

# BOLETÍN

DE LA ACADEMIA

DE CIENCIAS FÍSICAS

MATEMÁTICAS Y NATURALES

DE VENEZUELA

VOLUMEN LXXVII

NÚMERO 1

ENERO-MARZO 2017

DEPÓSITO LEGAL : N° PP 197603 DC 602

ISBN: 1856 - 9633

**Academia de  
Ciencias Físicas,  
Matemáticas y Naturales de  
Venezuela**

**BOLETÍN  
Vol. LXXVII  
No. 1**

2017

**Academia de  
Ciencias  
Físicas, Matemáticas y Naturales  
de Venezuela**

**Junta de Directores 2015-2017**

Presidente:	Gioconda Cunto de San Blas
Primer Vicepresidente:	Mireya Rincón de Goldwasser
Segundo Vicepresidente:	Franco Urbani Pattat
Secretario:	Antonio Machado-Allison
Tesorero:	Deanna Della Casa de Marcano
Bibliotecario:	Vidal Rodríguez Lemoine

Comisión Editora del Boletín:  
Editor Jefe: Antonio Machado Allison

Comisión Editora:  
Claudio Bifano, Vidal Rodríguez Lemoine, Carlos A. Di Prisco y Gioconda Cunto de San Blas

Este número ha sido diseñado, revisado y corregido por Vidal Rodríguez Lemoine, Gioconda San Blas y Antonio Machado-Allison

Publicado trimestralmente por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Palacio de las Academias. Av. Universidad, Apartado de Correo 1421. Caracas, 1010-A. Venezuela. Depósito Legal pp. 76-0905

Los Artículos publicados en el Boletín podrán ser reproducidos, en todo o en parte, siempre y cuando se indique la fuente. Las opiniones expresadas en los artículos firmados son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

## Individuos de Número

I.	Luis Báez Duarte
II.	Arnoldo Gabaldón
III.	Antonio Machado Allison
IV.	Claudio Bifano
V.	Eduardo Buroz (electo)
VI.	Roberto Callarotti
VII.	Vidal Rodríguez Lemoine
VIII.	Carlo Caputo F.
IX.	Wolfgang Scherer Gruber
X.	Fernando Cervigón
XI.	Jorge Mostany (electo)
XII.	Carlos Machado Allison
XIII.	Francisco Kerdel Vegas
XIV.	Benjamín Scharifker
XV.	José Grases Galofré
XVI.	VACANTE
XVII.	Ignacio L. Iribarren
XVIII.	Gabriel Chuchani
XIX.	Federico Pannier
XX.	Gioconda Cunto de San Blas
XXI.	Mireya Rincón de Goldwasser
XXII.	VACANTE
XXIII.	Deanna de la Casa de Marcano
XXIV.	Pedro Cunill Grau
XXV.	Liliana López
XXVI.	Jaime Requena
XXVII.	Carlos A. Di Prisco
XXVIII.	Franco Urbani
XXIX.	José Luis Paz
XXX.	VACANTE

## Miembros Correspondientes Nacionales:

Jorge Baralt Torrijos  
Pedro Berrizbeitia  
Ismardo Bonalde  
Pedro Durant  
María Eugenia Grillet  
Lelis Bravo de Gueni  
Margarita Lampo

José Rafael León  
Miguel Octavio Vega  
Enrique Planchart  
Flor Pujol  
Pedro José Urriola Muñoz

## Miembros Correspondientes Extranjeros:

**Argentina:**

Roberto Diego Cotta, Jorge Rabinovich.

**Armenia:**

Gurgen P. Tamrazyan.

**Brasil**

Hernan Chaimovich.

**Colombia:**

Luis E. Mora-Osejo, Jorge Arboleda Valencia.

**Ecuador:**

Luis A. Romo Saltos.

**España**

Juan José Alzugaray Aguirre, Rigoberto Díaz Cadavieco, Rafael Heras Rodríguez, Ramón Martín Mateo, Ángel Martín Municio, Marco Aurelio Vila.

**Estados Unidos de Norte América:**

Martín M. Cummings, Melvin S. Day, Shirley Ann Jackson, Edward H. Levi, Chen Ning Yang.

**Francia:**

Jean Dercourt, Francois Gros.

**Italia:**

Julián Chela Flores.

**México:**

Luis Esteva Maraboto.

**Reino Unido:**

Sir Ernest Ronald Oxburgh, Sir Michael Atiyab, Stephen L. Bragg, Sir John Meurig Thomas, Nicholas J. Young, Audrey Butt Colson.

**Perú**

Guillermo Whitembury

**Trinidad & Tobago**

Harold Ramkinsoon

---

## Comisiones Permanentes:

---

- 1 *De Matemáticas Puras:*  
Carlos Di Prisco (Director), Luis Báez Duarte, Ignacio Iribarren y Pedro Berrizbeitia.
- 2 *De Matemáticas Aplicadas:*  
Ignacio Iribarren (Director).
- 3 *De Astronomía, Geografía, Hidrología y Náutica:*  
Pedro Cunill Grau (Director) y Fernando Cervigón.
- 4 *De Ciencias Físicas y sus Aplicaciones:*  
Roberto Callarotti (Director).
- 5 *De Química y sus Aplicaciones:*  
Gabriel Chuchani (Director), Claudio Bifano, Benjamín Scharifker, Jose L. Paz y Mireya de Goldwasser.
- 6 *De Ciencias Naturales y sus aplicaciones al estudio de las riquezas naturales del país:*  
Antonio Machado-Allison (Director), Gioconda Cunto de San Blas y Carlos Machado-Allison.
- 7 *De Estudio de Obras de Enseñanza:*  
Deanna de Marcano, Vidal Rodríguez Lemoine y Jorge Mostany.
- 8 *De Geología y Minería:*  
Franco Urbani (Director), Wolfgang Scherer Gruber y José Grases Galofré.
- 9 *De Agronomía:*  
Carlos Machado-Allison (Director) y Federico Pannier.
- 10 *De Meteorología:*  
Pedro Cunill Grau (Director).
- 11 *De Cuentas:*  
Antonio Machado-Allison (Director)
- 12 *De Becas y Subsidios:*  
Vidal Rodríguez Lemoine (Director) y Jaime Requena
- 13 *De Presupuesto:*  
Deanna de Marcano, Claudio Bifano y Antonio Machado-Allison
- 14 *Comisión Editora del Boletín:*  
Antonio Machado-Allison (Editor-Jefe), Claudio Bifano, Vidal Rocríguez Lemoine, Carlos Di Prisco y Gioconda Cunto de San Blas.

---

## CONTENIDO

---

EDITORIAL	VII
1 Contribución de Alfredo Jhan Harman al conocimiento de la climatología en Venezuela	9
<i>Sergio Foghin-Pillin</i>	
2 Conservation proposals for the antillean manatee <i>Trichechus manatus manatus</i> in Venezuela	49
<i>Ernesto Otto Boede y Esmeralda Mujica-Jorquera</i>	
3 La quitridiomycosis cutánea: una enfermedad emergente que amenaza a los anfibios de Venezuela	55
<i>Margarita Lampo</i>	

## EDITORIAL

### Ríos en riesgo en Venezuela

*Antonio Machado-Allison*

Recientemente ha sido publicada una importante contribución al diagnóstico, conocimiento, usos y estados de conservación de nuestros ríos. El libro “*Ríos en Riesgo de Venezuela*” (2017) cuyo editor es el Dr. Douglas Rodríguez-Olarte y bajo los auspicios de la Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado (UCLA) nos presenta un compendio de artículos de un gran número de investigadores nacionales en donde se plasman las experiencias, datos, recomendaciones y sugerencias sobre políticas públicas que deberán ser tomadas en cuenta para garantizar el mantenimiento del estado de conservación de las aún prístinas cuencas que tenemos en el país, desarrollar actividades que impidan un deterioro mayor y por otro lado, mejorar las condiciones de aquellas cuencas intervenidas por la acción del hombre.

El editor nos introduce en la problemática indicando:

*“Prácticamente todos los pueblos, las ciudades y hasta los países han evolucionado gracias a los ríos, a los alimentos que producen, la navegación que permiten y la cultura que generan. Pero ante la enorme, continuada, diversa y gratuita oferta de servicios ecosistémicos fundamentales que los ríos ofrecen, la respuesta de la civilización ha sido una extraordinaria depauperación de los mismos. Si usted en este momento alza la vista y observa con cuidado su derredor urbano o rural es muy probable que detecte la presencia de un río -un arroyo, una quebrada- en las cercanías y, casi con terrible seguridad, ese río estará contaminado, transfigurado o seco. He aquí una percepción primaria que también es una verdad simple y global: Los ríos son ecosistemas fundamentales para la vida, pero son frágiles, están en riesgo y si, se extinguen.”*

Así las cosas, los investigadores en esta primera edición, nos introducen en el conocimiento de nuestros ambientes desde el punto de vista geográfico y ecológico. Por ejemplo: el estado y conocimiento de los ríos en la vertiente occidental del Lago de Maracaibo (Rincón), en Los Andes (Segnini y Chacón), el Río Turbio (Rodríguez-Olarte *et al*), los ríos de los Llanos (Montoya *et al*), el Bajo Orinoco (Mora *et al*) y los ríos del Delta (Monente *et al*). Por otro lado, se presenta una valoración de nuestros cuerpos de agua como recurso doméstico, industrial o contemplativo (escénico), cultural y los potenciales factores que los amenazan y transforman. Así, tenemos juicios sobre: los ríos y aguas subterráneas (Galán y Herrera), escenarios de cambio climático y conservación (Méndez *et al*), conservación, petróleo y minería (Machado-Allison), las leyes de protección (Riestra) y el derecho internacional fluvial y ríos transfronterizos (Sainz-Borgo y Fernández).

En estos capítulos se indican como cualquier actividad humana (leve o extrema), puede causar la degeneración de un río por una contaminación, modificación de su cauce, extracción de suelo o sea sometido a la afectación de sus riberas por el llamado “síndrome urbano” que como indica el editor:

*“soterrado por el hormigón y su corriente esté perdida para siempre en un cauce seco donde convergen los efluentes malsanos.”*



En esta publicación se podrá encontrar extensa data que identifica las perturbaciones que inciden sobre nuestros ecosistemas acuáticos continentales, las amenazas por la extracción de agua para cumplir actividades o necesidades domésticas, agrícolas e industriales, así como también, el aporte de efluentes que incluyen residuos urbanos, industriales y agropecuarios. Esto se traduce y se ejemplifica como: las pérdidas de hábitats acuáticos y ribereños, disminución de la biodiversidad, pérdida de la calidad del agua para la vida humana y silvestre.

El libro en su nos muestra crudamente una lastimera ausencia de medidas de protección, restauración y de divulgación para la conservación de nuestros ecosistemas acuáticos tanto desde el punto de vista temporal (pasado) como una mirada hacia el futuro, en el cual sobreviene la certidumbre del cambio climático pero también un irritante desconocimiento de sus efectos locales. Aquí, más o menos, aflora una segunda percepción: ***Por nuestras acciones e indolencia histórica los ríos arrastran un riesgo cada vez mayor y su futuro es incierto*** (Rodríguez-Olarte, 2017:9).

Venezuela, que tiene 334 territorios municipales en 24 entidades federales, tienen su capital o ciudad principal asociada a un río, emergen múltiples y alarmantes preguntas. Es evidente que en todas las escalas urbanas y naturales ¿la cantidad de ríos en riesgo es muy elevada y estos mismos ríos pueden revestirse como amenazas a sí mismos y su diversidad biológica, a la sanidad pública y a la seguridad alimentaria? Entonces el ¿fenómeno de los ríos en riesgo se podría entender como una pandemia? El libro trata de valorar y responder en conjunto lo descrito.

#### Citas.

RODRÍGUEZ-OLARTE, D. (EDITOR)

2017. *Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 1.* Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. 236p.

## CONTRIBUCIÓN DE ALFREDO JAHN HARTMAN AL CONOCIMIENTO DE LA CLIMATOLOGÍA DE VENEZUELA

## CONTRIBUTION OF ALFREDO JAHN HARTMAN TO THE KNOWLEDGE OF THE CLIMATOLOGY OF VENEZUELA

*Sergio Foghin-Pillin*

---

### RESUMEN

Alfredo Jahn Hartman puede considerarse el más destacado investigador en el campo de la meteorología y climatología de Venezuela de las postrimerías del siglo XIX y primeras décadas del siglo XX. Sus aportes fundamentales en este campo derivan de centenares de observaciones térmicas y cálculos relacionados, efectuados paralelamente con sus labores como ingeniero civil, particularmente en las regiones de la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes. A Jahn también se debe la instalación y operación de redes pluviométricas en el tramo central de la Cordillera de la Costa. Su labor de divulgación sobre estos temas, en revistas y periódicos de la época, es igualmente apreciable. En el presente artículo se revisa y analiza la mayor parte de los trabajos publicados por Jahn en el área de las ciencias atmosféricas y se destaca el valor de los registros climatológicos recopilados por dicho autor, para las futuras investigaciones sobre el posible impacto del cambio climático global en el territorio venezolano.

### ABSTRACT

Alfredo Jahn Hartman can be considered the most outstanding researcher in the field of meteorology and climatology of Venezuela of the late nineteenth century and first decades of the twentieth century. His fundamental contributions in this field derive from hundreds of thermal observations and related calculations, carried out in parallel with his work as a civil engineer, particularly in the regions of the Cordillera de la Costa and the Cordillera de Los Andes. Jahn is also responsible for the installation and operation of pluviometric networks in the central stretch of the Cordillera de la Costa. His work of dissemination on these subjects, in magazines and newspapers of the time, is equally appreciable. This paper reviews and analyzes most of the work published by Jahn in the area of atmospheric sciences and highlights the value of the climatological records compiled by the author, for future research on the possible impact of global climate change on the Venezuelan territory.

---

**Palabras clave:** Alfredo Jahn, Venezuela; meteorología; climatología

**Keywords:** Alfredo Jahn, Venezuela; Meteorology; Climatology.

### INTRODUCCIÓN

Alfredo Jahn Hartman (1867-1940) fue un ingeniero civil venezolano cuya formación se inició en Alemania y completó en la Universidad Central de Venezuela, en la cual fue discípulo de

Adolfo Ernst, de quien recibió la influencia de la filosofía positivista que, hacia finales del siglo XIX y primeras décadas del XX, rigió el pensamiento y la obra de muchos intelectuales y científicos venezolanos.

Entre otros ilustres personajes, Jahn fue contemporáneo con Henri Pittier (1857-1950), Wilhelm Sievers (1860-1921), Lisandro Alvarado

---

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (IPC-CIEMEFIVE); [sfoghin@hotmail.com](mailto:sfoghin@hotmail.com)

(1858-1929), Luis Razetti (1862-1932) y Julio César Salas (1870-1933). Jahn colaboró en proyectos de investigación con los dos primeros nombrados, mientras que con los restantes compartió membresías en la academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y en la Academia Nacional de la Historia, así como en la Sociedad Venezolana de Americanistas “Estudios Libres”, entre las múltiples corporaciones académicas de las que fue integrante.

Aprovechando sus viajes exploratorios como ingeniero adscrito al Gran Ferrocarril de Venezuela (GFV), primero, y luego al Ministerio de Obras Públicas (MOP), Jahn realizó numerosas observaciones hipsométricas y termométricas, las cuales, en conjunto, constituyen su principal aporte al conocimiento de la climatología del territorio venezolano. Jahn también instaló estaciones meteorológicas en varias localidades de la Cordillera de la Costa, en las cuales efectuó valiosas observaciones pluviométricas.

Entre 1885 y 1941 publicó numerosos artículos de investigación, de variable extensión, en las principales revistas, boletines y periódicos de la época, muchos de los cuales son de difícil acceso en la actualidad. En este sentido, resulta loable el esfuerzo realizado por la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), al crear el Archivo Digital Alfredo Jahn Hartman (UCAB, 2017), aunque en dicho repositorio aún falta por incluir varias de las publicaciones de Jahn. También es necesario señalar que los materiales disponibles en dicho portal electrónico, carecen de los datos de edición originales, o estos aparecen incompletos.

En este trabajo se revisan y analizan los más importantes artículos publicados por Alfredo Jahn en el área de la meteorología y climatología del territorio venezolano. Las descripciones e interpretaciones de Jahn se discuten a la luz de los conocimientos teóricos disponibles en la actualidad y algunos de los datos meteorológicos recabados por el autor en cuestión, se confrontan con las series más extensas recopiladas y publicadas en los años posteriores a su trabajo.

Se estima que, particularmente el conjunto de rigurosas mediciones térmicas reunidas y publicadas por Alfredo Jahn, adquirirán mayor utilidad a los efectos de futuras comparaciones en el marco de las investigaciones sobre el impacto del cambio climático global en el territorio venezolano, por lo que sería de gran valor un trabajo exhaustivo y minucioso de selección y recopilación de dichos registros. Tal cometido podría ser parte de una eventual edición de sus obras completas –labor aún pendiente–, la cual sin duda enaltecería a la institución que tuviese a bien patrocinarla. Indiscutiblemente, las corporaciones académicas de las cuales formó parte Alfredo Jahn, inclusive como miembro fundador, parecieran las primeras llamadas a considerar tal posibilidad.

## **TRAS LA HUELLA DE HUMBOLDT Y CODAZZI**

Las observaciones de Alejandro de Humboldt son citadas con frecuencia al inicio de cualquier trabajo relacionado con los aspectos meteorológicos del territorio venezolano. No obstante, sus contribuciones al conocimiento de los diversos aspectos de la geografía de Venezuela trascienden las múltiples investigaciones que llevara a cabo en el país durante sus exploraciones de los años 1799 y 1800, en compañía de Aimé Bonpland, ya que sus posteriores publicaciones impulsaron la visita de numerosos viajeros alemanes y de otras nacionalidades, quienes visitaron Venezuela a lo largo del siglo XIX, algunos con propósitos específicamente científicos y otros como exploradores, pintores y dibujantes, ingenieros, agricultores y comerciantes.

Entre los viajeros de origen germano que sucesivamente arribaron al país y descollaron por sus contribuciones al conocimiento de la geografía venezolana, sobresalen K. Moritz (1836), F. Bellerman (1842), H. Karsten (1844), K. F. Appun (1849), A. Goering (1867), A. Ernst (1861), K. Sachs (1876), R. Ludwig (1883) y W. Sievers (1884). Por otra parte, entre los alemanes que durante las primeras décadas del siglo XIX se arraigaron en Venezuela para dedicarse a diversas actividades, destacan Gustavo Julio Vollmer (1805-

1865) y Alfredo Federico Jahn Wassman (1846-1909) –padre de Alfredo Jahn Hartman–, quien fuera miembro de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales, según consta en las actas de dicha asociación científica (Bruni Celli, 1968).

Debido a la admiración que expresara Humboldt por los paisajes de los valles de Aragua, así como por sus entusiastas comentarios acerca de las bondades de su clima y de sus suelos, muchos de aquellos viajeros tenían interés en visitar dicha comarca y algunos, como en el caso de Vollmer, se establecieron y prosperaron en esas tierras. En Venezuela –se ha afirmado con razón– “los alemanes por regla general se acomodaban con rapidez a su entorno.” (Rodríguez, 2001).

Como es natural, eran bastante frecuentes los contactos entre aquellos alemanes que se integraron rápidamente a la vida venezolana y sus connacionales que continuaban visitando los paisajes cálidamente recordados por Humboldt hasta el final de su vida (Röhl, 1985). Así fue, por ejemplo, en el caso del hamburgués F. Gerstäker, quien en 1868 realizó un largo viaje por el país. Al recorrer los valles de Aragua, a los que llamó “el jardín de Venezuela”, afirmó que aquellas tierras “en fertilidad y saludable situación casi no tienen igual en esta parte del mundo” (Gerstäker, 1989:51).

Como ocurrió con otros alemanes, el recorrido de Gerstäker por la mencionada comarca aragüeña incluyó una estadía en la hacienda de los Vollmer, dedicada principalmente a la plantación de caña de azúcar, campiña sobre la que Humboldt, más de medio siglo antes, había comentado que “por el tierno verdor de los tallos nuevos se asemeja a una vasta pradera” (Humboldt, 1985, T3:130) y había estimado dicho paisaje como una muestra de abundancia. De valiosa ayuda para la prosecución de su viaje, fue el apoyo recibido por Gerstäker de parte de Gustavo Vollmer Rivas.<sup>1</sup>

Similares circunstancias signaron también la vida de Alfredo Jahn Hartman, nacido en Caracas el ocho de octubre de 1867, “hijo de padres alemanes, cuyos ascendientes, por la línea paterna, fueron sin interrupción desde 1720 mecánicos,

constructores e ingenieros”, según se desprende de información aportada por el propio Jahn (1940, p. 179). Efectivamente, luego de recibir su primera educación en Caracas, en 1876 Alfredo Jahn se trasladó a Alemania donde cursó la escolaridad secundaria e inició estudios de ingeniería, los cuales, tras su regreso a Venezuela en 1884, culminó dos años después en la Universidad Central de Venezuela, especializándose también en Ciencias Naturales bajo la dirección de Adolfo Ernst (Urbani, 1987).

Desde su vuelta al país, Jahn “inicia trabajos sistemáticos de determinaciones de alturas y otras observaciones relacionadas con las ciencias naturales, en diversos sitios de la Cordillera de la Costa” (Urbani, Ob. cit.:133). Al igual que lo hiciera Humboldt, “las alturas las determina (...) utilizando un barómetro de mercurio” (Ídem). Desde finales de febrero hasta principios de marzo de 1886, dichos trabajos llevarían a Alfredo Jahn a La Victoria y de allí, por la vía de Pie de Cerro, entonces llamada de “la Vizcaína” –la única existente durante muchos años–, a la Colonia Tovar.

Por esta última población aragüeña Jahn desarrolló un particular afecto, al punto de que la primera fotografía que se conoce del lugar, tomada en 1895, es de su autoría, recordándosele como amigo y benefactor de dicho enclave alemán, fundado en 1843 por Agustín Codazzi (Jahn Montauban, 1999). A principios de la década de 1930, fue el propio Jahn quien proyectó la carretera que comunicó a la Colonia Tovar con Caracas y emplazó, en pleno centro del poblado, la estación meteorológica con la que se retomaron las observaciones iniciadas en la estación que instalara Codazzi en 1844, cuestión sobre la que se volverá más adelante.

En aquella comarca montañosa, caracterizada por “la salubridad del clima y la feracidad de las tierras” (Jahn, 1940a:XXIII), los trabajos hipsométricos de Alfredo Jahn pronto encontraron aplicación. En efecto, acerca de la introducción del cultivo del café en la Colonia, hacia finales del siglo XIX, el ingeniero acotó:

*“Los terrenos altos de la Colonia, situados en su mayoría entre 1.800 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, no eran, realmente, apropiados al nuevo cultivo, pero existían extensas porciones de tierras vírgenes situadas en altitudes convenientes, esto es, entre 800 y 1.500 metros.”* (Jahn, 1939: 200).

Sobre este tema precisó que, en las cercanías de la Colonia Tovar, las tierras más apropiadas para el cultivo del café eran “las vertientes septentrionales de la Cordillera que corren al mar por los valles de Maya, Pto. La Cruz o Cagua y Chichiriviche” y declaró haber adquirido, con esos propósitos, “todas las tierras del valle Cagua o Pto. La Cruz en 1909” (Ídem).

En 1926, cuando aparece la primera edición de su *Manual de las plantas usuales de Venezuela*, Henri Pittier resaltó el valor de las muestras botánicas colectadas por Alfredo Jahn “en su magnífica hacienda del valle de Puerto La Cruz” (p. 9), propiedad agrícola “situada en el extremo occidental del Distrito Federal, con altitudes que varían desde el nivel del mar hasta 2.200 m. en la división entre la vertiente costanera y la Colonia Tovar” (Ídem). En estas tierras, Jahn también llevó a cabo, de manera sistemática, observaciones meteorológicas, como él mismo lo reseñó (1918a:37), observaciones que se comentarán en otro punto.

El marcado interés de Jahn por la agricultura y la botánica, seguramente acrecentó su curiosidad por el conocimiento de las características climatológicas de las diferentes regiones venezolanas, condiciones que relacionó, entre otros aspectos, con “la conservación y repoblación de sus bosques y los métodos que han de guiar el desarrollo de sus industrias agrícolas y pecuarias, que son la verdadera fuente de su riqueza” (Jahn, 1914, p. 5). Esta última aseveración resulta confirmada por el propio Jahn, cuando, al referirse a la rentabilidad inicial de las plantaciones cafetaleras en la Colonia Tovar, durante los años posteriores a la Primera Guerra Mundial, señaló que:

*“las abundantes cosechas y los magníficos precios del café, durante aquellos años, produ-*

*jeron un bienestar que la Colonia no había experimentado hasta entonces.”* (Jahn, 1939:201).

Sin embargo, como ocurrió en otras regiones venezolanas, tampoco en el asentamiento fundado por Agustín Codazzi se prestó atención a “la conservación y repoblación de sus bosques”, precepto que formulara Jahn. En el proyecto fundacional, refiriéndose al espacio en el cual se asentaría la colonia agrícola y sobrestimando la capacidad agrológica de aquellos suelos –algo comprensible para la época–, el geógrafo italiano había expresado:

*“Las selvas vírgenes que cubren un inmenso espacio (...) proporcionan tierras propias para el cultivo. El humus forma una gruesa capa vegetal y la bondad de esos terrenos la demuestran los innumerables árboles que los pueblan.”* (Codazzi, como se citó en Jahn, 1935:67).

A un siglo de la fundación de la Colonia Tovar, al describir la rica flora de sus selvas nubladas, Henri Pittier (1939, p. 21) había advertido:

*“Desafortunadamente, este paraíso de los botánicos se halla amenazado de una pronta desaparición, a consecuencia de la extensión de los cultivos”.*

A lo largo de los años, las abundantes cosechas de las que hablara Alfredo Jahn sólo pudieron mantenerse a costa del uso masivo de fertilizantes químicos y de plaguicidas, sustancias que contaminan las aguas freáticas y los manantiales de los que se surte la población (Barrientos, González y Urbani, 2000).

### **En predios del Gran Ferrocarril de Venezuela**

Desde finales del siglo XIX, en su condición de ingeniero adscrito a las obras del GFV Jahn se residió por largos períodos en Valencia, Maracay y La Victoria. Considerando tales circunstancias, además del hecho de que sus primeras observaciones meteorológicas datan de esos años, efectuadas específicamente en la última población mencionada (Jahn, 1900), pareciera probable que haya participado directamente en la



instalación de la red de pluviógrafos a lo largo de la vía férrea Caracas-Valencia, red que comenzó a operar en 1901 y funcionó ininterrumpidamente hasta 1966, integrada por las estaciones de Valencia, Maracay, La Victoria, Güigüe, Las Tejerías y Los Teques (González, 1949; SMFAV, 1980).

Por las razones expuestas, extraña sobremanera que ni en su importante artículo referido a la red de observación meteorológica en Venezuela (1914) ni en ningún otro de su autoría entre los que se han podido revisar a los efectos del presente trabajo, Jahn hiciera mención alguna de los registros pluviométricos de la red del GFV.

La existencia de una estación pluviométrica en la localidad de Güigüe (estado Carabobo), adscrita a la mencionada red, sustenta la posibilidad que se plantea arriba, toda vez que el mismo Jahn afirmó haber realizado observaciones de pluviosidad como parte de sus investigaciones sobre el lago de Valencia, estudios que comenzó durante su permanencia de diez años en Aragua y Carabobo como ingeniero del GFV, tiempo que aprovechó para

*“levantar detalladamente toda la cuenca del lago de Valencia, del cual ha hecho un intenso estudio limnológico con un control de las fluctuaciones de su nivel y medidas pluviométricas”* (Jahn, 1940b:180).

