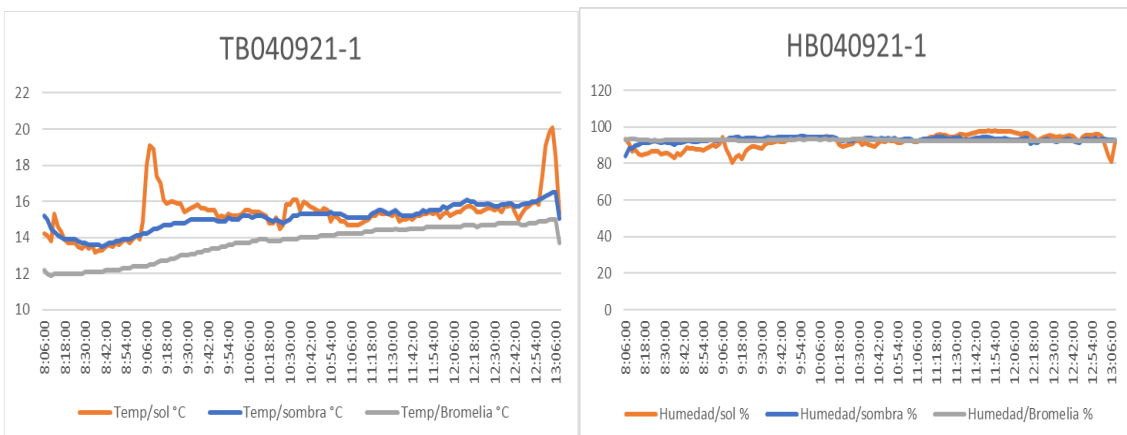
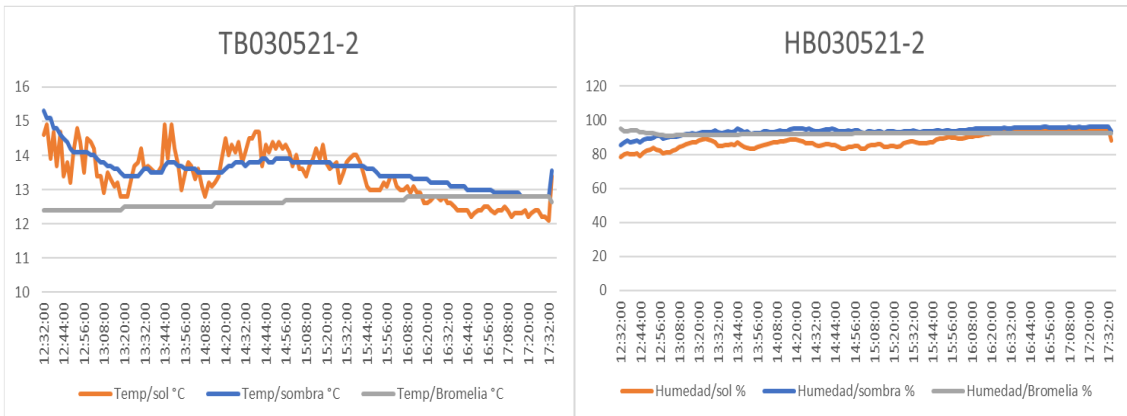
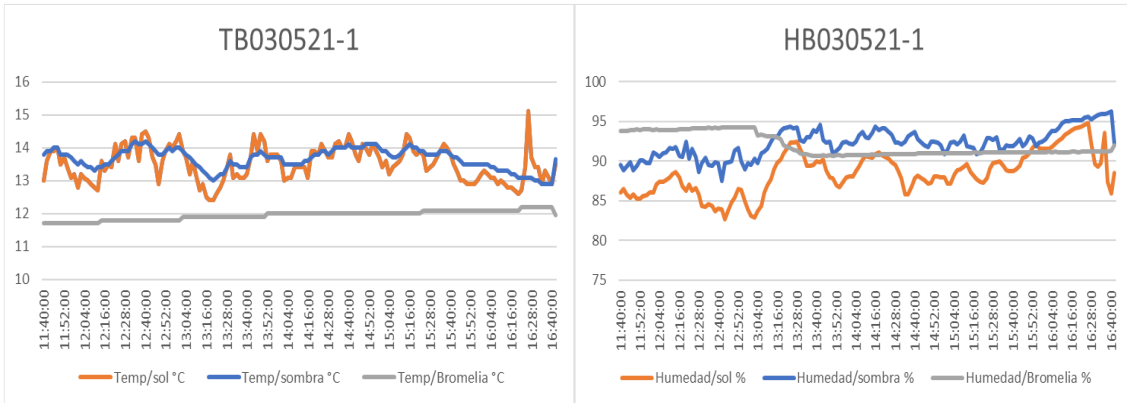
- Susan-Tepetlan, T. M., Velázquez-Rosas, N., & Krömer, T. (2015). *Cambios en las características funcionales de epífitas vasculares de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria en la región central de Veracruz, México*. *Botanical Sciences*, 93(1), 153-163.
- Tansley, A. G. (1935). *The use and abuse of vegetational concepts and terms*. *Ecology*, 16(3), 284-307.
- Taylor, E. H., & Smith, H. M. (1945). *Summary of the collection of amphibians made in Mexico under the Walter Rathbone Bacon Traveling Scholarship*. *Proceedings of the United States National Museum*. (95), 521-613.
- Teixeira-Filho, P., Rocha-Barbosa, O., Paes, V., Carvalho, S., and De Almeida, J. R. (2001). *Ecomorphological relationships in six lizard species of restinga da barra de Maricá, Ríó de Janeiro, Brazil*. *Revista Chilena de Anatomía*, 19(1), 45-50.
- Terry, R. G., Brown, G. K., & Olmstead, R. G. (1997). *Examination of subfamilial phylogeny in Bromeliaceae using comparative sequencing of the plastid locus ndhF*. *American Journal of Botany*, 84(5), 664-670.
- Toledo-Aceves, Tarín. (2016). *Las bromelias epífitas*. *Ciencias*, núm. 120-121, abril-septiembre, pp. 86-89.
- Toledo-Aceves, T., García-Franco, J. G., Hernández-Rojas, A., & MacMillan, K. (2012). *Recolonization of vascular epiphytes in a shaded coffee agroecosystem*. *Applied Vegetation Science*, 15(1), 99-107.
- Townsend, J. H. (2014). *Characterizing the Chortís block biogeographic province: geological, physiographic, and ecological associations and herpetofaunal diversity*. *Mesoamerican Herpetology*, 1(2), 204-252.
- Tucker, J. M., & Muller, C. H. (1945). *Additions to the Oak flora of El Salvador*. *Madroño*, 8(4), 111-117.
- Utley, J. & K. Burtley-Utley. (1994). *Bromeliaceae* en G. Davidse, M. Sousa & A. Chater (Eds.) *Fl. Mesoamer.*6: 89-156.
- Villamar-Duque, T. E., Cruz-Elizalde, R., & Ramírez-Bautista, A. (2019). *Reproduction of the Bromeliad Arboreal Alligator Lizard, Abronia taeniata (Squamata: Anguinae), in a temperate environment of central Mexico*. *Salamandra*, 55(4), 221-230.
- Villar Anleu, L. (1994). *Informe de País Guatemala: Perfil General*. en A. Vega, (Ed), *Conservation Corridors in the Central American Region: Proceedings of a Regional Conference sponsored by the Paseo Pantera Project* (pp. 193-221). Tropical Research and Development Inc.

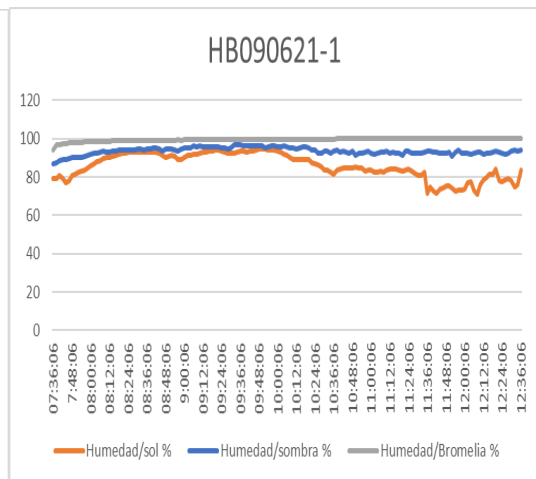
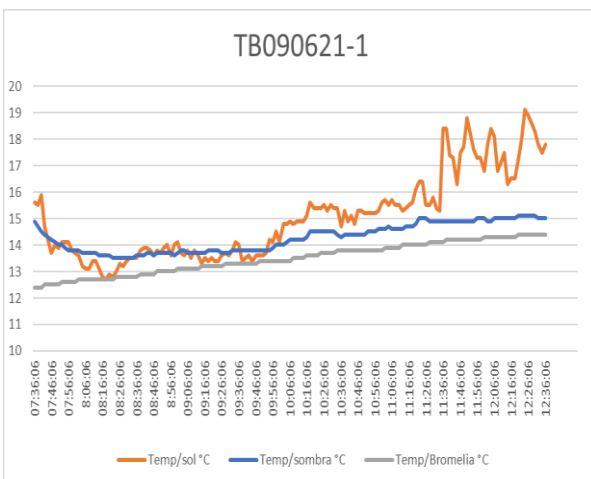
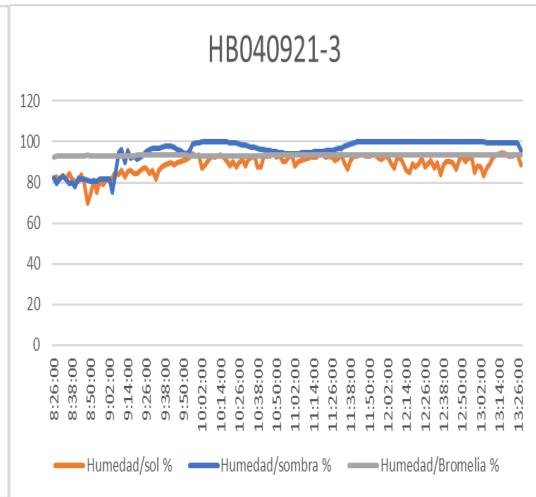
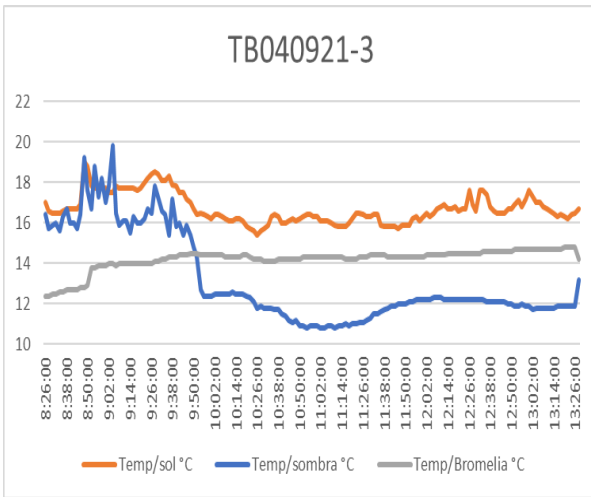
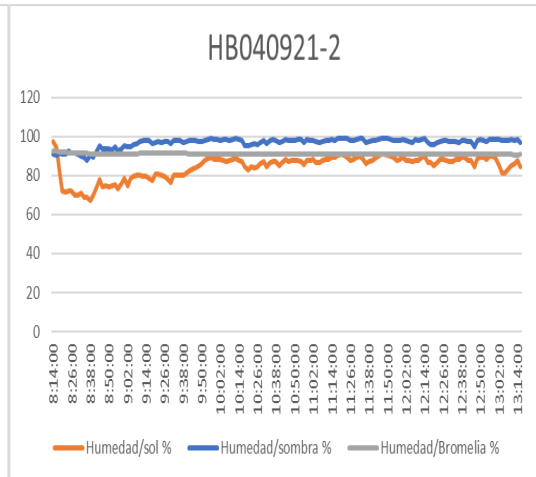
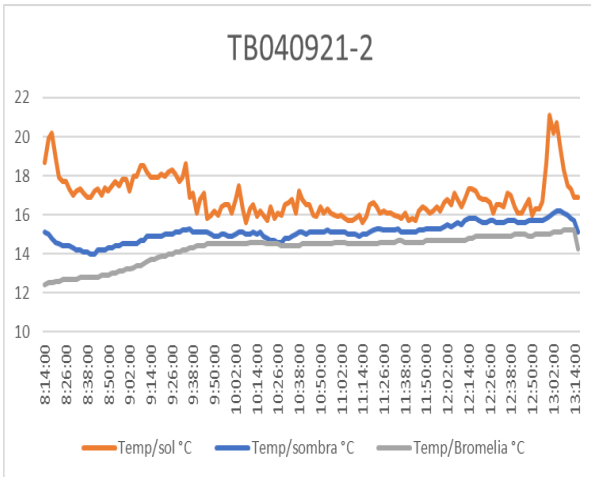
- Vreugdenhil, D., Linares, J., Komar, O., Henríquez-Cisneros, V. E., Meerman, J., Barraza, J. E., & Machado, M. (2011). *Mapa de los ecosistemas de El Salvador*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador, 122 p.
- Wake D. B. (1987). *Adaptive radiation of salamanders in Middle American cloud forests*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(2), 242-264.
- Wake D. B., Lynch J. F. (1976). *The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamanders in tropical America*. *Nat. Hist.* 25, 1–65.
- Werner, F. A., & Gradstein, S. R. (2008). *Seedling establishment of vascular epiphytes on isolated and enclosed forest trees in an Andean landscape, Ecuador*. *Biodiversity and Conservation*, 17, 3195-3207.
- Wilson L. D. y McCranie J. R. (2004). *The herpetofauna of the cloud forests of Honduras*. *Amphibian & Reptile Conservation*, 3(1), 34–48.
- Wittman, P. K. (2000). *The animal community associated with canopy bromeliads of the lowland peruvian amazon rain forest*. *Selbyana*, 21(1/2), 48-51.
- World Wildlife Fund. (25 de enero de 2023). *Central America: southern Mexico, through Guatemala, El Salvador, and Honduras into northern Nicaragua*. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0112>
- Zanella, C. M., Janke, A., Palma-Silva, C., Kaltchuk-Santos, E., Pinheiro, F. G., Paggi, G. M., ... & Bered, F. (2012). Genetics, evolution and conservation of Bromeliaceae. *Genetics and molecular Biology*, 35, 1020-1026.
- Zárate Hernández, E. (2005). *Comportamiento de los “empujes fríos” que alcanzan Centroamérica y el Caribe*. Comité Regional de Recursos Hidráulicos del Istmo Centroamericano (CRRH) y Universidad de Costa Rica. San José, CR. 24 p.
- Zárate, E. (2005). *Comportamiento de los empujes fríos que alcanzan Centroamérica y el Caribe. Evaluación de impactos ocasionados por eventos extremos sobre el sector hídrico y medidas de adaptación bajo condiciones de cambio climático en América Central*. (AIACC-LA06). Sistema de la Integración Centroamericana-Comité Regional de Recursos Hidráulicos-UCR. San José.

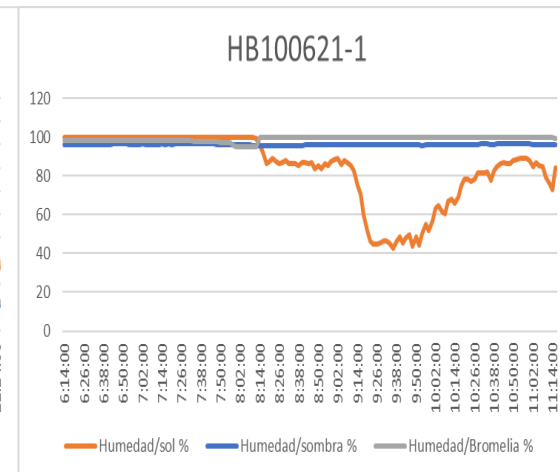
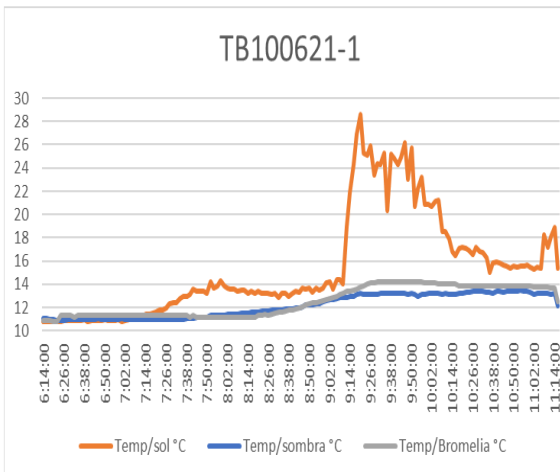
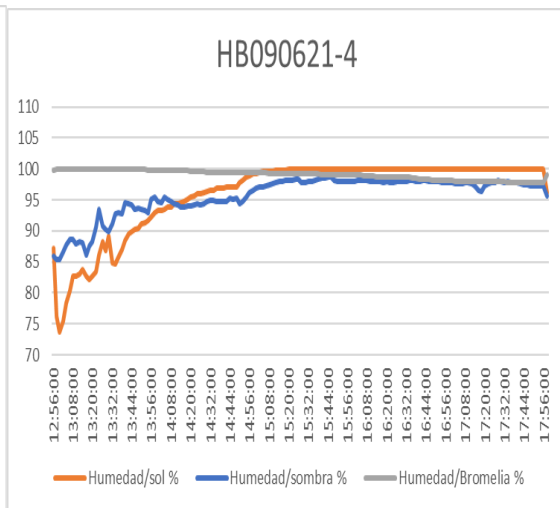
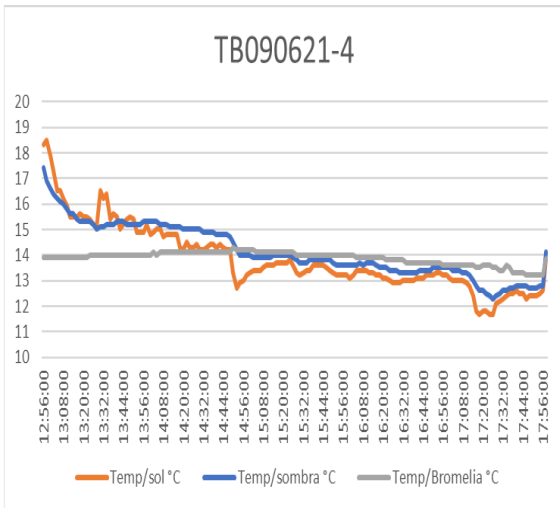
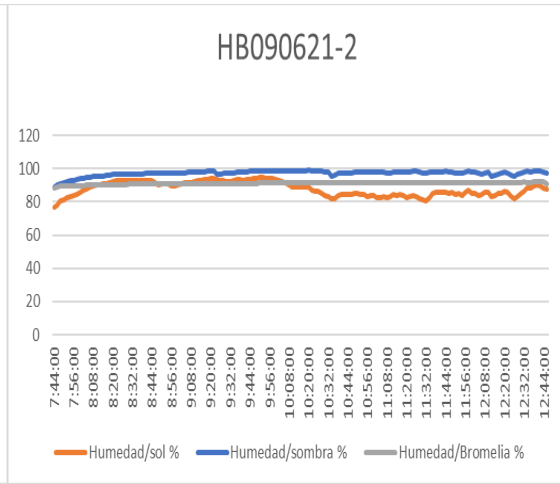
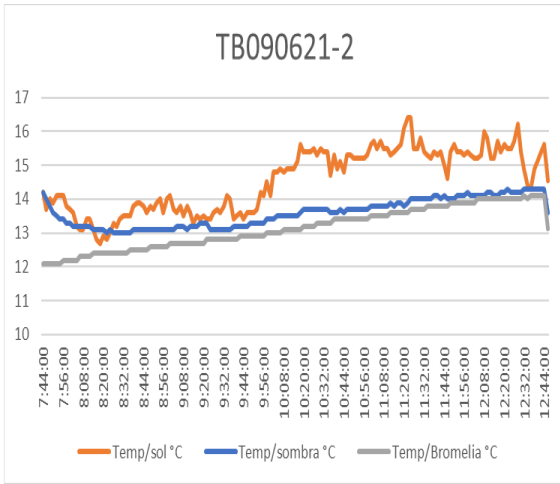
12. ANEXOS