La hipótesis expuesta arriba cobra mayor verosimilitud si se considera que la población de Güigüe, localizada en la ribera meridional del lago de Valencia, se hallaba por completo apartada de la línea férrea que iba de Caracas a Valencia, pasando por la margen septentrional del lago, por lo cual parece razonable suponer que sólo debido a propósitos investigativos bien definidos, se habría justificado agregar una estación pluviométrica al sur del cuerpo lacustre. De esta forma, Alfredo Jahn habría aprovechado la instalación de la red pluviométrica del GFV, para colocar una estación adicional que completara la cobertura espacial de las observaciones, en el área de su interés científico (Jahn, 1940c).

La estación de Güigüe, a diferencia de las restantes de la mencionada red, las cuales se

mantuvieron operativas hasta mediados de la década de 1960, como ya se apuntó, sólo funcionó hasta 1929 (Fig. 1). Tras la separación de Jahn de la citada empresa ferrocarrilera, en 1902 (Urbani, 1987), presumiblemente la operación de la estación de Güigüe habría continuado bajo su responsabilidad directa y, tal vez, también a sus expensas, como ocurrió con otros de sus proyectos investigativos.

Acerca de las circunstancias que, en 1929, podrían haber incidido en la interrupción de los registros de la estación de Güigüe, el propio Jahn ofrece algún indicio cuando se refiere a sus observaciones sobre las fluctuaciones de nivel del lago de Valencia:

*“Después de una interrupción de algunos años debido a (...) mi viaje a Europa en 1929-1930, volví a reanudar mis propias observaciones en mayo de 1933”* (Jahn, 1940c:506).

Efectivamente, refiriéndose a aquel año Jahn anotó:

*“El día 1° de setiembre de 1933 volví a visitar el Lago. A causa de las abundantes lluvias que en este año han caído desde mayo, el nivel del agua ha subido extraordinariamente.”*<sup>2</sup> (Jahn, 1940c:501).

Años más tarde, a raíz de la que probablemente fuera una de sus últimas visitas al lago de Valencia, el día ocho de enero de 1939 (1940c: 505), aludió nuevamente a las relaciones entre las fluctuaciones del nivel del lago y las variaciones pluviométricas interanuales:

*“me informa el capitán Parra del vapor Valencia, que después de mi anterior visita, en octubre 25 de 1934, y debido a los años secos de 1935-36 y 37 el nivel del agua bajó más de dos metros”*.

Más allá de cualquier conjetura, existe, sin embargo, la plena certeza de que Jahn efectivamente realizó observaciones pluviométricas sistemáticas en la cuenca del lago de Valencia, como se desprende de la nota inserta por los editores al principio del trabajo antes citado:

“Sólo hemos encontrado unos cuantos datos de los cuadros de lluvia que tenía en preparación el doctor Jahn.” (Jahn, 1940c:488).

Al igual que las restantes series pluviométricas de la red del GFV, los valiosos datos de la estación de Güigüe (Fig. 01), de casi tres décadas, se encuentran incluidos en la citada recopilación climatológica publicada por Epifanio González.

Durante su permanencia en los valles de Aragua, Jahn también llegó a realizar trabajos topográficos en la hacienda Santa Teresa, propiedad del empresario Gustavo Vollmer Rivas, anteriormente mencionado, quien “mandó a hacer levantamientos detallados de las áreas cultivadas, incluyendo en este proceso a sus hijos bajo la tutela de Alfredo Jahn” (Fundación Alberto Vollmer, 2017).

**GUIGUE - Estación Gran Ferrocarril de Venezuela**  
**Edo. Carabobo**  
LLUVIA EN MILIMETROS    Altura: 440 ms.

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1901	0	0	0	0	146	250	242	245	131	88	130	19	1257
1902	0	0	0	49	179	0	119	182	191	94	38	125	977
1903	0	0	0	129	84	154	135	460	102	72	20	34	1130
1904	22	5	98	90	161	114	98	205	199	46	31	15	1084
1905	0	0	0	162	172	184	190	222	223	89	44	28	1314
1906	0	28	0	28	117	309	341	254	211	245	61	0	1604
1907	0	0	0	0	212	129	254	289	180	135	94	60	1258
1908	0	0	0	4	148	116	272	150	223	166	18	20	1120
1909	20	0	0	144	33	165	251	132	148	105	96	34	1147
1910	4	17	3	14	230	165	130	417	168	83	94	0	1323
1911	0	61	52	61	120	143	148	253	19	12	13	2	884
1912	0	0	0	6	3	203	169	201	158	117	73	2	932
1913	10	0	0	17	68	136	85	32	45	166	38	9	587
1914	0	0	54	21	411	195	113	85	7	68	16	35	1003
1915	2	15	0	85	26	125	116	158	286	25	67	3	908
1916	0	6	29	15	95	137	138	288	216	166	250	0	1349
1917	0	0	7	167	212	191	328	231	125	114	46	5	1360
1918	12	33	0	58	156	184	206	160	158	109	136	0	1212
1919	0	0	21	133	61	33	60	120	70	150	70	16	764
1920	0	5	0	0	23	44	82	74	88	96	25	0	437
1921	0	0	0	41	184	230	217	246	88	126	90	39	1166
1922	0	0	0	0	165	112	69	150	124	35	60	23	736
1923	0	0	0	35	59	147	209	176	167	121	0	78	1632
1924	0	0	0	40	37	237	279	166	269	123	94	38	1223
1925	0	0	21	8	34	100	74	110	126	84	163	23	659
1926	0	0	0	0	195	27	53	97	45	81	52	22	692
1927	0	0	0	65	91	174	110	81	71	76	114	28	819
1928	0	0	0	0	25	208	92	153	156	51	101	8	802
1929	0	0	18	12	69	108	104	48	52	26	16	0	456
<b>Máx.</b>	22	33	38	162	411	309	341	417	286	245	259	125	1604
<b>Med.</b>	2	6	10	40	123	150	162	181	136	97	70	23	1006
<b>Min.</b>	0	0	0	0	3	0	53	48	7	12	0	0	437

**Figura 1.** Datos pluviométricos de Güigüe (1901-1929), estación integrante de la red del GFV, instalada cuando Alfredo Jahn trabajaba en los Valles de Aragua como ingeniero de aquella empresa ferroviaria. (Fuente: González, 1949, p. 245).

En 1915, probablemente con la asesoría de Jahn –como puede colegirse–, se instaló en la mencionada hacienda una estación pluviométrica; así lo reseñó Ernesto Sifontes (1929:10):

*“el señor Alfredo Vollmer<sup>3</sup> ha tomado notas de lluvia en la hacienda Santa Teresa (El Consejo, estado Aragua), desde 1915 para acá; y esa valiosa contribución bien pudiera incluirse en la red pluviométrica”.*

Por la misma época, también se instaló una estación pluviométrica en la hacienda El Palmar<sup>4</sup> (San Mateo, estado Aragua), propiedad de Alberto Vollmer Boulton (1888-1970). Las serie completas de registros pluviométricos mensuales de ambas estaciones aragüeñas, correspondientes al período 1915-1946, aparecen así mismo publicadas en la recopilación de Epifanio González, datos estos que también pueden atribuirse a la obra inducida por Alfredo Jahn.

## LA INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN INGENIERIL

Es necesario resaltar el hecho de que, como ingeniero civil, el trabajo de Alfredo Jahn (Fig. 2) se desarrolló principalmente en el sector de la construcción de líneas férreas y de carreteras, labores que desempeñó simultáneamente con sus actividades como caficultor. En consecuencia, sus observaciones meteorológicas, al igual que los estudios que realizara en múltiples áreas de las ciencias naturales, como la geología, limnología, glaciología, antropología física, etc., pueden considerarse investigaciones complementarias, lo que sin duda realza el valor de sus aportes, los cuales constituyen referencias consultadas hasta el presente.

Como es lógico, las mediciones hipsométricas constituyeron operaciones fundamentales en las obras de ingeniería emprendidas por Alfredo Jahn. Rafael Díaz Casanova, uno de sus biógrafos, afirma que:

*“la actitud del doctor Jahn para con los datos geográficos, y muy especialmente los altimétricos, era obsesiva y apasionada”* (2007:32).

Debido a que, como en los tiempos de Humboldt y de Boussingault, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX todavía era común efectuar dichas mediciones utilizando barómetros de mercurio e hipsómetros, resultaba también una práctica rutinaria acompañar tales observaciones con mediciones de temperatura<sup>5</sup>, las cuales podían efectuarse con instrumentos fácilmente transportables durante los trabajos de campo.

Díaz (Ob. cit.:33), enumera los instrumentos que habitualmente usaba Jahn en sus observaciones de campo: barómetro Gay-Lussac No. 415, Chevalier París; aneroide A. Dörffel. Berlín; aneroide B. Naunclet, Calpini Sucs., México; termómetro Secretan París; hipsómetro No. 205, Secretan París. Instrumental al que frecuentemente se añadía la brújula de reflexión, el nivel de Locke y el teodolito Elliot, similar al que se aprecia, montado en su trípode, en una excelente fotografía que presenta a un muy joven Alfredo Jahn, en pleno campo, entregado a labores topográficas (Röhl, 1990,p. 423).

Tales circunstancias explican el hecho de que los aportes más relevantes de Jahn al conocimiento de las condiciones climáticas del territorio venezolano, se relacionen con los aspectos térmicos. No obstante, con relación a tal particularidad también podría especularse acerca de la posible influencia de la cultura europea de Alfredo Jahn, marcada, en lo tocante a los aspectos ambientales, por la predominancia del elemento térmico en la estacionalidad propia de las latitudes medias. Tal idea podría deducirse de la afirmación con la que dicho autor (1918a:37) inicia uno de sus estudios, entre los de mayor interés a los efectos del presente trabajo:

*“El elemento climatológico más importante de un lugar es su temperatura media anual.”*

En dicha publicación, sobre la que se volverá luego, Jahn presenta las medias térmicas anuales de más de 140 localidades venezolanas, valores que determinó mediante el método de Boussin-



gault, el cual, como es sabido, no requiere de largos períodos de observación. No obstante, ya en uno de sus primeros artículos dedicados a la meteorología en Venezuela (Jahn, 1914), destacó la gran importancia que, a los fines de los estudios climatológicos regionales, revisten las observaciones instrumentales sistemáticas, trabajo que se comentará, conjuntamente con otros relacionados, en los puntos siguientes.

### **Aplicaciones de los datos climatológicos a diferentes escalas**

El estado de la red de observación meteorológica venezolana y la visión de Alfredo Jahn acerca de la importancia de este sistema para el desarrollo del país, aparecen expuestos en el artículo publicado el día 18 de mayo de 1914, en el periódico caraqueño *El Nuevo Diario*. Dicho es-



**Figura 2.** Busto del ingeniero Alfredo Jahn Hartman, localizado en una plazoleta del sector Laguneta de la Montaña, estado Miranda, en la carretera Los Teques – El Jarillo<sup>6</sup>. (Fotografía cortesía de los señores Argenis Ziegler y Beatriz de Ziegler; agosto 2017).

crita comienza esbozando los conceptos fundamentales relacionados con los elementos y los factores más generales del clima:

*“El estudio sistemático de los fenómenos atmosféricos que se manifiestan por la presión, temperatura, humedad, lluvia, insolación, vientos, etc., revela que su conjunto, que llamamos clima, es diferente para cada lugar del globo y que las diferencias que se observan obedecen a ciertas leyes que dependen de la latitud geográfica y de la altura sobre el nivel del mar.”* (Jahn, Ob. cit., [snp])

De inmediato el autor hace referencia a los factores modificadores de las características climáticas generales, influidas por la latitud y por la elevación, es decir, considera la escala regional y la escala local, dimensiones en las que se definen, respectivamente, las condiciones mesoclimáticas y topoclimáticas:

*“Estas leyes no son, sin embargo, constantes, como que sufren perturbaciones muy considerables por causas locales, que dependen de la topografía y de la constitución del suelo, su mayor o menor cubierta forestal, la dirección y altura de las montañas circunvecinas, etc.”* (Ídem)

La observación, el procesamiento de los datos obtenidos y la interpretación de los resultados basada en los modelos teóricos, fases fundamentales del método científico, pueden identificarse seguidamente:

*“Desde luego se evidencia que el estudio de los fenómenos atmosféricos nos conduce primero al conocimiento del clima que reina en el lugar de observación y luego a la investigación científica de cómo y en qué grado influyen en él las causas locales.”* (Ídem).

Lo expresado por Jahn en las líneas con las que continúa su artículo, puede ejemplificarse con el procedimiento empleado a escala mundial para las observaciones sinópticas, particularmente de la presión atmosférica, cuya lectura inicial, en milí-

metros de mercurio, debe ser corregida a la temperatura de cero Celsius, a la gravedad normal y reducida al nivel medio del mar, a los efectos de eliminar la influencia de los factores locales sobre las lecturas barométricas:

*“Conocida y descartada esta influencia [local], las oscilaciones e irregularidades que ofrecen las observaciones, permiten una comparación con las de otros lugares y de todo ello se deriva el conocimiento de las corrientes y fluctuaciones a que está sujeto, al igual del océano acuático, el océano gaseoso que nos rodea.”* (Ídem).

Como es sabido, el trazado de isobaras en los mapas de superficie y de isohipsas en las cartas de altura –también conocidas como topografías absolutas–, implica precisamente la comparación de la presión reinante en los distintos puntos de la red mundial de observación meteorológica, así como la delimitación de los sistemas de altas y bajas presiones, cuyas fluctuaciones controlan las variaciones diarias y estacionales de la circulación atmosférica. Sobre tales consideraciones el autor agrega:

*“Las observaciones meteorológicas tienen, por consiguiente, una importancia que traspasa los límites de la localidad en que se practican y aun las del país al que aquella pertenece, puesto que constituyen un elemento universal, cuyo conjunto tiende en definitiva al esclarecimiento de las condiciones generales de la atmósfera y sus correlaciones con la parte sólida de nuestro planeta.”* (Ídem)

Estas aseveraciones de Jahn reflejan una concepción de la dinámica atmosférica global notablemente adelantada para su época, especialmente si se consideran las circunstancias sociales y políticas que imperaban en Venezuela por aquellos años. Tal concepción, crecientemente sustentada por los más destacados exponentes de la meteorología mundial, llevaría, más de tres décadas después, a la creación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>7</sup> y a la estructuración de sus tres programas básicos: el Sistema Mundial de

Observación Meteorológica, el Sistema Mundial de Telecomunicaciones Meteorológicas y el Sistema Mundial de Análisis de Datos.

Siempre con relación a la dinámica atmosférica, tampoco faltarían argumentos para sostener la importancia de “sus correlaciones con la parte sólida de nuestro planeta”, como lo apuntara Alfredo Jahn; si bien, con el avanzar del siglo XX y la aparición de nuevos sistemas y técnicas de observación meteorológica, habrían de ser las interrelaciones entre el sistema atmosférico y el sistema oceánico las que adquirieran el mayor relieve, al punto de que, en la actualidad, la dinámica atmosférica global prácticamente no se concibe fuera del llamado modelo de circulación general acoplado océano-atmósfera (Maunder, 1992).

Empero, para la época de la publicación del citado artículo de Jahn, el fenómeno de El Niño/Oscilación Meridional (ENOS), por ejemplo, aún se concebía como una esporádica irrupción de una contracorriente oceánica cálida, limitada a las costas de Chile y de Perú (Carranza, 1892; Carrillo, 1892). La denominación misma se generalizaría mundialmente sólo tras el intenso episodio de 1956-1957 (Enfield, 1988) y sus efectos sobre los patrones normales de la circulación general de la atmósfera comenzarían a comprenderse ya muy avanzado el siglo XX, a raíz de trabajos fundamentales como los de Bjerknes (1966) y Wyrski (1975).

Décadas más tarde y específicamente en referencia al territorio venezolano, la influencia de las interrelaciones océano-atmósfera sobre la variabilidad pluviométrica interanual, así como de dichas fluctuaciones sobre los repuntes maláricos, se comenzaron a estudiar en el amplio marco del fenómeno ENOS. Una investigación fundada tanto en datos históricos como recientes (Bouma y Dphil, 1997), demostró que en Venezuela la malaria aumenta en un promedio de aproximadamente un tercio durante el año siguiente a un evento El Niño.

Al respecto, resulta interesante constatar que estas correlaciones ya habían sido señaladas en

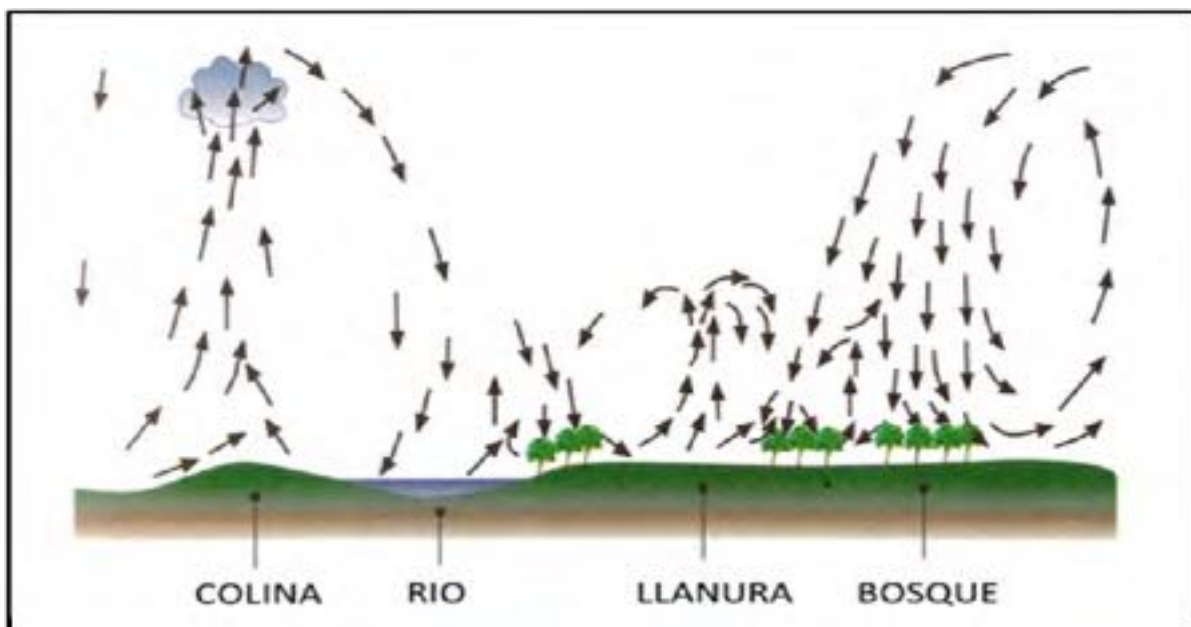
el siglo XVIII, por Matías de Tellechea, autoridad militar en el valle de Aroa, donde registró períodos de intensas sequías y “epidemias de calenturas malignas”, las cuales, en crónica de 1763, asoció con “el retiro notado de las lluvias, cuya abundancia antes hacía mantener a los ríos, quebradas, arroyos y fuentes abundantes de agua” (Tellechea, 1908:126).

Según recientes investigaciones, se puede colegir que aquellas sequías estuvieron asociadas a varios eventos de El Niño, activos durante los años 1747-48, 1751, 1754-55 y 1761-62 (Climate History, 2017). Sobre las bases expuestas, la ocurrencia de un episodio de El Niño podría ayudar a prever los brotes de malaria en el país, amenaza que, debido a deficientes políticas sanitarias, se ha agudizado en tiempos recientes (Jorge, 2017a; Jorge, 2017b).

La interacción entre los diferentes elementos climáticos y la influencia que sobre ellos ejercen los factores fisiográficos regionales y locales, se encuentran implícitas en las siguientes líneas de Jahn:

*“Hemos dicho ya que la topografía del terreno y la mayor o menor abundancia de bosques, tienen una influencia definitiva en el clima de un lugar; pero debemos recordar que existe una íntima correlación entre ambos, en cuya virtud la mayor humedad y altura de lluvia produce una vegetación más frondosa, a la vez que dónde ésta existe, se condensa en mayor cantidad la humedad atmosférica y se observa mayor nebulosidad.”* (Jahn, 1914, [snp])

Para ilustrar algunas de las condiciones aludidas por Jahn, en la Fig. 3 se representa esquemáticamente un modelo simplificado de circulaciones, en correspondencia con diferentes configuraciones topográficas; estas circulaciones, enmarcadas en la escala local, responden inicialmente a los gradientes de temperatura y de presión que se establecen entre las distintas superficies. Los topoclimas particulares de cada área pueden, a su vez, albergar diferentes microclimas, al tiempo que las circulaciones a escala local



**Figura 3.** Influencia de la topografía sobre las circulaciones locales. (Fuente: modificado de Giuliacci, Corazzon y Giuliacci, 2007:49).

pueden verse alteradas temporalmente por las condiciones reinantes a escala sinóptica, características de los diferentes cinturones planetarios de presión y vientos.

Las principales bases físicas de los procesos propios de la capa límite, se encuentran en los balances de radiación locales, flujos de energía calórica, contenidos de humedad de los suelos y del aire superficial, coeficientes de fricción sobre las diferentes superficies, etc. (Oke, 1978).

*“Jahn, como alumno especialmente interesado en las enseñanzas de Ernst y Villavicencio, fue un exponente fundamental y practicante de por vida de los métodos de investigación y análisis planteados por el positivismo”* (Díaz, 2007:21).

Con toda probabilidad, tal formación habrá influido notablemente en sus razonamientos acerca de la dinámica atmosférica, otorgando la mayor importancia a las observaciones sistemáticas del comportamiento de los elementos meteorológicos,

así como a las bases físicas, en lo atinente a su interpretación.

Con igual claridad de criterios, Jahn destaca algunas de las aplicaciones más relevantes que encuentran los estudios climatológicos para el desarrollo socioeconómico de cualquier país:

*“De lo anterior se desprende la alta importancia que tiene para un país el conocimiento exacto del clima de sus diferentes zonas, ya que de este conocimiento han de derivarse leyes para su higiene pública y para la conservación y repoblación de sus bosques y los métodos que han de guiar el desarrollo de sus industrias agrícolas y pecuarias, que son la verdadera fuente de su riqueza.”* (Jahn, 1914, [snp]).

Por lo que atañe a los aspectos de salud pública –ya aludidos en referencia a las relaciones entre el fenómeno ENOS y los brotes de malaria–, pocos años después del fallecimiento de Alfredo Jahn, el conjunto de datos climatológicos disponibles en Venezuela resultó de la mayor im-



portancia a los efectos del saneamiento ambiental. Como es sabido, la campaña para la erradicación de los anofelinos transmisores de la malaria comenzó, bajo la dirección del doctor Arnoldo Gabaldón<sup>8</sup>, a principios de 1945, luego de conocerse adecuadamente las condiciones fisiográficas, como lo expresara Arturo Luis Berti, quien fuera para la época Jefe de la Sección de Ingeniería Antimalárica (División de Malariología, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social), al destacar que el insecticida (DDT) no se esparció en forma improvisada y que se aplicó:

*“en la amplia zona malárica venezolana ya suficientemente conocida en 1945 en sus aspectos geográficos, hidrológicos, climáticos [y] meteorológicos.”* (1997:44).

Agrega Berti que estos conocimientos se habían logrado:

*“tanto por acopio de información existente dispersa, como por las numerosas y variadas investigaciones directas de campo.”* (Ídem).

Entre la información ambiental acopiada para la época, es necesario resaltar los múltiples aportes de Alfredo Jahn, en estudios como los altimétricos, botánicos, geológicos y, particularmente, meteorológicos. En este último campo, las observaciones termométricas que efectuara (1918; 1931b; 1934) en amplias regiones del territorio venezolano resultan de gran interés. Sobre la importancia del factor térmico en la lucha antimalárica en Venezuela, el doctor Arnoldo Gabaldón, citado por Berti (1997, p. 345-346), señaló:

*“No se han dado cuenta que la malaria que se ha erradicado en países de la zona templada, ha sido originada por especies de anofelinos diferentes a las que aquí existen, y que el clima no las ha obligado a reposar dentro de las casas. Aquí no hay razones para que los mosquitos reposen dentro de las casas, pues el tipo de habitación no establece un verdadero refugio que los mosquitos necesiten en ciertas estaciones del año (...) La domesticidad de los mosquitos no les es obligatoria, como en la*

*zona templada durante las estaciones de frío.”*

No obstante la indiscutible relevancia de las condiciones térmicas en la propagación de la malaria, así como de otras patologías tropicales de transmisión insectil, la pluviosidad resulta, desde luego, un factor de la mayor importancia. Con relación a esta problemática, el impacto ambiental de las lluvias estacionales, características de gran parte del territorio venezolano, aparece claramente descrito en la célebre novela *Casas muertas*, de Miguel Otero Silva:

*“La salida de aguas arrojó sobre Ortiz y sobre Parapara, sobre todos los caseríos contiguos, una implacable marea de fiebre y muerte que amenazó con borrar para siempre el rastro de aquellos pueblos.”* (1977:125).

## LA RED INICIAL DE EBSERVACIÓN Y SU EVOLUCIÓN

En el ya citado artículo de prensa referido a la red meteorológica venezolana, Jahn (1914,[snp]) expresó:

*“En Venezuela, a excepción de escasas y aisladas observaciones, que recogieran a la ligera los escasos científicos que nos visitaron en la primera mitad del siglo pasado (Humboldt y Boussingault) y de las que en cortos períodos pudieron reunir las comisiones científicas de los últimos 40 años en distintos puntos (Sievers en la Cordillera, Sachs en los Llanos, la Comisión del Plano Militar en varias partes y el que suscribe en el occidente de Venezuela), sólo se han practicado observaciones meteorológicas en la capital de la República.”*

En primer término, conviene señalar que la expresión “a la ligera”, empleada en el párrafo arriba transcrito, presumiblemente hace referencia a las observaciones efectuadas durante los constantes desplazamientos de aquellos naturalistas en sus viajes exploratorios. Por lo que atañe a Humboldt, en particular, merece destacarse que

se le ha señalado como “el verdadero iniciador de la meteorología venezolana” (Röhl, 1948:489), debido a que “fue el primero que provisto de buena instrumentación, emprendió aquí una serie de observaciones (...) con cuyos datos realizó infinidad de estudios” (Ídem).

Por otro lado, las mencionadas observaciones de Sievers, Sachs y otros, las cuales comprendieron sobre todo mediciones térmicas, psicrométricas y barométricas, con aisladas observaciones anemométricas y del estado general de las condiciones atmosféricas, también se realizaron en el transcurso de viajes de exploración, como en el caso de Sachs (1879), quien efectuó mediciones a lo largo del camino entre San Fernando de Apure y Calabozo, además de Ciudad Bolívar.

En este punto es necesario señalar, una vez más, el hecho de que Jahn, al referirse a las observaciones realizadas hasta esa fecha -1914- en la totalidad del territorio nacional, omitiera mencionar la red de pluviógrafos del Gran Ferrocarril de Venezuela, la cual, como ya se ha comentado, para aquel año llevaba más de diez años de funcionamiento.

Otro importante conjunto de datos, igualmente omitido por Alfredo Jahn en su reseña, se deben al botánico August Fendler (Röhl, 1948), quien realizó observaciones meteorológicas diarias en la Colonia Tovar, entre diciembre de 1856 y junio de 1858. Dichas observaciones abarcan 104 páginas (Fendler, 1858), de las cuales 76 son tablas bastante detalladas de registros barométricos, termométricos y psicrométricos, además de observaciones sobre nubosidad, viento, precipitaciones y algunos fenómenos como tormentas, etc.