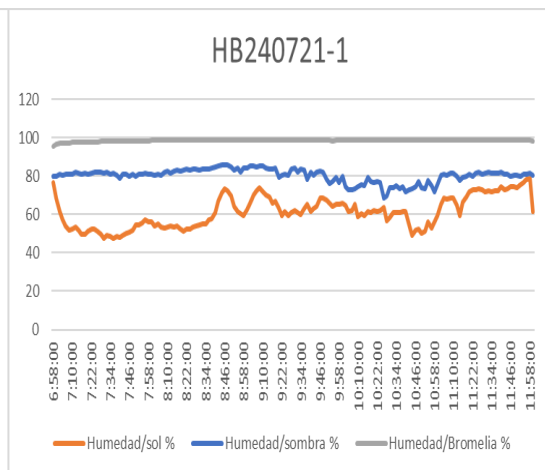
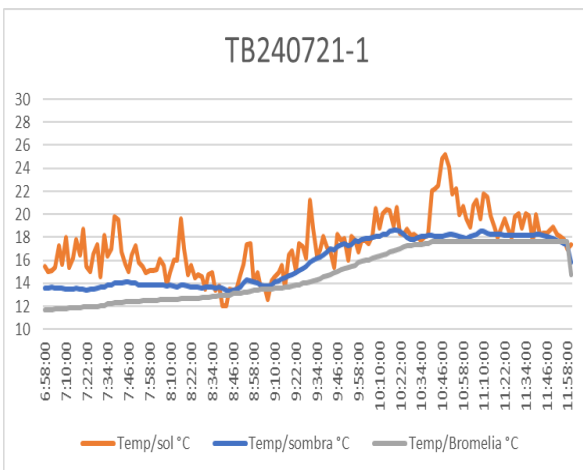
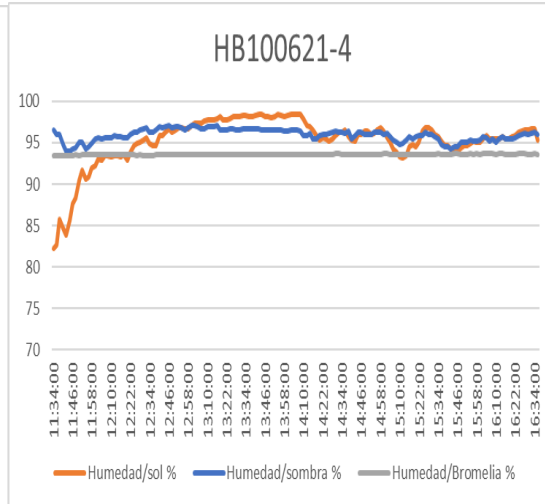
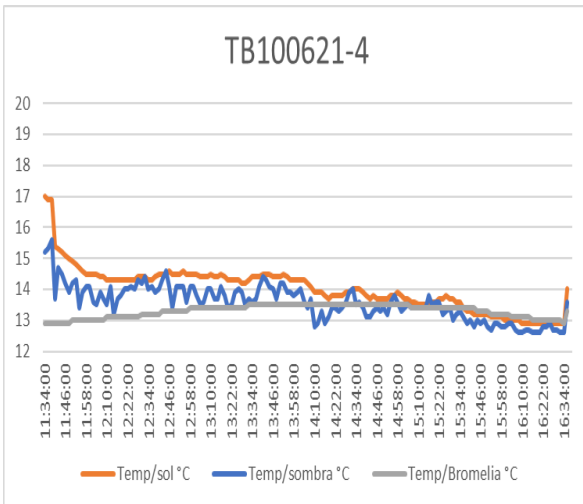
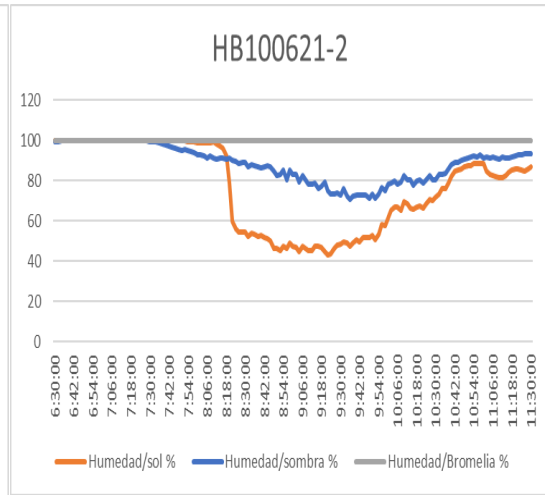
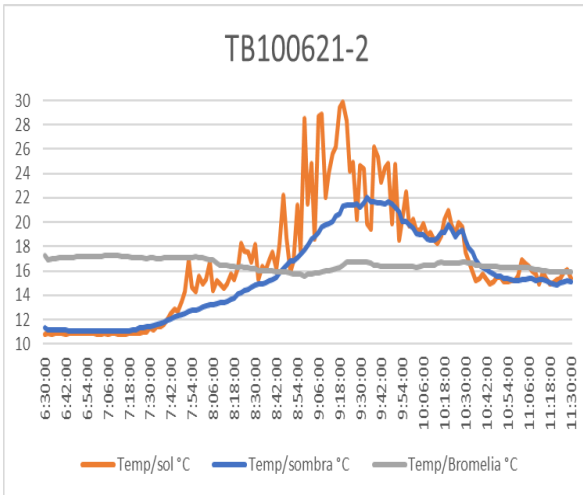
ANEXO 1

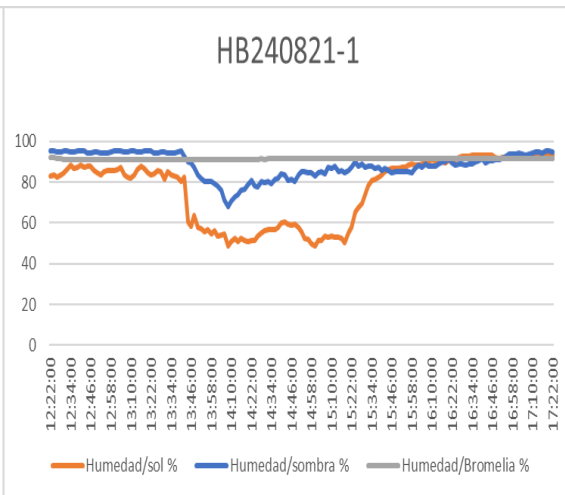
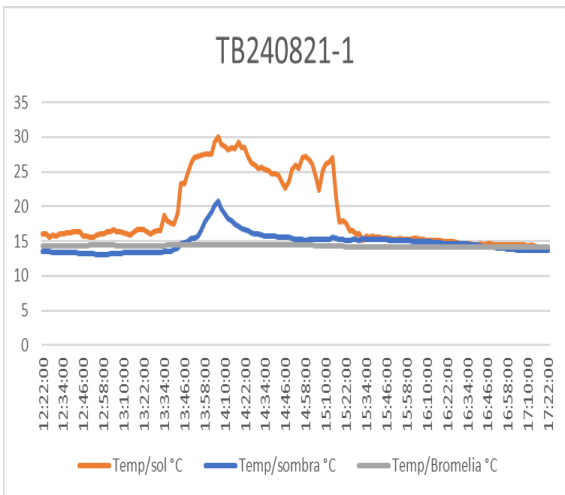
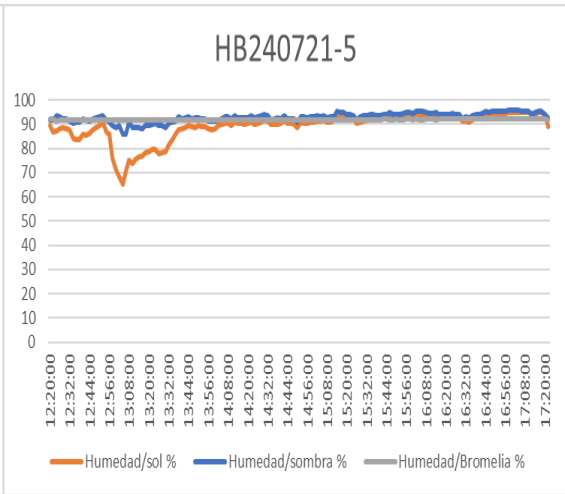
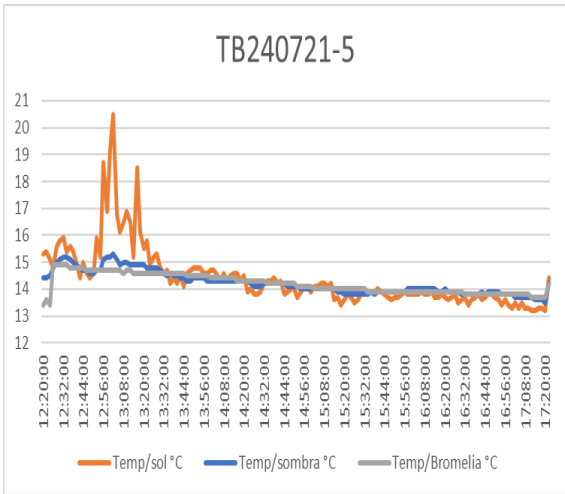
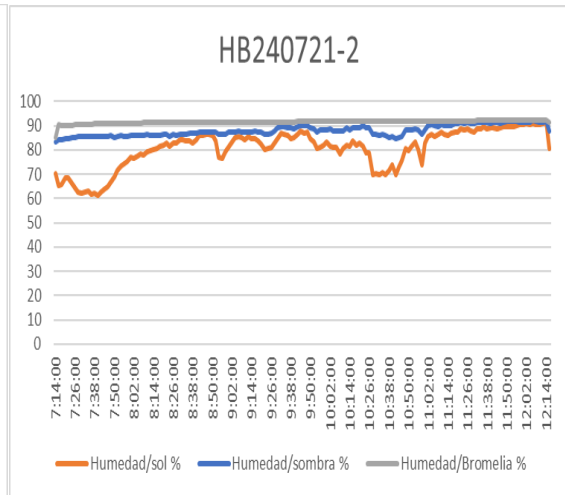
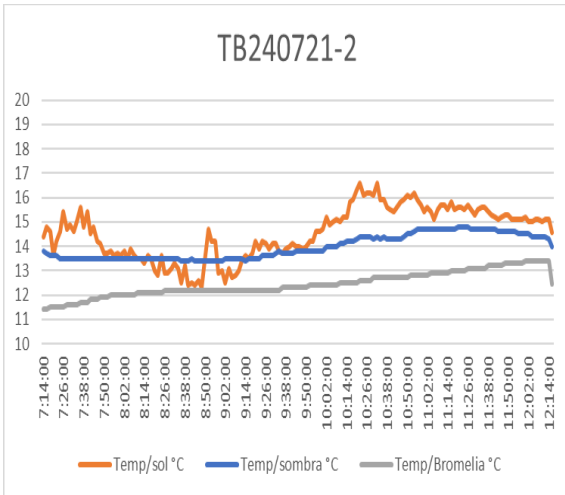
Temperatura y humedad registradas en bromelias de tanque de Cerro El Pital utilizadas en análisis. Código numérico único por bromelia. El prefijo "TB" indica gráfica de Temperatura y prefijo "HB" humedad en las bromelias y su medio externo detallado en leyenda. Gráficos de la misma bromelia se encuentran a la par.

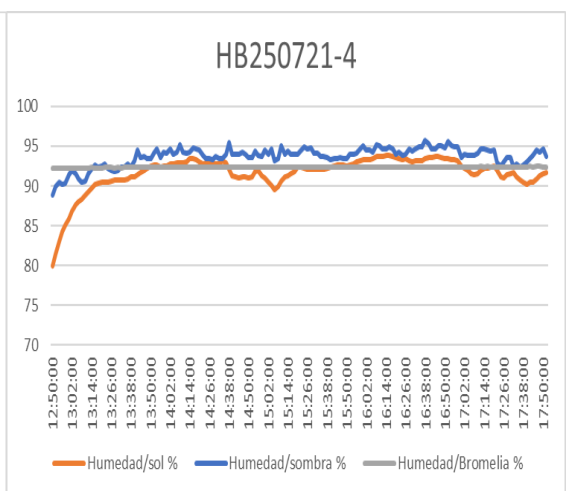
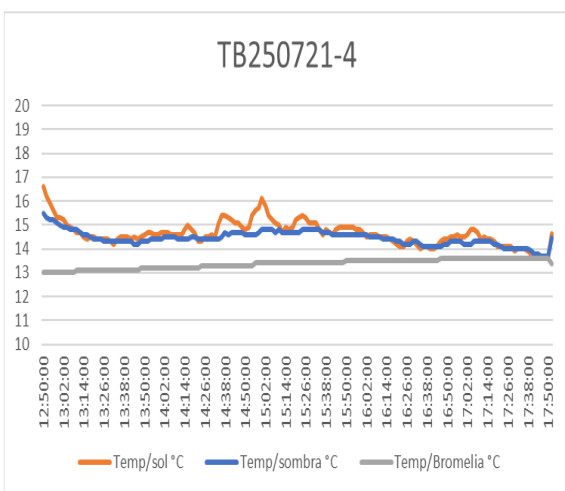
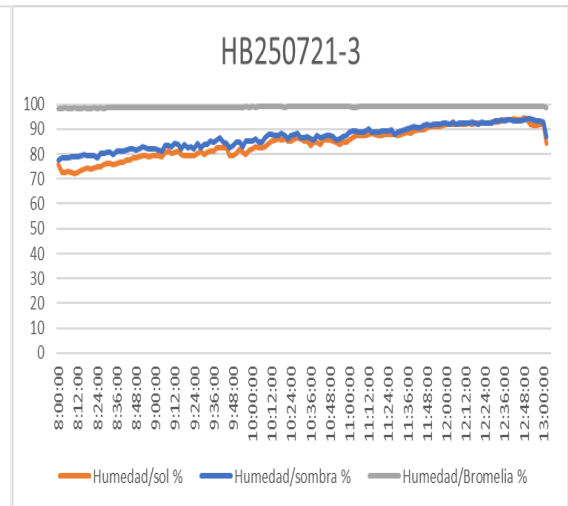
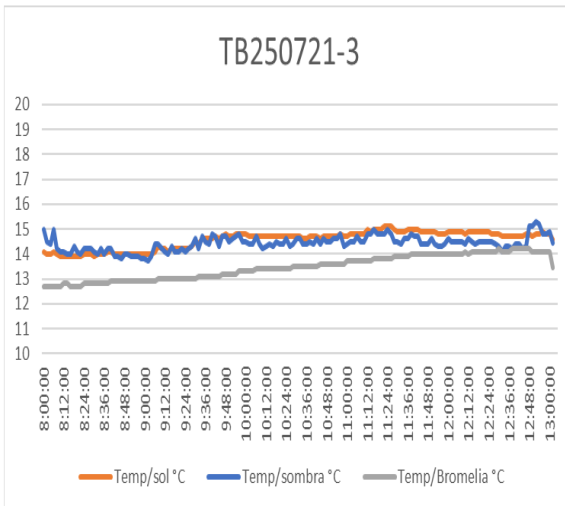
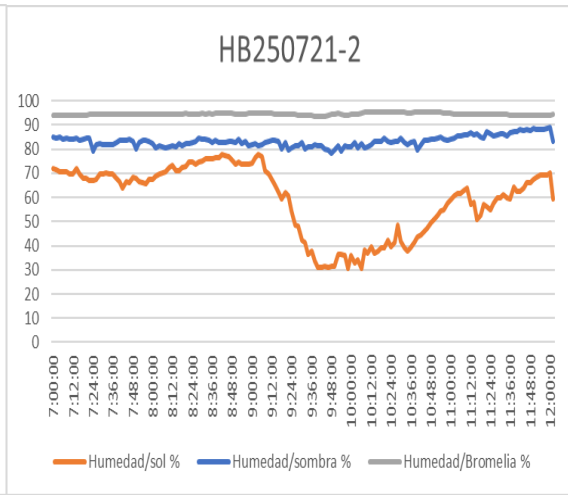
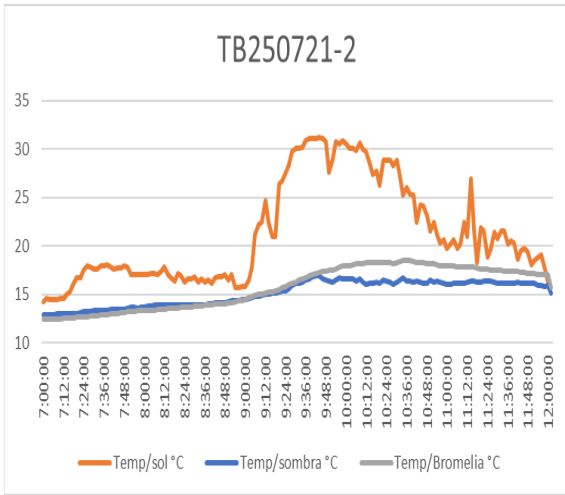