En el denso artículo de prensa que se viene comentando, Jahn señala que las primeras observaciones meteorológicas sistemáticas en Venezuela:

*“se deben al ingeniero Lino J. Revenga y al doctor Alejandro Ibarra, tarea que luego tomó a su cargo en 1862 y ha continuado hasta nuestros días (...) el doctor*

*Agustín Aveledo en su Colegio de Santa María.”* (Jahn, 1914, [snp]).

Es de interés anotar que buena parte de los datos recogidos por el licenciado Aveledo se publicaron en las actas de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas correspondientes al período 1867-1878, encontrándose allí los registros medios mensuales de las lecturas del barómetro, termómetro centígrado, higrómetro de Regnault y pluviómetro (Bruni Celli, 1968).

Prosigue Jahn señalando que en 1892 se instaló la estación meteorológica del Observatorio Cagigal, la cual,:

*“especialmente en los últimos 10 o 15 años, ha venido sirviéndose con gran regularidad y provecho, y últimamente, desde hace apenas un año (1913), funciona otra estación en la Escuela Nacional de Artes y Oficios.”* (1914,[snp]).

Continúa su exposición describiendo las deficiencias de cobertura espacial que para la época presentaba la red meteorológica nacional, al tiempo que resalta las áreas que a su juicio serían de mayor interés en este sentido:

*“si bien para Caracas poseemos al presente largas series de buenas y escrupulosas observaciones, carecemos de ellas en todo el resto de la República, lo cual es tanto más sensible, cuanto que tenemos puntos que por su situación constituyen un desideratum de la ciencia meteorológica y de la Climatología en general. Estos puntos son: toda nuestra costa que forma el extremo boreal del continente suramericano, los llanos del Guárico por su escasa elevación, exigua vegetación y alejamiento de la costa, la hoya del Orinoco y la cordillera de los Andes.”* (Ídem).

Acerca de la evolución de la red de observación meteorológica nacional, un tema que siempre preocupó a Alfredo Jahn, señaló Foghin-Pillin (2015a:26):

*“Es importante destacar que el número de estaciones hidrometeorológicas actualmente en funcionamiento en todo el territorio nacional, no llega a cuatrocientas (...) [y] es de lamentar que vastos espacios del territorio venezolano aparezcan por completo desprovistos de información pluviométrica. (...) Del mismo modo, hay que denunciar lamentables situaciones como la mengua de los recursos destinados al funcionamiento de la estación meteorológica de la UCV, que compromete la continuidad de la segunda serie de datos climatológicos más larga en la ciudad capital.”*

Pareciera alentador comprobar que para la fecha de dar a la imprenta el presente escrito, el número de estaciones pluviométricas reportadas como operativas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología aumentó a 551 (INAMEH, 2017). Sin embargo, esta cantidad aún está muy por debajo de las aproximadamente 1.300 que funcionaban a principios de la década de 1980 (SMFAV, 1980), número que, desde luego, ya resultaba altamente deficitario. Particularmente preocupante, en este sentido, resulta la situación del estado Amazonas, con 175.500 kilómetros cuadrados de superficie y una sola estación pluviométrica activa. En términos comparativos, considérese que la vecina isla de Curazao, con 444 kilómetros cuadrados de extensión, dispone de trece (13) estaciones (Martis, van Oldenborgh y Burgers, 2001).

Entre muchos otros posibles ejemplos de tales deficiencias, también puede agregarse que la importante estación de Coro<sup>9</sup> (estado Falcón), sin duda entre las que Alfredo Jahn consideraría que “constituyen un desideratum de la ciencia meteorológica y de la climatología”, en la actualidad no reporta datos de precipitación.

Desde los viajes exploratorios de Humboldt, las particulares condiciones meteorológicas de los Llanos centrales venezolanos despertaron el interés de ilustres exploradores, así como de prestigiosos organismos científicos de otros países. Al respecto, en su artículo Jahn (1914,[snp]) comenta:

*“En 1886 la Academia de Ciencias de Prusia trató de establecer a sus expensas una estación meteorológica en Calabozo, sobre cuyo punto habían atraído la atención de los círculos científicos, las citadas observaciones de Humboldt (1800) y del doctor Sachs (1877); pero fueron insuficientes los medios de que en aquella época disponía la Academia y desde entonces se esperaba ver abordada con mejor éxito esta empresa, que habrá de ofrecernos una de las más importantes contribuciones a la climatología continental.”*

Como el mismo autor lo señala más adelante, la estación de Calabozo estuvo entre las primeras en iniciar sus observaciones, comenzando a trabajar en 1916, aunque sus datos empezaron a publicarse en la Memoria del Ministerio de Instrucción Pública a partir de 1920 (Sifontes, 1929). Muchos años más tarde, en 1969, comenzarían a efectuarse observaciones meteorológicas en la Estación Biológica de los Llanos, también localizada en las inmediaciones de Calabozo, al sureste de la primera, dotada de instrumental completo.<sup>10</sup> Esta estación se encuentra operativa actualmente, integrada a la red del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH).

Resulta interesante comprobar que, para la época, Alfredo Jahn mantenía correspondencia con meteorólogos de renombre internacional, como Julius von Hann (1839-1921), quien había publicado a comienzos del siglo XX un reconocido manual de meteorología (Hann, 1901)<sup>11</sup>, extensa obra de 805 páginas que mereció los más distinguidos elogios a nivel internacional, así como amplias recomendaciones a fin de que el libro fuese traducido a la lengua inglesa y colocado en las bibliotecas universitarias (Bigelow, 1902). En su artículo de 1914 (snp), Alfredo Jahn refirió la apreciación del reputado meteorólogo<sup>12</sup>:

*“El profesor Hann una autoridad mundial en asuntos de meteorología y autor del mejor tratado de Climatología, nos escribía hace seis años, ...ojalá vea usted corona-*

*dos sus esfuerzos por implantar las observaciones meteorológicas en los varios puntos de su país, las que juzgo de la más alta importancia, especialmente las de Calabozo, que a este respecto podemos llamar lugar clásico.”*

Como en cualquier época de los tiempos modernos, también entonces pudo verificarse como el progreso de las ciencias meteorológicas, comenzando por la instalación y mantenimiento de la red de observación, depende, en primer término, de adecuadas políticas estatales. Así lo confirman los párrafos con los que Alfredo Jahn (1914, snp) continúa su exposición:

*“El ilustrado criterio del actual Ministro de Instrucción Pública, doctor F. Guevara Rojas, ha penetrado la importancia de la obra y la benevolencia con que el Gobierno Nacional ha sabido acoger sus ideas encaminadas al progreso intelectual de la Patria han hecho que lo que fue proyecto por luengos años, al fin se convirtiese en realidad. Por decreto de 14 de marzo de 1913 ha creado el Gobierno Nacional las cuatro primeras estaciones meteorológicas, que en unión de la del Observatorio Cagigal, constituirán la base para nuestra futura red meteorológica. Se han designado por ahora y como las más importantes, desde el punto de vista científico, Maracaibo, Mérida, Calabozo, Ciudad Bolívar. Más adelante se agregarán Cumaná, Puerto Cabello, Coro y San Fernando de Atabapo, con cuyas instalaciones la red meteorológica habrá abarcado todo el amplio territorio de la Republica. Estas nueve estaciones constituyen los puntos de primer orden, como centros que son de regiones o zonas con determinado interés para la meteorología en general y para la climatología de Venezuela en especial.”*

Sin menoscabo de la importancia que revestían aquellas nueve primeras estaciones, la incipiente red aun distaba mucho de haber “abarcado todo el amplio territorio de la República”, como lo afirma Alfredo Jahn, tanto más cuanto que,

por lo que consta en las recopilaciones climatológicas disponibles al presente (CONICIT, 1994; González, 1949; SMFAV; 1980; SMFAV, 1993), la estación de San Fernando de Atabapo<sup>13</sup> no llegó a instalarse en aquella etapa inicial de la red de observación meteorológica nacional. En el mismo artículo Jahn detalla el instrumental con el que se equiparon las estaciones que integraron en, sus inicios, la red de observación meteorológica venezolana:

*“La dotación de instrumentos para las primeras cuatro estaciones de primer orden, fue encargada a la renombrada casa de R. Fuess, Berlín-Steglitz, proveedora de las estaciones de Alemania, Austria, Rusia y otras naciones europeas. Hace pocas semanas llegaron a Caracas los aparatos encargados, y a fin de verificarlos y probarlos, se ha instalado la dotación completa de una estación en la Escuela Nacional de Artes y Oficios. Para que pueda apreciarse mejor la importancia del servicio que van a prestar estas estaciones principales, damos a continuación la lista de los aparatos que van a ser instalados en cada una de ellas. Barógrafo registrador, gran modelo. Barómetro de mercurio sistema Wild-Fuess, gran modelo patrón. Termógrafo registrador, sistema Richard. Termómetro de mercurio, modelo patrón. Termómetro de máxima/termómetro de mínima, modelo de las estaciones principales. Psicrómetro de August, modelo grande. Pluviómetro registrador, sistema Hellmann-Fuess. Anemógrafo registrador, de contacto eléctrico para velocidad del viento. Veleta registradora para la dirección del viento. Registrador de la insolación Evaporímetro de Wild.”*

Para completar el instrumental propio de una estación meteorológica sinóptica o de una estación climatológica de primer orden, en el equipo indicado por Jahn faltarían los actinógrafos, los evaporímetros de sol (tinajas de evaporación o tanque-A), los rociógrafos, los termómetros de 10 centímetros y de ras del suelo, y los geotermómetros. Jahn no comenta si las garitas meteoroló-



gicas –abrigos indispensables para colocar los termómetros, termógrafos, psicrómetros y evaporímetros–, se construirían en el país o estaban incluidas en el lote de instrumentos y accesorios comprados en Alemania por el Gobierno venezolano.

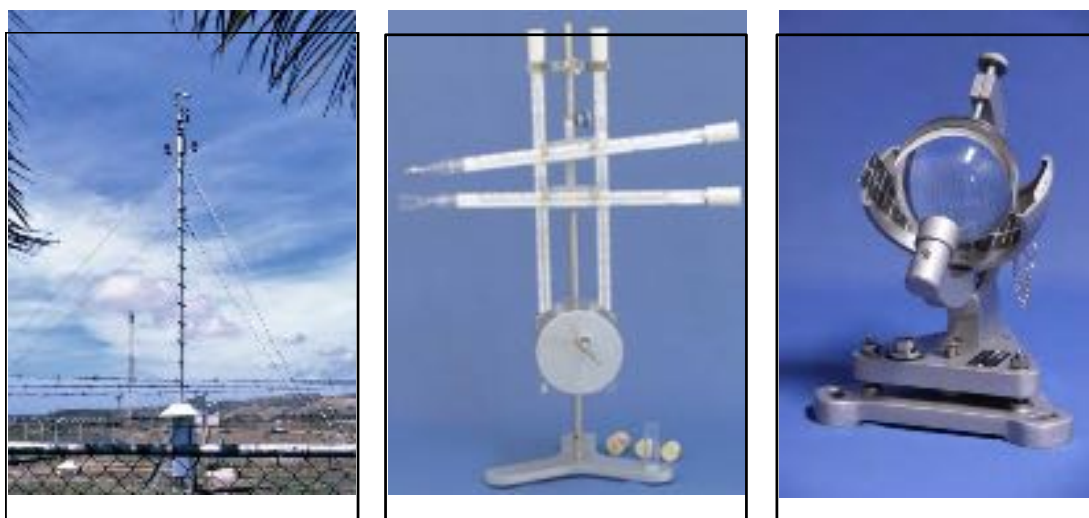
En cualquier caso, merece destacarse que los instrumentos de la prestigiosa casa Fuess, que entonces se adquirieron, eran los mejores disponibles a nivel mundial. Muchos años más tarde, cuando a principios de la década de 1950 Antonio W. Goldbrunner coordinó la expansión y modernización de la red de estaciones sinópticas del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, la casa que suministró los equipos fue también Fuess. En la Fig. 4 se reproducen fotografías de tres instrumentos<sup>14</sup> meteorológicos convencionales, similares a los citados por Alfredo Jahn, fabricados por la mencionada firma.

Jahn finaliza su artículo (1914, snp) exponiendo lo relativo a la constitución de la base de datos climatológicos derivada de las observaciones que se emprenderían en la incipiente red, así como lo tocante a su divulgación dirigida a los investigadores y al público en general:

*“Las anotaciones elementales de estos instrumentos, se comunicarán diariamente, por telégrafo, al Director del Observatorio Cagigal para su publicación en la prensa diaria de la capital, y en este mismo Instituto Nacional se centralizarán los registros de todas las estaciones meteorológicas del país. El complemento de esta obra será la publicación de un boletín mensual que dé a conocer la marcha de los fenómenos atmosféricos en las distintas localidades y las conclusiones que de aquélla puedan derivarse.”*

Réstanos felicitar al Ejecutivo Nacional por el impulso que ha dado a las ciencias físicas, con la creación de la red meteorológica de Venezuela. A. Jahn. Caracas, mayo de 1914.

Para concluir este punto, cabe recordar que para la época de la instalación de la referida red de observación meteorológica, ejercía la dirección del Observatorio Cagigal el doctor Luis Ugueto Pérez (1868-1936), autor de una notable obra en el campo de la astronomía, a quien, además de su larga y positiva gestión al frente de aquella institución, se debe también un artículo directamente relacionado con las ciencias atmosféricas (Ugueto, 1934).



**Figura 4.** Desde la izquierda: anemógrafo universal (Aeropuerto de Porlamar; Isla de Margarita (Fotografía: SFP, 1992). Psicrómetro de August. Heliógrafo Campbell-Stokes (Fuente: Müller, 2017).

Así mismo, es de interés anotar que los registros obtenidos durante los primeros años de observación, en las estaciones referidas por Jahn en este artículo, fueron incluidos en la ya citada recopilación climatológica de Epifanio González (1949). En esta publicación se encuentran los datos de precipitación de Calabozo, Ciudad Bolívar, Coro, Cumaná, Maracaibo, Mérida y Puerto Cabello. Con la excepción de Maracaibo<sup>15</sup>, cuya serie va desde 1911 hasta 1946, para todas las demás estaciones las series se extienden de 1921 a 1946. Como ya se comentó, la estación de San Fernando de Atabapo, probablemente debido a la remota localización de esa población, no llegó a instalarse en esta fase inicial de la red de observación meteorológica en Venezuela.

#### **OBSERVACIONES EN LAS SERRANÍAS COSTERAS. IA ESTACIÓN DE LA COLONIA TOVAR**

Como se ha apuntado, las contribuciones de Alfredo Jahn al conocimiento de las condiciones de pluviosidad venezolanas podrían haber comenzado en las postrimerías del siglo XIX, con su probable intervención en el establecimiento de la red de pluviómetros del Gran Ferrocarril de Venezuela. Con toda seguridad, en cambio, débense al renombrado ingeniero algunas sistemáticas observaciones pluviométricas efectuadas en La Victoria (Aragua), Puerto Cruz<sup>16</sup> y Hacienda El Limón (Distrito Federal), tal como se desprende de las anotaciones del propio Jahn (1926, párr.11):

*“Diez años de observaciones pluviométricas en mis haciendas de Puerto La Cruz (45 kilómetros al oeste de La Guaira) y El Limón y una serie igual practicada por mí en La Victoria, que se halla sobre el mismo meridiano de las anteriores, pero al sur de la cordillera, revelan cómo se distribuye la lluvia en las diferentes zonas de las montañas. Lado Norte. Puerto La Cruz, nivel del mar: 564 mm. Lado Norte. El Limón, 576 m sobre el mar: 1.556 mm. Lado Sur. La Victoria, 556 m sobre el mar: 1.140 mm.”*

Por cuanto esta publicación data de 1926, los registros en cuestión podrían haber comenzado en 1916 o 1917, razón por la cual, en el caso de la

estación de El Limón, dichos datos están comprendidos, en parte, en la serie de 1921 a 1935, incluida en la recopilación publicada por Epifanio González (1949), datos que se reproducen facsimilarmente en la Fig. 5.

Acerca de los montos pluviométricos anuales de las tres estaciones operadas por él, Jahn (1926, párr.12) agrega los siguientes comentarios:

*“La hacienda de El Limón se halla en el corazón de las montañas, a media distancia entre el mar y la cumbre de la Serranía. Como se ve de las anteriores observaciones, la costa del mar es en extremo pobre en lluvias, pero a partir de la zona hipsométrica de 500-600 metros y penetrando al centro de la parte montañosa, el promedio anual de lluvia se triplica. Las observaciones practicadas por Codazzi en 1844 en la Colonia Tovar, que se halla en el mismo meridiano de las anteriores, y muy cerca de la cumbre de la cordillera del litoral, a 1800 metros sobre el nivel del mar, dieron para aquél año un total de 1777 milímetros; lo que nos hace presumir que la altura de lluvias en la cima de la montaña, debe ser un poco mayor aún que la recogida en mi hacienda de El Limón.”*

Del comentario de Jahn se desprende que para 1926, año de publicación del artículo en cuestión, los únicos datos pluviométricos disponibles para la Colonia Tovar eran los que había recogido Codazzi en 1844. Según Leopoldo Jahn Montauban (1999, p. 204), la estación instalada por Agustín Codazzi podría haber funcionado hasta 1865, año en que falleció Alexander Benitz, socio de Codazzi en aquella empresa. Sin embargo, es dudosa la existencia de esa serie de veinte años de observaciones, dado que Alfredo Jahn, en el trabajo antes citado, sólo hace referencia a los datos pluviométricos tomados en la Colonia Tovar durante el año 1844. De haber existido la mencionada serie de dos décadas, con la mayor probabilidad habría sido de su conocimiento.

A principios de la tercera década del siglo XX, Jahn instaló una estación meteorológica en el

**EL LIMON (Hacienda) - Distrito Federal**  
**LLUVIA EN MILIMETROS (Alt. 577)**

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1921	16	11	175	76	159	133	38	184	244	370	190	178	1730
1922	87	63	297	112	79	181	72	172	218	206	229	154	1845
1923	57	26	69	8	69	119	44	154	117	52	103	114	923
1924	8	5	4	37	145	293	209	358	189	233	262	69	1969
1925	30	29	113	18	7	154	181	119	269	129	149	55	1923
1926	9	1	4	0	18	51	72	208	238	217	289	182	1271
1927	178	68	106	279	197	299	144	256	329	157	149	289	2314
1928	61	38	31	69	59	149	110	216	187	148	283	77	1969
1929	49	5	59	95	117	42	161	78	175	191	164	6	1054
1930	98	10	32	14	74	42	195	125	59	229	129	59	931
1931	16	38	2	51	58	135	234	157	196	213	198	97	1438
1932	145	5	35	146	48	32	125	170	188	321	196	271	1589
1933	92	76	116	160	178	135	280	161	204	209	316	217	2120
1934	81	18	6	33	92	47	72	82	117	230	179	53	1023
1935	13	102	64	117	319	49	78	181	107	149	210	124	1513
<b>Máx.</b>	178	102	297	279	319	293	334	358	320	370	346	289	2314
<b>Med.</b>	55	33	76	76	104	132	132	173	182	204	194	126	1477
<b>Min.</b>	0	1	2	0	11	22	44	78	96	52	103	6	923

**Figura 5.** Datos de precipitación (1921-1935) recogidos por Alfredo Jahn en su hacienda cafetalera El Limón, Distrito Federal, localizada a 577 metros de altitud, en la vertiente norte de la Serranía del Litoral. (Fuente: González, 1949, p. 44).

centro de aquella población aragüeña. Así lo indicó él mismo:

*“desde 1930 funciona allí una completa estación meteorológica, instalada por mí y posteriormente adscrita a la red meteorológica nacional”* (1939:211).

Seguidamente anota los valores medios de las observaciones realizadas en dicha estación, correspondientes a un lapso de seis años: temperatura media anual: 15,7 °C; temperatura máxima extrema: 24,8 °C; temperatura mínima extrema: 2,7 °C; presión media anual: 619 mm; lluvia media anual: 1.400 mm (1939, p. 211). Aunque Alfredo Jahn no especifica los años a los que corresponden estos promedios, de acuerdo con los datos reproducidos por Leopoldo Jahn Montauban (1999:204), los cuales coinciden exactamente con los valores anotados por su abuelo, sería el lapso 1930-1936.

Por otra parte, podría resultar de interés apuntar algunos promedios climatológicos de la Colonia Tovar, obtenidos a partir de períodos de

observación más largos. Para el caso de la precipitación, durante el lapso 1931-1990 el monto medio anual es de 1.224 mm. En lo tocante a los registros de temperatura, la serie correspondiente a 1961-1990 arroja los siguientes valores: media anual: 16,7 °C; máxima media anual: 21,0°C; mínima media anual 12,0 °C; máxima absoluta: 29,5 °C; mínima absoluta: 4,5 °C (SMFAV, 1993).

Con base en las observaciones efectuadas durante los primeros años de funcionamiento de la estación de Colonia Tovar, en una nota de indudable interés biometeorológico Alfredo Jahn destaca las ventajosas condiciones del clima de aquel asentamiento:

*“como estación climatérica tiene la Colonia Tovar todos los beneficios helioterápicos propios de su situación, unidos a los que da un ambiente oceánico de baja temperatura, sin que una altura excesiva (...) afecte nuestro sistema circulatorio”* (1939:213).

En una publicación anterior ya el autor había destacado los atractivos que, muchos años más





**Figura 6.** Vistas de la estación meteorológica de la Colonia Tovar en el sitio donde funcionó por más de cincuenta años, a unos 30 metros de su emplazamiento original –al lado de la iglesia–, donde la instalara Alfredo Jahn en 1930. La estación, adscrita al SMFAV como climatológica, se mantuvo operativa hasta mediados de la primera década del presente siglo. En la imagen superior destacan dos garitas meteorológicas; abajo, en primer plano y en el centro, el pluviógrafo Hellman; a la izquierda, el actinógrafo bimetalico Robitsch y más atrás la veleta Wild (Fotografías: SFP, diciembre 2003).

tarde, convertirían a la Colonia Tovar en un centro turístico, tras la construcción de la carretera que él mismo proyectara a fin de comunicar dicha población con Caracas. En un artículo de principios de 1931, Jahn escribía:

*“La vía (...) que se proyecta desde Caracas (...) convertirá este apartado rinconcito de ‘Selva Negra’ en un inmejorable balneario de sol y aire y en un concurrido sitio de deporte y turismo”* (1931a:4).

Para concluir este punto, se impone resaltar que, dadas las particulares condiciones de su em-

plazamiento, así como por la extensión de las series de registros que llegó a acumular (1931-2000 ca.), la estación de la Colonia Tovar (Fig. 6) debió haber sido declarada “estación meteorológica histórica” (Foghin-Pillin, 2015a:28) y su operatividad ha debido preservarse por encima de cualquier otro criterio.

## EL HIPSÓMETRO COMO BARÓMETRO DE VIAJE

Como es sabido, los climas intertropicales se caracterizan por su reducida amplitud térmica anual, la cual no sobrepasa los cinco centígrados, valor que en la clasificación climática de Köppen constituye el límite para designar un clima como tropical. De esta forma, prácticamente en todas las localidades intertropicales, independientemente de cualquier factor regional o local, el valor mediodiario de amplitud térmica diaria es mayor que la amplitud térmica anual media (Nieuwolt, 1982). Dichas condiciones motivaron el conocido comentario de Alejandro de Humboldt, quien al referirse a las temperaturas de Caracas expresó:

*“Al clima de Caracas se ha designado a menudo como una primavera perpetua (...) Qué cosa más deliciosa puede, en efecto, imaginarse que una temperatura que durante el día se sostiene entre 20° y 26° (...) y por la noche entre 16° y 18°.”* (Humboldt, 1985, T2:318).

Estos rasgos distintivos –isotermía– hacen que en la zona intertropical adquiera particular interés la variación de la temperatura en función de la elevación sobre el nivel del mar, variación que ocurre de acuerdo a un gradiente vertical medio de temperatura, que se ve modificado regionalmente por los valores medios de humedad relativa y de cobertura nubosa, entre otros. Las temperaturas medias en función de la elevación han permitido la delimitación de sucesivas franjas térmicas altitudinales, también conocidas como pisos térmicos (Goldbrunner, 1976; 1984).

Sobre tales bases, en sus viajes de exploración Alfredo Jahn puso especial empeño en reali-

zar mediciones termométricas en todos los lugares donde podía permanecer el tiempo suficiente, dedicando un particular interés en tratar de determinar los valores térmicos extremos y medios, así como los gradientes verticales de temperatura en las distintas regiones.

Por las razones antes comentadas, a los efectos de los estudios térmicos la elevación sobre el nivel del mar constituye la primera magnitud a determinarse en cualquier punto. Para tales propósitos, en sus viajes Jahn hizo “un largo uso del hipsómetro, aparato sencillo que sustituye ventajosamente al barómetro de mercurio en lugares montañosos y agrestes, donde el difícil transporte de este último lo expone de continuo al peligro de quebrarse<sup>17</sup>” (Jahn, 1921, párr. 3). Con el objetivo de divulgar las ventajas de dicho instrumento (Fig. 7), Jahn publicó un extenso artículo cuyo título se recuerda en el encabezamiento de este acápite. Dicho trabajo constituye un pormenorizado instructivo sobre el uso práctico del hipsómetro, con el cual se obtiene la temperatura de ebullición del agua, índice que, como es sabido, resulta una función directa de la presión atmosférica.

En la introducción del referido artículo Jahn discute el desarrollo histórico de este método y aclara que:

*“Erróneamente se ha atribuido al ilustre físico neogranadino Caldas la primera idea de emplear el termómetro en la determinación de alturas (...) débese ello sin duda a que Caldas hizo un largo uso de este método en sus viajes y aunque en sumemoria escrita en 1802 refirió de dónde había tomado la idea, en otra ocasión posterior se presentó como autor del método.”* (Jahn, 1918b, párr. 4).

El rigor científico con el que Alfredo Jahn realizaba todas sus observaciones, queda claramente manifiesto a través de la descripción del método utilizado para calibrar sus hipsómetros, notas que, en el artículo en cuestión, van acompañadas de una detallada tabla comparativa de los valores obtenidos, en la

cual el ingeniero incluye el cálculo del error probable en cada observación:

*“Mis propias experiencias fueron hechas en la Cordillera de los Andes venezolanos con dos hipso-termómetros de Fuess, Berlín, y dos de Baudin, París, comparados en 18 estaciones con un barómetro de mercurio Gay-Lussac de Chevalier y se extienden desde el nivel del mar hasta 4.460 metros de elevación. Los termómetros de Baudin están graduados en décimos de la escala centesimal, la cual abarca en el n° 333 desde 80 hasta 102 grados, cada uno de nueve milímetros de longitud y en el n° 357 de 89 a 101 grados de 14 milímetros cada uno, de modo que la magnitud de las divisiones decimales permiten apreciar al ojo centésimos de grados. Los termómetros de Fuess están provistos de escalas que, en lugar de la temperatura de ebullición, dan directamente los milímetros correspondientes a la curva de tensión, pudiendo apreciarse hasta 1/10 de milímetro. El número 1.174 abarca de 460 a 830 mm. y el 1.190 de 360 a 830.”* (Jahn, 1918b, párr. 15).

Seguidamente Jahn describe en líneas generales el instrumento y, con evidente intención didáctica, formula algunas recomendaciones para su uso:

*“Los aparatos más recomendables son los de Baudin, de París y Fuess, de Berlín, por ser de construcción sencilla a la par que sólida. Compónese de una pequeña caldera que se calienta con una lámpara de alcohol; sobre la caldera se fija un tubo dentro del cual se encierra la parte inferior del termómetro hasta cerca del punto en que se leerá la temperatura de ebullición. La parte superior del tubo tiene un agujero lateral por donde escapa el vapor de agua. Debe cuidarse de que este orificio se mantenga siempre libre y que no sea obstruido por gotas de agua de condensación, pues*

de lo contrario el vapor encerrado en el tubo aumentará la presión que pesa sobre el agua y esto ocasionará aumento de temperatura. El termómetro debe colocarse verticalmente y de modo que no toque las paredes del tubo metálico.”

Para la observación se elegirá un sitio abrigado de las corrientes de aire, a fin de obtener un funcionamiento continuo y tranquilo de la lámpara de alcohol. La llama debe graduarse de modo que su longitud no exceda de 3 a 4 centímetros.”(Jahn, 1918b, párr.18).

Con igual propósito, Jahn agrega un comentario sobre posibles errores en la lectura del hipsómetro, así como la manera de minimizarlos:



**Figura 7.** Hipsómetro. Sus componentes incluyen dos termómetros, cuyas escalas se adaptan a diferentes altitudes; soportes tubulares (camisas) para los termómetros; contenedores para el alcohol y el agua destilada; cocinilla; cilindro protector metálico y estuche de cuero. (Instrumento donado en 1971 por A. W. Goldbrunner al Departamento de Geografía e Historia del Instituto Pedagógico de Caracas. Fotografía: Franklin Núñez Ravelo, mayo 2107)

“La más importante fuente de errores la constituye la depresión de la columna de mercurio por efecto de capilaridad y adherencia del mercurio a las paredes internas del tubo. Al igual de otros observadores, he notado en mis experiencias, que si se retira la llama, después de haber alcanzado la columna su máxima altura, y se vuelve a colocar debajo de la caldera, la segunda lectura, hecha uno o dos minutos después de haberse estacionado nuevamente el mercurio, es siempre mayor que la primera. Si se repite el procedimiento una o más veces, se observa que las indicaciones se mantienen siempre iguales a las de la segunda ebullición, por cuya razón he desechado siempre la primera lectura y sólo he adoptado las sub-siguientes. Para ayudar a vencer la adherencia que sufre el mercurio sobre las paredes interiores del tubo, conviene golpear suavemente el termómetro en sentido vertical con una reglita de madera.” (Jahn, 1918b, párr. 20).

En la última parte del artículo, el autor concluye que, de acuerdo a sus cálculos,

“la temperatura de ebullición guarda una proporción constante con la altura, de modo que un grado de diferencia en la ebullición del agua (...) equivale exactamente a 318,2 metros de elevación” (Ob. cit.párr. 22).

Jahn cierra el trabajo con cinco tablas “destinadas (...) al uso de Venezuela”, con las cuales pueden hallarse los valores de altitud a partir de las lecturas hipsométricas (Ibíd., párr. 29). Finalmente, presenta un ejemplo práctico de operación, a partir de dos lecturas efectuadas con el hipsómetro el seis de enero de 1910, en Apartaderos (Mérida), cálculos que arrojaron una altitud de 3.297 metros sobre el nivel del mar, lo que representa una diferencia de sólo un metro (3.298 m/nm) respecto al valor obtenido con repetidas mediciones que se habían tomado anteriormente por medio del barómetro de mercurio.

Con el uso en conjunto de termómetros, hipsómetros, barómetros de mercurio y aneroides, Jahn elaboró una tabla barométrica adaptada para



calcular altitudes en la zona tropical. Sobre las particularidades de este trabajo Jahn anota:

*“Nuestra tabla (...) está basada en la disminución del calor con la altura, e.d. para cada zona hipsométrica, o sea, para cada presión sucesiva hemos buscado la temperatura media correspondiente y con este elemento unido a los de presión, humedad y latitud hemos calculado la altura. En la actualidad existen varias tablas para facilitar el cálculo de las alturas barométricas, pero ninguna, que sepamos, está basada como la nuestra en una distribución de la temperatura proporcional a la altura.”* (Jahn, 1907, párr. 3).

Jahn ejemplifica el valor práctico de su tabla en los trabajos de campo:

*“El botánico, al leer su barómetro y consultar la tabla III, sabrá enseguida la altura en que ha recogido una planta u observado el límite de su vegetación y el geólogo estará en capacidad de apreciar con bastante exactitud la altura en que ha visto cambiar la estructura de los elementos geognósticos.”* (Ídem, párr. 7).

### **Las observaciones termométricas regionales**

Provisto de sus instrumentos y de la citada tabla, en sus múltiples viajes exploratorios relacionados con el estudio del trazado de vías de comunicación, por diferentes regiones del país, Jahn efectuó numerosas observaciones con el propósito de determinar la temperatura media anual de los lugares visitados, a la vez que los extremos térmicos y los gradientes verticales de temperatura.

El gran interés del infatigable científico en este tipo de datos climatológicos, se evidencia por el hecho de que, con base en las citadas observaciones, publicó un primer artículo en 1918 y luego otro en 1934, bastante ampliado también en lo referido a los aspectos conceptuales, el cual, con 38 páginas, incluyendo 12 de tablas de temperaturas, es uno de sus artículos más completos. En la parte introductoria de este trabajo, Jahn inicia señalando los avances que en

materia de observación meteorológica podían comprobarse a más de tres lustros de su primera publicación:

*“Sobre el mismo tema que es materia del trabajo que hoy presento, publiqué en 1918 un pequeño ensayo, como contribución a la climatología venezolana, bajo el título “La temperatura media y su distribución”. El material que desde entonces he recogido en mis viajes por las montañas del Occidente y Centro del país y las largas series de observaciones practicadas en las estaciones meteorológicas creadas y sostenidas por el Gobierno Nacional, han venido a ampliar considerablemente nuestro conocimiento de los factores climatológicos en las diferentes zonas horizontales o extensionales y las altitudinales de Venezuela.”* (Jahn, 1934:135).

El autor prosigue exponiendo algunos criterios que justifican el trabajo en cuestión:

*“Este acopio de observaciones me ha sugerido nuevas conclusiones con respecto a las primeras y ligeras correcciones en cuanto a las segundas. He creído que su publicación sería de interés para la climatología del país, lo mismo que la de un resumen de todas las temperaturas medias anuales que he obtenido en mis viajes, empleando el método de Boussingault, la comparación de éstas con las de algunas de las estaciones meteorológicas y, finalmente, el estudio de su distribución por zonas altitudinales.”* (Ídem).

En ambos trabajos Jahn agrupó las medias térmicas en cuatro grandes áreas, a las que denomina “zonas horizontales o extensionales” (Tabla 1), junto con el número de lugares (ciudades, pueblos, caseríos, campamentos, estaciones de medición) cuyos datos registró Jahn en cada uno de los trabajos.

En su segundo artículo sobre los aspectos térmicos del territorio venezolano, el autor realiza una detallada discusión del método de Boussingault, a partir de las experiencias reseñadas por el propio científico francés.

**Tabla 1.** Áreas del territorio venezolano estudiadas por Alfredo Jahn, con el número de lugares presentados en sus publicaciones de 1918 y de 1934, en los cuales determinó las medias térmicas anuales por el método de Boussingault.

ÁREAS DEL TERRITORIO VENEZOLANO	LUGARES	
	1918	1934
Lugares situados en la costa del mar o próximos a ella	6	8
Lugares situadas en los valles y serranías del sistema Caribe	43	48
Lugares situados en la cordillera de los Andes	70	89
Lugares situados en la entrada de los Llanos o en los Llanos mismos	25	30

Sobre dicho método, prácticamente olvidado después de que en el país se comenzara a extender la red de estaciones con registro termométrico, Jahn asentó:

*“En mis largos viajes por las diferentes regiones de la República he tenido muchas veces ocasión de emplear el método ideado y descrito por Boussingault y he podido comprobar su excelencia en aquellos lugares donde yo mismo u otros observadores habían practicado series más o menos largas de observaciones termométricas.”* (1934:138).

Como el autor lo indica, según el método de Boussingault las mediciones se efectúan “colocando un termómetro dentro de una perforación hecha en el suelo, en sitio convenientemente abrigado, a 0,50 o 0,60 m. de profundidad y sus resultados pueden considerarse de bastante precisión.” (1931b:127). Sin embargo, consciente de la importancia de las observaciones instrumentales, de inmediato agrega:

*“Es de esperar que algún día se establezcan pequeñas estaciones meteorológicas en alguno de los páramos merideños, como por ejemplo en Apartaderos, cuyas observaciones permitirán (...) comprobar y corregir las que he consignado.”*(Ídem).

Sobre este último punto, es de lamentar que en la actualidad, a más de ochenta años de aquellos planteamientos de Alfredo Jahn, los registros térmicos disponibles para aquel importante

nudo orográfico andino, sean deficientes tanto en cobertura espacial como temporal. Lo cual puede afirmarse también acerca de La Guaira –desde los tiempos coloniales el principal puerto de Venezuela–, cuyos incipientes datos de temperatura discute comparativamente Jahn en su artículo de 1934 (p. 145):

*“La temperatura media al nivel del mar tiene un valor que fluctúa entre 26°C y 28°C. Si comparamos los términos medios que arrojan las series de las estaciones meteorológicas entre sí, con las determinadas por mí en el suelo, tenemos para los seis años de 1926 a 1931: La Guaira: 26°,1 contra 27°,0 (1912) por el método de Boussingault. Puerto Cabello: 27°,3 contra 26°,7 (1900) por el método de Boussingault. Maracaibo: 28°,1 contra 28°,1 (1910) por el método de Boussingault.”*

Con relación a los registros anteriores, agrega:

*“Desde luego se ve lo poco fundado del apodo Infierno de Venezuela<sup>18</sup> con que se ha señalado a La Guaira por su temperatura, y como esta designación cuadra mejor a Maracaibo, según revelan concordantemente todas las observaciones”* (Ídem).

Al respecto, los datos actualmente disponibles (Tabla 2), procedentes de las estaciones sinópticas de Maracaibo y Maiquetía (en sustitución de La Guaira), avalan plenamente el señalamiento de Alfredo Jahn.



**Tabla 2.** Temperaturas máximas absolutas (Tma), máximas medias anuales (Tmm) y medias anuales (Tme) de las estaciones de Maracaibo y Maiquetía (Fuente: SMFAV, 1993; \*Dirección de Hidrología y Meteorología-MPPA).

Estación	Período	Tma	Tmm	Tme
Maracaibo	1961-1990	39,6	33,1	27,7
Puerto Cabello*	1963-1989	38,2	29,4	26,5
Maiquetía	1961-1990	35,6	29,9	26,1

A partir de las múltiples observaciones termométricas realizadas en las regiones venezolanas antes citadas, Jahn consideró que:

*“El estudio de todo el material de nuestras costas del Caribe y de las poblaciones del interior del país revela claramente la influencia de un ambiente marítimo u oceánico y un ambiente continental.”* (1934:146).

Al respecto, pese a las limitaciones que presentan los registros térmicos actualmente disponibles, sería de interés investigar la influencia modificadora que puedan ejercer los factores mencionados por Jahn, sobre valores como la amplitud térmica anual media y la amplitud térmica diaria media, aunque un examen somero de estos valores (Tabla 3), no pareciera mostrar diferencias significativas.

**Tabla 3.** Valores medios de amplitud térmica anual (ATA) y de amplitud térmica diaria (ATD), en centígrados, para cinco estaciones venezolanas (Período 1961-1990. Fuente: SMFAV, 1993).

Estación	Lat. N	Lon. W	Alt. m/nm	ATA C	ATD C
Maiquetía	10°36'	66°59'	43	3,0	6,4
Caracas-La Carlota	10°30'	66°53'	835	3,0	9,7
Maracay-Boca de Río	10°15'	67°39'	436	2,7	11,6
S. Fernando de Apure	07°41'	67°25'	47	3,0	9,2
Puerto Ayacucho	05°36'	67°30'	73	3,5	9,9

Tales investigaciones tendrían especial significación en el marco de los problemas relacionados con el cambio climático global. Nótese que una estación marítima como Maiquetía, muestra igual valor de amplitud térmica anual que San Fernando de Apure, cuya situación es continental; al tiempo que Maracay, localizada en la Cordillera de la Costa, presenta un valor de amplitud térmica diaria mayor que Puerto Ayacucho, estación mucho más alejada del mar. Sin embargo, la amplitud térmica media diaria de Maiquetía, entre las más bajas del territorio venezolano, en algún grado pareciera reflejar la influencia marítima en su régimen térmico diario.

Jahn también tuvo en consideración los factores modificadores a escala local, incluyendo aquéllos derivados de la acción antrópica. Al discutir ciertas diferencias entre los registros térmicos del Observatorio Cagigal, situado entonces en la periferia de Caracas, y los que obtuviera Agustín Aveledo en su célebre instituto docente del centro de la ciudad, el insigne ingeniero comentó:

*“La anormalidad se explica fácilmente por las condiciones locales: el Colegio de Santa María se hallaba en el centro del poblado y por tanto su ambiente debía estar influenciado por edificios y pavimentos*

*que absorben y conservan el calor solar, y estancan el aire, en tanto que el Observatorio Cajigal ocupa (...) el vértice de una colina fuera del poblado y está expuesto, además, a la acción de los aires marinos que penetran de tarde por la cercana depresión de Catia.” (Jahn, 1934:149).*

Como puede verse, en esta conclusión de Jahn, por demás válida, ya se encuentra presente el concepto de isla térmica urbana (AMS, 2017; Oke, 1978), aspecto frecuentemente investigado en la actualidad, como lo demuestran los numerosos artículos publicados en las más importantes revistas especializadas. En el caso de las principales ciudades venezolanas, es necesario insistir sobre el problema que representa la falta de adecuados registros térmicos, especialmente en lo que concierne a las investigaciones sobre el calentamiento global y el cambio climático.

Seguidamente pasa Jahn a discutir los valores de los gradientes verticales de temperatura en diferentes regiones del territorio venezolano. Para el caso de las estaciones de La Guaira y de Caracas-Observatorio Cajigal, durante el lapso 1926-1931 sus cálculos (1934, p. 148) arrojan una media anual de 0,583°C por cada 100 metros de desnivel, relación que no difiere sensiblemente del valor medio de 0,55°C/100m, obtenido a partir de los radiosondeos efectuados en la estación sinóptica de Maracay-Boca de Río (Goldbrunner, 1976).

La rigurosidad característica de las investigaciones de Alfredo Jahn queda manifiesta, una vez más, en su permanente preocupación por comprobar sus cálculos, confrontando, cuando le era posible, los registros termométricos de las estaciones meteorológicas con sus observaciones de campo, en las que utilizó extensamente el ya citado método de Boussingault, el cual aplicó también en lugares agrestes y de difícil acceso:

*“Basándonos en las anteriores experiencias, debemos concluir que la temperatura que corresponde a la cota 2.000 en la cordillera costanera es la de 14°,7 y por lo*

*tanto sus cumbres máximas, la Silla de Caracas (2640 m.) y el Pico de Naiguatá (2.765 m.), deben gozar de temperaturas medias anuales de 11°,0 y 10°,3, respectivamente; efectivamente, por el método de Boussingault, he hallado al abrigo de las rocas de sus cimas, 11°,0 y 10°,0, respectivamente.” (Jahn, 1934:152).*

De esos trabajos de campo Jahn también derivó interesantes conclusiones, enmarcadas en el ámbito de la climatología aplicada y de indudable relevancia ecológica, las cuales sería de gran interés investigar en el presente:

*“Las cumbres de la Cordillera de la Costa se hallan en un ambiente más oceánico que continental y al descender sobre las faldas del norte o del sur se observa en la vegetación una mayor influencia oceánica en las primeras, como era de esperarse. Esta diferencia es aproximadamente de un grado. Promediando las altitudes y temperaturas medias de varios lugares situados a uno y otro lado de esta cordillera, he encontrado para la línea hipsométrica de 1.000 metros las temperaturas medias de 20°,4 al norte y de 21°,3 al sur. Esta diferencia climática se refleja en algunas plantas, como el incienso (*Espeletia nerifolia*) que tiene como límite inferior en la Silla de Caracas 1.900 en las faldas septentrionales y 2.100 en las meridionales (Ídem).*

Tocante a estos aspectos y específicamente en relación con la distribución geográfica de algunas especies del género *Espeletia* (frailejones) y a los factores climáticos que la condicionan, llama la atención cierto experimento llevado a cabo por Alfredo Jahn:

*“Carecen los pequeños páramos caraqueños de los robustos frailejones parameros de los Andes, pero el ensayo que he hecho de trasplantar éstos por medio de semillas de *Espeletia spicata* y de otras especies llevadas*

*en 1931 a los lagunazos o praderas del Naiguatá, elevadas 2.500-2.700 metros sobre el nivel del mar, han demostrado su posibilidad de vida en una zona que es de 500-600 metros más baja que la de su origen, pero que sin duda goza de las mismas condiciones de temperatura y humedad. (Ídem)*

Para la época no se hablaba aún del problema de la introducción de especies exóticas, pero, más allá de lo curioso que pueda parecer el ensayo descrito, cabe anotar que en un trabajo sobre la flora del Ávila, publicado casi cincuenta años después de la experiencia de Jahn, no se reporta la presencia de *E. spicata* en esas montañas de la Serranía del Litoral (Steyermark y Huber, 1978).

Su inagotable interés por las observaciones hipsométricas y termométricas, llevó a Jahn a extender sus mediciones hasta algunos de los más elevados lugares de los Andes centrales venezolanos:

*“A fin de averiguar cómo se efectúa esta disminución en la región elevada de los páramos andinos, he comparado las temperaturas medias que he obtenido por el método de Boussingault en dos sitios de las montañas merideñas, resultando para el caserío de Apartaderos, al pie del páramo de Timotes o Mucuchíes, a 3.303 metros sobre el nivel del mar, una temperatura media anual de 9°,6 y en la cueva del páramo de Michuntuy, a 4.040 metros, 4°,5.” (1934:153).*

Acerca del páramo de Michuntuy, el investigador acota significativamente: “

*“Fue esta última la más alta estación en que pude emplear el método de Boussingault en condiciones favorables.” (Ídem).*

Al igual que lo hizo para la región central, Jahn también calculó el gradiente térmico vertical para el occidente del territorio venezolano, en este caso a partir de las medias térmicas anuales

del período 1915-1932 de las estaciones de Maracaibo y Mérida, con el resultado de 0,57°C/100 m (Jhan, 1934:151). Es importante destacar que de los registros termométricos recabados durante el año 1979, a lo largo de la red climatológica especial del teleférico Mérida–Pico Espejo<sup>19</sup>, se obtiene un gradiente vertical de temperatura de 0,59 °C/100 metros (SMFAV, 1980, p. 250-253). Sobre dichas variaciones térmicas altitudinales Jahn precisa:

*“Si adoptamos como exacto el coeficiente 0°,57 y lo aplicamos a nuestra región occidental, donde la temperatura media en las orillas meridionales del Lago de Maracaibo es de 27°,6 al año, en tanto que (...) se eleva a 28°,1 en la ciudad del mismo nombre, hallaremos que la temperatura media anual que reina en el Picacho Bolívar, máximo de la Sierra Nevada de Mérida y de Venezuela, dada su altitud de 5.005 metros, debe ser de 0°,6 bajo cero.” (Jhan, 1934:153-154).*

Como es sabido, en años recientes la elevación del Pico Bolívar fue rectificadas por medio de mediciones satelitales (GPS), las cuales arrojaron un valor altitudinal de 4.978,4 ± 0,4m (Pérez et al., 2005). Con base en la altitud rectificada, aplicando el gradiente altotérmico calculado a lo largo del teleférico, a partir de la temperatura media anual de la ciudad de Mérida (1961-1990), se obtiene una media térmica anual para el Pico Bolívar de -1,6°C, aproximadamente. Sería de interés poder confrontar este valor con el que arrojasen en la máxima cumbre venezolana las observaciones efectuadas tanto por medio del método de Boussingault, tantas veces empleado por Alfredo Jahn, como mediante una estación meteorológica automática, convenientemente situada.

Sobre la importancia de la variación térmica altitudinal, continúa Jahn:

*“Desde el punto de vista biológico, se distinguen comúnmente en Venezuela tres zonas altitudinales que el vulgo ha designado con los nombres de TIERRA CALIENTE, TIERRA*

TEMPLADA y TIERRA FRÍA. Codazzi, Ernst y Pittier han adoptado esta misma clasificación, aunque dando valores diferentes a los límites de cada zona (...) Mis propias observaciones me han sugerido una división

altitudinal que (...) se aproxima más a la de Pittier<sup>20</sup>, diferenciándose sin embargo (...) en que he considerado necesario el establecimiento de cuatro zonas en lugar de tres.” (Jhan, 1934:154).

**Tabla 4.** Zonas biológicas altitudinales par el territorio venezolano y sus correspondientes temperaturas medias, según Alfredo Jahn (Fuente: modificado de Jahn, 1934:158).

Zonas biológicas	Altitud m/nm	t. máx. med. C	t. media C	t. mín. media C
Tropical	0-800	32,0-28,0	27,6-23,0	24,0-20,0
Subtropical	800-2.000	28,0-21,5	23,0-16,0	20,0-12,0
Subalpina	2.000-3.000	21,5-15,5	16,0-11,0	12,0-5,7
Alpina o paramera	3.000-4.700	15,5-7,0	11,0-1,5	5,7 - -2,0

Como se aprecia en la tabla 4, Jahn dividió la zona llamada *tierra fría* en dos franjas, las cuales denomina subalpina y alpina. Esta zonificación biogeográfica fue adoptada por el científico puertorriqueño Carlos Chardón (1897-1965), quien en 1933 publicó “un interesante estudio que titula *Life Zones in the Andes of Venezuela*” (Jahn, 1934:159). En el citado trabajo, Chardón modificó la zonificación de Jahn, cambiandola denominación de *subalpina* por “templada” y la denomi-

nación *alpina o paramera* por “páramo zone” (Jahn, 1934:160).

La zonificación térmica altitudinal fue posteriormente ampliada por Goldbrunner (1976), en su clasificación climática basada en los pisos térmicos. En dicha clasificación, además de los tipos tropical, subtropical, templado, frío, páramo y gélido (Tabla 5), Goldbrunner introduce parámetros pluviométricos (ombrotipos) adaptados a las condiciones propias del territorio venezolano.

**Tabla 5.** Pisos térmicos y sus respectivas temperaturas medias según A. W. Goldbrunner (Fuente: Goldbrunner, 1976:13).

Pisos térmicos	Límites altitudinales m/nm	t. máx. med. C	t. media C	t. mín. media C
Tropical	0 - 600	34,0 - 30,0	> 24,0	21,00 - 18,0
Subtropical	600 - 1.500	30,0 - 23,0	24,0 - 18,0	18,0 - 13,0
Templado	1.500 - 2.000	23,0 - 20,0	18,0 - 15,0	13,0 - 11,0
Frío	2.000 - 3.000	20,0 - 14,0	15,0 - 10,0	11,0 - 06,0
Páramo	3.000 - 4.700	14,0 - 03,0	10,0 - 00,0	06,0 - 02,0
Gélido	> 4.700	03,0 - 00,0	< de 00,0	< 02,00

Resulta de interés destacar la coincidencia de los límites altitudinales de las franjas entre 2.000 y 3.000 metros, así como entre 3.000 y 4.700

metros, en las respectivas zonificaciones de Jahn y de Goldbrunner. La zona llamada “paramera” (o “alpina”) por Jahn y “páramo” por Gold-

brunner, constituye el dominio de la consociación conocida como “Espeleton andinum” (Vareschi, 1992), con los característicos frailejones, dos de cuyas especies más comunes, el frailejón amarillo (*Espeletia spicata*) y el frailejón batata (*Espeletia Weddellii*), según Pittier (1939) se encuentran en los Andes centrales venezolanos entre los 3.000 y los 4.500 metros de elevación, con lo que ambas especies podrían considerarse como definidoras de dicho piso térmico.

En algunos de sus viajes exploratorios, Alfredo Jahn también practicó aisladas observaciones de la temperatura del aire a ras del suelo, un importante parámetro térmico el cual se registra sistemáticamente en las estaciones meteorológicas sinópticas y en algunas estaciones climatológicas, conjuntamente con las temperaturas a 10 centímetros sobre la superficie. Dichos valores encuentran aplicación particularmente en agrometeorología y en ecología, ya que, entre otros aspectos, se relacionan con la formación de rocío y de escarcha, así como con la frecuencia de heladas, fenómeno meteorológico éste que podría considerarse ajeno a la zona intertropical, pero que, según las observaciones de Jahn, sería factible registrar en algunas regiones montañosas venezolanas.

Con base en tales mediciones Jahn señala “el fuerte enfriamiento que sufren las plantas de nuestros páramos avileños por razón de la irradiación<sup>21</sup> nocturna” (1934:158). Al respecto agrega el referido autor:

*“Este enfriamiento del suelo y de la vegetación rastrera en lugares abiertos, como sabanas, plantíos, etc., es la causa de la escarcha (rocío congelado)<sup>22</sup> que suele observarse en Los Teques (1175 m.), la Colonia Tovar (1820 m.) y otros sitios de nuestras montañas del Litoral, cuando la temperatura del aire no ha descendido de 4 a 5 grados sobre cero, pues (...) cuando esta temperatura ocurre en madrugadas despejadas, el suelo y la vegetación, en ocasiones, alcanzan temperaturas de más de dos grados bajo cero.”* (Jhan, 1934).

A partir de observaciones efectuadas en la Colonia Tovar, Jahn describió detalladamente este fenómeno y sus efectos:

*“En los meses de enero y febrero suele bajar la temperatura de la Colonia a tal punto, que se congela el agua, lo que en aquellas alturas ocurre en las madrugadas despejadas, en las que el aire se enfría hasta tres grados sobre cero y por efecto de la irradiación nocturna del calor, el suelo, los vegetales y los pozos y envases de agua llegan a enfriarse hasta dos y tres grados bajo cero. Es frecuente que en esa época del año, en las pequeñas sabanas y lugares desprovistos de árboles, un termómetro puesto sobre el césped indique, al amanecer, una temperatura cinco y hasta seis grados menor que otro suspendido a 1,5 metros sobre el suelo. A este fenómeno de irradiación de calor se debe el copioso rocío que se condensa sobre las plantas y techos metálicos.”* (Jhan, 1931a:4).

En la Tabla 6 se transcriben, en orden cronológico, los valores de temperaturas mínimas y temperaturas a ras del suelo, obtenidos por Jahn en algunos lugares elevados de la Cordillera de la Costa.

Una vez más hay que resaltar la utilidad de estos aportes, toda vez que las alteraciones térmicas asociadas tanto a factores locales (efecto isla térmica urbana), como al cambio climático global, podrían haber modificado, o llegar a hacerlo en un futuro próximo, dichas condiciones naturales.

Para finalizar esta parte, en la tabla 7 se anotan los valores de altitud y de temperatura media anual para un grupo de once estaciones, seleccionadas entre las 175 localidades que incluyó Alfredo Jahn en el artículo que se ha comentado, comparándose los valores térmicos registrados por el citado autor, con los obtenidos en un grupo de estaciones de la red del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.



**Tabla 6.** Valores de temperaturas mínimas del aire y de temperaturas a ras del suelo, obtenidos por Alfredo Jahn en distintos trabajos de campo. Aunque el autor no indica a qué nivel realizó las lecturas del termómetro de mínima, es de suponer que habrá sido a la altura estándar de las garitas meteorológicas, entre 1,5 y dos metros. (**Fuente** de los datos: Jahn, 1934:158-159).