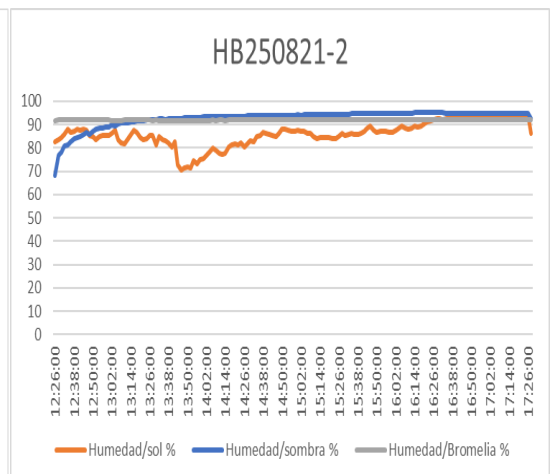
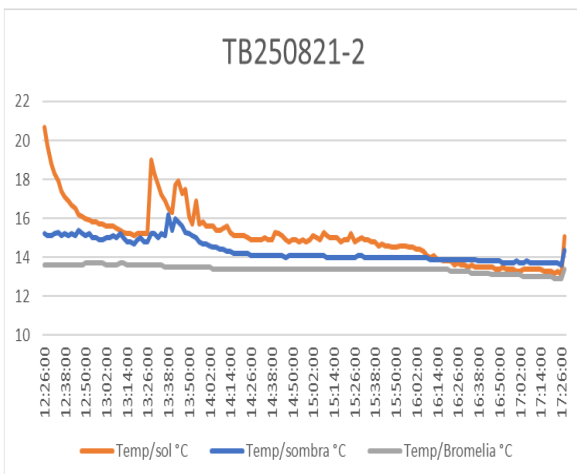
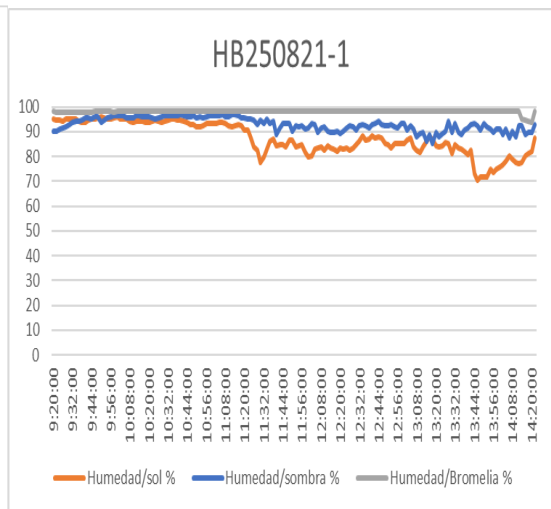
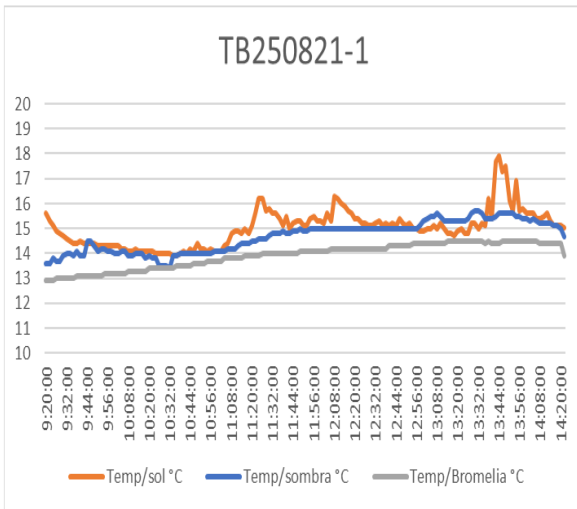
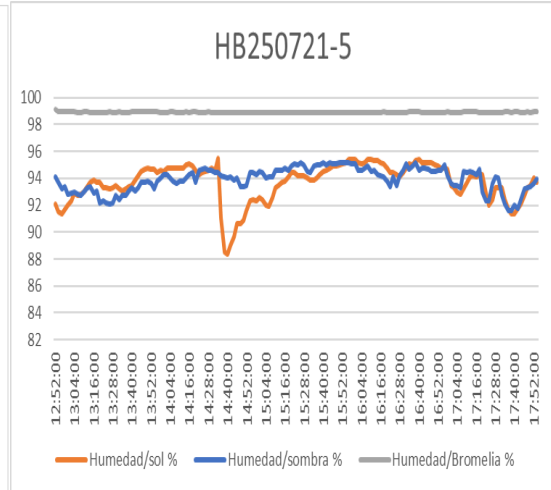
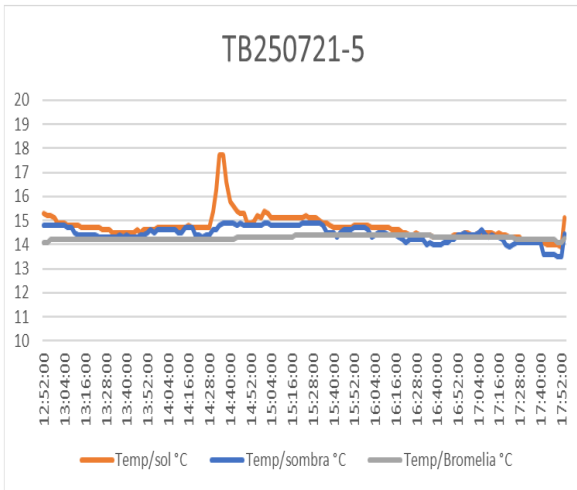


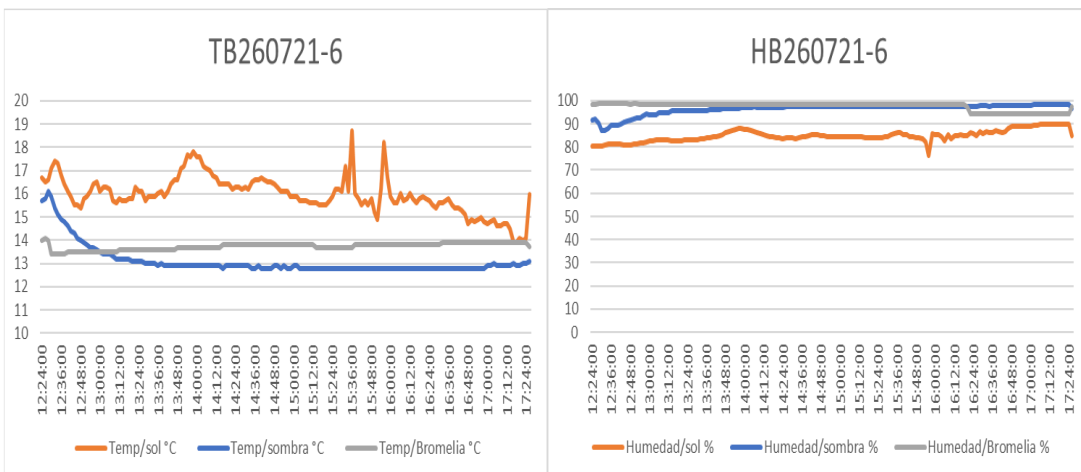
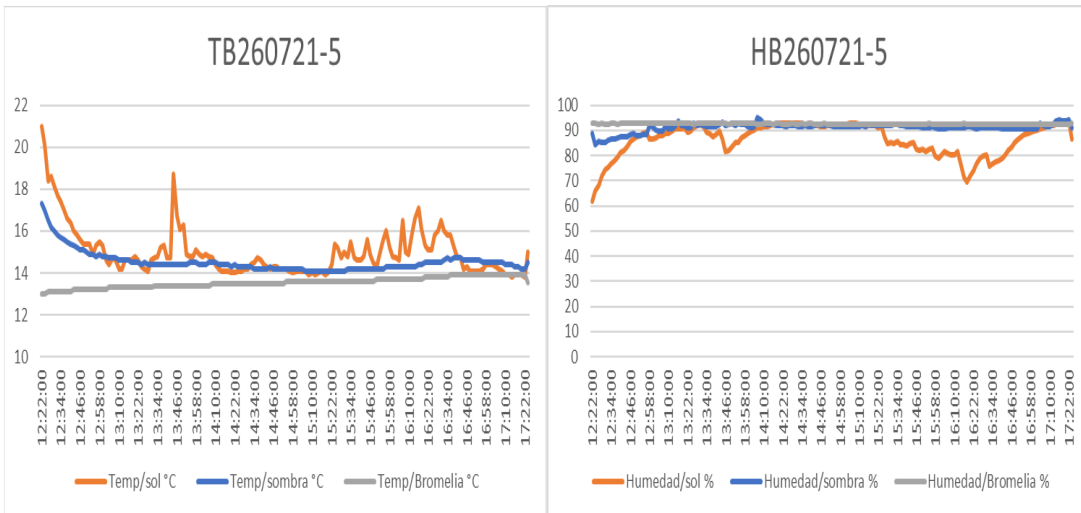
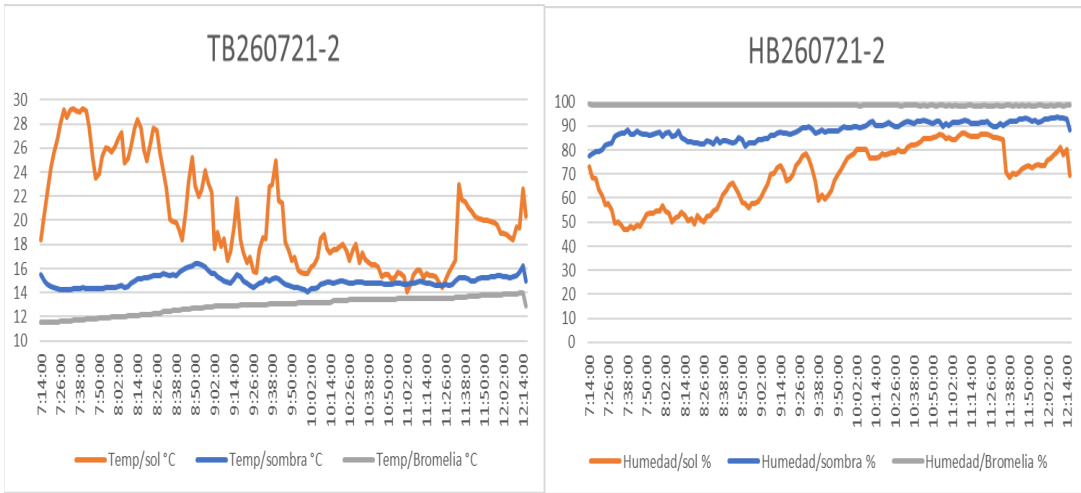


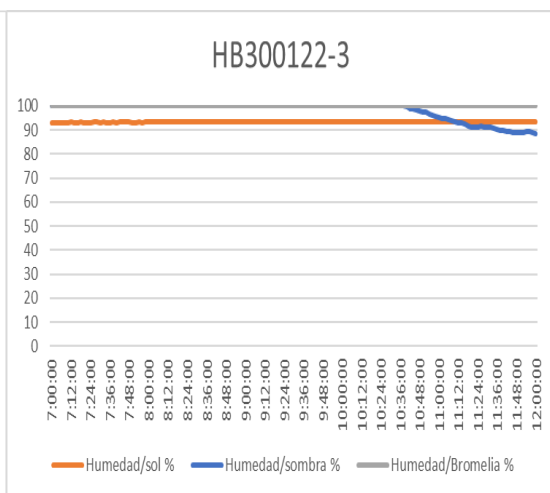
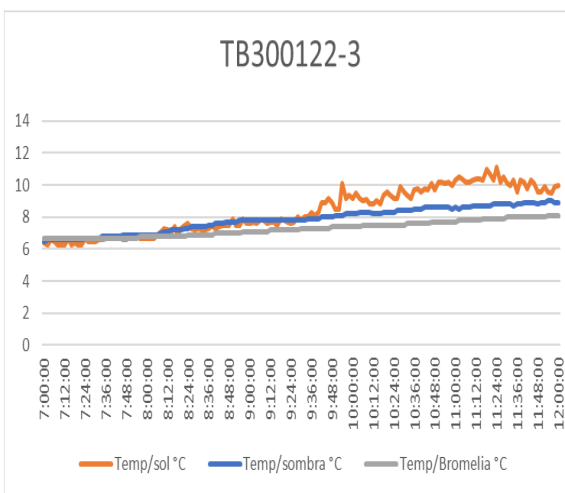
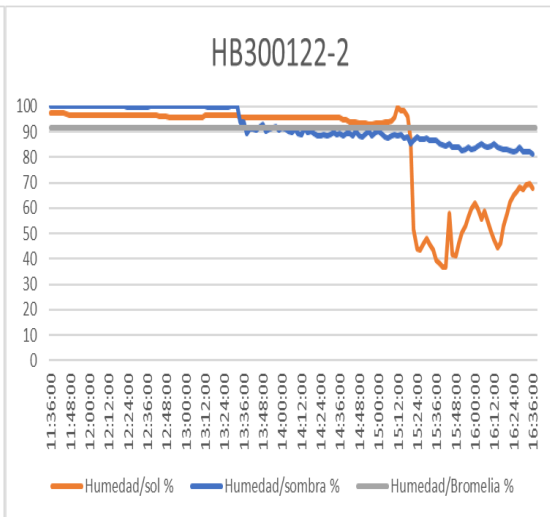
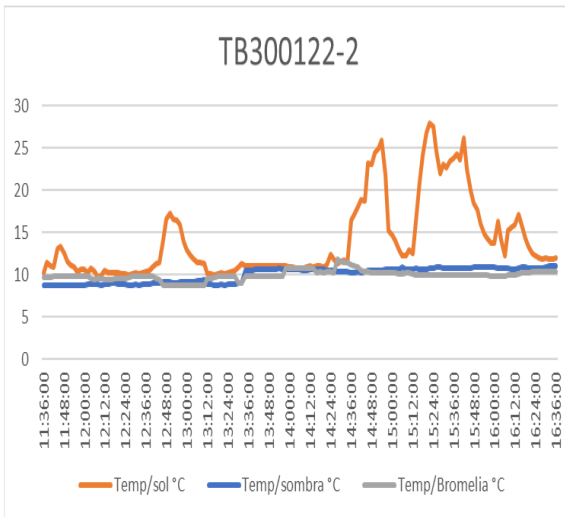
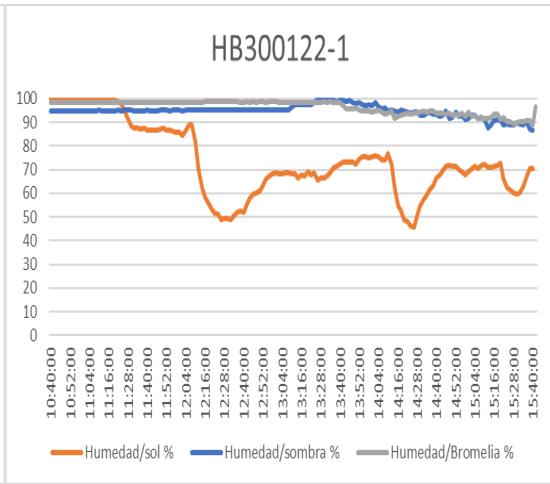
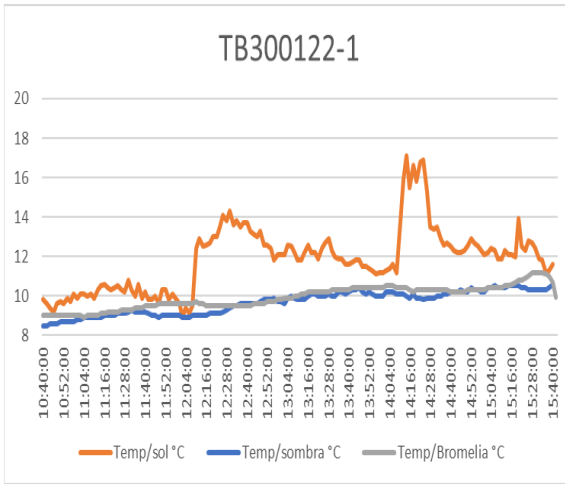


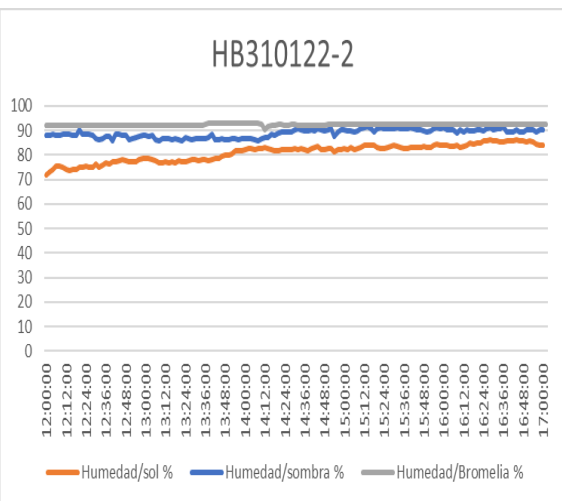
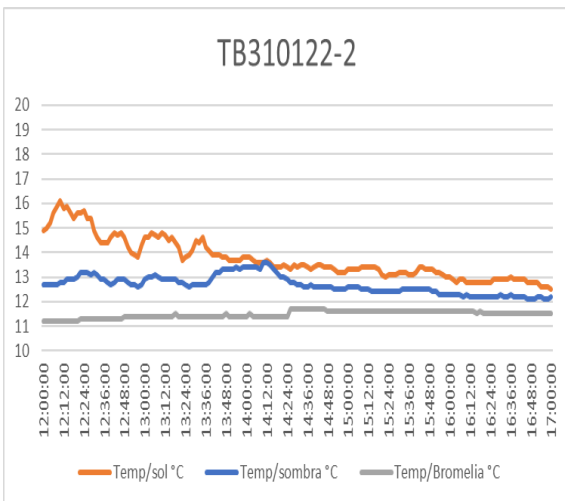
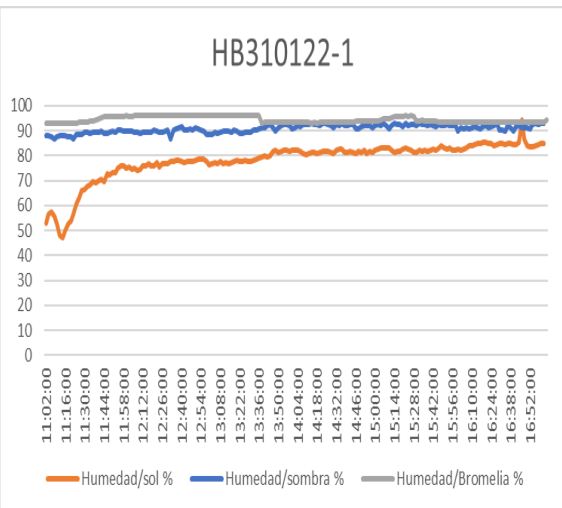
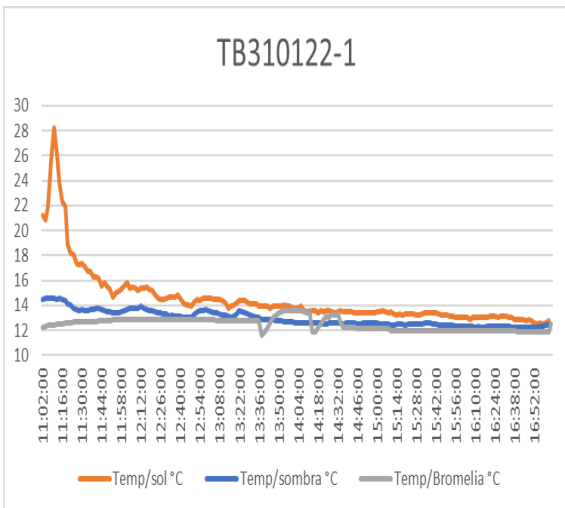
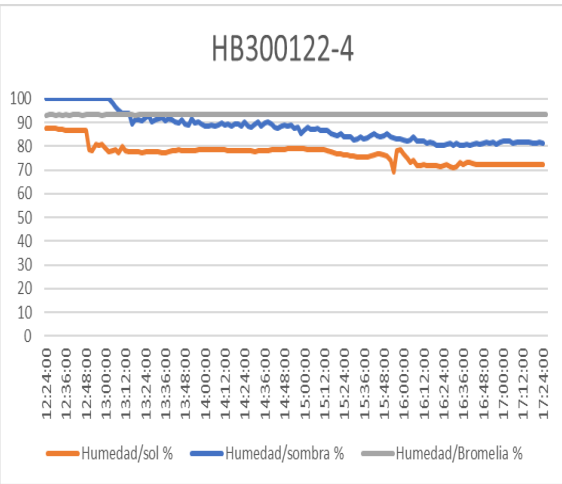
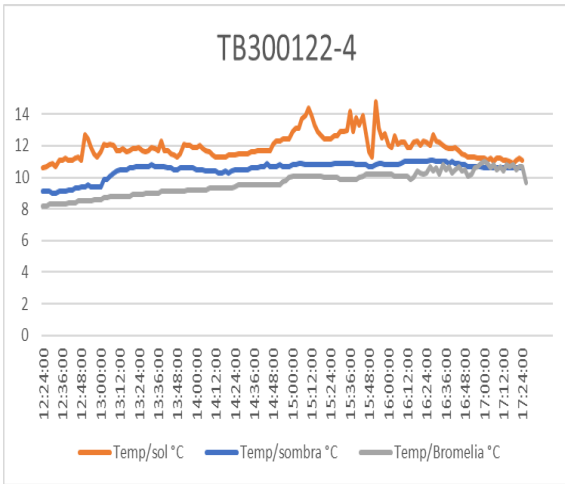


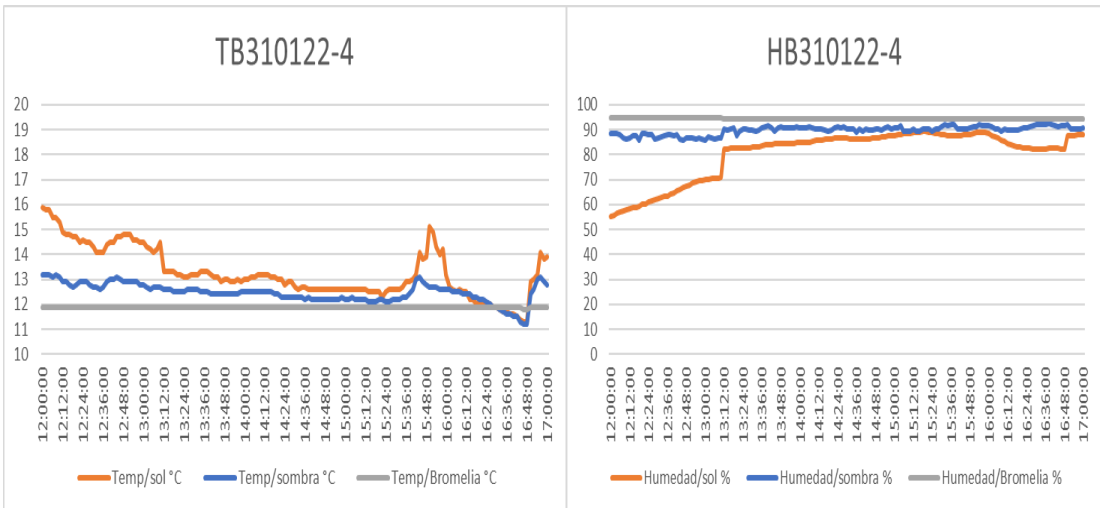
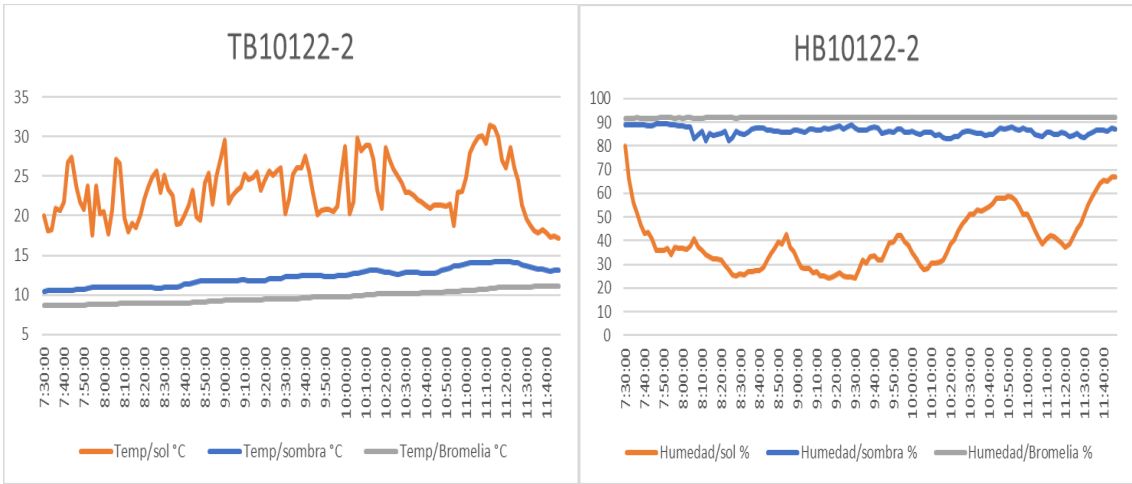












ANEXO 2

2.1. Temperatura y humedad registradas dentro de las bromelias y en el medio externo a las bromelias al momento de estar bajo la influencia de luz solar directa, porcentaje de amortiguación representado por la disminución de temperaturas en bromelias y el porcentaje de la temperatura del medio externo expuesto al sol contenido en las bromelias.

FORMATTED DATE_TIME	°C	°C	%	%	FORMATTED DATE_TIME	%	%
Hora de toma de muestra	Temp/sol °C	Temp/Bromelia °C	Porcentaje de la Temperatura del medio externo al sol en las bromelias	Porcentaje de disminución de Temperaturas en Bromelias	Hora de toma de muestra	Hum/sol %	Hum/Bromelia %
9:06:00	18	12.4	69%	31%	9:06:00	94.4	93
9:08:00	19.1	12.5	65%	35%	9:08:00	87.8	93
9:10:00	18.9	12.5	66%	34%	9:10:00	84.6	93.1
9:12:00	17.4	12.6	72%	28%	9:12:00	80.6	93
9:14:00	17	12.7	75%	25%	9:14:00	83.4	93
12:58:00	17.5	14.9	85%	15%	12:58:00	95.9	92.5
13:00:00	19.1	14.9	78%	22%	13:00:00	94.9	92.6
13:02:00	19.8	15	76%	24%	13:02:00	90.1	92.6
13:04:00	20.1	15	75%	25%	13:04:00	84	92.6
13:06:00	18.5	15	81%	19%	13:06:00	81.1	92.6
8:14:00	18.7	12.4	66%	34%	8:14:00	97.2	92.3
8:16:00	19.9	12.5	63%	37%	8:16:00	94.1	92.3
8:18:00	20.2	12.5	62%	38%	8:18:00	82.3	92.1
8:20:00	18.9	12.6	67%	33%	8:20:00	72.1	91.9
8:22:00	17.9	12.6	70%	30%	8:22:00	71.5	91.8
8:24:00	17.7	12.7	72%	28%	8:24:00	72.3	91.7
8:26:00	17.7	12.7	72%	28%	8:26:00	72	91.6
8:28:00	17.3	12.7	73%	27%	8:28:00	69.9	91.5
8:30:00	17	12.7	75%	25%	8:30:00	69.9	91.5
8:32:00	17.2	12.7	74%	26%	8:32:00	70.8	91.4
8:34:00	17.3	12.8	74%	26%	8:34:00	68.9	91.3
8:36:00	17.1	12.8	75%	25%	8:36:00	68.7	91.3
8:42:00	17.2	12.8	74%	26%	8:42:00	74.2	91.1
8:44:00	17.3	12.8	74%	26%	8:44:00	78	91.1
8:46:00	17	12.9	76%	24%	8:46:00	74.1	91.1
8:48:00	17.4	12.9	74%	26%	8:48:00	74.5	91.1
8:50:00	17.2	12.9	75%	25%	8:50:00	74	91.1
8:52:00	17.5	13	74%	26%	8:52:00	74.5	91.1
8:54:00	17.7	13	73%	27%	8:54:00	75.4	91.1
8:56:00	17.5	13.1	75%	25%	8:56:00	73.4	91.1
8:58:00	17.8	13.1	74%	26%	8:58:00	75.8	91.2
9:00:00	17.8	13.2	74%	26%	9:00:00	78.3	91.2
9:02:00	17.2	13.2	77%	23%	9:02:00	74.8	91.2
9:04:00	18	13.3	74%	26%	9:04:00	78.3	91.2
9:06:00	18	13.4	74%	26%	9:06:00	79.5	91.2
9:08:00	18.5	13.4	72%	28%	9:08:00	79.9	91.2
9:10:00	18.5	13.5	73%	27%	9:10:00	80.2	91.3
9:12:00	18.2	13.6	75%	25%	9:12:00	79.5	91.3
9:14:00	17.9	13.7	77%	23%	9:14:00	79.7	91.4
9:16:00	17.9	13.7	77%	23%	9:16:00	78.7	91.4
9:18:00	17.9	13.8	77%	23%	9:18:00	77.5	91.3
9:20:00	18.1	13.9	77%	23%	9:20:00	80.7	91.4
9:22:00	18	13.9	77%	23%	9:22:00	80.9	91.3
9:24:00	18.2	14	77%	23%	9:24:00	80	91.4
9:26:00	18.3	14	77%	23%	9:26:00	79.6	91.3
9:28:00	18.1	14.1	78%	22%	9:28:00	78.2	91.3
9:30:00	17.7	14.1	80%	20%	9:30:00	76.4	91.3
9:32:00	17.9	14.2	79%	21%	9:32:00	80.1	91.4
9:34:00	18.6	14.2	76%	24%	9:34:00	80.1	91.3
12:58:00	18.7	15	80%	20%	12:58:00	89.9	91.1
13:00:00	21.1	15	71%	29%	13:00:00	88.7	91.1
13:02:00	20.2	15.1	75%	25%	13:02:00	84.8	91.1
13:04:00	20.7	15.1	73%	27%	13:04:00	81.3	91.1
13:06:00	19.3	15.1	78%	22%	13:06:00	81.1	91.1
8:26:00	17	12.4	73%	27%	8:26:00	82	92.4
8:48:00	19	12.8	67%	33%	8:48:00	69.7	93.3
8:50:00	18.8	12.9	69%	31%	8:50:00	73.9	93.2
8:52:00	17.8	13.8	78%	22%	8:52:00	81.1	92.9
8:54:00	17.7	13.8	78%	22%	8:54:00	75	92.8
8:56:00	17.7	13.9	79%	21%	8:56:00	80.4	92.8
8:58:00	17.7	13.9	79%	21%	8:58:00	78.8	92.9
9:00:00	17.7	13.9	79%	21%	9:00:00	80.9	93
9:02:00	17.5	14	80%	20%	9:02:00	81.5	93.1

9:04:00	17.5	14	80%	20%	9:04:00	82	93.1
9:06:00	17.8	13.9	78%	22%	9:06:00	85.1	93.1
9:08:00	17.7	14	79%	21%	9:08:00	83.9	93.2
9:10:00	17.7	14	79%	21%	9:10:00	86	93.2
9:12:00	17.7	14	79%	21%	9:12:00	82.8	93.2
9:14:00	17.7	14	79%	21%	9:14:00	85.4	93.2
9:16:00	17.7	14	79%	21%	9:16:00	85.9	93.2
9:18:00	17.6	14	80%	20%	9:18:00	84.1	93.2
9:20:00	17.7	14	79%	21%	9:20:00	84.3	93.3
9:22:00	18	14	78%	22%	9:22:00	85.8	93.3
9:24:00	18.2	14	77%	23%	9:24:00	87.1	93.3
9:26:00	18.4	14	76%	24%	9:26:00	87	93.3
9:28:00	18.5	14.1	76%	24%	9:28:00	84.1	93.3
9:30:00	18.4	14.1	77%	23%	9:30:00	85.7	93.3
9:32:00	18.1	14.2	78%	22%	9:32:00	81.7	93.3
9:34:00	18.1	14.2	78%	22%	9:34:00	85.7	93.3
9:36:00	18.3	14.3	78%	22%	9:36:00	87.7	93.4
9:38:00	17.9	14.3	80%	20%	9:38:00	88.8	93.4
9:40:00	17.8	14.3	80%	20%	9:40:00	89	93.4
9:42:00	17.5	14.4	82%	18%	9:42:00	89.6	93.4
9:44:00	17.5	14.4	82%	18%	9:44:00	88.8	93.4
9:46:00	17.2	14.4	84%	16%	9:46:00	89.6	93.4
9:48:00	17	14.5	85%	15%	9:48:00	90.5	93.4
11:36:00	18.4	14.1	77%	23%	11:36:00	71.4	99.9
11:38:00	18.4	14.2	77%	23%	11:38:00	74.5	99.9
11:40:00	17.4	14.2	82%	18%	11:40:00	72.6	99.9
11:42:00	17.3	14.2	82%	18%	11:42:00	71.5	99.9
11:46:00	17.5	14.2	81%	19%	11:46:00	74.4	99.9
11:48:00	17.7	14.2	80%	20%	11:48:00	75.4	100
11:50:00	18.8	14.2	76%	24%	11:50:00	75.5	100
11:52:00	18.2	14.2	78%	22%	11:52:00	74.1	100
11:54:00	17.6	14.2	81%	19%	11:54:00	72.5	100
11:56:00	17.3	14.2	82%	18%	11:56:00	73.2	100
11:58:00	17.3	14.2	82%	18%	11:58:00	72.9	100
12:02:00	17.8	14.3	80%	20%	12:02:00	76.8	100
12:04:00	18.4	14.3	78%	22%	12:04:00	77.7	100
12:06:00	18.1	14.3	79%	21%	12:06:00	73.3	100
12:10:00	17.1	14.3	84%	16%	12:10:00	75.6	100
12:12:00	17.5	14.3	82%	18%	12:12:00	78.6	100
12:20:00	17.2	14.4	84%	16%	12:20:00	84.2	100
12:22:00	18	14.4	80%	20%	12:22:00	78.1	100
12:24:00	19.1	14.4	75%	25%	12:24:00	77.6	100
12:26:00	18.9	14.4	76%	24%	12:26:00	78.4	100
12:28:00	18.6	14.4	77%	23%	12:28:00	79.3	100
12:30:00	18.3	14.4	79%	21%	12:30:00	77.9	100
12:32:00	17.8	14.4	81%	19%	12:32:00	74.5	100
12:34:00	17.5	14.4	82%	18%	12:34:00	75.9	100
12:36:00	17.8	14.4	81%	19%	12:36:00	83.4	100
12:56:00	18.3	13.9	76%	24%	12:56:00	87.1	99.8
12:58:00	18.5	13.9	75%	25%	12:58:00	76.2	99.9
13:00:00	17.9	13.9	78%	22%	13:00:00	73.7	100
13:02:00	17.3	13.9	80%	20%	13:02:00	75.5	100
9:12:00	19	13.4	71%	29%	9:12:00	82.6	100
9:14:00	21.9	13.4	61%	39%	9:14:00	74.9	100
9:16:00	24.3	13.5	56%	44%	9:16:00	70.5	100
9:18:00	26.9	13.6	51%	49%	9:18:00	59.8	100
9:20:00	28.6	13.8	48%	52%	9:20:00	52	100
9:22:00	25.3	13.9	55%	45%	9:22:00	46.5	100
9:24:00	25.1	14	56%	44%	9:24:00	44.9	100
9:26:00	25.9	14.1	54%	46%	9:26:00	45	100
9:28:00	23.4	14.1	60%	40%	9:28:00	45.5	100
9:30:00	24.4	14.2	58%	42%	9:30:00	46.5	100
9:32:00	24.3	14.2	58%	42%	9:32:00	46.2	100
9:34:00	25.3	14.2	56%	44%	9:34:00	45.1	100
9:36:00	20.3	14.2	70%	30%	9:36:00	42.5	100
9:38:00	25.2	14.2	56%	44%	9:38:00	45.7	100
9:40:00	24.8	14.2	57%	43%	9:40:00	48.4	100
9:42:00	24.3	14.2	58%	42%	9:42:00	45.2	100
9:44:00	24.9	14.2	57%	43%	9:44:00	48.2	100
9:46:00	26.2	14.2	54%	46%	9:46:00	49.7	100