<b>Lugar y altitud en m/nm</b>	<b>Fecha</b>	<b>t mínima</b>	<b>t ras suelo</b>
Campamento P. Naiguatá. 2.515 m.	08-04-1887	3,8	-1,3C
Silla de Caracas, P. Oriental. 2.640 m.	10-04-1887	5,3	0,6°
Campamento P. Naiguatá. 2.703 m.	19-03-1897	7,0	1,5°
Pico Codazzi. 2.427 m.	21-01-1899	2,6	-2,2°
Pico Ceniza. 2.435 m.	17-02-1901	6,0	1,2°
Campamento P. Naiguatá. 2.703 m.	15-01-1910	1,5	-2,5°
Campamento P. Naiguatá. 2.703 m.	25-05-1913	4,0	-1,7°
Campamento P. Naiguatá. 2.515 m.	09-02-1914	5,0	0,0°

**Tabla 7.** Comparación de algunas de las medias térmicas anuales obtenidas por Alfredo Jahn (1934), con los valores correlativos registrados en estaciones meteorológicas (SMFAV, 1993/ \*SMFAV, 1980).

<b>Estación</b>	<b>Alfredo Jahn</b>		<b>Registros de las estaciones SMFAV</b>		
	<b>Alt. m/nm</b>	<b>t C</b>	<b>Alt. m/nm</b>	<b>t C</b>	<b>Lapso</b>
Maracaibo	6	28,1	65	27,7	1961-1990
Caracas-Cagigal*	1.041,7	20,1	1.035	20,8	1951-1980
Colonia Tovar	1.820	16,0	1.790	16,7	1961-1990
Maracay	444	25,0	436	24,8	1961-1990
Barquisimeto	565	24,8	613	23,6	1961-1990
Mérida	1.626	19,0	1.479	19,0	1961-1990
Colón	797	22,2	825	22,2	1972-1990
Guanare	172	27,0	163	25,9	1971-1990
Acarigua	188	26,1	226	25,9	1971-1990
S. Fernando Apure	61	27,6	47	26,9	1961-1990
Ciudad Bolívar	45	27,2	43	27,6	1961-1990

Como se ha comentado, en el trabajo publicado en 1934 Jahn incluyó los datos de elevación y temperatura media anual de 175 localidades. Muchos de estos puntos se encuentran a lo largo de las rutas principales recorridas en los estudios relacionados con los importantes proyectos de viabilidad que impulsara el Ministerio de Obras Públicas, particularmente durante las primeras décadas del siglo XX, como en el notable caso de la campaña emprendida entre julio de 1910 y abril 1912 por la Comisión Científica Exploradora del Occidente de Venezuela, de la que Jahn había sido nombrado Ingeniero Jefe (Urbani, 1987).

Hay que destacar como un singular aporte de estos viajes, las mediciones de temperatura efectuadas por Jahn en sitios de difícil acceso, como los páramos de El Jabón (3.070 m/nm), El Oro (3.475 m/nm), Michuntuy (4.040 m/nm) y Cimarronera (3.353 m/nm), entre otros, a la vez que en algunos pueblos y caseríos enclavados en la cordillera andina y sus estribaciones, los cuales, aún hoy, siguen siendo lugares bastante apartados, tales los casos de Santiago del Burrero, Piñango, Los Nevados, Quirorá, Aricagua y Uracá, esta última localizada en las “selvas del Zulia, al pie de la Cordillera” según precisa Jahn (1934:170); o, por citar otro ejemplo, la localidad de El Porvenir-casa Murillo, situada “a la entrada de la Selva de San Camilo.” (Ídem).

El siguiente párrafo ilustra claramente las dificultades que debían enfrentar, por las vías regulares, los viajeros entre la región occidental y el centro del país, lo que resalta el valor de las contribuciones de Alfredo Jahn y de sus colaboradores al conocimiento de las condiciones fisiográficas del territorio venezolano:

*“Todavía para el año de 1924 antes de inaugurarse la Carretera Trasandina, el viaje por tierra entre San Cristóbal y Caracas, verdadera proeza de elegidos, consumía un mes de camino por entre páramos y selvas, y la ruta normal San Cristóbal-Maracaibo-Curazao-Puerto Cabello-La Guaira, significaba en el mejor de los casos, diez y doce días de andar continuo, utilizando sucesivamente la carretera entre San Cristóbal y Estación*

*Táchira, el ferrocarril entre Estación Táchira y Encontrados, un barco de menor calado para remontar el río Zulia-Catatumbo, luego la travesía del Lago de Maracaibo para esperar el viajero en Maracaibo la llegada de uno de los buques alemanes u holandeses que hacían la travesía Maracaibo-La Guaira tocando primero en la isla de Curazao y en Puerto Cabello.”* (Velásquez, 1981:349).

Finalmente, es necesario subrayar el hecho de que para muchas de las localidades incluidas en el trabajo en cuestión, los valores térmicos registrados por Alfredo Jahn siguen siendo los únicos disponibles hasta el presente.

## CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIÓN

Entre las primeras observaciones meteorológicas efectuadas por Alfredo Jahn destacan las realizadas a finales de 1887, cuando, de tan sólo veinte años de edad, acompañó:

*“como geógrafo y botánico al eminente químico venezolano Vicente Marcano, en una expedición científica de carácter etnológico, enviada al Alto-Orinoco por el Presidente Guzmán Blanco”* (Jahn, 1940b:180).

En dicho viaje Jahn pudo recabar los datos de altitud y de temperatura media anual, tomadas por el método de Boussingault, de las estaciones de Caicara, Atures, San Fernando de Atabapo y Yavita (Jahn, 1934:172).

En los años posteriores, el trabajo de Jahn en el campo de la meteorología y climatología del territorio venezolano fue notable, al punto de que es el autor con mayor número de referencias –trece– en la *Historia de la meteorología en Venezuela*, importante publicación de Eduardo Röhl (1948). La nota de presentación, inserta por los editores al inicio del artículo de Alfredo Jahn sobre el lago de Valencia (1940c:488), publicado póstumamente, da fe de las cualidades y del valor de sus trabajos:

*“Nuestro lamentado compañero el doctor Alfredo Jahn durante largos años estudió las variaciones de nivel de la Laguna de*

*Valencia, en relación con los estudios geográficos practicados por él en la cuenca (...) Reunió una gran cantidad de datos, pero desgraciadamente no terminó su estudio. Publicamos a continuación los apuntes que hemos encontrado y los cuadros de alturas, como un homenaje a nuestro compañero y por la invalorable utilidad que representan. Estos datos pueden servir a un continuador de la obra del doctor Jahn que pueda proseguirla con la sagacidad y exactitud científica que caracterizaba a su autor.”*

En la era de los sistemas de observación satelitales y del procesamiento electrónico de los datos, puede resultar difícil hacerse una idea cabal acerca de la laboriosidad y dedicación que requerían las mediciones realizadas en el campo, con instrumentos como los niveles, los teodolitos y, desde luego, los hipsómetros, ampliamente usados por científicos de los tiempos de Alfredo Jahn. El hipsómetro quedó prontamente en desuso, desplazado por los altímetros aneroides, cada vez más precisos; éstos, a su vez, fueron suplantados por los sistemas GPS. Aquellos afanes sin duda realzan el valor de la información que legaron hombres como Jahn a las hoy denominadas geociencias.

Sin desconocer las múltiples ventajas de los sistemas satelitales, tal vez también podría señalarse un único punto a favor de los hipsómetros, el cual tiene que ver con el empleo consciente y razonado de estos instrumentos, cuya operación no podía apresurarse ni hacerse de manera irreflexiva, a diferencia de la lectura instantánea, cuando no automática, de los GPS.

En cuanto al alcance geográfico de las observaciones meteorológicas efectuadas por Alfredo Jahn, hasta donde se ha podido investigar, en los trabajos que publicó no se encuentran datos de la región oriental del país, ni de Guayana, con las excepciones antes mencionadas en el caso de esta última región venezolana.

Como se ha señalado, los trabajos ingenieriles de Jahn se desarrollaron sobre todo en el tramo

central de la cordillera costera y sus estribaciones occidentales, así como en la cordillera andina, dado que fue en esas regiones donde los gobiernos de la época construyeron importantes obras públicas, representadas sobre todo por carreteras y líneas férreas. Las políticas estatales, directa e indirectamente, siempre han sido factor determinante en el mayor o menor desarrollo alcanzado por las ciencias atmosféricas, al igual, por lo demás, que en el caso de las otras geociencias, tal como puede comprobarse también en los tiempos actuales.

El marcado interés de Alfredo Jahn por el conocimiento de la climatología de las regiones venezolanas que frecuentó, así como por la aplicación de dicho conocimiento a las diferentes actividades humanas, queda también manifiesto en su exposición relacionada con la instalación de la ya citada estación meteorológica de la Colonia Tovar; al respecto Jahn señala:

*“En el centro del país, donde hasta ahora ha tenido mayor desarrollo la aviación, carecemos todavía de una estación elevada, situada en lo alto de las montañas (...) Por otra parte, una estación que, situada cerca de la cumbre de la Cordillera del Litoral, llenase este vacío, nos ilustraría sobre el clima de las alturas, y este conocimiento serviría en lo futuro para la acertada elección de los sitios en que puedan convenientemente establecerse sanatorios o pequeñas estaciones climatéricas tan indispensables para combatir enfermedades.”(Jahn, 1931a: 1).*

Su anticipada visión respecto al cometido que habría decumplir la meteorología en el desarrollo de las actividades aeronáuticas nacionales, destaca en estas líneas:

*“La red meteorológica nacional, que tan importantes servicios viene prestando al conocimiento climatológico del país (...) está llamada a desempeñar un papel muy importante en la aviación nacional, ya que sus observaciones permitirán prever las condi-*



*ciones atmosféricas en que pueden realizarse los viajes aéreos.” (Jahn, 1931a:1).*

Cabe recordar, con relación a este aspecto, que el Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana se fundó casi diecisiete años más tarde, en octubre de 1947, y que las primeras estaciones sinópticas del citado organismo, ubicadas en los aeropuertos de las distintas ciudades, datan de 1949 (Caldera, 1976).

Díaz Casanova (2007) acota:

*“La ingeniería fue la profesión que le permitió a Alfredo Jahn ganar el sustento de su familia y financiar sus inquietudes científicas.” (2007:27).*

Como en otras oportunidades, también en el caso de la estación meteorológica de la Colonia Tovar, Jahn costeó personalmente los instrumentos y su instalación, como él mismo lo refirió:

*“tanto por los resultados con que su realización beneficiaría a la ciencia, como por las múltiples aplicaciones prácticas de sus conclusiones en la higiene y en la agricultura, he establecido a mis propias expensas y con aparatos de mi propiedad, dos nuevas estaciones (...) una a orillas del mar, en mi hacienda de Puerto La Cruz, y otra en la Colonia Tovar, a 1.792 metros de altura sobre el mar.” (Jahn, 1931a:1)*

En este sentido, es de toda justicia considerar a Alfredo Jahn no sólo como un destacado investigador, sino también como un activo benefactor de las ciencias naturales venezolanas, en general, y de la meteorología y la climatología, en particular.

También es necesario mencionar las investigaciones de Alfredo Jahn acerca del retroceso de los glaciares andinos. En la conclusión de su importante artículo (1931c), Jahn manifiesta una clara idea sobre las escalas –espacial y temporal– del problema:

*“El deshielo que se observa en la Sierra Nevada de Mérida es (...) un fenómeno general que viene notándose en toda la*

*Cordillera de los Andes, desde el Perú, Ecuador y Colombia hasta Venezuela.” (Jhan, 1931c:29).*

Respecto al origen de dicho fenómeno, señala que:

*“obedece a causas cósmicas y telúricas que determinan periódicas oscilaciones climáticas.” (Jhan, 1931c:29).*

Sin embargo, con una visión notablemente adelantada para la época, concluye advirtiendo sobre la posibilidad de alteraciones de origen antrópico:

*“Los hombres no podrán torcer el rumbo de estas leyes inmutables de la naturaleza, pero sí deberán ejercer su actividad sin con ella aumentar las adversas condiciones meteorológicas dentro del corto período de su existencia.” (Ídem).*

En este artículo, la cita de importantes obras como las de Eduard Brückner<sup>23</sup>, *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit* (1890) y de Luigi de Marchi<sup>24</sup>, *Le cause dell’era glaciale* (1895), evidencia, una vez más, el nivel de la información científica que manejaba Alfredo Jahn.

Habrían de transcurrir muchos años todavía, antes de que se constituyera el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC)<sup>25</sup>, pero a todas luces las palabras de Jahn aluden a posibles modificaciones de las condiciones climáticas a gran escala, producidas por las actividades humanas. En este sentido, sin embargo, su preocupación partía de los impactos ambientales a escala local, los cuales denunció en varios de sus escritos. Con relación al problema del deterioro de algunas cuencas hidrográficas venezolanas, anotó:

*“Las causas que determinan el agotamiento de las aguas son dos: una de orden meteorológico que hace escasear las lluvias y obedece a causas telúricas y otra ecológica, de que en gran parte es responsable el hombre. Desde luego se desprende que están fuera de nuestro alcance las prime-*

*ras, pero en cambio sí podemos intervenir y modificar favorablemente las de orden ecológico, es decir, las que determinan el aspecto del país desde el punto de vista de su cubierta vegetal.”* (1926, párr. 2).

En estas notas también destacó:

*“la importancia que tienen los bosques para un país, cómo ellos determinan el clima, la salubridad y sobre todo la cantidad y regularidad de los cursos de agua”* (Ídem, párr. 3).

Cuando Jahn publicó el artículo arriba citado, a mediados de la década de 1920, el país atravesaba una larga e intensa sequía asociada a un episodio cálido del fenómeno ENSO, con graves consecuencias para gran parte del territorio nacional (Foghin-Pillin, 2015b; Sifontes, 1929). Jahn comentó la situación en los siguientes términos:

*“Las pronunciadas sequías y escasas lluvias que han caracterizado el clima de Venezuela en los últimos años, han tenido como consecuencia una notable reducción del volumen de agua de nuestros ríos y quebradas y un agotamiento de las reservas del subsuelo. Esta disminución ha producido una alarmante escasez de agua para fines domésticos e industriales, escasez que, según toda probabilidad, continuará acentuándose hasta fines de abril, que es la época en que generalmente se inician las lluvias.”* (1926, párr. 1).

En los meses siguientes a la publicación de este trabajo, los registros pluviométricos de la estación Caracas-Observatorio Cagigal confirmaron los temores de Jahn, puesto que en abril no se observaron precipitaciones y en los dos meses siguientes los montos fueron de sólo 48,1 y 72,4 milímetros, respectivamente, ambos bastante por debajo de sus correspondientes medias históricas, de 80,7 y 105,6 milímetros.<sup>26</sup> Registros procedentes de la base de datos de la estación Caracas-Observatorio Cagigal, archivados en hoja de cálculo Excel.

En el presente, a más de un siglo de las observaciones realizadas por Alfredo Jahn, podría resultar interesante adelantar una investigación

sobre las temperaturas medias anuales en distintas regiones de Venezuela, por medio del método de Boussingault, a fin de cotejar los resultados con aquéllos que obtuvo Jahn, hace más de cien años, como se apuntó. Con una apropiada distribución de las estaciones de medición, también podrían calcularse nuevamente los gradientes térmicos altitudinales, a fin de compararlos igualmente con los valores registrados por Jahn.

Debe resaltarse la importancia de dichos índices de variación altitudinal media de la temperatura, ya que su posible modificación, por efectos del cambio climático global, implicaría la variación de los niveles medios de formación (nivel de condensación) de las nubes estratiformes, en las vertientes y cumbres de las serranías costeras y andinas, con la consecuente alteración de los límites altitudinales de las selvas nubladas, “cuya flora en extremo variada parece poseer el mayor número de formas endémicas” (Pittier, 1939: 20), temas de los cuales también se ocupó Alfredo Jahn en sus investigaciones geográficas, aunque para la época aún no se hablara de biodiversidad.

El problema de la pérdida de los datos, especialmente térmicos, por causa de las actuales deficiencias de la red de observación meteorológica venezolana, resulta altamente preocupante, ya que la temperatura constituye el indicador más directo con relación al problema del cambio climático, situación que dificultará los futuros estudios sobre el impacto del calentamiento global en el territorio venezolano. A la luz de tales consideraciones, los notables aportes de Jahn cobran un particular valor, como se ha repetidamente señalado.

Comprensiblemente, las contribuciones de Alfredo Jahn al conocimiento de la meteorología venezolana se vieron condicionadas por su formación y desempeño como ingeniero civil, por lo que los aspectos directamente relacionados con el relieve –altitudes, presión atmosférica y temperaturas medias– fueron objeto de su principal atención. Las observaciones pluviométricas igualmente revistieron considerable interés para el investigador, aunque en lo tocante a este elemento atmos-

férico se limita a discutir los montos medios anuales de lluvias, parámetro de mayor importancia, desde el punto de vista ingenieril, que los aspectos relativos a los regímenes anuales de pluviosidad, los cuales sí abordó, en cambio, su contemporáneo Henri Pittier (1936). Así mismo, las consideraciones atinentes a las múltiples aplicaciones de la meteorología y de la climatología, se encuentran presentes en varias de las publicaciones de Alfredo Jahn, comentadas en las páginas precedentes.

No se encontraron, en cambio, escritos de Jahn relacionados con los sistemas de vientos regionales y locales en Venezuela, con la excepción de una breve aunque interesante referencia a ciertos vientos presentes en la cuenca del lago de Valencia, denominados “valenciano”, “turmerino” y “periqueño”, “que generalmente reinan y que así denominan los pescadores, según vengan del oeste, del este o del norte” (Jahn, 1940c:489).

Tampoco se ha podido encontrar comentarios sobre el posible impacto de ciclones tropicales, pese a que en 1933 una perturbación atmosférica de este tipo causó ingentes daños materiales, además de pérdidas de vidas, en la región nor-oriental venezolana (Grases, 2002; Mitchell,

1933). Sin embargo, no puede descartarse que en los periódicos venezolanos que circulaban para la época, exista algún artículo de Alfredo Jahn dedicado al fenómeno que fue conocido como “el ciclón oriental” (Gómez, 1983), además de otros escritos relacionados con diferentes temas meteorológicos.

En cualquier caso, los valiosos artículos que hasta el momento han podido consultarse y que se comentan en el presente trabajo, permiten considerar a Alfredo Jahn como el más destacado investigador de las condiciones meteorológicas y climatológicas del territorio venezolano de finales del siglo XIX y primeras décadas del siglo XX.

#### AGRADECIMIENTOS:

El autor agradece altamente la colaboración recibida de parte de las siguientes personas: Marlene Arteaga Quintero (UPEL-IPMJS); Franco Urbani (UCV/ACFIMAN); Loan Landaeta, Franklin Núñez Ravelo y Arismar Marcano (UPEL-IPC); Miguel Sanmartín y Erika García (EL UNIVERSAL); Virmania Escalona (ACFIMAN); Farid Ayaach (SVCN); Carlos Díaz y Jason Castellanos (IVIC); Ángela Finol (ANH) y Yajaira Coronel.

---

#### LITERATURA CITADA

---

##### AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY-AMS.

2017. Journals Online. Recuperado de: <http://journals.ametsoc.org/>.

1921. Death of Dr. Julius von Hann. *Monthly Weather Review*, 49(9): 510.

##### BARRIENTOS, Y., D. GONZÁLEZ Y F. URBANI

2000. Estudio hidroquímico de los manantiales Cumbotico y Cumbote, Colonia Tovar, estado Aragua, Venezuela. *Ecotrópicos*, 13(2):81-89.

##### BERTI, A. L.

1997. *Arnoldo Gabaldón. Testimonios sobre una vida al servicio de la gente*. Caracas: Ediciones de la Cámara de Diputados del Congreso de la República de Venezuela.

##### BIGELOW, F.

1902. Hann's Meteorology. *Monthly Weather Review*, 30(6): 298-299.

##### BJERKNES, J.

1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*. 18(4): 820-829.

##### BOUMA, M. J. Y C. D. DPHIL

1997. Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *Journal of American Medical Association*. 278(21): 1772-1774.

##### BRUNI, CELLI, B.

1968. (Compilador). *Actas de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas (1867-1878)*. Vol. 1 y 2. Caracas: Banco Central de Venezuela.

##### CALDERA G., E. A.

1976. Historia de la meteorología mundial. Curso de Extensión en Meteorología. Caracas: Instituto Universitario Pedagógico de Caracas/Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

- CARRANZA, L.**  
1892. Contracorriente marítima observada en Paita y Pacasmayo. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 1(9): 344-346.
- CARRILLO, C.**  
1892. Hidrografía oceánica. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 2(1): 72-111.
- CLIMATE HISTORY**  
2017. Historical El Nino Events. Recuperado de <https://sites.google.com/site/medievalwarmperiod/Home/historic-el-nino-events>.
- CONICIT**  
1994. Censo de estaciones hidrometeorológicas en funcionamiento. Caracas, Venezuela.
- DE MARCHI, L.**  
1895. *Le cause dell'era glaciale*. Pavia: Tipografía Fratelli Fusi.
- DIAZ CASANOVA, R.**  
2007. *Alfredo Jahn, 1867 – 1940*. Caracas: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales/Fundación Polar.
- ENFIELD, D.**  
1988. El Niño, past and present. *Reviews of Geophysics*. 27(1): 159-187.
- FENDLER, A.**  
1858. Colonia Tovar-Venezuela. Meteorology (179-282). In: *Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution*. Washington: William A. Harris, Printer.
- FOGHIN-PILLIN, S.**  
2015a. La Meteorología en Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*. 75(4): 15-31.
- FOGHIN-PILLIN, S.**  
2015b. El año de las humaredas. Registro histórico de algunas sequías extremas en Venezuela. *Bitácora-e. Revista Electrónica Latinoamericana de Estudios Sociales, Históricos y Culturales de la Ciencia y la Tecnología*, Año 2015, 2:3-25.
- FUNDACIÓN ALBERTO VOLLMER.**  
2017. La Hacienda Santa Teresa. Recuperado de: [http://fundavollmer.com/?page\\_id=154&page=4](http://fundavollmer.com/?page_id=154&page=4).
- GERSTAKER, F.**  
1989. Viaje por Venezuela en el año de 1868. Caracas: Fundación de Promoción Cultural de Venezuela.
- GIULACCI, M., P. CORAZZON Y A. GIULACCI**  
2007. Prevedere il tempo con Internet. Milano: Edizioni Alpha Test.
- GOLDBRUNNER, A. W.**  
1976. El Clima de Venezuela y su clasificación. Curso de Extensión en Meteorología. Caracas: Instituto Universitario Pedagógico de Caracas/Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.
1984. *Atlas Climatológico de Venezuela 1951-1970*. Maracay: Servicio de Meteorología y Comunicaciones de la Fuerza Aérea Venezolana.
- GÓMEZ, A. F.**  
1983. *El huracán de 1933. Pampatar*. Ediciones FONDENE.
- GONZÁLEZ P., E.**  
1949. *Datos detallados de climatología de Venezuela*. Caracas: Ministerio de Sanidad y Asistencia Social.
- GRASES, J.**  
2002. Trayectoria del huracán que afectó el oriente de Venezuela en junio de 1933. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 62(2): 9-30.
- HANN, J.**  
1901. *Lehrbuch der Meteorologie*. Leipzig: C. H. Tauchnitz.
- HUMBOLDT, A.**  
1985. *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*. Tomos 2 y 3. Caracas: Monte Ávila.
- INAMEH**  
2017. Sistema de consultas de datos hidro-meteorológicos. Recuperado de: <http://estaciones.inameh.gob.ve/descargaDatos/vistas/bajarArchivo.php>
- JAHN, A.**  
1900. Resumen de las observaciones meteorológicas practicadas en La Victoria durante el mes de febrero de 1900. *El Eco Liberal* (Bisemanario de intereses generales. La Victoria), Año 1, mes 2, (13):3.
1907. Tablas barométricas para el cálculo de alturas entre los paralelos 0° y 16° de la América tropical. *Anales de la Universidad Central de Venezuela*, 8: 585-640.
1914. La red meteorológica de Venezuela. *El Nuevo Diario*. 493, 18 de mayo, psn.
- 1918a. Contribución al estudio de la climatología de Venezuela. *Cultura Venezolana*, 1(1): 37-50.
- 1918b. El hipsómetro como barómetro de viaje [Historia del método, experiencia y tablas]. Separata de la *Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela*. Caracas: Tipografía Americana, 34 p. Recuperado de [http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/texto/1918\\_2.pdf](http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/texto/1918_2.pdf)
1921. Alturas sobre el nivel de mar de algunas ciudades, pueblos y caseríos de Venezuela, medidas por A. Jahn. Separata del *Boletín de la Cámara de Comercio de Caracas*. Septiembre. Caracas: Empresa El Cojo, 14 p. Recuperado de [http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/paginas/archivo\\_digital.html](http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/paginas/archivo_digital.html).



JAHN, A.

1926. Nuestro problema del agua. Separata del *Boletín de la Cámara de Comercio de Caracas*. Caracas: Empresa El Cojo, 14 p. Recuperado de [http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/paginas/archivo digital. html](http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/paginas/archivo%20digital.html).
- 1931a. El clima de la Colonia Tovar. *El Universal*, enero 31, No, 7.811. p. 01 y 04.
- 1931b. Los páramos venezolanos. Sus aspectos físicos y su vegetación. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 1(3): 93-127.
- 1931c. El deshielo de la Sierra Nevada de Mérida y sus causas. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 1(1): 18-29.
1934. Temperaturas medias y extremas de las zonas altitudinales de Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 2(14): 135-172.
1935. La Colonia Tovar. Informe del Coronel Agustín Codazzi al Secretario de Estado en el Despacho de Interior y Justicia. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 3(22): 53-72.
1939. Documentos para la historia de la Colonia Tovar. Vías de comunicación de la Colonia Tovar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. 5(38): 191-220.
- 1940a. Codazzi. En: Codazzi. A. Resumen de la Geografía de Venezuela. Tomo I (p. VII a XXIX). Caracas: Ediciones del Ministerio de Educación Nacional.
- 1940b. Notas autobiográficas. *Boletín de la Academia Nacional de la Historia*, 23(90):179-186.
- 1940c. Estudio sobre el lago de Valencia. *Boletín de la Academia Nacional de la Historia*, 23(91): 488-508.

JAHN MONTAUBAN, L.

1999. *La Colonia Tovar y su gente*. Caracas: Asociación Cultural Humboldt

JORGE M., M. E.

2017. Calculan 238.763 casos de malaria al cierre de 2016. Caracas. *El Nacional*, domingo 8 de enero, p. 4-Sociedad.
2017. Proyectan medio millón de casos y 350 muertes por malaria en 2017. Caracas. *El Nacional*, domingo 5 de marzo, p. 4-Sociedad.

LANDSBERG, H. E.

1972. *El tiempo y la salud. Una introducción a la biometeorología*. Buenos Aires: EUDEBA.

MAUNDER, W. J.

1992. *Dictionary of Global Climate Change*. London: UCL Press.

MITCHELL, C.

1933. Tropical disturbances of July 1933. *Monthly Weather Review*, 61: 200-201.

MÜLLER, A.

2017. Meteorologische Instrumente KG. Recuperado de: <http://www.rfuess-mueller.de/>

MARTIS, A., G. VAN OLDENBORGH Y G. BURGERS

2001. Predicting rainfall in the Dutch Caribbean, more than El Niño? Meteorological Department Curacao. Recuperado de: [http://meteo.cw/publications\\_reports.php?Lang=Eng](http://meteo.cw/publications_reports.php?Lang=Eng).

NIEUWOLT, S.

1982. Tropical climatology. New York: J. Wiley & Sons.

OKE, T. R.

1978. *Boundary layer climates*. London: Methuen & Co.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL-OMM

1992. Vocabulario Meteorológico Internacional. WMO No. 182. Ginebra: OMM

OTERO SILVA, M.