9:48:00	23	14.2	62%	38%	9:48:00	43.7	100
9:50:00	25.7	14.2	55%	45%	9:50:00	48.4	100
9:52:00	20.7	14.2	69%	31%	9:52:00	44.4	100
9:54:00	22.2	14.2	64%	36%	9:54:00	50.3	100
9:56:00	23.2	14.2	61%	39%	9:56:00	55.3	100
9:58:00	20.9	14.1	67%	33%	9:58:00	51.7	100
10:00:00	20.9	14.1	67%	33%	10:00:00	56.9	100
10:02:00	20.7	14.1	68%	32%	10:02:00	62.9	100
10:04:00	21.1	14.1	67%	33%	10:04:00	64.8	100
10:06:00	21.2	14	66%	34%	10:06:00	61.3	100
10:08:00	18.5	14	76%	24%	10:08:00	60.7	100
10:10:00	18.5	14	76%	24%	10:10:00	66.9	100
10:12:00	17.9	14	78%	22%	10:12:00	67.8	100
10:18:00	17.1	13.9	81%	19%	10:18:00	75	100
10:20:00	17.2	13.9	81%	19%	10:20:00	78.3	100
10:22:00	17.1	13.9	81%	19%	10:22:00	78.4	100
10:28:00	17.2	13.9	81%	19%	10:28:00	81.7	100
11:08:00	18.3	13.8	75%	25%	11:08:00	84.7	100
11:10:00	17.2	13.8	80%	20%	11:10:00	79.5	100
11:12:00	18.1	13.7	76%	24%	11:12:00	76.2	100
11:14:00	18.9	13.7	72%	28%	11:14:00	72.6	100
8:22:00	18.3	16.4	90%	10%	8:22:00	59.6	100
8:24:00	17.6	16.3	93%	7%	8:24:00	55.9	100
8:26:00	17.5	16.3	93%	7%	8:26:00	54.6	100
8:30:00	18.2	16.2	89%	11%	8:30:00	54.4	100
8:40:00	17.5	16	91%	9%	8:40:00	52.8	100
8:44:00	18.2	15.9	87%	13%	8:44:00	51.4	100
8:46:00	22.2	15.9	72%	28%	8:46:00	50.3	100
8:48:00	18.7	15.9	85%	15%	8:48:00	46.3	100
8:54:00	21.4	15.7	73%	27%	8:54:00	47.5	100
8:56:00	17.6	15.7	89%	11%	8:56:00	46.3	100
8:58:00	28.5	15.6	55%	45%	8:58:00	49.2	100
9:00:00	21.5	15.7	73%	27%	9:00:00	47.3	100
9:02:00	24.8	15.7	63%	37%	9:02:00	47.1	100
9:04:00	18.6	15.8	85%	15%	9:04:00	45	100
9:06:00	28.7	15.8	55%	45%	9:06:00	47.5	100
9:08:00	28.9	15.9	55%	45%	9:08:00	46.5	100
9:10:00	22	16	73%	27%	9:10:00	45.5	100
9:12:00	24	16	67%	33%	9:12:00	45.3	100
9:14:00	25.6	16.1	63%	37%	9:14:00	47.2	100
9:16:00	26.2	16.2	62%	38%	9:16:00	47.3	100
9:18:00	29.4	16.3	55%	45%	9:18:00	46.7	100
9:20:00	29.9	16.5	55%	45%	9:20:00	44.7	100
9:22:00	28.3	16.7	59%	41%	9:22:00	43.3	100
9:24:00	24.2	16.7	69%	31%	9:24:00	43.6	100
9:26:00	24.9	16.7	67%	33%	9:26:00	46.1	100
9:28:00	20.2	16.7	83%	17%	9:28:00	48	100
9:30:00	24.6	16.7	68%	32%	9:30:00	48.7	100
9:32:00	24.4	16.7	68%	32%	9:32:00	49.6	100
9:34:00	19.9	16.7	84%	16%	9:34:00	49.3	100
9:36:00	19.4	16.6	86%	14%	9:36:00	47.2	100
9:38:00	26.2	16.5	63%	37%	9:38:00	48.8	100
9:40:00	25.4	16.5	65%	35%	9:40:00	50.5	100
9:42:00	23.3	16.4	70%	30%	9:42:00	49.6	100
9:44:00	24.5	16.4	67%	33%	9:44:00	52	100
9:46:00	24.8	16.4	66%	34%	9:46:00	51.5	100
9:48:00	19.9	16.4	82%	18%	9:48:00	51.7	100
9:50:00	24.7	16.4	66%	34%	9:50:00	52.8	100
9:52:00	18.5	16.4	89%	11%	9:52:00	50.8	100
9:54:00	20.2	16.4	81%	19%	9:54:00	53.2	100
9:56:00	22.5	16.4	73%	27%	9:56:00	58.4	100
9:58:00	19.7	16.4	83%	17%	9:58:00	57.8	100
10:00:00	20.2	16.4	81%	19%	10:00:00	61.3	100
10:02:00	19.3	16.3	84%	16%	10:02:00	65.1	100
10:04:00	19.3	16.4	85%	15%	10:04:00	67.1	100
10:06:00	19.9	16.5	83%	17%	10:06:00	66.9	100
10:08:00	18.9	16.5	87%	13%	10:08:00	65	100
10:10:00	19.2	16.5	86%	14%	10:10:00	69.7	100
10:12:00	18.5	16.5	89%	11%	10:12:00	68.4	100
10:14:00	18.3	16.6	91%	9%	10:14:00	66.5	100

10:16:00	18.9	16.7	88%	12%		10:16:00	65.8	100
10:18:00	20.2	16.6	82%	18%		10:18:00	66.9	100
10:20:00	21	16.6	79%	21%		10:20:00	67.2	100
10:22:00	19.8	16.6	84%	16%		10:22:00	66.3	100
10:24:00	19.1	16.6	87%	13%		10:24:00	68.3	100
10:26:00	20	16.6	83%	17%		10:26:00	70.9	100
10:28:00	19.6	16.7	85%	15%		10:28:00	70.2	100
11:34:00	17	12.9	76%	24%		11:34:00	82.3	93.5
7:06:00	17.3	11.8	68%	32%		7:06:00	53.9	97.3
7:10:00	18	11.8	66%	34%		7:10:00	52.5	97.5
7:16:00	17.8	11.9	67%	33%		7:16:00	49.6	97.8
7:20:00	18.7	12	64%	36%		7:20:00	51.2	97.9
7:28:00	17.4	12	69%	31%		7:28:00	49.7	98
7:32:00	18.2	12.1	66%	34%		7:32:00	49	98
7:36:00	17	12.2	72%	28%		7:36:00	47.5	98.1
7:38:00	19.8	12.3	62%	38%		7:38:00	48.7	98.1
7:40:00	19.5	12.3	63%	37%		7:40:00	48.1	98.2
7:50:00	17.3	12.4	72%	28%		7:50:00	54.3	98.3
8:16:00	19.6	12.7	65%	35%		8:16:00	54	98.6
8:18:00	17	12.7	75%	25%		8:18:00	52.1	98.6
8:54:00	17.4	13.2	76%	24%		8:54:00	61.8	98.7
8:56:00	17.5	13.3	76%	24%		8:56:00	60.3	98.7
9:24:00	17.5	13.9	79%	21%		9:24:00	61.4	98.8
9:26:00	17.2	14	81%	19%		9:26:00	59.5	98.9
9:30:00	21.2	14.1	67%	33%		9:30:00	62.1	98.8
9:32:00	18.8	14.2	76%	24%		9:32:00	61.2	98.7
9:38:00	18.1	14.6	81%	19%		9:38:00	65.1	98.6
9:40:00	17.1	14.7	86%	14%		9:40:00	61.5	98.5
9:46:00	18.3	15	82%	18%		9:46:00	68.4	98.5
9:54:00	18.1	15.5	86%	14%		9:54:00	64	98.4
10:08:00	20.5	16.3	80%	20%		10:08:00	65.3	98.5
10:10:00	18.8	16.4	87%	13%		10:10:00	58.8	98.5
10:12:00	20.1	16.5	82%	18%		10:12:00	60.4	98.5
10:14:00	20.4	16.6	81%	19%		10:14:00	59.5	98.5
10:16:00	20.3	16.7	82%	18%		10:16:00	61.8	98.5
10:18:00	19	16.8	88%	12%		10:18:00	60.9	98.5
10:20:00	20.6	16.9	82%	18%		10:20:00	62.1	98.5
10:40:00	22	17.6	80%	20%		10:40:00	61.4	98.8
10:42:00	22.2	17.6	79%	21%		10:42:00	54.5	98.8
10:44:00	22.5	17.6	78%	22%		10:44:00	49.2	98.9
10:46:00	24.8	17.6	71%	29%		10:46:00	51.6	98.9
10:48:00	25.2	17.6	70%	30%		10:48:00	52.3	98.8
10:50:00	24.1	17.6	73%	27%		10:50:00	50.1	98.9
10:52:00	21.8	17.6	81%	19%		10:52:00	51.1	98.8
10:54:00	22.2	17.6	79%	21%		10:54:00	56.3	98.8
10:56:00	20	17.6	88%	12%		10:56:00	52.8	98.8
10:58:00	20.7	17.6	85%	15%		10:58:00	56.2	98.8
11:00:00	19.6	17.6	90%	10%		11:00:00	59.3	98.7
11:02:00	18.9	17.6	93%	7%		11:02:00	65.2	98.6
11:04:00	20.8	17.6	85%	15%		11:04:00	68.5	98.6
11:06:00	21.2	17.6	83%	17%		11:06:00	68	98.6
11:08:00	19.6	17.6	90%	10%		11:08:00	68.4	98.6
11:10:00	21.8	17.6	81%	19%		11:10:00	68.4	98.6
11:12:00	21.5	17.6	82%	18%		11:12:00	65	98.6
11:14:00	19.9	17.6	88%	12%		11:14:00	59.5	98.6
11:16:00	18.9	17.6	93%	7%		11:16:00	66.3	98.6
11:18:00	18	17.6	98%	2%		11:18:00	69.3	98.6
11:20:00	18.9	17.6	93%	7%		11:20:00	71.6	98.6
11:22:00	19.6	17.6	90%	10%		11:22:00	72.9	98.6
11:24:00	18.6	17.6	95%	5%		11:24:00	72.6	98.6
11:26:00	18	17.6	98%	2%		11:26:00	73.2	98.6
11:28:00	19.8	17.6	89%	11%		11:28:00	72.7	98.6
11:30:00	20.1	17.6	88%	12%		11:30:00	71.7	98.6
11:32:00	18.8	17.6	94%	6%		11:32:00	72.5	98.6
11:34:00	20.1	17.6	88%	12%		11:34:00	71.8	98.6
11:36:00	19.9	17.6	88%	12%		11:36:00	72.3	98.6
11:40:00	20	17.6	88%	12%		11:40:00	74.7	98.6
12:56:00	18.7	14.7	79%	21%		12:56:00	86	91.6
13:00:00	19.2	14.7	77%	23%		13:00:00	71.1	91.7
13:02:00	20.5	14.7	72%	28%		13:02:00	68.2	91.6

13:16:00	18.5	14.6	79%	21%		13:16:00	76.7	91.7
13:34:00	18.7	14.3	76%	24%		13:34:00	83.5	91.1
13:36:00	18	14.4	80%	20%		13:36:00	83.1	91.1
13:38:00	17.6	14.4	82%	18%		13:38:00	82.2	91.2
13:40:00	17.4	14.4	83%	17%		13:40:00	80.5	91.1
13:42:00	19.1	14.4	75%	25%		13:42:00	82.5	91.1
13:44:00	23.3	14.4	62%	38%		13:44:00	60.4	91.2
13:46:00	23.3	14.4	62%	38%		13:46:00	58.2	91.2
13:48:00	24.7	14.4	58%	42%		13:48:00	63.5	91.1
13:50:00	26.2	14.4	55%	45%		13:50:00	58	91.2
13:52:00	27	14.4	53%	47%		13:52:00	57.2	91.2
13:54:00	27.2	14.4	53%	47%		13:54:00	55.8	91.2
13:56:00	27.4	14.4	53%	47%		13:56:00	56.9	91.2
13:58:00	27.6	14.4	52%	48%		13:58:00	54.7	91.2
14:00:00	27.6	14.4	52%	48%		14:00:00	56.1	91.2
14:02:00	27.6	14.4	52%	48%		14:02:00	53.5	91.2
14:04:00	29.2	14.4	49%	51%		14:04:00	54.2	91.2
14:06:00	30.1	14.4	48%	52%		14:06:00	54.4	91.2
14:08:00	29	14.4	50%	50%		14:08:00	48.7	91.2
14:10:00	28.6	14.4	50%	50%		14:10:00	50.7	91.2
14:12:00	28.2	14.4	51%	49%		14:12:00	52.5	91.2
14:14:00	28.4	14.4	51%	49%		14:14:00	51	91.2
14:16:00	28.3	14.4	51%	49%		14:16:00	52.2	91.2
14:18:00	29.2	14.4	49%	51%		14:18:00	51.2	91.2
14:20:00	28.4	14.4	51%	49%		14:20:00	50.7	91.2
14:22:00	28.4	14.4	51%	49%		14:22:00	51.5	91.2
14:24:00	27.1	14.4	53%	47%		14:24:00	51.3	91.2
14:26:00	26.2	14.4	55%	45%		14:26:00	53.4	91.2
14:28:00	25.9	14.4	56%	44%		14:28:00	55	91.3
14:30:00	25.5	14.4	56%	44%		14:30:00	56	91.2
14:32:00	25.6	14.4	56%	44%		14:32:00	56.7	91.3
14:34:00	25.4	14.4	57%	43%		14:34:00	56.6	91.3
14:36:00	25.1	14.4	57%	43%		14:36:00	56.8	91.3
14:38:00	24.7	14.4	58%	42%		14:38:00	58	91.3
14:40:00	24.7	14.4	58%	42%		14:40:00	59.8	91.3
14:42:00	24.5	14.4	59%	41%		14:42:00	60.3	91.3
14:44:00	23.5	14.4	61%	39%		14:44:00	59.4	91.3
14:46:00	22.6	14.4	64%	36%		14:46:00	58.6	91.3
14:48:00	23.6	14.4	61%	39%		14:48:00	59.5	91.3
14:50:00	25.4	14.4	57%	43%		14:50:00	57.9	91.3
14:52:00	26	14.4	55%	45%		14:52:00	55.8	91.3
14:54:00	25.5	14.4	56%	44%		14:54:00	52.4	91.3
14:56:00	27	14.4	53%	47%		14:56:00	52.1	91.3
14:58:00	27.2	14.4	53%	47%		14:58:00	50	91.3
15:00:00	26.8	14.4	54%	46%		15:00:00	48.9	91.3
15:02:00	26.1	14.4	55%	45%		15:02:00	51.2	91.3
15:04:00	24.3	14.3	59%	41%		15:04:00	51.1	91.3
15:06:00	22.4	14.3	64%	36%		15:06:00	53.6	91.3
15:08:00	25.1	14.3	57%	43%		15:08:00	52.9	91.3
15:10:00	26.1	14.3	55%	45%		15:10:00	53.5	91.4
15:12:00	26.4	14.3	54%	46%		15:12:00	53.1	91.4
15:14:00	27.1	14.3	53%	47%		15:14:00	52.7	91.3
15:16:00	21.1	14.3	68%	32%		15:16:00	52.2	91.4
7:24:00	17.5	12.7	73%	27%		7:24:00	67.1	94.2
7:26:00	18	12.7	71%	29%		7:26:00	67.3	94.2
7:28:00	17.8	12.8	72%	28%		7:28:00	69.8	94.3
7:30:00	17.6	12.8	73%	27%		7:30:00	69.9	94.3
7:32:00	17.6	12.8	73%	27%		7:32:00	70.3	94.3
7:34:00	17.9	12.9	72%	28%		7:34:00	69.9	94.4
7:36:00	17.9	12.9	72%	28%		7:36:00	69.9	94.4
7:38:00	18.1	12.9	71%	29%		7:38:00	68.1	94.4
7:40:00	17.8	13	73%	27%		7:40:00	66.5	94.4
7:42:00	17.6	13	74%	26%		7:42:00	63.7	94.4
7:44:00	17.7	13	73%	27%		7:44:00	66.4	94.4
7:46:00	17.7	13.1	74%	26%		7:46:00	66	94.4
7:48:00	18	13.1	73%	27%		7:48:00	68.4	94.4
7:50:00	17.8	13.2	74%	26%		7:50:00	68.1	94.4
7:52:00	17.1	13.2	77%	23%		7:52:00	66.4	94.5
7:54:00	17	13.2	78%	22%		7:54:00	66	94.5
7:56:00	17	13.3	78%	22%		7:56:00	65.6	94.5

7:58:00	17	13.3	78%	22%	7:58:00	67.6	94.5
8:00:00	17	13.4	79%	21%	8:00:00	67.5	94.5
8:02:00	17.1	13.4	78%	22%	8:02:00	68.8	94.5
8:04:00	17.2	13.4	78%	22%	8:04:00	69.8	94.5
8:06:00	17.2	13.4	78%	22%	8:06:00	70.3	94.6
8:08:00	17.1	13.5	79%	21%	8:08:00	70.8	94.6
8:10:00	17.4	13.5	78%	22%	8:10:00	72.2	94.6
8:12:00	17.8	13.5	76%	24%	8:12:00	73.3	94.6
8:14:00	17	13.6	80%	20%	8:14:00	71	94.6
8:20:00	17.2	13.6	79%	21%	8:20:00	73	94.7
8:48:00	17	14	82%	18%	8:48:00	75.6	94.7
8:52:00	17.1	14.1	82%	18%	8:52:00	74.8	94.6
9:04:00	17.8	14.8	83%	17%	9:04:00	78	94.7
9:06:00	21.2	14.9	70%	30%	9:06:00	77.1	94.7
9:08:00	22.2	15	68%	32%	9:08:00	71	94.9
9:10:00	22.5	15	67%	33%	9:10:00	69.8	94.9
9:12:00	24.7	15.1	61%	39%	9:12:00	67.4	94.7
9:14:00	22.4	15.2	68%	32%	9:14:00	65	94.6
9:16:00	21	15.3	73%	27%	9:16:00	62.2	94.5
9:18:00	21	15.4	73%	27%	9:18:00	59.2	94.5
9:20:00	26.4	15.5	59%	41%	9:20:00	62.1	94.4
9:22:00	26.7	15.7	59%	41%	9:22:00	60.6	94.3
9:24:00	27.6	15.8	57%	43%	9:24:00	54.5	94.3
9:26:00	28.4	16	56%	44%	9:26:00	48.6	94.2
9:28:00	29.8	16.1	54%	46%	9:28:00	47.9	94.1
9:30:00	30.1	16.3	54%	46%	9:30:00	42.3	93.9
9:32:00	30.1	16.5	55%	45%	9:32:00	41.5	93.8
9:34:00	30.2	16.6	55%	45%	9:34:00	36.4	93.8
9:36:00	30.9	16.7	54%	46%	9:36:00	37.8	93.8
9:38:00	31.1	16.9	54%	46%	9:38:00	33.5	93.7
9:40:00	31.1	17.1	55%	45%	9:40:00	31.2	93.6
9:42:00	31.1	17.2	55%	45%	9:42:00	30.9	93.5
9:44:00	31.2	17.3	55%	45%	9:44:00	31.5	93.6
9:46:00	31.1	17.4	56%	44%	9:46:00	31.2	93.9
9:48:00	30.8	17.4	56%	44%	9:48:00	31.5	94.3
9:50:00	27.6	17.5	63%	37%	9:50:00	31.3	94.3
9:52:00	29	17.5	60%	40%	9:52:00	36.2	94.7
9:54:00	30.8	17.6	57%	43%	9:54:00	36.6	94.5
9:56:00	30.5	17.8	58%	42%	9:56:00	35.9	94.1
9:58:00	30.9	17.9	58%	42%	9:58:00	30.4	94.1
10:00:00	30.5	18	59%	41%	10:00:00	35.8	94.3
10:02:00	30.1	18	60%	40%	10:02:00	32.7	94.5
10:04:00	30.1	18.1	60%	40%	10:04:00	34.2	94.6
10:06:00	29.9	18.2	61%	39%	10:06:00	30.6	95
10:08:00	30.7	18.2	59%	41%	10:08:00	38.1	95.3
10:10:00	30	18.2	61%	39%	10:10:00	36.7	95.2
10:12:00	29.7	18.3	62%	38%	10:12:00	39.4	95.3
10:14:00	28.5	18.3	64%	36%	10:14:00	36.7	95.2
10:16:00	27.4	18.3	67%	33%	10:16:00	37.7	95.4
10:18:00	27.7	18.3	66%	34%	10:18:00	39.1	95.3
10:20:00	26.3	18.3	70%	30%	10:20:00	38.9	95.4
10:22:00	28.8	18.3	64%	36%	10:22:00	42.3	95.4
10:24:00	28.8	18.3	64%	36%	10:24:00	39.4	95.3
10:26:00	28.8	18.3	64%	36%	10:26:00	41.4	95.4
10:28:00	28.3	18.2	64%	36%	10:28:00	48.4	95.5
10:30:00	28.9	18.3	63%	37%	10:30:00	41.7	95.4
10:32:00	27.2	18.4	68%	32%	10:32:00	39.2	95.1
10:34:00	25.3	18.5	73%	27%	10:34:00	37.9	95
10:36:00	26.1	18.5	71%	29%	10:36:00	38.9	95
10:38:00	25.4	18.5	73%	27%	10:38:00	41.5	95.3
10:40:00	25.3	18.4	73%	27%	10:40:00	43.8	95.5
10:42:00	22.4	18.3	82%	18%	10:42:00	44.4	95.4
10:44:00	24.3	18.3	75%	25%	10:44:00	45.9	95.3
10:46:00	24.1	18.3	76%	24%	10:46:00	47.3	95.4
10:48:00	23.1	18.2	79%	21%	10:48:00	49.3	95.4
10:50:00	21.6	18.2	84%	16%	10:50:00	50.7	95.4
10:52:00	22.4	18.2	81%	19%	10:52:00	52.7	95.3
10:54:00	21.2	18.1	85%	15%	10:54:00	54.3	95.2
10:56:00	20.3	18	89%	11%	10:56:00	54.8	95
10:58:00	20.6	18	87%	13%	10:58:00	54.8	94.9

11:00:00	19.7	17.9	91%	9%	11:00:00	59	94.7
11:02:00	20.2	17.9	89%	11%	11:02:00	60.5	94.6
11:04:00	20.6	17.9	87%	13%	11:04:00	61.5	94.6
11:06:00	19.7	17.8	90%	10%	11:06:00	61.7	94.6
11:08:00	20.2	17.8	88%	12%	11:08:00	62.9	94.5
11:10:00	22.4	17.8	79%	21%	11:10:00	63.7	94.5
11:12:00	21	17.8	85%	15%	11:12:00	57.3	94.5
11:14:00	26.9	17.8	66%	34%	11:14:00	58.2	94.5
11:16:00	21.7	17.8	82%	18%	11:16:00	50.8	94.5
11:18:00	18.3	17.7	97%	3%	11:18:00	52.7	94.4
11:20:00	21.9	17.6	80%	20%	11:20:00	57.2	94.4
11:22:00	21.5	17.6	82%	18%	11:22:00	56.4	94.3
11:24:00	18.8	17.6	94%	6%	11:24:00	54.9	94.3
11:26:00	19.6	17.5	89%	11%	11:26:00	57.5	94.2
11:28:00	21.4	17.5	82%	18%	11:28:00	59.8	94.2
11:30:00	20.8	17.5	84%	16%	11:30:00	60	94.2
11:32:00	21.6	17.5	81%	19%	11:32:00	61.2	94.2
11:34:00	21.5	17.4	81%	19%	11:34:00	59.9	94.2
11:36:00	20.2	17.4	86%	14%	11:36:00	59.5	94.1
11:38:00	20.5	17.4	85%	15%	11:38:00	64.4	94.1
11:40:00	20.3	17.4	86%	14%	11:40:00	62.3	94.1
11:42:00	18.6	17.4	94%	6%	11:42:00	62.4	94.1
11:44:00	19.5	17.3	89%	11%	11:44:00	64	94.1
11:46:00	19.7	17.3	88%	12%	11:46:00	66	94
11:48:00	19.4	17.2	89%	11%	11:48:00	66.2	94.1
11:50:00	18.1	17.2	95%	5%	11:50:00	67.6	94
11:52:00	18.5	17.2	93%	7%	11:52:00	68.4	94
11:54:00	18.9	17.1	90%	10%	11:54:00	69.1	94
11:56:00	19.1	17.1	90%	10%	11:56:00	69.3	94
11:58:00	17.6	17.1	97%	3%	11:58:00	69.4	94
13:42:00	17.7	14.4	81%	19%	13:42:00	82.5	98.2
13:44:00	17.9	14.4	80%	20%	13:44:00	72.9	98.2
13:46:00	17.3	14.5	84%	16%	13:46:00	70.5	98.2
13:48:00	17.5	14.5	83%	17%	13:48:00	71.5	98.2
12:26:00	20.7	13.6	66%	34%	12:26:00	82.5	92
12:28:00	19.7	13.6	69%	31%	12:28:00	83.6	92.2
12:30:00	18.8	13.6	72%	28%	12:30:00	84.6	92.1
12:32:00	18.3	13.6	74%	26%	12:32:00	86	92.1
12:34:00	17.9	13.6	76%	24%	12:34:00	88.2	92.1
12:36:00	17.4	13.6	78%	22%	12:36:00	86.7	92.1
12:38:00	17.1	13.6	80%	20%	12:38:00	87	92.1
13:28:00	19	13.6	72%	28%	13:28:00	85.2	92
13:30:00	18.3	13.6	74%	26%	13:30:00	81.2	92.1
13:32:00	17.7	13.6	77%	23%	13:32:00	84.9	92
13:34:00	17.2	13.6	79%	21%	13:34:00	83.5	92
13:42:00	17.7	13.5	76%	24%	13:42:00	82.5	92
13:44:00	17.9	13.5	75%	25%	13:44:00	72.9	92
13:46:00	17.3	13.5	78%	22%	13:46:00	70.5	92
13:48:00	17.5	13.5	77%	23%	13:48:00	71.5	92
7:14:00	18.4	11.5	63%	38%	7:14:00	73	98.9
7:16:00	20.6	11.5	56%	44%	7:16:00	68.5	98.7
7:18:00	22.3	11.5	52%	48%	7:18:00	67.9	98.7
7:20:00	24.4	11.5	47%	53%	7:20:00	63.6	98.7
7:22:00	25.6	11.5	45%	55%	7:22:00	60.7	98.7
7:24:00	26.7	11.5	43%	57%	7:24:00	57.3	98.7
7:26:00	28	11.6	41%	59%	7:26:00	57.8	98.7
7:28:00	29.2	11.6	40%	60%	7:28:00	55.1	98.7
7:30:00	28.5	11.6	41%	59%	7:30:00	49.7	98.6
7:32:00	29.2	11.6	40%	60%	7:32:00	50.2	98.7
7:34:00	29.3	11.7	40%	60%	7:34:00	48.8	98.7
7:36:00	29.1	11.7	40%	60%	7:36:00	46.8	98.6
7:38:00	29	11.7	40%	60%	7:38:00	46.9	98.6
7:40:00	29.3	11.7	40%	60%	7:40:00	48.1	98.6
7:42:00	29.1	11.8	41%	59%	7:42:00	47.4	98.6
7:44:00	27.7	11.8	43%	57%	7:44:00	48.8	98.7
7:46:00	25.1	11.8	47%	53%	7:46:00	48.2	98.6
7:48:00	23.5	11.8	50%	50%	7:48:00	51	98.6
7:50:00	23.9	11.9	50%	50%	7:50:00	53.3	98.6
7:52:00	25.3	11.9	47%	53%	7:52:00	53.5	98.6
7:54:00	26	11.9	46%	54%	7:54:00	53.7	98.6

7:56:00	25.9	11.9	46%	54%	7:56:00	54.7	98.6
7:58:00	25.7	12	47%	53%	7:58:00	54.6	98.6
8:00:00	26.1	12	46%	54%	8:00:00	56.8	98.6
8:02:00	26.7	12	45%	55%	8:02:00	54.8	98.6
8:04:00	27.3	12	44%	56%	8:04:00	53.7	98.6
8:06:00	24.8	12	48%	52%	8:06:00	50	98.6
8:08:00	25.1	12.1	48%	52%	8:08:00	51.9	98.6
8:10:00	26.1	12.1	46%	54%	8:10:00	52.4	98.6
8:12:00	27.6	12.1	44%	56%	8:12:00	54.2	98.6
8:14:00	28.4	12.1	43%	57%	8:14:00	52.8	98.6
8:16:00	27.6	12.2	44%	56%	8:16:00	50.7	98.6
8:18:00	25.8	12.2	47%	53%	8:18:00	51.3	98.6
8:20:00	24.9	12.2	49%	51%	8:20:00	49.3	98.5
8:22:00	26.4	12.2	46%	54%	8:22:00	52.9	98.6
8:24:00	27.6	12.3	45%	55%	8:24:00	51.1	98.6
8:26:00	27.5	12.3	45%	55%	8:26:00	49.9	98.5
8:28:00	25.7	12.3	48%	52%	8:28:00	52.3	98.5
8:30:00	24	12.4	52%	48%	8:30:00	52.6	98.5
8:32:00	22.7	12.4	55%	45%	8:32:00	54.8	98.5
8:34:00	20.1	12.4	62%	38%	8:34:00	55.6	98.5
8:36:00	19.9	12.5	63%	37%	8:36:00	58.4	98.6
8:38:00	19.8	12.5	63%	37%	8:38:00	61.4	98.6
8:40:00	19.2	12.5	65%	35%	8:40:00	63.2	98.6
8:42:00	18.4	12.6	68%	32%	8:42:00	65.4	98.5
8:44:00	20.7	12.6	61%	39%	8:44:00	66.4	98.5
8:46:00	23.2	12.6	54%	46%	8:46:00	64	98.5
8:48:00	25.2	12.7	50%	50%	8:48:00	62	98.5
8:50:00	22.9	12.7	55%	45%	8:50:00	58.1	98.5
8:52:00	22	12.7	58%	42%	8:52:00	57.6	98.5
8:54:00	22.5	12.7	56%	44%	8:54:00	55.9	98.6
8:56:00	24.1	12.8	53%	47%	8:56:00	57.6	98.5
8:58:00	23.1	12.8	55%	45%	8:58:00	57.6	98.5
9:00:00	22.3	12.8	57%	43%	9:00:00	58.5	98.5
9:02:00	17.7	12.9	73%	27%	9:02:00	60.4	98.5
9:04:00	19	12.9	68%	32%	9:04:00	63.4	98.5
9:06:00	17.8	12.9	72%	28%	9:06:00	65.7	98.5
9:08:00	18.5	12.9	70%	30%	9:08:00	69.7	98.5
9:12:00	17.4	12.9	74%	26%	9:12:00	72.7	98.5
9:14:00	19.5	12.9	66%	34%	9:14:00	73.7	98.5
9:16:00	21.8	12.9	59%	41%	9:16:00	71.3	98.5
9:18:00	18.4	13	71%	29%	9:18:00	67.2	98.5
9:20:00	17.3	13	75%	25%	9:20:00	68	98.5
9:30:00	17.6	13	74%	26%	9:30:00	78.5	98.5
9:32:00	18.6	13	70%	30%	9:32:00	76.1	98.5
9:34:00	18.5	13	70%	30%	9:34:00	72.5	98.5
9:36:00	22.8	13.1	57%	43%	9:36:00	66.8	98.5
9:38:00	23	13.1	57%	43%	9:38:00	59.3	98.5
9:40:00	24.9	13.1	53%	47%	9:40:00	61.3	98.5
9:42:00	21.6	13.1	61%	39%	9:42:00	59.4	98.5
9:44:00	21.4	13.1	61%	39%	9:44:00	61	98.5
9:46:00	18.2	13.1	72%	28%	9:46:00	63.3	98.5
9:48:00	17.5	13.1	75%	25%	9:48:00	67	98.5
10:08:00	18.5	13.2	71%	29%	10:08:00	80	98.5
10:10:00	18.8	13.2	70%	30%	10:10:00	76.8	98.5
10:12:00	17.7	13.2	75%	25%	10:12:00	76.6	98.5
10:14:00	17.3	13.2	76%	24%	10:14:00	76.7	98.5
10:16:00	17.6	13.3	76%	24%	10:16:00	76.9	98.5
10:18:00	17.6	13.3	76%	24%	10:18:00	78.4	98.5
10:20:00	17.8	13.3	75%	25%	10:20:00	78	98.5
10:22:00	18	13.3	74%	26%	10:22:00	78.4	98.5
10:24:00	17.5	13.3	76%	24%	10:24:00	78.8	98.5
10:28:00	17.6	13.4	76%	24%	10:28:00	80	98.5
10:30:00	18	13.4	74%	26%	10:30:00	79.5	98.4
10:34:00	17.3	13.4	77%	23%	10:34:00	80.9	98.5
11:34:00	23	13.6	59%	41%	11:34:00	84.1	98.4
11:36:00	21.7	13.6	63%	37%	11:36:00	70.8	98.5
11:38:00	21.5	13.6	63%	37%	11:38:00	68.6	98.5
11:40:00	21.1	13.7	65%	35%	11:40:00	70.2	98.4
11:42:00	20.8	13.7	66%	34%	11:42:00	69.8	98.5
11:44:00	20.4	13.7	67%	33%	11:44:00	71.20	98.4

11:46:00	20.2	13.7	68%	32%		11:46:00	72.3	98.5
11:48:00	20.1	13.8	69%	31%		11:48:00	72.9	98.4
11:50:00	20	13.8	69%	31%		11:50:00	73.3	98.5
11:52:00	20	13.8	69%	31%		11:52:00	72.6	98.4
11:54:00	19.9	13.8	69%	31%		11:54:00	73.5	98.4
11:56:00	19.8	13.8	70%	30%		11:56:00	73.8	98.5
11:58:00	19.6	13.8	70%	30%		11:58:00	73.6	98.5
12:00:00	18.9	13.8	73%	27%		12:00:00	73.5	98.4
12:02:00	18.9	13.9	74%	26%		12:02:00	75.6	98.4
12:04:00	18.8	13.9	74%	26%		12:04:00	76.6	98.5
12:06:00	18.6	13.9	75%	25%		12:06:00	77.8	98.4
12:08:00	18.4	13.9	76%	24%		12:08:00	79.4	98.5
12:10:00	19.5	13.9	71%	29%		12:10:00	81.3	98.5
12:12:00	19.4	14	72%	28%		12:12:00	77.9	98.4
12:14:00	22.6	14	62%	38%		12:14:00	80	98.5
12:22:00	21	13	62%	38%		12:22:00	62	93
12:24:00	20.1	13	65%	35%		12:24:00	65.7	93
12:26:00	18.4	13.1	71%	29%		12:26:00	68	92.9
12:28:00	18.6	13.1	70%	30%		12:28:00	71.9	93
12:30:00	18.2	13.1	72%	28%		12:30:00	74.3	92.9
12:32:00	17.7	13.1	74%	26%		12:32:00	75.4	92.9
12:34:00	17.4	13.1	75%	25%		12:34:00	76.9	93
12:36:00	17	13.1	77%	23%		12:36:00	78.2	93
12:30:00	17.1	13.4	78%	22%		12:30:00	80.4	98.8
12:32:00	17.4	13.4	77%	23%		12:32:00	80.7	98.6
12:34:00	17.3	13.4	77%	23%		12:34:00	81.1	98.6
13:50:00	17.1	13.7	80%	20%		13:50:00	86.8	98.4
13:52:00	17.2	13.7	80%	20%		13:52:00	87.3	98.4
13:54:00	17.7	13.7	77%	23%		13:54:00	87.7	98.3
13:56:00	17.6	13.7	78%	22%		13:56:00	88	98.4
13:58:00	17.8	13.7	77%	23%		13:58:00	87.9	98.4
14:00:00	17.6	13.7	78%	22%		14:00:00	87.6	98.4
14:02:00	17.6	13.7	78%	22%		14:02:00	87.5	98.3
14:04:00	17.2	13.7	80%	20%		14:04:00	87.2	98.3
14:06:00	17.1	13.7	80%	20%		14:06:00	86.8	98.4
14:08:00	17	13.7	81%	19%		14:08:00	86.2	98.4
15:32:00	17.2	13.7	80%	20%		15:32:00	85.4	98.3
15:36:00	18.7	13.7	73%	27%		15:36:00	86	98.3
14:14:00	17.1	10.4	61%	39%		14:14:00	62.8	91.8
12:50:00	17.2	8.8	51%	49%		12:50:00	95.9	91.5
14:42:00	18.9	10.5	56%	44%		14:42:00	94.1	91.5
14:44:00	18.8	10.4	55%	45%		14:44:00	93.9	91.5
14:46:00	23.2	10.4	45%	55%		14:46:00	93.7	91.5
14:48:00	23	10.3	45%	55%		14:48:00	93.5	91.5
14:50:00	24.4	10.3	42%	58%		14:50:00	93.3	91.5
14:52:00	25	10.3	41%	59%		14:52:00	93.3	91.5
14:54:00	25.9	10.3	40%	60%		14:54:00	93.2	91.5
14:56:00	21.8	10.3	47%	53%		14:56:00	93.2	91.5
15:16:00	21.1	10	47%	53%		15:16:00	98.6	91.5
15:18:00	24.2	10	41%	59%		15:18:00	96.2	91.5
15:20:00	26.8	10	37%	63%		15:20:00	87.1	91.5
15:22:00	27.9	10	36%	64%		15:22:00	51.8	91.5
15:24:00	27.5	10	36%	64%		15:24:00	44	91.5
15:26:00	24.6	10	41%	59%		15:26:00	43.4	91.5
15:28:00	22	10	45%	55%		15:28:00	46.2	91.5
15:30:00	23.1	10	43%	57%		15:30:00	48.1	91.5
15:32:00	22.6	10	44%	56%		15:32:00	45.6	91.5
15:34:00	23.5	10	43%	57%		15:34:00	43.7	91.5
15:36:00	23.7	10	42%	58%		15:36:00	39.6	91.5
15:38:00	24.3	10	41%	59%		15:38:00	38.1	91.5
15:40:00	23.6	10	42%	58%		15:40:00	36.8	91.5
15:42:00	26.2	10	38%	62%		15:42:00	37	91.5
15:44:00	22.5	10	44%	56%		15:44:00	58	91.5
15:46:00	20	10	50%	50%		15:46:00	41.7	91.5
15:48:00	18.5	10	54%	46%		15:48:00	41.5	91.5
15:50:00	17.7	10	56%	44%		15:50:00	46	91.5
11:02:00	21.2	12.2	58%	42%		11:02:00	52.9	93.1
11:04:00	20.9	12.3	59%	41%		11:04:00	56.5	93.1
11:06:00	21.9	12.4	57%	43%		11:06:00	57.3	93.1
11:08:00	25.5	12.4	49%	51%		11:08:00	55.8	93.1