1977. *Casas muertas*. Barcelona: Círculo de Lectores.

PÉREZ, O. J., M. HOYER, J. N. HERNÁNDEZ, C.

RODRÍGUEZ, V. MÁRQUES, N. SUÉ, J. R. VELANDIA Y D. DEIROS, D.

2005. Alturas del Pico Bolívar y otras cimas andinas venezolanas a partir de observaciones Gps. *Interciencia*, 30(4): 213-216. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext &pid=S0378-18442005000400005 &lng= es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000400005&lng=es&tlng=es).

PITTIER, H.

1926. *Manual de las plantas usuales de Venezuela*. Caracas: Litografía del Comercio.

1936. Contribuciones al estudio de la climatología de Venezuela. Observaciones pluviométricas practicadas en cincuenta estaciones entre 1891 y 1933. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 24: 170-196.

1939. *Suplemento a las plantas usuales de Venezuela*. Caracas: Editorial Élite.

RODRÍGUEZ, J. A.

2001. Viajeros alemanes a Venezuela en el siglo XIX(38: 233-243). En: *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas*. Köln/Weimar/Wien: Böhlau Verlag. Recuperado de: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/jbla.2001.38.issue-1/jbla.2001.38.1.233/jbla.2001.38.1.233.pdf>.

RÖHL, E.

1948. Historia de la meteorología en Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 11(33): 486-526.



RÖHL, E.

1985. Alejandro de Humboldt. Prólogo a: *Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente*, de A. de Humboldt, T-I, p. XIX a LII. Caracas: Monte Ávila Editores.

1990. *Historia de las ciencias geográficas en Venezuela*. (Héctor Pérez Marchelli editor). Caracas: Banco Unión.

SACHS, K.

1879. *Aus den Llanos. Schilderung einer nature wissenschaftlichen Reise nach aus Venezuela*. Leipzig: Verlag von Veit & Comp.

SERVICIO DE METEOROLOGÍA DE LA FUERZA AÉREA VENEZOLANA. (SMFAV).

1980. Promedios climatológicos de Venezuela 1951-1970. Maracay.

1993. Estadísticas climatológicas de Venezuela 1961-1990. Maracay.

SIFONTES, E.

1929. *Venezuela meteorológica*. Caracas: Empresa El Cojo.

STEYERMARK, J. Y O. HUBER

1978. *Flora del Ávila*. Caracas: Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales/Vollmer Foundation/Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

TALLENAY, J. DE.

1954. *Recuerdos de Venezuela*. Caracas: Ediciones del Ministerio de Educación.

TELLECHEA, M.

1908. Valle de Aroa. En Altolaquirre y Duvale, A. Relaciones geográficas de la Gobernación de Venezuela, (125-148). Madrid: Real Academia de la Historia.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO-UCAB .

2017. Archivo Digital Alfredo Jahn Hartman. Recuperado de: <http://cic1.ucab.edu.ve/cic/ajhdigital/paginas/archivodigital.html>.

UGUETO P., L.

1934. Estudio comparativo de la eficacia de algunos horarios que se emplean para obtener las medias termométricas y barométricas mediante las gráficas suministradas por los registradores de Mérida. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturals*, 1(4): 318-335.

URBANI, F.

1987. Bio-bibliografía del Ing. Alfredo Jahn (1867-1940). *Boletín de la Academia Nacional de la Historia*. 70(277):101-145

VARESCHI, V.

1992. *Ecología de la vegetación tropical con especial atención a investigaciones en Venezuela*. Caracas: Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales.

VELÁSQUEZ, R. J.

1981. *Los pasos de los héroes*. Caracas: Ediciones Centauro.

WYRTKI, K.

(1975): El Niño. The dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *Journal of Physical Oceanography*. 5(4): 572-584.

---

## NOTAS

---

<sup>1</sup> Gustavo Julio Vollmer Rivas (1847-1926), hijo del inmigrante alemán Gustav Julius Vollmer y de Panchita Ribas, sobrina del General en Jefe José Félix Ribas y prima del Libertador Simón Bolívar.

<sup>2</sup> La alta pluviosidad del año 1931 en la cuenca del lago de Valencia y alrededores, resulta confirmada por los registros de las estaciones de Las Tejerías (1.699 mm); El Consejo (1.320 mm); La Victoria (1.412 mm) y San Mateo (1.301 mm). El monto de la estación de Colonia Tovar (1.566 mm), recientemente instalada para la época por Alfredo Jahn, también puede calificarse de extraordinariamente alto. (Fuente de los datos: González, 1949).

<sup>3</sup> Alfredo Vollmer Boulton (1884-1966), hijo de Gustavo Vollmer Rivas, fue quien consolidó la administración de la hacienda Santa Teresa, entre 1903 y 1928

(Fundación Alberto Vollmer, 2017). [Nota: la grafía del apellido Ribas, o Rivas, responde a la forma como aparece en los documentos consultados].

<sup>4</sup> Para la fecha de dar a la imprenta el presente trabajo, la estación El Palmar (estado Aragua), adscrita a la red pluviométrica del INAMEH, aún se encuentra operativa; sus coordenadas son: lat N 10,20444 – lon W 67,44444.

<sup>5</sup> Los barómetros de mercurio, de cualquier modelo, incluyen un instrumento accesorio denominado “termómetro adherido”, cuyas lecturas se emplean para corregir los valores barométricos a la temperatura de cero Celsius, operación que tiene por objetivo eliminar los errores debidos a la expansión térmica del mercurio en la columna del barómetro.

<sup>6</sup> En este monumento no aparece información acerca del autor de la escultura ni de la fecha de su instalación. Moradores de la localidad aseguran que la estatua fue colocada en este sitio por error y que su destino original habría sido sobre la carretera El Juquito – Colonia Tovar, vía que se construyó según el proyecto del ingeniero Alfredo Jahn Hartman.

<sup>7</sup> La OMM fue creada en 1950, como agencia especializada de la ONU y sustituyó a la antigua Organización Meteorológica Internacional (International Meteorological Organization - IMO), fundada en Viena, Austria, en 1873.

<sup>8</sup> Acerca de la publicación de su conocida recopilación climatológica por parte del MSAS, el ingeniero Epifanio González, Jefe del Servicio de Meteorología del citado Ministerio, anotó:

*“Ha sido para mí muy halagador ver el entusiasmo y la colaboración que en todo momento demostraron el Dr. Arnoldo Gabaldón, Jefe de la División de Malariología, a la cual pertenezco y el Dr. Arturo Luis Berti, mi jefe inmediato, en la Sección Antimalárica a la cual está adscrito el Servicio de Meteorología, que no escatimaron nada de cuanto a su alcance estuvo para que esta obra se hiciera lo más completa posible y en el plazo más breve.”* (1949: 4-5).

<sup>9</sup> Esta localidad, situada al sur del istmo de Los Médanos, inició sus registros en 1921 y continuó sin interrupciones hasta 2002. Según la clasificación de Köppen, su clima es desértico (BWhi). La cercanía del gran campo de dunas localizado al norte de Coro, hace del mayor interés geomorfológico la disponibilidad de datos climatológicos completos, lo cual puede decirse también a los efectos de la conservación del patrimonio cultural que representa el centro colonial de la ciudad, factores que confieren a la capital del estado Falcón un alto potencial turístico.

<sup>11</sup> En la Biblioteca de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, se conserva un ejemplar de esta obra, que perteneciera al Dr. Alfredo Jahn.

<sup>12</sup> Un extracto de la nota publicada por la revista *Monthly Weather Review* (AMS, 1921: 510), con motivo del fallecimiento del Dr. Julius von Hann el primero de octubre de 1921, puede ilustrar acerca del prestigio de que gozaba a nivel mundial el meteorólogo austriaco:

*“It is unnecessary to mention the many valuable papers containing results of careful and painstaking investigations, the important Meteorologie and Klimatologie, of which he was the author, or the Meteorologische Zeitschrift of which he was an edi-*

*tor and founder, for they are known to all readers and students of meteorology; nor is it necessary to dwell upon the magnitude of the circle of influence that he commanded when it required 10 long lines of very small type in the notice of his death to list the abbreviate names of organizations, in all parts of the world, of which he was a member, the important positions he has held, and the honors he has received.”*

<sup>13</sup> Esta estación fue instalada en septiembre de 1968, como climatológica de segundo orden (C2), adscrita al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales; en la actualidad funciona como pluviométrica (PR), integrada a la red del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; es la única estación meteorológica que reporta datos de lluvia en todo el estado Amazonas. Sus coordenadas son, latitud norte: 4,049047; longitud oeste: 67,700339; elevación: 112 m/nm.

<sup>14</sup> El anemógrafo universal registra la variación horaria de la dirección, velocidad y recorrido del viento (altura del mástil aproximadamente diez metros). El psicrómetro de August proporciona las lecturas del termómetro seco y del termómetro húmedo (verticales, aproximadamente 30 centímetros de longitud), con las cuales se obtienen, mediante tablas psicrométricas, los valores de humedad relativa, tensión del vapor de agua y temperatura del punto de rocío; adicionalmente lleva acoplados los termómetros de máxima y de mínima (horizontales). El heliógrafo de Campbell-Stokes, también llamado heliofanógrafo, registra la cantidad de horas y décimas de horas diarias de sol brillante (insolación), proceso que se efectúa mediante la quemadura de una banda de papel oscuro (visible en la imagen de la Fig. 3), por el efecto concentrado de la radiación solar a través del lente convergente esférico (longitud del soporte de la esfera aproximadamente 30 centímetros).

<sup>15</sup> La estación de Maracaibo había comenzado a funcionar en 1911, como pluviométrica, según información publicada en SMFAV, 1993, p. iv.

<sup>16</sup> Población costera del Litoral Central, anteriormente denominada Puerto La Cruz; se localiza al este de Puerto Maya, cerca del límite entre los estados Aragua y Vargas.

<sup>17</sup> Sobre la certeza de estos riesgos pueden dar fe las siguientes líneas de August Fendler, incluidas en comunicación que, con fecha 16 de julio de 1852, dirigiera desde Caracas a la Smithsonian Institution:

*“On the 6th of June (...) I left Colonia Tovar, the place where I had lived for more than four years, and moved to Caracas. I am very sorry to say that*

*on this journey, in endeavoring to measure some of the highest points of the difficult and dangerous mountain road, the barometer was accidentally broken, and hence the barometrical observations end with the 5th of June.*" (Fendler, 1857:263).

<sup>18</sup> La expresión debe haber sido popular hasta cierta época, puesto que, en términos no muy diferentes, la recogió Jenny de Tallenay en sus memorias publicadas en París en 1884; al referir sus primeras impresiones, tras desembarcar en La Guaira el 24 de agosto de 1878, la viajera anotó: "Hacía mucho calor aunque era temprano (...) Los venezolanos de las tierras altas, poco acostumbrados a una temperatura tan excesiva, y obligados por sus negocios a bajar a La Guaira, la llaman, bromeando, *el corredor del infierno.*" (Tallenay, 1954:35).

Refiriéndose a las condiciones térmicas de La Guaira, Humboldt (1985, T2:267) anotó:

*"El calor es asfixiante en el día y las más de las veces también en la noche. Con razón se reputa el clima de La Guaira como más ardiente que el de Cumaná, Puerto Cabello y Coro."*

<sup>19</sup> Se trata de los únicos datos publicados sobre dicha red especial, la cual estaba integrada por las estaciones de Mérida (1.479 m/nm), La Montaña (2.440 m/nm), La Aguada (3.446 m/nm), Loma Redonda (4.065 m/nm) y Pico Espejo (4.765 m/nm).

<sup>20</sup> En el Suplemento de las Plantas usuales de Venezuela, de 1939 (p. 9), también Pittier dividió la zona fría en dos franjas, que denominó "tierra fría", o "piso meso-microtérnico", entre 2.800 y 3.800 de altitud, y "tierra gélida", o "piso microtérnico", entre 3.800 y 5.000 metros de altitud.

<sup>21</sup> En las latitudes extratropicales, estas diferencias pueden llegar a tener efectos altamente perjudiciales

sobre el organismo humano; el conocido climatólogo Helmut E. Landsberg señala al respecto:

*"En la campaña de invierno, durante la guerra de Corea, en 1950-1951, más de la cuarta parte de las bajas norteamericanas fueron causadas por congelación. Los pies son muy comúnmente afectados durante el tiempo frío debido a la distribución peculiar de la temperatura del aire cerca del suelo, sobre todo durante las horas de la noche. La temperatura del suelo puede estar muchos grados por debajo de la temperatura del aire, medida en un abrigo meteorológico (...) La condición con una baja temperatura en la superficie y una temperatura superior en el aire (...) es llamada inversión térmica de superficie."* (Landsberg, 1972, p. 46).

<sup>22</sup> Es necesario precisar que la escarcha y el rocío congelado son dos hidrometeoros diferentes; en el origen del primero actúa el proceso de sublimación y en el del segundo los procesos de condensación y posterior congelación (OMM, 1992).

<sup>23</sup> Eduard Brückner (1862-1927). Geógrafo, glaciólogo, meteorólogo y climatólogo alemán. *Klimaschwankungen seit 1700, nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*, Geographische Abhandlungen 4. Vienna: Ed. Hölzel, 1890. [Los cambios climáticos desde 1700, junto con comentarios sobre las fluctuaciones climáticas del período Diluvial].

<sup>24</sup> Luigi de Marchi (1857-1936). Físico y matemático italiano, autor de obras como *Meteorologia generale* (1888; 1905; 1920). *Climatologia* (1890; 1932). *Le cause dell'era glaciale* (1895). *Trattato di geografia fisica* (1902). *Fondamenti di geografia commerciale* (1922). *Geografia fisica e geologia* (1917; 1920; 1922; 1924; 1925; 1929) y *Fondamenti di geografia politica* (1929).

<sup>25</sup> El IPCC First Assesment Report, data de agosto de 1990 (Maunder, 1992:125).



NOTA ACADEMICA

**CONSERVATION PROPOSALS FOR THE ANTILLEAN MANATEE  
*TRICHECHUS MANATUS MANATUS* IN VENEZUELA**

**PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN PARA EL MANATÍ ANTILLANO  
*TRICHECHUS MANATUS MANATUS* EN VENEZUELA**

*Boede Ernesto Otto<sup>1</sup> y Mujica-Jorquera Esmeralda<sup>2</sup>*

---

ABSTRACT

In Venezuela the Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* populations face strong threats of illegal hunting, entanglements in fishing nets, collision with motor boats and deterioration of their habitat. The Venezuelan Wildlife Red Book considers the Manatee as “critically endangered”, with areas in the country where it has been extinguished locally. The aim of the present note is to present conservation proposals of wild populations and improve rehabilitation and captive breeding programs, considering anthropic factors acting on populations from the Orinoco River, the Gulf of Paria and the Maracaibo Lake Basins, from 1980 through 2017, on the basis of guidelines included in the National Strategy on Biological Diversity. For this reason, a literature review of anthropic cases is made of these Venezuelan watersheds habitats, where the Antillean manatee still exist.

RESÚMEN

En Venezuela las poblaciones del manatí Antillano *Trichechus manatus manatus* enfrentan fuertes amenazas de caza ilegal, enredos en redes de pesca, colisión con embarcaciones a motor y deterioro de su hábitat. El Libro Rojo de la Fauna Venezolana lo clasifica en la categoría “En Peligro Crítico”, con zonas en el país en donde se ha extinguido localmente. El objetivo de la presente nota es presentar propuestas de conservación de poblaciones silvestres y mejorar los programas de rehabilitación y cría en cautiverio, considerando los factores antrópicos que actúan sobre poblaciones de las cuencas del Río Orinoco, Golfo de Paria y Lago de Maracaibo, desde 1980 a 2017, y sobre la base de las directrices incluidas en la Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica. Por esta razón, se hace una revisión bibliográfica de casos antrópicos en estos hábitats de cuencas venezolanas, donde todavía existe el manatí Antillano.

---

**Keywords:** Antillean manatee, *Trichechus manatus manatus*, conservation, anthropic

**Palabras claves:** manatí Antillano, *Trichechus manatus manatus*, conservación, antrópico

**INTRODUCTION**

The Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* is considered by the Venezuelan legislation as a species under a “hunting ban” and “endangered of extinction”, according to Ordinances 1485 and 1486 respectively (Ejecutivo

Nacional, 1996a,b). The Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Venezuelan Wildlife Red Book) considers the Manatee as “critically endangered” (Boede *et al.*, 2015). The Antillean manatee is also Red Listed as “endangered” by the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2015). In Venezuela, manatee populations faces serious threats, basically because of poaching, entanglements in fishing nets, motor boat strikes and habitat deterioration (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2012, Rivas-Rodríguez *et al.*, 2012, Boede *et al.*, 2015). The anthropogenic factors of the last 37 years that acted on remnant populations

---

<sup>1</sup>Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales-FUDECI, Palacio de las Academias. Av. Universidad, Esquina La Bolsa, Caracas, Venezuela. ernestoboede@gmail.com <sup>2</sup>Asociación Venezolana de Parques Zoológicos y Acuarios-AVZA, Urb. La Viña, Calle Bermúdez # 142-60, Valencia, Venezuela



found in the Orinoco River, Gulf of Paria and the Maracaibo Lake watersheds, are reported below.

## ORINOCO RIVER BASIN

The Venezuelan side of the Orinoco River Basin has an area of 640,000 km<sup>2</sup> (MPPE, 2016). In the Upper Orinoco river, the section located between the towns of Puerto Ayacucho and Puerto Carreño, in the area of the mouth of the Meta River, are reported by Castelblanco-Martínez *et al.* (2009) between 1980 and 2004, a total of 92 dead manatees, 39 by fishing nets entanglements, 35 by hunting with harpoons, 14 stranding, 2 by motor boats strikes and 2 by vandalism with firearms, average mortality 3.8 manatees/year. Calves are more prone to entanglements, instead adults by hunting with harpoons. In the central section of the Lower Orinoco, in the region of the mouth of the Caura river from 2005 through 2008, Rivas-Rodriguez *et al.* (2012) report mortalities of 15 manatees. Hunted with harpoons died 13 adults, including a mother with its calf, other 2 young manatees died by accidental fishing nets entanglements. The first cause of death in this area of the Orinoco river is hunting with harpoons, the second cause is fishing nets entanglements, the third collision with motor boats and the fourth by habitat degradation. In the Portuguesa and Apure rivers, tributaries of the Orinoco river, were captured in 1985, 1 alive calf by a fishing net entanglement and in 1992 also 2 young manatees, which were successfully rehabilitated, 1 of these animals was released into the wild and 2 of them are maintained in zoos, (Figure 1) (Boede & Mujica, 1995, Boede & Mujica-Jorquera, 2016).

At the river sections Araguao and Pedernales of the Orinoco delta, are recorded from 1990 through 2011, 55 dead manatees and a calf, that was captured alive by a fisherman and died three months later. As the first cause of death are reported hunting with harpoons, the second by accidental fishing nets entanglements, the third by vandalism with firearms, fourth collision with motor boats and fifth by stranding (Rodulfo, 2012).

On May 2017 was rescued alive a newborn manatee, after harpooned by a warao hunter in Boca de Uracoa at the Orinoco delta. The calf was transferred for veterinary treatment and rehabilitation to the Parque Zoológico y Botánico Bararida (PZBB), (Bararida Zoological and Botanical Park), Barquisimeto, Lara state, (C. Silva & N. Serratto per. comm.).

Hunting with harpoons, fishing nets entanglements and boat strikes, are the main causes that threaten the survival of manatees at the Orinoco River Basin (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2009, Rivas-Rodriguez *et al.*, 2012, Rodulfo, 2012). In total, in this watershed are recorded 162 fatalities and 5 live rescued manatees (Table 1).

## GULF OF PARIA

The Gulf of Paria watershed has an area of 7.800 km<sup>2</sup> (EcuRed, 2017). A newborn manatee was captured by a poacher in a fishing net in 1992, but rescued afterwards. It took place at the Ajíes river, which flows into the Gulf of Paria, (Boede, 2012) (Table 1, Figure 2). A first attempt to save and rehabilitate the manatee in this area, was at the Jardín Botánico El Pilar (El Pilar Botanical Garden), Sucre state. In this isolated facility there was limited food supply of formula for the newborn and stressed captured manatee and a lack of trained staff. It died after two month of efforts.

## MARACAIBO LAKE BASIN

The watershed of the Maracaibo lake, has an area of 13,280 km<sup>2</sup> (MPPE, 2016). As Montiel-Villalobos & Barrios-Garido (2005) report between 1992 to 2012, 19 dead manatees were found in the Maracaibo lake (Table 1). The causes cited, are hunting with harpoons 49%, collision with motor boats 28%, accidental fishing nets entanglements 14% and water pollution 9%. Additionally by accidental fishing nets entanglements were captured alive 5 manatees calves, rehabilitated successfully in two Venezuelan zoos involved in a captive breeding program (Manzanilla-Fuentes



**Figure 1.** A rescued young Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Apure river, a tributary of the Orinoco River Basin . *Ernesto O. Boede*



**Figure 2.** A rescued newborn Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* from the Ajíes river of the Gulf of Paria. *Ernesto O. Boede*.

**Table 1.** Venezuelan incidences with Antillean manatees *Trichechus manatus manatus*, in the period from 1980 to 2017\*

Distribution	Hunting with harpoons, found dead and live captures	Entanglement in fishing nets, found dead and live captures	Boat rikes found dead	Vandalism by firearms found dead	Stranded found dead	Other, found dead
<b>Orinoco River Basin</b>	48 (dead) 1 (alive)	41 (dead) 4 (alive)	2	2	14	55
<b>Gulf of Paria Basin</b>	-	1 (alive)	-	-	-	-
<b>Maracaibo Lake Basin</b>	12 (dead)	5 (alive)	5	-	1	1

(\*) Of the manatees found dead in this 37 years period, the Orinoco River Basin, which represents more than half of the Venezuelan territory, contributes in most cases over the Maracaibo Lake Basin, instead in live captures, these both watersheds contributes mainly over the Gulf of Paria Basin.

unp. data, Manzanilla-Fuentes, 2007, Montiel-Villalobos & Barrios-Garido, 2005, Boede, 2012, Barros *et al.* 2013, Boede & Mujica-Jorquera, 2016). Hunting with harpoons in all the area and motor boat strikes, mostly in the north-western of the lake, are the main causes that threaten the survival of manatees at the Maracaibo lake (Manzanilla-Fuentes unp. data, Montiel-Villalobos & Barrios-Garido, 2005, Manzanilla-Fuentes, 2007).

## CONSERVATION PROPOSALS

It is important to strengthen the control and surveillances programs by the national environmental authorities over the whole country, where there are still manatee populations, accompanied by environmental education programs. Basic research projects and surveys must be implemented again, to have updated data on the population status and distribution in Venezuela. More

strategic areas for *in situ* conservation of *Trichechus manatus manatus*, should be created, in national parks and reserves or wildlife refuges, for the restoration and protection of existing wild populations, with priority at the Maracaibo Lake Basin.

Promote other alternatives on *ex situ* conservation. With the significant incidence of manatees calves rescued alive at the Maracaibo Lake Basin, it is important to continue and improve rehabilitation and captive breeding programs. For this reason it is necessary that the existing Parque Zoológico Metropolitano del Zulia (Zulian Metropolitan Zoo Park) at the city of Maracaibo, Zulia state, serves as a rehabilitation and captive breeding center in conjunction with the zoo PZBB at the city of Barquisimeto, Lara state. Both with positive experiences performances in Antillean manatees management, and with support of the Universidad del Zulia-LUZ (Zulia University).

## CONCLUSIONS

The existing information of Venezuelan manatee population status is scarce, but it is a huge difference between the extent area of the Orinoco River Basin and to the other two watersheds, the Maracaibo Lake and Gulf of Paria, suggesting that the largest manatee population could be in the Orinoco River Basin. Of the manatees found dead in the period of 37 years described in this note, the Orinoco River Basin contributes in most cases over the Maracaibo Lake Basin, but in proportion to the differences in the watershed areas, the anthropic factors cause major problems of the manatee population in the Maracaibo Lake Basin. Also in the latest and in the Orinoco River Basin, more manatees are rescued alive from fishing nets entanglements and harpoon hunting, than in the Gulf of Paria Basin. Also the two Venezuelan zoological institutions with experiences in performing rehabilitation and captive breeding programs of rescued alive manatees, are in the cities of

Barquisimeto and Maracaibo, the latest located in the Maracaibo Lake Basin.

Hunting with harpoons and fishing nets entanglements are the main causes that threaten the survival of manatees at the Orinoco River and Maracaibo Lake Basins, but in the latter, motor boat strikes play also an important role in the causes of mortalities, and habitat deterioration as pollution, it is as well a problem in both watersheds.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Daniel Lew of Unidad de Diversidad Biológica, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Venezuela, for his helpful suggestions to prepare the publication, also Jaime Bolaños-Jiménez of Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP), Universidad Veracruzana, México, for submitting some data and suggestions for the manuscript; and Nancy de Boede for the English revision of the draft.

CITED LITERATURE

- BARROS, T.R., L. SIBIRA L. y G.A. RIVAS**  
2013. An improvised necropsy of a West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) from Isla de Toas, Lake Maracaibo basin, Venezuela. *Sirenews* Vol. 59: 20-23
- BOEDE, E.O. y E. MUJICA**  
1995. Experiencias en el Manejo en Cautiverio y Observaciones en el Ambiente Natural del Manatí *Trichechus manatus* en Venezuela. En: *Delfines y otros Mamíferos Acuáticos de Venezuela. Una Política para su Conservación*, pp. 133-138
- BOEDE, E. O.**  
2012. El Manatí en los últimos dos siglos en Venezuela. *Natura digital*. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. [Versión online: 31 de julio 2012]. Available at <http://www.natura-digital.com/index.php/javascript/historia-natural/94-fauna/184-el-manati-en-los-ultimos-dos-siglos-en-venezuela>
- BOEDE, E.O., A. FERRER PÉREZ, A. G. MANZANILLA-FUENTES, F. TRUJILLO, O. HERNÁNDEZ, W. JEDRZEJEWSKI. y T. BARROS**  
2015. Manatí, *Trichechus manatus*. En: J.P. Rodríguez, A. García-Rowlins y F. Rojas-Suárez (eds.) *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela. Recuperado de: [animalesamenazados.provita.org.ve/content/diafano-de-huber](http://animalesamenazados.provita.org.ve/content/diafano-de-huber)
- BOEDE, E.O. y E. MUJICA-JORQUERA**  
2016. Rescue and handling of Antillean manatees *Trichechus manatus manatus* in Venezuela 1992-2014. *International Zoo Yearbook* 50, pp. 1-10
- CASTELBLANCO-MARTINEZ, D.N., A.L. BERMÚDEZ-ROMERO, I.V. GÓMEZ-CAMELO, F.C. WEBER ROSAS, F. TRUJILLO y E. ZERDA-ORDÓNEZ**  
2009. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the Vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implication for conservation. *Fauna & Flora International, Oryx* Vol. 43(2): 235-242
- CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, D.N., C. NOURISSON, E. QUINTANA-RIZZO, J. PADILLA-SALDIVAR. y J. J. SCHMITTER-SOTO**  
2012. Potential effects of human pressure and habitat fragmentation on population viability of the Antillean manatee *Trichechus manatus manatus*: a predictive model. *Endangered Species Research* Vol. 18: 129-145
- ECURED**  
2017. Golfo de Paria. Available at [http://www.ecured.cu/Golfo\\_de\\_Paria](http://www.ecured.cu/Golfo_de_Paria)
- EJECUTIVO NACIONAL**  
1996a. Presidencia de la República. Decreto No. 1485 (11/09/96). Animales vedados para la caza. *Gaceta Oficial No. 36.059* (07/10/96). Caracas: Ministerio Público República Bolivariana de Venezuela.  
1996b. Presidencia de la República. Decreto No. 1486 (11/09/96). Especies en peligro de extinción. *Gaceta Oficial No. 36.059* (07/10/96). Caracas: Ministerio Público República Bolivariana de Venezuela.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE-IUCN**  
2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK: *International Union for Conservation of Nature*. Available at <http://www.iucnredlist.org>
- MANZANILLA-FUENTES, A. G.**  
2007. Estado actual de la población de manatíes (*Trichechus manatus*) en la Bahía del Tablazo, estado Zulia, Venezuela. *MSc tesis*, Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Ezequiel Zamora, Guanare, Venezuela, 142 pp.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE-MINAMB**  
2010. Líneas Estratégicas, 2. Conservación de Especies Amenazadas. En: *Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica*. Oficina Nacional de Diversidad Biológica, Caracas, Venezuela: 21-22
- MONTIEL-VILLALOBOS, M. Y H.BARRIOS-GARRIDO**  
2005. Observaciones sobre la distribución y situación actual del Manatí *Trichechus manatus* (Sirenia: Trichechidae) en el sistema del Lago de Maracaibo. *Anartia* (18): 01-12
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN-MPPE**  
2016. Cuencas hidrográficas de Venezuela. Disponible en <http://www.es.slideshare.net/roberleomb/cuencas-hidrograficas-de-venezuela-29861684>
- RIVAS RODRÍGUEZ, B., Z. FERRER PÉREZ y G. COLONNELLO**  
2012. Distribución, uso de hábitat y status poblacional del manatí *Trichechus manatus* en el tramo central del Bajo Orinoco, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* (173-174): 155-172
- RODULFO, S.C.**  
2012. Distribución, alimentación y amenazas a las que está siendo sometido el manatí Antillano *Trichechus manatus manatus* (Linnaeus, 1758) en el Caño Araguao, Reserva de Biosfera Delta del Orinoco. *Tesis de grado*, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 80 pp.



## LA QUITRIDIOMICOSIS CUTÁNEA: UNA ENFERMEDAD EMERGENTE QUE AMENAZA A LOS ANFIBIOS DE VENEZUELA<sup>1</sup>

## THE CUTANEOUS CHYTRIDIOMYCOSIS: A EMERGENT DISEASE THAT THREATENED THE VENEZUELAN AMPHIBIANS

*Margarita Lampo\**

---

### RESUMEN

Las enfermedades emergentes han tenido un impacto significativo sobre la fauna silvestre. Entre ellas, la quitridiomycosis cutánea, producida por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, ha sido señalada como responsable de la extinción de varias especies de anfibios y del colapso de muchas de sus poblaciones alrededor del mundo. Esta enfermedad fúngica afecta la piel de los anfibios y ocasiona, en muchos casos, la muerte. La quitridiomycosis se considera hoy una pandemia; se ha reportado en 52 países distribuidos en todos los continentes menos la Antártida. En Venezuela, la desaparición de siete especies de anfibios ha sido atribuida a posibles epidemias de quitridiomycosis. Esta monografía presenta un resumen del origen y del estado del conocimiento sobre la quitridiomycosis cutánea y su agente etiológico, con especial énfasis en el impacto que esta enfermedad ha tenido y las posibles amenazas que representa para la fauna de anfibios del país.

### ABSTRACT

Emerging diseases are having a significant impact on wildlife. Chytridiomycosis, a cutaneous disease caused by the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*, has been linked to population declines and the extinction of amphibian species worldwide. This disease affects the skin of frogs and toads frequently leading to death. Chytridiomycosis is currently considered pandemic; cases have been reported from 52 countries in all continents except the Antarctic. In Venezuela, seven amphibian species have disappeared, presumably as the result of epidemic outbreaks. This monography reviews the current knowledge on chytridiomycosis and its etiological agent, with especial attention to its impact and potential threats to the amphibians of Venezuela.

---

**Palabras Clave:** anfibios, *Atelopus*, *Batrachochytrium dendrobatidis*, enfermedades emergentes, quitridiomycosis cutánea, Venezuela.

**Keywords:** amphibians, *Atelopus*, *Batrachochytrium dendrobatidis*, emergent diseases, cutaneous chytridiomycosis, Venezuela

---

1. Trabajo presentado como requisito para su ingreso como Miembro Correspondiente Nacional, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (2016).

\*Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Apartado 20632, Caracas 1020-A

## INTRODUCCIÓN

### Enfermedades emergentes en fauna silvestre

Hacia finales del siglo IX, una de las mayores epidemias en fauna silvestre registrada en la historia devastó a poblaciones de búfalos, jirafas y antílopes en África. Además del ganado bovino, murieron millones de animales silvestres en muy poco tiempo a causa de la peste bovina.

Esta enfermedad es producida por un miembro del género *Morbilivirus* (Paramyxoviridae) que probablemente tuvo su origen en algún ancestro de la familia Bovidae en India, el Extremo Oriente o Europa, desde donde se extendió hacia otras especies con la domesticación de ungulados y cánidos (Plowright, 1985). Se introdujo en el cuerno de África en 1803-1804 con el traslado de ganado vacuno desde Europa (Mack, 1970), pero en 1889 el virus comenzó a propagarse rápidamente a través del continente africano hasta alcanzar, en tan sólo ocho años, a la Ciudad del Cabo en Suráfrica (Mack, 1970).

Se estima que, durante esta gran pandemia, las poblaciones del búfalo africano *Syncerus caffer* se redujeron en 90% (Daszak *et al.*, 2000). Aunque la peste bovina persistió endémicamente en algunas poblaciones de ganado vacuno por mucho tiempo, ocasionalmente produjo brotes epidémicos en poblaciones de fauna silvestre que, en algunos casos, causaron extinciones localizadas (Dobson, 1995). Los últimos brotes en fauna silvestre se registraron en los parques nacionales Tsavo y Nairobi, en los alrededores de la ciudad de Kenya en 1994 (Barrett *et al.*, 1998). Sin embargo, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (anteriormente la Oficina Internacional de Epizootias) declaró a la peste bovina como erradicada globalmente en 2011 (OIE, 2011).

Como la peste bovina, han aparecido muchas otras enfermedades emergentes que han tenido un impacto significativo en las supervivencia de la fauna silvestre (Gulland, 1995). En los últimos 60 años se han reportado al menos 145 enferme-

dades emergentes en vida silvestre que se han originado principalmente por:

- i) la transmisión de agentes infecciosos de especies domésticas a fauna silvestre;
- ii) la diseminación de agentes infecciosos a través de la introducción de fauna o flora exótica a diversas regiones; o
- iii) la alteración de una relación parásito hospedero preexistente a causa de algún cambio en el entorno ecológico (Daszak *et al.*, 2000).

Las dos primeras son, sin embargo, las causas más frecuentes de las enfermedades emergentes en fauna silvestre, un fenómeno que se ha denominado *contaminación patogénica* (Daszak *et al.*, 2000; Cunningham *et al.*, 2003).

A pesar del impacto que tienen algunos patógenos sobre las poblaciones de sus hospederos, rara vez han sido señalados como la causa de extinción de especies silvestres. En menos del 4% de las extinciones de vertebrados reportadas durante el siglo XX (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN), las enfermedades infecciosas parecen haber jugado algún rol (Smith *et al.*, 2006). Sin embargo, la quitridiomycosis cutánea, una enfermedad emergente descrita tan sólo hace 15 años, parece ser la principal causa de pérdida de biodiversidad en anfibios, el grupo de vertebrados terrestres más amenazado actualmente (Smith *et al.*, 2006; Stuart, *et al.*, 2004; Baillei *et al.*, 2004).

Tres cuartas partes de las especies de anfibios considerados en *peligro crítico* de extinción parecen estar amenazadas por esta enfermedad. También, se ha atribuido a la quitridiomycosis cutánea la desaparición del género *Rheobatrachus* sp. (Retallick *et al.*, 2004) y de la rana de torrentes *Taudactylus acutirostris* en Australia (Schloegel, *et al.*, 2006) y del sapito arlequín *Atelopus zeteki* en Panamá (Lips, 1999). Estos son de los pocos casos conocidos de extinción de vertebrados a causa de enfermedades emergentes.

## El colapso global de las poblaciones de anfibios

Durante el Primer Congreso Mundial de Herpetología que se celebró en 1989 en la ciudad inglesa de Canterbury, un grupo de reputados herpetólogos manifestó preocupación, por primera vez, sobre un fenómeno que se había comenzado a documentar en varias localidades desde los años 70: el colapso de las poblaciones de anfibios. En varias regiones del mundo, se reportaron disminuciones en las abundancias de anfibios y desapariciones de algunas de sus poblaciones (Blaustein y Wake, 1990; Barinaga, 1990). Pocos meses después, el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos organizó un taller en Irvine, California, en donde se debatió sobre la extensión geográfica del fenómeno.

En esta reunión se concluyó que, pese al carácter anecdótico de mucha de la información disponible para aquel entonces, se estaba ante un fenómeno global de disminución acelerada de anfibios, muchas de las cuales ocurrían en ambientes prístinos o muy poco intervenidos por el hombre (Blaustein y Wake, 1990).

No fue sino hasta casi una década después, con la desaparición simultánea de especies en zonas montañosas en Australia, Costa Rica, Panamá, Venezuela y Ecuador (Lips, 1998; Young *et al.*, 2003) que el problema del colapso de las poblaciones de anfibios se abordó de manera sistemática y cuantitativa. Por una parte, análisis de series de tiempo para casi un millar de poblaciones de anfibios mostraron que, en las últimas décadas, la abundancia de anfibios había disminuido en Norteamérica, Centroamérica y Suramérica (Alford *et al.*, 2001; Houlahan *et al.*, 2000). Por otro lado, con base en la experticia de más de 600 herpetólogos de diversas regiones del mundo, la UICN concluyó sobre el estado de conservación de los anfibios del mundo que:

(i) un tercio de las especies (2396 de 6425 evaluadas) estaban amenazadas de extinción;

(ii) 38 especies se habían extinguido en los últimos 35 años —aunque ese número podría as-

cender a 159 si se agregan aquellas que no se han visto en las últimas décadas—;

(iii) la mayor parte de las especies afectadas se localizaban en Latinoamérica y en el Caribe; y

iv) la mayor parte de las extinciones habían sido causadas por la quitridiomycosis cutánea (Global Amphibian Assessment GAA, 2008) (Baillie *et al.*, 2004; Stuart *et al.*, 2004).

Venezuela, uno de los países con mayor diversidad de anfibios, no escapa de estas estadísticas nefastas; según esta evaluación 23,4% de las 363 especies descritas en nuestro territorio figuran en alguna de las categorías de amenaza y 5,2% están *en peligro crítico*. Las cifras del Libro Rojo de La Fauna Venezolana son algo más conservadoras, en vista de que para muchas especies no existe suficiente información, pero no menos alarmantes: 17,6 % de los anfibios venezolanos figuran en alguna categoría de amenaza y 2,4% están *en peligro crítico* (Rodríguez y Rojas Suárez, 2008) (Fig. 1).

## LA QUITRIDIOMICOSIS CUTÁNEA: UNA EFERMEDAD EMERGENTE

A pesar de que se conoce desde hace menos de dos décadas (Berger *et al.*, 1998), la quitridiomycosis cutánea se considera actualmente una de las peores enfermedades emergentes en vida silvestre debido al número de especies que ha impactado y la extensión geográfica que ha alcanzado. Es una enfermedad fúngica que afecta a la piel de los anfibios, su principal órgano osmoregulatorio (Berger *et al.*, 1998).

El patógeno que causa esta enfermedad es un hongo quitrido, *Batrachochytrium dendrobatidis*, que invade los tejidos queratinizados, *i.e.* la piel de los juveniles y los adultos, y las estructuras bucales de los renacuajos. Aunque aún no se conoce con detalle la patogénesis de esta enfermedad se han descrito algunas afecciones como eritemas, hiperqueratosis e hiperplasia de la piel, el letargo y la inapetencia (Berger *et al.*, 1998; Pessier *et al.*, 1999). Recientemente, se demostró que, en ranas infectadas, el transporte de

electrolitos a través de la piel es inhibido y los niveles de sodio y potasio en la sangre son reducidos hasta niveles que pueden ocasionar arrestos cardíacos (Voyles *et al.*, 2009; 2011). Además, algunas micotoxinas secretadas por el patógeno parecen suprimir la respuesta inmune de las ranas al inhibir la proliferación de linfocitos e inducir la apoptosis de células T (Fites *et al.*, 2013; Ellison *et al.*, 2015).

*Batrachochytrium dendrobatidis* pertenece al Orden Rhizophydiales 28. Junto al recién descrito congénere *Batrachochytrium salamandrivorans* en salamandras y tritones (Martel *et al.*, 2013) son los únicos de su grupo que infectan a vertebrados; los demás miembros de este orden son de vida libre en ambientes acuáticos o en suelos, o parasitan algas, plantas, hongos o invertebrados (Gleason *et al.*, 2008) 35. El ciclo de vida de *B. dendrobatidis* tiene dos fases, una móvil y una enquistada (Longcore *et al.*, 1999): la zoospora que es la estructura móvil tiene un flagelo que le permite moverse fuera de su hospedero, en el agua; cuando la zoospora entra en contacto con la piel de los anfibios pierde su flagelo y se enquista dentro de una estructura esférica llamada esporangio; las zoosporas comienzan a dividirse mitóticamente dentro del esporangio, aunque se recientemente se demostró que ocurre cierta recombinación (Schloegel *et al.*, 2012). Una vez maduras, las zoosporas son liberadas al agua a través de un poro de descarga (Fig. 2). Se ha observado que las zoosporas de *B. dendrobatidis* pueden mantener su infectividad hasta por siete semanas (Johnson y Speare, 2003).

## LA PANDEMIA Y SU ORIGEN

La emergencia de la quitridiomycosis cutánea ha sido reconocida como una pandemia. Pese a su reciente descubrimiento (Berger *et al.*, 1998) esta enfermedad ha sido reportada en 52 países y su agente etiológico se ha detectado en al menos 516 especies de anfibios en todos los continentes menos en la Antártida (Olson *et al.*, 2013).

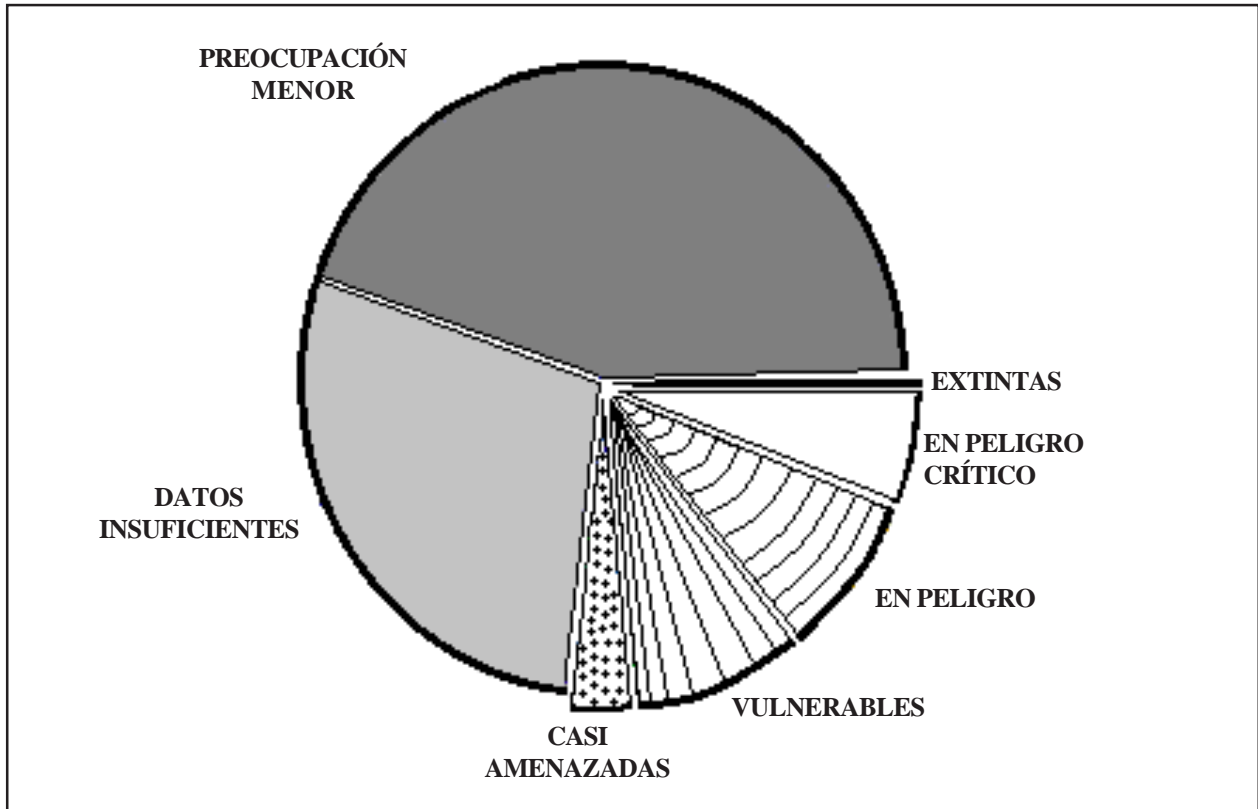
Sobre su origen se han postulado dos hipótesis (ver resumen Rachowicz *et al.*, 2005): la hipóte-

sis del cambio climático (Pounds *et al.*, 2006; Alford *et al.*, 2007) y la hipótesis de una reciente contaminación patogénica (Lips *et al.*, 2008; Morgan *et al.*, 2007). La primera explica la emergencia de esta nueva enfermedad como el resultado de un aumento en la virulencia de un patógeno endémico debido al cambio climático.

Las aparentes sincronizaciones entre eventos de mortandad en varias localidades distantes sugerían una posible modulación de epidemias por condiciones climáticas particulares (Pounds *et al.*, 2006). Entre los años 1994 y 1997 se observaron mortandades masivas y disminuciones drásticas en Australia (Laurance *et al.*, 1996; Berger *et al.*, 1999; Richards *et al.*, 1993), Centroamérica (Lips, 1999; Berger *et al.*, 1998; Lips *et al.*, 2006), Norteamérica (Muths *et al.*, 2003) y Europa (Bosch *et al.*, 2001). La segunda hipótesis atribuye la pandemia a la diseminación reciente de un patógeno en poblaciones sin previa exposición. La ausencia de una estructuración geográfica de la variabilidad genética del hongo (Morgan, *et al.*, 2007; James *et al.*, 2009; Morehouse *et al.*, 2003), evidencias sobre un posible cuello de botella en la historia evolutiva del patógeno (James *et al.*, 2009), un patrón espacio temporal de onda expansiva en las epidemias ocurridas en las regiones mejor estudiadas (Lips *et al.*, 2008; Rachowicz *et al.*, 2005) la identificación de un probable origen geográfico (James *et al.*, 2009; Weldon *et al.*, 2004) y de posibles mecanismos de diseminación global (Schloegel *et al.*, 2009) han inclinado paulatinamente el peso de la evidencia hacia la hipótesis de una reciente contaminación patogénica (Mazzoni *et al.*, 2003). No obstante, estudios recientes muestran que la diversidad genética es mayor, e incluso podrían existir algunos linajes endémicos (Farrer *et al.*, 2011; Schloegel *et al.* 2012; Rosenblum *et al.*, 2013; Bataille *et al.*, 2013). Algunos autores sugieren que la recombinación entre algunos linajes endémicos y el linaje que recientemente se expandió pudiera haber producido una cepa hipervirulenta (Farrer *et al.*, 2011).

Los registros más antiguos de *B. dendrobatidis* en ejemplares de colección corresponden





**Figura 1.** Estado de conservación de los anfibios de Venezuela según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez *et al.*, 2008). Un cuarto de las especies están en alguna de las categorías de amenaza.



**Figura 2.** *Batrachochytrium dendrobatidis*. Esporangio con zoosporas en su interior y tres poros de descarga hacia el exterior. Foto: Joyce Longcore



a aquellos de *Andrias japonicus* recolectados en Japón en 1902 (Goka *et al.*, 2009) y a ejemplares de *Xenopus laevis* recolectados en África Subsahariana en 1938 (Weldon *et al.*, 2004). En América y Australia, los primeros registros datan de la década de los (IUCN, 2015; James *et al.*, 2009). Se presume que a través del comercio de esta especie para el desarrollo de pruebas de embarazo en mujeres, el hongo se propagó a mediados del siglo pasado hacia otros continentes. También se ha incriminado en la dispersión de este patógeno a la rana toro (*Lithobates catesbeianus*), una especie cotizada en el mercado internacional para el consumo humano y como mascota, que ha establecido poblaciones silvestres en muchas regiones del mundo (Schloegel *et al.*, 2009; Daszak *et al.*, 2004; Hanselmann *et al.*, 2004). La presencia de *B. dendrobatidis* en poblaciones naturalizadas de rana toro en Venezuela y en granjas para la producción y la exportación en Uruguay la señalan como reservorio y vehículo de propagación de este patógeno (Mazzoni *et al.*, 2003; Hanselmann *et al.*, 2004). Se calcula que en 1996-2001 se importaron seis millones de ejemplares desde granjas en Suramérica (Cunningham *et al.*, 2003). Por otra parte, se han detectado zoosporas en la piel de algunos reptiles (Kilburn *et al.*, 2011) y en el tejido queratinoso de las pezuñas de algunas aves acuáticas, aunque se desconoce todavía el rol que pudieran jugar estas especies en la dispersión del hongo (Garmyn *et al.*, 2012).

A pesar del impacto negativo que ha tenido la quitridiomycosis cutánea en algunas especies de anfibios, en otras el patógeno coexiste sin efectos evidentes (Retallick *et al.*, 2004; Puschendorf *et al.*, 2006; Woodhams y Alford, 2005). En algunas comunidades de anfibios, ciertas especies han sufrido efectos devastadores mientras otras no han mostrado cambios evidentes ante la presencia del hongo (Woodhams y Alford, 2005; Woodhams, *et al.*, 2007) Ensayos de infecciones experimentales han mostrado un espectro amplio de respuestas que van desde el desarrollo de morbilidad o la muerte de su hospedero, pasando por la eliminación espontánea del hongo hasta el establecimien-

to de una relación hongo-hospedero de comensalismo transitorio Kilpatrick *et al.*, 2010). El contexto ambiental (*e.g.* temperatura y humedad) parece ser determinante sobre el curso de la infección (Woodhams *et al.*, 2011; Doddington *et al.*, 2013).

## EXTINCIÓN POR INFECCIÓN: MODELOS MATEMÁTICOS

La extinción por infección con patógenos suele ser poco frecuente en poblaciones silvestres porque existe una densidad umbral —*tamaño crítico de la población*— por debajo de la cual la transmisión de los patógenos se detiene (Louca *et al.*, 2014). No obstante, la capacidad que tiene *B. dendrobatidis* para causar extinciones locales en algunas especies de rana se atribuye a que puede sobrevivir saprofiticamente en el agua (*i.e.* reservorio ambiental) o en los estadios inmaduros u otras especies de anfibios en los cuales la infección suele ser asintomática (*i.e.* reservorio biológico) (Daszak y Cunningham, 1999).

Se han desarrollado pocos modelos matemáticos para explorar posibles escenarios tras la infección de poblaciones de ranas con *B. dendrobatidis* (Mitchell *et al.*, 2008; Louca *et al.*, 2014). Estos han demostrado que los reservorios, ambientales o biológicos, son imprescindibles para que se produzca la extinción del hospedero por infección (Mitchell *et al.*, 2008; Louca *et al.*, 2014; Briggs *et al.*, 2005). No obstante, los estadios inmaduros pueden jugar un rol ambivalente. Pueden actuar como reservorio del patógeno y amplificar las epidemias hasta producir la extinción, pero también pueden compensar las pérdidas debido a la infección mediante el rápido reclutamiento de juveniles en poblaciones mermaidas por la infección (Louca *et al.*, 2014). Por otro lado, la rapidez con la cual el hongo se establece en la población inmediatamente después de la invasión inicial parece ser uno de los mejores predictores de las probabilidades de extinción a largo plazo de la población de hospederos (Louca *et al.*, 2014); las poblaciones de anfibios

en donde el hongo invade rápidamente tienen mayor probabilidad de extinción que en aquellas en donde invade con más lentitud. La tasa con la cual invade el hongo parece estar modulada, principalmente, por cuán rápido crece el patógeno dentro del hospedero, cuán eficiente es el hospedero transmitiendo el patógeno y cuán rápido es el reclutamiento de las larvas (Louca *et al.*, 2014). De acuerdo a este modelo, la tolerancia que puedan tener las ranas a los efectos del patógeno parece jugar un papel secundario en las probabilidades de extinción de las poblaciones infectadas.

## LOS SAPITOS ARLEQUINES DEL NEOTRÓPICO: UNO DE LOS LINAJES MÁS AMENAZADOS

El fenómeno de disminución de anfibios ha tenido su mayor impacto sobre la biodiversidad del Neotrópico. Se estima que la mitad de todas las especies en categorías de riesgo de extinción se encuentran en esta región (IUCN, 2015). Entre los anfibios neotropicales, *Atelopus* (*i.e.* el género de sapitos arlequines) es el más amenazado, pese a que la mayor parte de sus especies se encuentran en ambientes prístinos (La Marca *et al.*, 2005; Lotters *et al.*, 2004). Los sapitos arlequines se distribuyen desde Bolivia hasta Costa Rica pero su mayor diversidad está en la cordillera de Los Andes (Lotters, 1996). De sus 97 especies descritas, al menos 40 han desaparecido en las últimas dos décadas —tres de ellas ya se consideran extintas—, 82 están en las categorías de *peligro crítico* o *en peligro*, y solo diez parecen mantener poblaciones estables (Lips *et al.*, 2008; IUCN, 2015; La Marca *et al.*, 2005). Este género es particularmente vulnerable porque la mayor parte de sus especies ocupan áreas geográficas pequeñas y, por lo tanto, sensibles a cambios demográficos locales (Lips *et al.*, 2003). La presencia de *B. dendrobatidis* en muchas de las poblaciones de sapitos arlequines que han sufrido disminuciones drásticas sugiere que esta enfermedad podría ser la principal causa de la desaparición de sus espe-

cies (La Marca *et al.*, 2005; Crawford *et al.*, 2010). En Venezuela se conocen nueve especies de sapitos arlequines, siete de ellas endémicas de la cordillera de Mérida y dos de la cordillera de La Costa. De acuerdo a la UICN y al Libro Rojo de la Fauna Venezolana, sólo una se considera extinta, el sapito arlequín de Maracay (*Atelopus vogli*), y el resto de las especies están en la categoría de *en peligro crítico* (Tabla 1).

Los sapitos arlequines venezolanos desaparecieron entre 1988 y 1992 (La Marca *et al.*, 2005), y con excepción de un ejemplar de *Atelopus mucubajiensis* descubierto en 2004 (Barrio Amorós, 2004), ninguna de ellas ha sido vista desde entonces. Se presume que muchas de estas especies pueden haberse extinguido, pero no ha transcurrido suficiente tiempo para declararlas como tal. La presencia del hongo en ejemplares de *Atelopus* recolectados en 1986 y 1988, pocos antes del colapso de sus poblaciones, sugiere a la quitridiomycosis cutánea como la causa más probable de su desaparición de la cordillera de La Costa (Bonaccorso *et al.*, 2003) y de la cordillera de Mérida (Lampo *et al.*, 2006).