11:10:00	28.2	12.4	44%	56%	11:10:00	53.2	93.1
11:12:00	26.1	12.5	48%	52%	11:12:00	48.2	93.1
11:14:00	23.8	12.5	53%	47%	11:14:00	47.1	93.1
11:16:00	22.3	12.5	56%	44%	11:16:00	49.9	93.1
11:18:00	21.9	12.6	58%	42%	11:18:00	52.5	93.1
11:20:00	18.9	12.6	67%	33%	11:20:00	53.7	93.2
11:22:00	18.2	12.6	69%	31%	11:22:00	56.4	93.1
11:24:00	18.1	12.7	70%	30%	11:24:00	60.5	93.2
11:26:00	17.4	12.7	73%	27%	11:26:00	63.5	93.3
11:28:00	17.3	12.7	73%	27%	11:28:00	65.9	93.4
11:30:00	17.4	12.7	73%	27%	11:30:00	66.3	93.5
11:32:00	17.1	12.7	74%	26%	11:32:00	67.9	93.6
7:30:00	20	8.6	43%	57%	7:30:00	79.9	91.8
7:32:00	18.1	8.6	48%	52%	7:32:00	66.2	91.8
7:34:00	18.2	8.6	47%	53%	7:34:00	56.1	91.8
7:36:00	21	8.6	41%	59%	7:36:00	51.8	91.9
7:38:00	20.7	8.6	42%	58%	7:38:00	46.5	91.8
7:40:00	21.8	8.7	40%	60%	7:40:00	42.9	91.8
7:42:00	26.7	8.7	33%	67%	7:42:00	43.4	91.8
7:44:00	27.4	8.7	32%	68%	7:44:00	41	91.8
7:46:00	23.8	8.7	37%	63%	7:46:00	36	91.8
7:48:00	21.8	8.7	40%	60%	7:48:00	35.7	91.9
7:50:00	20.8	8.7	42%	58%	7:50:00	35.7	91.9
7:52:00	23.8	8.8	37%	63%	7:52:00	36.9	91.9
7:54:00	17.5	8.8	50%	50%	7:54:00	34.1	91.9
7:56:00	23.8	8.8	37%	63%	7:56:00	37.2	91.8
7:58:00	20.3	8.8	43%	57%	7:58:00	36.6	91.9
8:00:00	20.5	8.8	43%	57%	8:00:00	36.8	91.8
8:02:00	17.7	8.8	50%	50%	8:02:00	36.5	91.9
8:04:00	20.8	8.8	42%	58%	8:04:00	37.7	91.9
8:06:00	27.2	8.8	32%	68%	8:06:00	40.9	91.8
8:08:00	26.6	8.9	33%	67%	8:08:00	37.4	91.8
8:10:00	19.7	8.9	45%	55%	8:10:00	35.7	91.8
8:12:00	18	8.9	49%	51%	8:12:00	34	91.9
8:14:00	19	8.9	47%	53%	8:14:00	33.1	91.9
8:16:00	18.5	8.9	48%	52%	8:16:00	32.3	91.9
8:18:00	20.1	8.9	44%	56%	8:18:00	32.3	91.9
8:20:00	22.1	8.9	40%	60%	8:20:00	31.8	91.9
8:22:00	23.7	8.9	38%	62%	8:22:00	29.5	91.9
8:24:00	24.8	8.9	36%	64%	8:24:00	27.7	91.9
8:26:00	25.7	8.9	35%	65%	8:26:00	25.7	91.9
8:28:00	23	9	39%	61%	8:28:00	24.9	91.8
8:30:00	25.1	9	36%	64%	8:30:00	25.8	91.9
8:32:00	23.4	9	38%	62%	8:32:00	25.7	91.9
8:34:00	22.6	9	40%	60%	8:34:00	27.1	91.9
8:36:00	18.9	9	48%	52%	8:36:00	27	91.9
8:38:00	19	9	47%	53%	8:38:00	27.2	91.9
8:40:00	20	9	45%	55%	8:40:00	27.2	91.9
8:42:00	21.3	9	42%	58%	8:42:00	28.5	91.9
8:44:00	23.2	9.1	39%	61%	8:44:00	31.8	91.9
8:46:00	19.9	9.1	46%	54%	8:46:00	34.5	91.9
8:48:00	19.5	9.1	47%	53%	8:48:00	36.9	91.9
8:50:00	24.2	9.1	38%	62%	8:50:00	39.6	91.9
8:52:00	25.4	9.2	36%	64%	8:52:00	38.4	91.9
8:54:00	21.5	9.2	43%	57%	8:54:00	42.8	91.9
8:56:00	25	9.2	37%	63%	8:56:00	37.4	91.9
8:58:00	27.4	9.2	34%	66%	8:58:00	35.3	91.9
9:00:00	29.6	9.3	31%	69%	9:00:00	31.9	91.9
9:02:00	21.6	9.3	43%	57%	9:02:00	28.5	91.9
9:04:00	22.5	9.3	41%	59%	9:04:00	28.3	91.9
9:06:00	23.2	9.3	40%	60%	9:06:00	28.1	91.9
9:08:00	23.7	9.3	39%	61%	9:08:00	26.3	91.9
9:10:00	25.3	9.4	37%	63%	9:10:00	26.9	91.9
9:12:00	24.6	9.4	38%	62%	9:12:00	25.1	91.9
9:14:00	24.8	9.4	38%	62%	9:14:00	25.2	91.9
9:16:00	25.5	9.4	37%	63%	9:16:00	24	91.9
9:18:00	23.2	9.4	41%	59%	9:18:00	24.7	91.9
9:20:00	24.5	9.5	39%	61%	9:20:00	25.6	91.9
9:22:00	25.6	9.5	37%	63%	9:22:00	26.1	91.9
9:24:00	25.1	9.5	38%	62%	9:24:00	25.1	91.9

9:26:00	25.7	9.5	37%	63%	9:26:00	24.7	91.9
9:28:00	26	9.5	37%	63%	9:28:00	24.5	91.9
9:30:00	20.2	9.5	47%	53%	9:30:00	24.2	91.9
9:32:00	22.2	9.5	43%	57%	9:32:00	27.6	91.9
9:34:00	25.3	9.5	38%	62%	9:34:00	31.8	91.9
9:36:00	26	9.5	37%	63%	9:36:00	30.7	91.9
9:38:00	26.1	9.6	37%	63%	9:38:00	33.1	91.9
9:40:00	27.5	9.6	35%	65%	9:40:00	33.6	91.9
9:42:00	25.7	9.6	37%	63%	9:42:00	31.8	91.9
9:44:00	22.9	9.7	42%	58%	9:44:00	31.8	91.9
9:46:00	20.1	9.7	48%	52%	9:46:00	35.5	91.9
9:48:00	20.7	9.7	47%	53%	9:48:00	38.9	91.9
9:50:00	20.8	9.7	47%	53%	9:50:00	39.3	91.9
9:52:00	20.8	9.7	47%	53%	9:52:00	42.2	91.9
9:54:00	20.6	9.8	48%	52%	9:54:00	42.4	91.9
9:56:00	21.2	9.8	46%	54%	9:56:00	39.7	91.9
9:58:00	25.3	9.8	39%	61%	9:58:00	38	91.9
10:00:00	28.7	9.8	34%	66%	10:00:00	34.9	91.9
10:02:00	20.3	9.8	48%	52%	10:02:00	32.5	91.9
10:04:00	21.8	9.9	45%	55%	10:04:00	29.5	91.9
10:06:00	29.8	9.9	33%	67%	10:06:00	27.9	91.9
10:08:00	28.2	9.9	35%	65%	10:08:00	28.4	91.9
10:10:00	28.9	10	35%	65%	10:10:00	30.7	91.9
10:12:00	28.9	10	35%	65%	10:12:00	30.4	91.9
10:14:00	27.1	10	37%	63%	10:14:00	30.8	91.9
10:16:00	23.3	10.1	43%	57%	10:16:00	32	91.9
10:18:00	20.9	10.1	48%	52%	10:18:00	35	91.9
10:20:00	28.6	10.1	35%	65%	10:20:00	38.7	91.9
10:22:00	27.1	10.1	37%	63%	10:22:00	40.5	91.9
10:24:00	25.9	10.1	39%	61%	10:24:00	43.8	91.9
10:26:00	25	10.1	40%	60%	10:26:00	47.1	91.9
10:28:00	24.2	10.2	42%	58%	10:28:00	48.9	91.9
10:30:00	23	10.2	44%	56%	10:30:00	51.3	91.9
10:32:00	23	10.2	44%	56%	10:32:00	51	91.9
10:34:00	22.6	10.2	45%	55%	10:34:00	52.8	91.9
10:36:00	22	10.2	46%	54%	10:36:00	52.7	91.9
10:38:00	21.7	10.3	47%	53%	10:38:00	53.4	91.9
10:40:00	21.3	10.3	48%	52%	10:40:00	54.2	91.9
10:42:00	21	10.3	49%	51%	10:42:00	55.6	91.9
10:44:00	21.3	10.3	48%	52%	10:44:00	57.8	91.9
10:46:00	21.3	10.3	48%	52%	10:46:00	57.8	91.9
10:48:00	21.4	10.3	48%	52%	10:48:00	57.8	91.9
10:50:00	21.2	10.4	49%	51%	10:50:00	58.6	91.9
10:52:00	21.5	10.4	48%	52%	10:52:00	58.3	91.9
10:54:00	18.8	10.4	55%	45%	10:54:00	57	91.9
10:56:00	23	10.4	45%	55%	10:56:00	54.4	91.9
10:58:00	23.1	10.5	45%	55%	10:58:00	51	91.9
11:00:00	24.8	10.5	42%	58%	11:00:00	51.3	91.9
11:02:00	27.9	10.6	38%	62%	11:02:00	48.2	91.9
11:04:00	29	10.6	37%	63%	11:04:00	44.4	91.9
11:06:00	30	10.7	36%	64%	11:06:00	41.3	91.9
11:08:00	30.1	10.7	36%	64%	11:08:00	38.6	91.9
11:10:00	29.2	10.7	37%	63%	11:10:00	40.8	91.9
11:12:00	31.4	10.8	34%	66%	11:12:00	42.3	91.9
11:14:00	31.2	10.8	35%	65%	11:14:00	41.6	91.9
11:16:00	30	10.9	36%	64%	11:16:00	40.3	91.9
11:18:00	27	10.9	40%	60%	11:18:00	39	91.9
11:20:00	26	10.9	42%	58%	11:20:00	37.2	91.9
11:22:00	28.6	11	38%	62%	11:22:00	38.6	91.9
11:24:00	26	11	42%	58%	11:24:00	41.6	92
11:26:00	24.4	11	45%	55%	11:26:00	44.7	91.9
11:28:00	21.4	11	51%	49%	11:28:00	47.2	92
11:30:00	19.6	11	56%	44%	11:30:00	51	91.9
11:32:00	18.8	11	59%	41%	11:32:00	55.4	91.9
11:34:00	18.1	11.1	61%	39%	11:34:00	58.7	91.9
11:36:00	17.9	11.1	62%	38%	11:36:00	61.6	91.9
11:38:00	18.2	11.1	61%	39%	11:38:00	64.4	91.9
11:40:00	17.9	11.1	62%	38%	11:40:00	65.4	92
11:42:00	17.3	11.1	64%	36%	11:42:00	65.2	91.9
11:44:00	17.4	11.1	64%	36%	11:44:00	67.1	91.9

11:46:00	17.1	11.1	65%	35%	11:46:00	66.9	91.9
7:16:00	18.7	9.7	52%	48%	7:16:00	100	94.7
7:18:00	20.2	9.7	48%	52%	7:18:00	100	94.7
7:20:00	21.7	9.7	45%	55%	7:20:00	100	94.7
7:22:00	23.1	9.7	42%	58%	7:22:00	100	94.7
7:24:00	23.3	9.8	42%	58%	7:24:00	100	94.7
7:26:00	25.4	9.8	39%	61%	7:26:00	100	94.7
7:28:00	27	9.8	36%	64%	7:28:00	100	94.7
7:30:00	26.7	9.8	37%	63%	7:30:00	100	94.7
7:32:00	26.8	9.9	37%	63%	7:32:00	100	94.7
7:34:00	27	9.9	37%	63%	7:34:00	100	94.7
7:36:00	26.3	9.9	38%	62%	7:36:00	100	94.7
7:38:00	24.6	10	41%	59%	7:38:00	100	94.7
7:40:00	22.7	10	44%	56%	7:40:00	100	94.7
7:42:00	22.7	10.1	44%	56%	7:42:00	100	94.7
7:44:00	24.6	10.1	41%	59%	7:44:00	100	94.7
7:46:00	27.6	10.1	37%	63%	7:46:00	98	94.7
7:48:00	29.6	10.1	34%	66%	7:48:00	96.5	94.7
7:50:00	29	10.2	35%	65%	7:50:00	94	94.7
7:52:00	27.9	10.2	37%	63%	7:52:00	91.3	94.7
7:54:00	29.2	10.2	35%	65%	7:54:00	90	94.7
7:56:00	29.8	10.2	34%	66%	7:56:00	88.1	94.7
7:58:00	29.7	10.2	34%	66%	7:58:00	86.5	94.7
8:00:00	29.4	10.2	35%	65%	8:00:00	83.6	94.7
8:02:00	29.1	10.2	35%	65%	8:02:00	80.8	94.7
8:04:00	29.6	10.3	35%	65%	8:04:00	78.3	94.7
8:06:00	29.7	10.3	35%	65%	8:06:00	77.7	94.7
8:08:00	26.5	10.3	39%	61%	8:08:00	75.1	94.7
8:10:00	27.7	10.3	37%	63%	8:10:00	72.7	94.7
8:12:00	27.7	10.3	37%	63%	8:12:00	70	94.7
8:14:00	30.5	10.3	34%	66%	8:14:00	68.6	94.7
8:16:00	28.9	10.3	36%	64%	8:16:00	66.8	94.7
8:18:00	30.7	10.3	34%	66%	8:18:00	65.4	94.7
8:20:00	29.1	10.3	35%	65%	8:20:00	63.6	94.7
8:22:00	26.1	10.4	40%	60%	8:22:00	61.4	94.7
8:24:00	25.3	10.4	41%	59%	8:24:00	59.7	94.7
8:26:00	26.7	10.4	39%	61%	8:26:00	58.1	94.7
8:28:00	27.2	10.5	39%	61%	8:28:00	56.8	94.7
8:30:00	27.2	10.5	39%	61%	8:30:00	55.2	94.7
8:32:00	25.6	10.5	41%	59%	8:32:00	54	94.7
8:34:00	26.7	10.6	40%	60%	8:34:00	57.9	94.7
8:36:00	28.8	10.6	37%	63%	8:36:00	61	94.7
8:38:00	28.7	10.6	37%	63%	8:38:00	63.3	94.7
8:40:00	28.7	10.6	37%	63%	8:40:00	65.5	94.7
8:42:00	27.7	10.6	38%	62%	8:42:00	67.2	94.7
8:44:00	26.3	10.6	40%	60%	8:44:00	68	94.7
8:46:00	26.4	10.6	40%	60%	8:46:00	68.4	94.7
8:48:00	30.7	10.7	35%	65%	8:48:00	67.8	94.7
8:50:00	30.2	10.7	35%	65%	8:50:00	66.4	94.7
8:52:00	28.4	10.7	38%	62%	8:52:00	64.4	94.7
8:54:00	26.2	10.7	41%	59%	8:54:00	62.5	94.7
8:56:00	24.8	10.8	44%	56%	8:56:00	60.6	94.7
8:58:00	26.5	10.8	41%	59%	8:58:00	58.9	94.7
9:00:00	24.7	10.8	44%	56%	9:00:00	57.1	94.7
9:02:00	26.2	10.8	41%	59%	9:02:00	55.9	94.7
9:04:00	28.4	10.8	38%	62%	9:04:00	54.8	94.7
9:06:00	30.1	10.9	36%	64%	9:06:00	54.4	94.7
9:08:00	31.4	10.9	35%	65%	9:08:00	55.1	94.7
9:10:00	29	10.9	38%	62%	9:10:00	54.8	94.7
9:12:00	26.9	10.9	41%	59%	9:12:00	53.9	94.7
9:14:00	27.4	11	40%	60%	9:14:00	53.3	94.7
9:16:00	26.3	11	42%	58%	9:16:00	53	94.7
9:18:00	24.9	11	44%	56%	9:18:00	51.9	94.7
9:20:00	26.9	11.1	41%	59%	9:20:00	51.5	94.7
9:22:00	25	11.1	44%	56%	9:22:00	51.1	94.7
9:24:00	24.3	11.2	46%	54%	9:24:00	50.6	94.7
9:26:00	23.6	11.2	47%	53%	9:26:00	50	94.7
9:28:00	21.6	11.2	52%	48%	9:28:00	47	94.7
9:30:00	19.6	11.2	57%	43%	9:30:00	43.24	94.7
9:32:00	17.9	11.2	63%	37%	9:32:00	41.6	94.7

9:34:00	17.2	11.3	66%	34%	9:34:00	39.8	94.7
9:38:00	17.2	11.3	66%	34%	9:38:00	37.5	94.7
9:40:00	18.9	11.4	60%	40%	9:40:00	37	94.7
9:42:00	20.5	11.5	56%	44%	9:42:00	37	94.7
9:44:00	21	11.5	55%	45%	9:44:00	37.1	94.7
9:46:00	22.6	11.6	51%	49%	9:46:00	37.6	94.7
9:48:00	21.7	11.6	53%	47%	9:48:00	37.7	94.8
9:50:00	20.4	11.7	57%	43%	9:50:00	37.9	94.7
9:52:00	19.8	11.7	59%	41%	9:52:00	37.7	94.7
9:54:00	18.9	11.7	62%	38%	9:54:00	37.3	94.7
9:56:00	17.4	11.7	67%	33%	9:56:00	36.6	94.7
10:56:00	18.1	11.8	65%	35%	10:56:00	50.1	94.7
10:58:00	21.3	11.7	55%	45%	10:58:00	51.1	94.7
11:00:00	21.4	13	61%	39%	11:00:00	52.6	94.7
11:02:00	21.3	13.1	62%	38%	11:02:00	53.6	94.7
11:04:00	20.9	13.1	63%	37%	11:04:00	54.2	94.7
11:06:00	18.5	13.1	71%	29%	11:06:00	53.3	94.7
12:00	29	12.6	43%	57%	12:00	55.7	92.4
12:02	28.3	12.6	45%	55%	12:02	55.1	93.6
12:04	28.4	12.6	44%	56%	12:04	54.4	95
12:06	28.4	12.6	44%	56%	12:06	53.6	96
12:08	27.2	12.5	46%	54%	12:08	52.5	96.7
12:10	26.4	12.6	48%	52%	12:10	51.4	97.2
12:12	26	12.5	48%	52%	12:12	51	97.4
12:14	25	12.5	50%	50%	12:14	49.9	97.5
12:16	25.1	12.5	50%	50%	12:16	49.5	97.7
12:18	24.5	12.5	51%	49%	12:18	48.6	97.9
12:20	23.9	12.5	52%	48%	12:20	48.2	98.1
12:22	25.2	12.5	50%	50%	12:22	48.7	98.3
12:24	25	12.5	50%	50%	12:24	47.9	98.5
12:26	24.6	12.5	51%	49%	12:26	47.3	98.7
12:28	24.1	12.5	52%	48%	12:28	47.2	98.8
12:30	23.7	12.5	53%	47%	12:30	47.1	98.9
12:32	23.1	12.5	54%	46%	12:32	46.9	99
12:34	22.6	12.5	55%	45%	12:34	46.8	99.1
12:36	22.1	12.5	57%	43%	12:36	46.7	99.2
12:38	21.3	12.6	59%	41%	12:38	46.3	99.2
12:40	21	12.6	60%	40%	12:40	45.9	99.3
12:42	20.6	12.6	61%	39%	12:42	45.7	99.4
12:44	19.8	12.6	64%	36%	12:44	44.9	99.4
12:46	19.7	12.6	64%	36%	12:46	45	99.5
12:48	19.4	12.6	65%	35%	12:48	45.2	99.5
12:50	19.1	12.6	66%	34%	12:50	45.4	99.6
12:52	18.8	12.6	67%	33%	12:52	45.6	99.6
12:54	18.6	12.6	68%	32%	12:54	45.9	99.7
12:56	18.4	12.7	69%	31%	12:56	46.1	99.6
12:58	18.2	12.6	69%	31%	12:58	46.3	99.7
13:00	18	12.6	70%	30%	13:00	46.4	99.7
13:02	17.9	12.6	70%	30%	13:02	46.5	99.7
13:04	17.7	12.6	71%	29%	13:04	46.6	99.8
13:06	17.5	12.6	72%	28%	13:06	46.4	99.8
13:08	17.3	12.6	73%	27%	13:08	46.1	99.8
13:10	17.2	12.6	73%	27%	13:10	46.1	99.8
13:12	17	12.6	74%	26%	13:12	46.4	99.9
		Promedio (\bar{x})	63%	37%	Promedio (\bar{x})	60.3	95.3

2.2. Temperaturas registradas dentro de las bromelias y en el medio externo a las bromelias al momento de estar bajo la influencia de luz solar directa, cuando las temperaturas del medio externo a la bromelia fueron mayores al promedio (22.0°C) bajo esta condición en tiempo atmosférico soleado (22.1-31.4°C). Se muestra porcentaje de amortiguación representado por la disminución de temperaturas en bromelias y el porcentaje de la temperatura del medio externo expuesto al sol contenido en las bromelias.

FORMATTED DATE_TIME	°C	°C	%	%
Hora de toma de muestra	Temp/sol °C	Temp/Bromelia °C	Porcentaje de la Temperatura del medio externo al sol en las bromelias	Porcentaje de disminución de Temperaturas en Bromelias
9:16:00	24.3	13.5	56%	44%
9:18:00	26.9	13.6	51%	49%
9:20:00	28.6	13.8	48%	52%
9:22:00	25.3	13.9	55%	45%
9:24:00	25.1	14	56%	44%
9:26:00	25.9	14.1	54%	46%
9:28:00	23.4	14.1	60%	40%
9:30:00	24.4	14.2	58%	42%
9:32:00	24.3	14.2	58%	42%
9:34:00	25.3	14.2	56%	44%
9:38:00	25.2	14.2	56%	44%
9:40:00	24.8	14.2	57%	43%
9:42:00	24.3	14.2	58%	42%
9:44:00	24.9	14.2	57%	43%
9:46:00	26.2	14.2	54%	46%
9:48:00	23	14.2	62%	38%
9:50:00	25.7	14.2	55%	45%
9:54:00	22.2	14.2	64%	36%
9:56:00	23.2	14.2	61%	39%
8:46:00	22.2	15.9	72%	28%
8:58:00	28.5	15.6	55%	45%
9:02:00	24.8	15.7	63%	37%
9:06:00	28.7	15.8	55%	45%
9:08:00	28.9	15.9	55%	45%
9:12:00	24	16	67%	33%
9:14:00	25.6	16.1	63%	37%
9:16:00	26.2	16.2	62%	38%
9:18:00	29.4	16.3	55%	45%
9:20:00	29.9	16.5	55%	45%
9:22:00	28.3	16.7	59%	41%
9:24:00	24.2	16.7	69%	31%
9:26:00	24.9	16.7	67%	33%
9:30:00	24.6	16.7	68%	32%
9:32:00	24.4	16.7	68%	32%
9:38:00	26.2	16.5	63%	37%
9:40:00	25.4	16.5	65%	35%
9:42:00	23.3	16.4	70%	30%
9:44:00	24.5	16.4	67%	33%
9:46:00	24.8	16.4	66%	34%
9:50:00	24.7	16.4	66%	34%
9:56:00	22.5	16.4	73%	27%
10:42:00	22.2	17.6	79%	21%
10:44:00	22.5	17.6	78%	22%
10:46:00	24.8	17.6	71%	29%
10:48:00	25.2	17.6	70%	30%
10:50:00	24.1	17.6	73%	27%
10:54:00	22.2	17.6	79%	21%
13:44:00	23.3	14.4	62%	38%
13:46:00	23.3	14.4	62%	38%
13:48:00	24.7	14.4	58%	42%
13:50:00	26.2	14.4	55%	45%
13:52:00	27	14.4	53%	47%
13:54:00	27.2	14.4	53%	47%
13:56:00	27.4	14.4	53%	47%
13:58:00	27.6	14.4	52%	48%
14:00:00	27.6	14.4	52%	48%
14:02:00	27.6	14.4	52%	48%
14:04:00	29.2	14.4	49%	51%

14:06:00	30.1	14.4	48%	52%
14:08:00	29	14.4	50%	50%
14:10:00	28.6	14.4	50%	50%
14:12:00	28.2	14.4	51%	49%
14:14:00	28.4	14.4	51%	49%
14:16:00	28.3	14.4	51%	49%
14:18:00	29.2	14.4	49%	51%
14:20:00	28.4	14.4	51%	49%
14:22:00	28.4	14.4	51%	49%
14:24:00	27.1	14.4	53%	47%
14:26:00	26.2	14.4	55%	45%
14:28:00	25.9	14.4	56%	44%
14:30:00	25.5	14.4	56%	44%
14:32:00	25.6	14.4	56%	44%
14:34:00	25.4	14.4	57%	43%
14:36:00	25.1	14.4	57%	43%
14:38:00	24.7	14.4	58%	42%
14:40:00	24.7	14.4	58%	42%
14:42:00	24.5	14.4	59%	41%
14:44:00	23.5	14.4	61%	39%
14:46:00	22.6	14.4	64%	36%
14:48:00	23.6	14.4	61%	39%
14:50:00	25.4	14.4	57%	43%
14:52:00	26	14.4	55%	45%
14:54:00	25.5	14.4	56%	44%
14:56:00	27	14.4	53%	47%
14:58:00	27.2	14.4	53%	47%
15:00:00	26.8	14.4	54%	46%
15:02:00	26.1	14.4	55%	45%
15:04:00	24.3	14.3	59%	41%
15:06:00	22.4	14.3	64%	36%
15:08:00	25.1	14.3	57%	43%
15:10:00	26.1	14.3	55%	45%
15:12:00	26.4	14.3	54%	46%
15:14:00	27.1	14.3	53%	47%
9:08:00	22.2	15	68%	32%
9:10:00	22.5	15	67%	33%
9:12:00	24.7	15.1	61%	39%
9:14:00	22.4	15.2	68%	32%
9:20:00	26.4	15.5	59%	41%
9:22:00	26.7	15.7	59%	41%
9:24:00	27.6	15.8	57%	43%
9:26:00	28.4	16	56%	44%
9:28:00	29.8	16.1	54%	46%
9:30:00	30.1	16.3	54%	46%
9:32:00	30.1	16.5	55%	45%
9:34:00	30.2	16.6	55%	45%
9:36:00	30.9	16.7	54%	46%
9:38:00	31.1	16.9	54%	46%
9:40:00	31.1	17.1	55%	45%
9:42:00	31.1	17.2	55%	45%
9:44:00	31.2	17.3	55%	45%
9:46:00	31.1	17.4	56%	44%
9:48:00	30.8	17.4	56%	44%
9:50:00	27.6	17.5	63%	37%
9:52:00	29	17.5	60%	40%
9:54:00	30.8	17.6	57%	43%
9:56:00	30.5	17.8	58%	42%
9:58:00	30.9	17.9	58%	42%
10:00:00	30.5	18	59%	41%
10:02:00	30.1	18	60%	40%
10:04:00	30.1	18.1	60%	40%
10:06:00	29.9	18.2	61%	39%
10:08:00	30.7	18.2	59%	41%
10:10:00	30	18.2	61%	39%
10:12:00	29.7	18.3	62%	38%
10:14:00	28.5	18.3	64%	36%
10:16:00	27.4	18.3	67%	33%
10:18:00	27.7	18.3	66%	34%
10:20:00	26.3	18.3	70%	30%
10:22:00	28.8	18.3	64%	36%
10:24:00	28.8	18.3	64%	36%
10:26:00	28.8	18.3	64%	36%
10:28:00	28.3	18.2	64%	36%
10:30:00	28.9	18.3	63%	37%

10:32:00	27.2	18.4	68%	32%
10:34:00	25.3	18.5	73%	27%
10:36:00	26.1	18.5	71%	29%
10:38:00	25.4	18.5	73%	27%
10:40:00	25.3	18.4	73%	27%
10:42:00	22.4	18.3	82%	18%
10:44:00	24.3	18.3	75%	25%
10:46:00	24.1	18.3	76%	24%
10:48:00	23.1	18.2	79%	21%
10:52:00	22.4	18.2	81%	19%
11:10:00	22.4	17.8	79%	21%
11:14:00	26.9	17.8	66%	34%
7:18:00	22.3	11.5	52%	48%
7:20:00	24.4	11.5	47%	53%
7:22:00	25.6	11.5	45%	55%
7:24:00	26.7	11.5	43%	57%
7:26:00	28	11.6	41%	59%
7:28:00	29.2	11.6	40%	60%
7:30:00	28.5	11.6	41%	59%
7:32:00	29.2	11.6	40%	60%
7:34:00	29.3	11.7	40%	60%
7:36:00	29.1	11.7	40%	60%
7:38:00	29	11.7	40%	60%
7:40:00	29.3	11.7	40%	60%
7:42:00	29.1	11.8	41%	59%
7:44:00	27.7	11.8	43%	57%
7:46:00	25.1	11.8	47%	53%
7:48:00	23.5	11.8	50%	50%
7:50:00	23.9	11.9	50%	50%
7:52:00	25.3	11.9	47%	53%
7:54:00	26	11.9	46%	54%
7:56:00	25.9	11.9	46%	54%
7:58:00	25.7	12	47%	53%
8:00:00	26.1	12	46%	54%
8:02:00	26.7	12	45%	55%
8:04:00	27.3	12	44%	56%
8:06:00	24.8	12	48%	52%
8:08:00	25.1	12.1	48%	52%
8:10:00	26.1	12.1	46%	54%
8:12:00	27.6	12.1	44%	56%
8:14:00	28.4	12.1	43%	57%
8:16:00	27.6	12.2	44%	56%
8:18:00	25.8	12.2	47%	53%
8:20:00	24.9	12.2	49%	51%
8:22:00	26.4	12.2	46%	54%
8:24:00	27.6	12.3	45%	55%
8:26:00	27.5	12.3	45%	55%
8:28:00	25.7	12.3	48%	52%
8:30:00	24	12.4	52%	48%
8:32:00	22.7	12.4	55%	45%
8:46:00	23.2	12.6	54%	46%
8:48:00	25.2	12.7	50%	50%
8:50:00	22.9	12.7	55%	45%
8:54:00	22.5	12.7	56%	44%
8:56:00	24.1	12.8	53%	47%
8:58:00	23.1	12.8	55%	45%
9:00:00	22.3	12.8	57%	43%
9:36:00	22.8	13.1	57%	43%
9:38:00	23	13.1	57%	43%
9:40:00	24.9	13.1	53%	47%
12:14:00	22.6	14	62%	38%
14:46:00	23.2	10.4	45%	55%
14:48:00	23	10.3	45%	55%
14:50:00	24.4	10.3	42%	58%
14:52:00	25	10.3	41%	59%
14:54:00	25.9	10.3	40%	60%
15:18:00	24.2	10	41%	59%
15:20:00	26.8	10	37%	63%
15:22:00	27.9	10	36%	64%
15:24:00	27.5	10	36%	64%
15:26:00	24.6	10	41%	59%
15:30:00	23.1	10	43%	57%
15:32:00	22.6	10	44%	56%
15:34:00	23.5	10	43%	57%
15:36:00	23.7	10	42%	58%

15:38:00	24.3	10	41%	59%
15:40:00	23.6	10	42%	58%
15:42:00	26.2	10	38%	62%
15:44:00	22.5	10	44%	56%
11:08:00	25.5	12.4	49%	51%
11:10:00	28.2	12.4	44%	56%
11:12:00	26.1	12.5	48%	52%
11:14:00	23.8	12.5	53%	47%
11:16:00	22.3	12.5	56%	44%
7:42:00	26.7	8.7	33%	67%
7:44:00	27.4	8.7	32%	68%
7:46:00	23.8	8.7	37%	63%
7:52:00	23.8	8.8	37%	63%
7:56:00	23.8	8.8	37%	63%
8:06:00	27.2	8.8	32%	68%
8:08:00	26.6	8.9	33%	67%
8:22:00	23.7	8.9	38%	62%
8:24:00	24.8	8.9	36%	64%
8:26:00	25.7	8.9	35%	65%
8:28:00	23	9	39%	61%
8:30:00	25.1	9	36%	64%
8:32:00	23.4	9	38%	62%
8:34:00	22.6	9	40%	60%
8:44:00	23.2	9.1	39%	61%
8:50:00	24.2	9.1	38%	62%
8:52:00	25.4	9.2	36%	64%
8:56:00	25	9.2	37%	63%
8:58:00	27.4	9.2	34%	66%
9:00:00	29.6	9.3	31%	69%
9:04:00	22.5	9.3	41%	59%
9:06:00	23.2	9.3	40%	60%
9:08:00	23.7	9.3	39%	61%
9:10:00	25.3	9.4	37%	63%
9:12:00	24.6	9.4	38%	62%
9:14:00	24.8	9.4	38%	62%
9:16:00	25.5	9.4	37%	63%
9:18:00	23.2	9.4	41%	59%
9:20:00	24.5	9.5	39%	61%
9:22:00	25.6	9.5	37%	63%
9:24:00	25.1	9.5	38%	62%
9:26:00	25.7	9.5	37%	63%
9:28:00	26	9.5	37%	63%
9:34:00	25.3	9.5	38%	62%
9:36:00	26	9.5	37%	63%
9:38:00	26.1	9.6	37%	63%
9:40:00	27.5	9.6	35%	65%
9:42:00	25.7	9.6	37%	63%
9:44:00	22.9	9.7	42%	58%
9:58:00	25.3	9.8	39%	61%
10:00:00	28.7	9.8	34%	66%
10:06:00	29.8	9.9	33%	67%
10:08:00	28.2	9.9	35%	65%
10:10:00	28.9	10	35%	65%
10:12:00	28.9	10	35%	65%
10:14:00	27.1	10	37%	63%
10:16:00	23.3	10.1	43%	57%
10:20:00	28.6	10.1	35%	65%
10:22:00	27.1	10.1	37%	63%
10:24:00	25.9	10.1	39%	61%
10:26:00	25	10.1	40%	60%
10:28:00	24.2	10.2	42%	58%
10:30:00	23	10.2	44%	56%
10:32:00	23	10.2	44%	56%
10:34:00	22.6	10.2	45%	55%
10:56:00	23	10.4	45%	55%
10:58:00	23.1	10.5	45%	55%
11:00:00	24.8	10.5	42%	58%
11:02:00	27.9	10.6	38%	62%
11:04:00	29	10.6	37%	63%
11:06:00	30	10.7	36%	64%
11:08:00	30.1	10.7	36%	64%
11:10:00	29.2	10.7	37%	63%
11:12:00	31.4	10.8	34%	66%
11:14:00	31.2	10.8	35%	65%
11:16:00	30	10.9	36%	64%

11:18:00	27	10.9	40%	60%
11:20:00	26	10.9	42%	58%
11:22:00	28.6	11	38%	62%
11:24:00	26	11	42%	58%
11:26:00	24.4	11	45%	55%
7:22:00	23.1	9.7	42%	58%
7:24:00	23.3	9.8	42%	58%
7:26:00	25.4	9.8	39%	61%
7:28:00	27	9.8	36%	64%
7:30:00	26.7	9.8	37%	63%
7:32:00	26.8	9.9	37%	63%
7:34:00	27	9.9	37%	63%
7:36:00	26.3	9.9	38%	62%
7:38:00	24.6	10	41%	59%
7:40:00	22.7	10	44%	56%
7:42:00	22.7	10.1	44%	56%
7:44:00	24.6	10.1	41%	59%
7:46:00	27.6	10.1	37%	63%
7:48:00	29.6	10.1	34%	66%
7:50:00	29	10.2	35%	65%
7:52:00	27.9	10.2	37%	63%
7:54:00	29.2	10.2	35%	65%
7:56:00	29.8	10.2	34%	66%
7:58:00	29.7	10.2	34%	66%
8:00:00	29.4	10.2	35%	65%
8:02:00	29.1	10.2	35%	65%
8:04:00	29.6	10.3	35%	65%
8:06:00	29.7	10.3	35%	65%
8:08:00	26.5	10.3	39%	61%
8:10:00	27.7	10.3	37%	63%
8:12:00	27.7	10.3	37%	63%
8:14:00	30.5	10.3	34%	66%
8:16:00	28.9	10.3	36%	64%
8:18:00	30.7	10.3	34%	66%
8:20:00	29.1	10.3	35%	65%
8:22:00	26.1	10.4	40%	60%
8:24:00	25.3	10.4	41%	59%
8:26:00	26.7	10.4	39%	61%
8:28:00	27.2	10.5	39%	61%
8:30:00	27.2	10.5	39%	61%
8:32:00	25.6	10.5	41%	59%
8:34:00	26.7	10.6	40%	60%
8:36:00	28.8	10.6	37%	63%
8:38:00	28.7	10.6	37%	63%
8:40:00	28.7	10.6	37%	63%
8:42:00	27.7	10.6	38%	62%
8:44:00	26.3	10.6	40%	60%
8:46:00	26.4	10.6	40%	60%
8:48:00	30.7	10.7	35%	65%
8:50:00	30.2	10.7	35%	65%
8:52:00	28.4	10.7	38%	62%
8:54:00	26.2	10.7	41%	59%
8:56:00	24.8	10.8	44%	56%
8:58:00	26.5	10.8	41%	59%
9:00:00	24.7	10.8	44%	56%
9:02:00	26.2	10.8	41%	59%
9:04:00	28.4	10.8	38%	62%
9:06:00	30.1	10.9	36%	64%
9:08:00	31.4	10.9	35%	65%
9:10:00	29	10.9	38%	62%
9:12:00	26.9	10.9	41%	59%
9:14:00	27.4	11	40%	60%
9:16:00	26.3	11	42%	58%
9:18:00	24.9	11	44%	56%
9:20:00	26.9	11.1	41%	59%
9:22:00	25	11.1	44%	56%
9:24:00	24.3	11.2	46%	54%
9:26:00	23.6	11.2	47%	53%
9:46:00	22.6	11.6	51%	49%
12:00	29	12.6	43%	57%
12:02	28.3	12.6	45%	55%
12:04	28.4	12.6	44%	56%
12:06	28.4	12.6	44%	56%
12:08	27.2	12.5	46%	54%
12:10	26.4	12.6	48%	52%

ANEXO 3

Registro fotográfico complementario

3.1. Salamandras de la especie *B. synoria* mostrando hábitos generalistas en el suelo, entre rocas, hojarasca y vegetación de sotobosque.



3.2. Preplex bífido de la rana *Plectrohyla guatemalensis* y un macho adulto in situ al interior de una bromelia.



3.3. Uso de bolsas plásticas de un solo uso para manejo y contención de anfibios.