La única especie de sapos arlequines que se puede ubicar actualmente es el sapito rayado, *Atelopus cruciger* (Fig. 3). Desapareció en 1986, pero en 2003 y 2004 se descubrieron poblaciones en dos localidades (Eliot, 2003; Rodríguez Contreras *et al.*, 2008). Pese a su amplia distribución geográfica y altitudinal antes de 1986, actualmente sus poblaciones se restringen a dos enclaves de baja elevación (0-2.400 m) en las cuencas de los ríos Cata y Cuyagua en el tramo central de la cordillera de la Costa —tan solo separados por 20-25 kilómetros en línea recta— en el margen norte del Parque Nacional Henri Pittier (Piotrowski *et al.*, 2004). En el río Cata hay registros de la presencia del *B. dendrobatidis* en adultos desde 2005 (Rodríguez Contreras *et al.*, 2008). En el río Cuyagua, sin embargo, no se ha detectado el patógeno, aunque no se ha diagnosticado un número suficiente de ejemplares para concluir sobre su ausencia. Se ha sugerido que las zonas bajas de los ríos Cata

**Tabla 1.** Estatus de riesgo de los sapitos arlequines (Género *Atelopus*) de Venezuela según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

ESPECIE	CATEGORIA DE RIESGO
<i>Atelopus vogli</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus carbonerensis</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus chrisocorallus</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus cruciger</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus mucubajiensis</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus oxyrhynchus</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus pinangoi</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus sorianoii</i>	En Peligro Crítico
<i>Atelopus tamaense</i>	En Peligro Crítico

y Cuyagua, con temperaturas promedio de 27°C, podrían ofrecer un “refugio térmico” para el sapito rayado (Rodríguez Contreras *et al.*, 2008), en vista de que *B. dendrobatidis* tiende a crecer muy lentamente por encima de 22°C *in vitro* (Piotrowski *et al.*, 2004).

### **BATRACHOCHYTRIUM DENDROBATIDIS EN VENEZUELA: INTRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN**

Se desconoce cuándo se introdujo el hongo *B. dendrobatidis* en Venezuela. El registro más antiguo en el país data de 1986, en un ejemplar recolectado en el Parque Henri Pittier cerca del poblado de Bejuma (Estado Carabobo) (Bonaccorso *et al.*, 2003). Lips y colaboradores (2008) estiman que *B. dendrobatidis* pudo haber sido introducido en Venezuela en 1977, en una localidad cerca de Bejuma (Edo. Carabobo) en la cor-



**Figura 3.** El sapito rayado *Atelopus cruciger*, especie en peligro crítico de extinción. Pareja en amplexus en el río Cata, Edo. Aragua. De las nueve especies de sapitos arlequines descritos en Venezuela, esta es la única que puede localizarse en la actualidad. Sólo se conocen dos poblaciones de esta especie.

dillera de La Costa, desde donde se dispersó gradualmente en dirección oeste hasta alcanzar la cordillera andina antes de 1988. Sin embargo, algunos registros de *B. dendrobatidis* en colecciones de varios museos contradicen este escenario. Por una parte, el gran número de ejemplares *B. dendrobatidis* recolectados en la cordillera de La Costa en los años siguientes a su presunta introducción (1977-1980), sin evidencia alguna del hongo, sugieren una fecha posterior (después de 1980) (Lampo *et al.*, 2009; 2011). Por la otra parte, el recorrido entre la cordillera de La Costa y la cordillera de Mérida es grande para completarse en un lapso tan corto (1980-1988) e incluye un corredor de 10 km de ancho (depresión Turbio Yaracuy) en donde la temperatura promedio del ambiente está cerca del límite superior de tolerancia del hongo (Lampo *et al.*, 2009; 2011). A la luz de esta evidencia, parece más probable que el patógeno haya sido introducido más de una vez en el país o que algunas de las cepas de *Bd* presentes sean endémicas, tal como se demostró en Brasil (Schloegel *et al.*, 2012).

Se desconoce también cómo se introdujo el patógeno a Venezuela. Aunque la rana toro, uno de los principales vehículos de propagación del hongo a nivel mundial (Daszak *et al.*, 2004), está presente en la cordillera de Mérida, se presume que su introducción fue posterior a la de *B. dendrobatidis*. El primer ejemplar de rana toro en Venezuela fue reportado en 1991 (Díaz de Pascual y Chacón Ortiz, 2002), cinco años antes del registro más antiguo del hongo en la cordillera de Mérida en 1988 (Lampo *et al.*, 2006). Una posibilidad es que la rana toro haya permanecido varios años en la zona antes de ser detectada, aunque parece poco probable que una especie tan grande (los adultos pesan cerca de 500 gr) haya podido pasar inadvertida por tanto tiempo. Alternativamente, *B. dendrobatidis* pudo haber sido introducido al país en alguna otra especie acuática. Durante los años 40 se importaron truchas (*Onchorynchus mykiss* y *Salmo gairdneri*) que fueron sembradas en muchos cuerpos de agua naturales o artificiales a lo largo de la cordillera de Mérida (Rodríguez Contreras, 2004).

Aunque el *B. dendrobatidis* puede propagarse a través del agua en ausencia de un hospedero, las huevas de trucha solían importarse en hielo seco (Rodríguez Contreras, 2004). Se desconoce si las zoosporas de *B. dendrobatidis* resistirían tan bajas temperaturas dada su sensibilidad a la desecación (Johnson y Speare, 2003).

## INFECCIÓN ENDÉMICA EN AMBIENTES MONTANOS DE VENEZUELA: RIESGOS Y PROPUESTAS PARA SU MANEJO

Las regiones montañosas de Venezuela son particularmente valiosas para la conservación de la biodiversidad del país porque albergan la mayor riqueza de anfibios del país, a la vez que centros de endemismo (Barrio Amorós, 2009). Por ejemplo, la región de los Andes (la cordillera de Mérida y la sierra de Perijá) concentra 24% de los anfibios autóctonos a pesar de que abarca tan sólo 4,5% del territorio. La región de la Costa y el Pantepui ocupan 7% y 1,7 % del territorio, respectivamente, pero allí reside 33% y 22%, respectivamente, de las especies. Es decir, cerca del 80% de los anfibios autóctonos de Venezuela viven en las zonas montañosas, que representan a su vez los ambientes más propicios para el crecimiento y propagación del hongo. Actualmente, *B. dendrobatidis* está presente en las cordilleras de Mérida y de La Costa (Lampo, 2012; Lampo *et al.*, 2006; 2011).

No se han explorado otras zonas montañosas (*i.e.* la sierra de Perijá, la cordillera Central o el Pantepui), aunque análisis histológicos de algunos ejemplares recolectados durante eventos de mortandad registrados en 1984 y 1986 en Auyán-tepui y el Chimantá (Ayarzaguena *et al.*, 1992; Gorzula, 1992) (depositados en el Museo de Historia Natural La Salle), no revelaron evidencias de la presencia del patógeno en las cimas de estos tepuyes (Lampo y Señaris, 2006). Esto no es sorprendente, pues se presume que es el hombre quien ha sido responsable de la dispersión a gran escala de *Bd*, y los tepuyes han permanecido relativamente aislados de la actividad humana. No obstante, la presencia del hongo en las cordi-



lleras andinas y costeras pone en riesgo a un número significativo de especies endémicas.

En el 2004, se iniciaron dos programas de investigación para evaluar el riesgo que corren algunas especies amenazadas de las cordilleras de Mérida y de La Costa ante la posibilidad de que se produzcan nuevas epidemias. En la cordillera de Mérida, el objetivo fue estratificar el riesgo de las especies anfibias según su prevalencia de infección y su vulnerabilidad al hongo, mientras que en La Costa los esfuerzos se enfocaron en el desarrollo de herramientas matemáticas que permitieran predecir epidemias en una de las dos únicas poblaciones conocidas de sapitos rayados (*Atelopus cruciger*), una especie en peligro crítico de extinción.

Estratificación de riesgo en la cordillera de Mérida Se han llevado a cabo muestreos sistemáticos en la cordillera de Mérida para identificar zonas de alta exposición al hongo como primer paso para la estratificación del riesgo de las comunidades de anfibios a la quitridiomycosis cutánea (Tabla 2). Allí se detectó infección en diez de 17 especies diagnosticadas en quebradas, pozos o ambientes terrestres entre 80 y 2600 metros de altitud, aunque la prevalencia de infección varió sustancialmente entre especies.

Algunas especies mostraron una prevalencia de infección menor al 5%, mientras que en la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) la prevalencia sobrepasó el 75% (Sánchez *et al.*, 2008). La alta prevalencia del patógeno en esta especie es

**Tabla 2.** Especies de anfibios en las que se ha detectado el hongo causante de la quitridiomycosis cutánea *Batrachochytrium dendrobatidis*. Nueve de ellas están en alguna categoría de amenaza de extinción según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez *et al.*, 2008).

ESPECIE	REGIÓN	AMENAZA	FUENTE
<i>Atelopus carbonerensis</i>	Cordillera de Mérida	En Peligro Crítico	Lampo <i>et al.</i> , 2006
<i>Atelopus soriano</i>	Cordillera de Mérida	En Peligro Crítico	Lampo <i>et al.</i> , 2006
<i>Atelopus cruciger</i>	Cordillera de la Costa	En Peligro Crítico	Rodríguez-Contreras <i>et al.</i> , 2008
<i>Atelopus mucubajensis</i>	Cordillera de Mérida	En Peligro Crítico	Lampo <i>et al.</i> , 2006
<i>Dendropsophus meridensis</i>	Cordillera de Mérida	En Peligro Crítico	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Engystomops pustulosus</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Gastrotheca nicefori</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Hyalinobatrachium durantii</i>	Cordillera de Mérida	Datos insuficientes	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Hyloscirtus jahni</i>	Cordillera de Mérida	Casi amenazada	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Hyloscirtus platydactylus</i>	Cordillera de Mérida	Vulnerable	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Hypsiboas crepitans</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Leptodactylus</i> sp1	Cordillera de Mérida	?	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Leptodactylus</i> sp2	Cordillera de Mérida	?	Lampo <i>et al.</i> , 2006
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Mannophryne collaris</i>	Cordillera de Mérida y Cordillera de la Costa	En peligro	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Mannophryne cordilleriana</i>	Cordillera de Mérida	Vulnerable	Lampo <i>et al.</i> , 2006
<i>Pseudi paradoxa</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Rhinella marina</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Scartyla vigilans</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008
<i>Scinax flavidus</i>	Cordillera de Mérida	Preocupación menor	Sánchez <i>et al.</i> , 2008



motivo de preocupación porque es probable que esta especie, cuya distribución geográfica se ha expandido en los últimos años, actúe como una fuente de contagio para otras especies. En 2010 se estimó que la rana toro ocupaba un área geográfica de aproximadamente 48 km<sup>2</sup> en el valle que se forma entre los ríos Capazón y La Sucia entre 1810 y 2601m de altitud, una zona muy intervenida por la presencia de fincas en donde se cría ganado vacuno (Lampo *et al.*, 2010).

La estratificación de riesgo no sólo involucra la delimitación de zonas de alta exposición sino también la identificación de especies particularmente vulnerables a desarrollar infecciones letales. La rana toro comparte su hábitat con la rana merideña (*Dendropsophus meridensis*), una especie autóctona actualmente considerada *En Peligro*. En la Carbonera (Edo. Mérida) esta especie muestra una prevalencia de infección de 30%, lo que pudiera sugerir cierta resistencia por parte de esta especie a desarrollar formas letales de la enfermedad. No obstante, infecciones experimentales en el laboratorio con cepas aisladas de ejemplares de rana toro y bajo condiciones de temperatura similares al clima en la zona donde habita resultaron en el deceso de muchos de los adultos expuestos al patógeno (Villaruel *et al.*, 2013). El riesgo de muerte de ejemplares infectados fue 12 veces mayor que el de ejemplares no infectados (Tabla 3). Esto indica que, aun cuando algunas poblaciones de la ranita merideña coexisten con infección endémica de *B. dendrobatidis*,

la alta exposición al patógeno podría representar un riesgo para algunas especies endémicas, si algún factor externo altera el equilibrio endémico que parece mantener la ranita merideña con este hongo y desencadena epidemias.

Otras especies que habitan la misma zona, sin embargo, han mostrado respuestas diferentes ante infecciones experimentales similares. Por ejemplo, la rana platanera (*Hypsiboas crepitans*) tiene la capacidad de eliminar espontáneamente la infección al cabo de pocas semanas (Marquez *et al.*, 2010) (Tabla 3). Es decir, esta especie podría actuar en una comunidad de anfibios como un sumidero para el patógeno, si la transmisión durante las pocas semanas que sobrevive el *B. dendrobatidis* en esta especie es baja. En general, se conoce poco sobre cómo sería el curso de infecciones en comunidades de anfibios en donde las respuestas de las especies son muy disímiles. 78 mencionan algunas estrategias que podrían utilizarse para modelar la infección con *B. dendrobatidis* en sistemas con múltiples hospederos. Es imprescindible entender la epidemiología del *B. dendrobatidis* en comunidades de anfibios para poder estratificar el riesgo en zonas en donde coexisten varias especies de anuros.

### Posibles epidemias en poblaciones de la cordillera de La Costa

En la cordillera de La Costa, *B. dendrobatidis* ha sido detectado en una de las poblaciones

**Tabla 3.** Variabilidad en la susceptibilidad de especies de anfibios de Venezuela a quitridiomycosis cutánea. Las infecciones experimentales se llevaron a cabo en ejemplares en cautiverio y el marcaje-recaptura en poblaciones silvestres.

ESPECIE	TIPO DE ENSAYO	RIESGO DE MUERTE DE RANAS INFECTADAS EN RELACIÓN A RANAS SANAS	FUENTE
<i>Atelopus crugiger</i>	Marcaje-recaptura	6 veces mayor	sin publicar
<i>Dendropsophus meridensis</i>	Infecciones experimentales	12 veces mayor	Villaruel <i>et al.</i> , 2013
<i>Hypsiboas crepitans</i>	Infecciones experimentales	igual (Elimina la infección)	Márquez <i>et al.</i> , 2010

remanentes del sapito rayado *A. cruciger* y en ejemplares de la ranita *Mannophryne collaris*, una especie que vive en simpatria con el sapito rayado. En ambas especies, la prevalencia de infección puede sobrepasar el 10%. No se han llevado a cabo despistajes de este patógeno en otros anuros de esta cordillera. La mayor preocupación se ha centrado en el sapito rayado ya que esta especie fue una de las especies más impactadas por el hongo durante los años 80 y 90.

Su desaparición en tan sólo una década, ha dejado al sapito rayado en una situación de extrema vulnerabilidad. Se teme que esta especie no pueda sobrevivir a nuevas epidemias. Por lo tanto, es prioritario identificar escenarios climáticos que pudieran desencadenar nuevas epidemias de quitridiomycosis cutánea en el sapito rayado. Aun cuando las zonas protegidas de la cordillera de la Costa (*i.e.* Parque Nacional Henri Pittier, Parque Waraira Repano y Macarao y Guatopo) albergaban más del 90% de la distribución histórica de esta especie, las únicas dos poblaciones que se conocen actualmente están por debajo de la cota del Parque Nacional Henri Pittier, sin ninguna legislación que las proteja.

Durante la última década, un programa de monitoreo demográfico y epidemiológico intensivo en la población del sapito rayado asociada al río Cata (Edo. Aragua) ha permitido estimar cambios temporales del tamaño de esta población, la prevalencia de infección con *B. dendrobatidis*, y ha dado luces sobre algunos de los mecanismos que posiblemente han permitido a esta población remanente coexistir con el hongo (Lampo *et al.*, 2011). Análisis de historias de capturas de individuos (sanos e infectados) con modelos de captura recaptura demostraron que las poblaciones de *A. cruciger* han venido aumentando paulatinamente en los últimos años, pese a la presencia del hongo.

Una de las preguntas que ha surgido es si los individuos que han sobrevivido en poblaciones marginales podrían haber desarrollado alguna resistencia a la enfermedad. Algunos resultados preliminares sugieren que este no es el caso; la

infección con *B. dendrobatidis* puede aumentar hasta seis veces el riesgo de muerte de los adultos del sapito rayado (Tabla 3). Dado el impacto del hongo en la supervivencia de los adultos, es probable entonces que sea el rápido reclutamiento de juveniles lo que compensa por la mortalidad causada por el patógeno. Contrario a lo que se había reportado anteriormente, el sapito rayado no es una especie longeva (Lampo *et al.*, 2011). Se estima que los adultos permanecen en la población por sólo 18 meses en promedio, por lo que las poblaciones dependen de una alta tasa de recambio para, al menos, garantizar su estabilidad numéricamente. Simulaciones con un modelo matemático sugieren que las tasas de reclutamiento de nuevos hospederos y las tasas de transmisión del *B. dendrobatidis* son los parámetros que más influyen sobre la probabilidad de extinción de poblaciones de anfibios expuestas al patógeno (Louca *et al.*, 2014). Actualmente, adaptamos este modelo al caso particular de la interacción *A. cruciger* — *B. dendrobatidis* para poder identificar umbrales en los parámetros demográficos y epidemiológicos para el desarrollo de epidemias y poder predecir los cambios demográficos ante diversos escenarios de cambio climático.

## **EL CONTROL DE LA QUITRIDIOMICOSIS CUTÁNEA: ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS PÚBLICAS**

Las estrategias de conservación de especies amenazadas se enfocan fundamentalmente en la eliminación o la mitigación de aquello que amenaza su supervivencia o en el mejoramiento de la capacidad que tienen las poblaciones para persistir a largo plazo en presencia de la amenaza (Woodhams *et al.*, 2011).

La erradicación del hongo *B. dendrobatidis* de las poblaciones de anfibios no parece una estrategia práctica porque este hongo puede vivir en reservorios fuera de sus hospederos y, por lo tanto, siempre existe el riesgo de reinvasión desde estos reservorios. Hasta ahora, se han enfocado esfuerzos principalmente en:

i) prevenir la diseminación del patógeno hacia poblaciones sin previa exposición;

ii) establecer poblaciones de rescate *ex situ* de especies severamente impactadas mediante la cría de individuos sanos en condiciones controladas; y

iii) diseñar tratamientos profilácticos o de remediación *in situ* en poblaciones infectadas con el patógeno (Woodhams *et al.*, 2011).

Desde 2001, la quitridiomycosis cutánea figura en la lista de enfermedades de relevancia global y de notificación obligatoria publicada por la OIE (Capítulo 8.1 del Código Acuático). Esto implica que el traslado de anfibios vivos entre naciones no declaradas libres de infección por *B. dendrobatidis* requiere de la entrega directa de los animales a centros de cuarentenas o contención desde donde sólo se permite la liberación de poblaciones F1 luego de diagnósticos específicos por laboratorios acreditados internacionalmente (ISO/NATA) y del tratamiento del agua y de los equipos utilizados para el transporte y todos sus efluentes y despojos. *B. dendrobatidis* es sensible a una amplia gama de agentes químicos (*e.g.* cloruro de didecil dimetil amonio, hipoclorito de sodio, etanol y cloruro de benzalconio) que hacen posible la desinfección de cualquier material contaminado con el hongo. Además, algunos medicamentos antifúngicos como el Itraconazol, el Ketoconazol y el sulfato de cobre son efectivos para el tratamiento de ejemplares infectados. Se han publicado protocolos de bioseguridad para prevenir la propagación local de *B. dendrobatidis* hacia poblaciones de anfibios sin previa exposición a través del transporte de ejemplares infectados o de la diseminación de zoosporas en aguas u objetos contaminados con el hongo (*e.g.* Aguirre, y Lampo, 2006). La implementación de estos protocolos, sin embargo, queda generalmente bajo la responsabilidad de los órganos que regulan la recolección de fauna silvestre.

En Venezuela Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) implementó un programa de manejo para reducir las abundancias de la rana toro en la zona de La Carbonera en

la Cordillera de Mérida —principal reservorio del *B. dendrobatidis*— que consistió en ofrecer a los habitantes de la zona una suma de dinero por cada ejemplar muerto consignado a sus oficinas regionales en la ciudad de Mérida. No obstante, el resultado de esta estrategia fue contrario a lo esperado; los lugareños que tenían fincas sin rana toro comenzaron a introducir las en charcas o prátamos de agua para cosecharlas y generar ingresos económicos estables en el tiempo. El programa fue suspendido pocos meses después cuando el MARNR se convenció de que dicha estrategia, lejos de reducir las densidades de rana toro, promovía el traslado de la especie hacia nuevas áreas geográficas, lo cual creaba un problema mayor a largo plazo. En 2002 el MARNR decretó la prohibición del traslado de ejemplares vivos o muertos de rana toro a través del todo territorio nacional (Decreto Ministerial N.º 64 del 15 07 2002).

El establecimiento de poblaciones de anfibios *ex situ* como stocks para la repoblación de hábitats de donde desaparecieron especies o en donde poblaciones silvestres han mermado sustancialmente ha sido otra de las estrategias adoptadas por muchos de los países con especies en peligro crítico. Por ejemplo, instituciones en Ecuador, Panamá, y Estados Unidos actualmente adelantan proyectos de cría en cautiverio de al menos 15 especies de sapitos arlequines en peligro de extinción. En 2005, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) en colaboración con el Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y con el apoyo de la organización no gubernamental (ONG) Conservación Internacional (CI) escribió un proyecto para desarrollar protocolos de cría *ex situ* para especies de anfibios amenazadas. El proyecto fue aprobado pero su ejecución no fue posible debido a que cambios en los lineamientos para el financiamiento de proyectos por ONG internacionales del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) impidieron la entrega de los fondos al IVIC, ente que ejecutaría el proyecto.

Actualmente, no existe en el país la infraestructura o los protocolos adecuados para la cría

en cautiverio de anfibios que garanticen los stocks de especies en peligro crítico de extinción a pesar de que la Ley de Gestión de la Diversidad Biológica (Gaceta Oficial No. 79.040) contempla entre sus objetivos fomentar el establecimiento de centros de conservación *ex situ* y velar por el funcionamiento y mantenimiento de los mismos.

En teoría, se han explorado diversas estrategias para el control de *B. dendrobatidis* o la mitigación de sus efectos, pero todavía no ha transcurrido suficiente tiempo para evaluar los resultados. Entre ellas, la reducción de densidades poblacionales (*i.e.* culling), usada en algunas otras especies impactadas por enfermedades, ha sido probada en poblaciones de *Rana muscosa* en la Sierra Nevada de California, pero aún sin resultados exitosos (Woodhams *et al.*, 2011). Los fungicidas han resultado efectivos en el tratamiento de individuos cautivos, pero la eficacia de su aplicación en ambientes naturales es todavía incierta; algunos experimentos piloto han mostrado progreso en Australia, California y España (Woodhams *et al.*, 2011; Lubick, 2010). La reintroducción o repatriación de ejemplares criados en cautiverio a sus ambientes originales u otros libres de patógeno es laboriosa pero prometedora porque también permitiría la selección de individuos menos susceptibles a la enfermedad. Esta estrategia se está implementando en Australia con la rana *Pseudophryne corroboree*, aunque todavía es pronto para evaluar los resultados (Hunter *et al.*, 1999). Por último, el uso de depredadores como agentes de control es una opción posible pero que requiere de mucha más investigación.

Ensayos experimentales sugieren que algunos microcrustáceos podrían reducir las abundancias de zoosporas en el agua (Woodhams *et al.*, 2011; Kagami *et al.*, 2004)

## CONCLUSIONES

Venezuela es un país megadiverso que ocupa el octavo lugar a nivel mundial en términos de la riqueza de anfibios. En sus 987.740 km<sup>2</sup> habitan algo más de 360 especies, un número equiparable al de los Estados Unidos cuya extensión es diez

veces mayor. Sin embargo, la mayor concentración de especies en las zonas montañosas —la mayoría de ellas endémicas— en donde el riesgo de extinción debido a la quitridiomycosis cutánea es alto pone a los anfibios venezolanos en una situación de particular vulnerabilidad.

El Laboratorio de Ecología y Genética de Poblaciones del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas es pionero en la investigación sobre la quitridiomycosis cutánea en Suramérica. Allí se hizo, a comienzo de este siglo, una de las primeras revisiones exhaustiva de ejemplares de museos del continente para la detección del patógeno y se puso en funcionamiento el primer laboratorio de detección y cuantificación del hongo *B. dendrobatidis* por PCR a tiempo real. También se aislaron *in vitro* las primeras cepas de este hongo provenientes de Suramérica. Tiene también la más larga y detallada historia demográfica y epidemiológica que se conoce de población alguna de sapitos arlequines, hoy uno de los géneros de anfibios más amenazados. Actualmente se siguen desarrollando proyectos para detectar el patógeno en otras comunidades de anfibios del norte del país, caracterizar su variabilidad genética y proyectar posibles escenarios de riesgo de infección.

Pese a la rápida acumulación de conocimiento científico relevante para el diseño e implementación de estrategias de mitigación de los riesgos de los anfibios a la quitridiomycosis, durante el quinquenio que sucedió la primera detección del hongo en el país en 2003, Venezuela es uno de los pocos países de la región que actualmente no ha articulado programas de respuesta rápida para contrarrestar los efectos de epidemias de quitridiomycosis. La ausencia de una infraestructura adecuada o de protocolos para la cría en cautiverio de las especies más amenazadas por la quitridiomycosis hace inviable la extracción de animales para su tratamiento *ex situ*, en caso de producirse epidemias. Por otra parte, los trámites para la obtención de los permisos requeridos para la obtención de muestras biológicas de cualquier tipo, o para la manipulación de animales silvestres



en el campo o en condiciones de cautiverio son cada día más engorrosos. Por ejemplo, los proyectos de investigación que afecten a la diversidad biológica deben ser sometidos a consulta pública con las comunidades que habitan el ámbito geográfico donde se estime realizar las actividades (Art. 35, Ley de Gestión de la Diversidad Biológica). Estas consultas representan costos infranqueables por la mayor parte de los proyectos

de investigación, lo cual se traduce en la inevitable paralización de proyectos. Es urgente revisar las políticas existentes para la investigación sobre biodiversidad (e.g. Ley de Gestión de la Diversidad Biológica) para crear las condiciones propicias para la investigación y para el manejo de especies para su conservación, especialmente aquellas en categoría de riesgo de extinción que requieren respuestas urgentes.

---

LITERATURA CITADA

---

AGUIRRE, A. A. y M. LAMPO

2006. (73-92) En: (A. Angulo, J. V. Rueda Almonacid, J. V. Rodríguez Mahecha, & E. La Marca, eds) *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina* Vol. 1. Conservation International.

ALFORD, R. A., P. M. DIXON y J. H. K. PECHMANN

2001. Ecology Global amphibian population declines. *Nature*, 412: 499-500.

ALFORD, R. A., K. S. BRADFIELD y S. J. RICHARDS

2007. Global warming and amphibian losses. *Nature*, 447:E3-E4.

ANDERSON, R. M. y R. M. MAY

1978. Regulation and stability of host parasite population interactions. I. Regulatory processes. *Journal of Animal Ecology*, 47: 219-247.

AYARZAGUENA, J., J. C. SEÑARIS y S. GORZULA

1992. El grupo *Osteocephalus rodriguezi* de las tierras altas de la Guayana Venezolana: Descripción de cinco nuevas especies. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 137: 113-142 .

BAILLIE, J. E. M., C. HILTON TAYLOR y S. N. STUART

2004. *2004 IUCN Red List of threatened species: a global species assessment*. (IUCN, 2004).

BARINAGA, M.

1990. Where have all the froggies gone? *Science*, 247: 1033-1034, doi:10.1126/science.247.4946.1033.

BARRETT, T. ET AL.

1998. Rediscovery of the second African lineage of rinderpest virus: its epidemiological significance. *Veterinary Record*, 142: 669-671.

BARRIO AMORÓS, C. L.

2004. *Atelopus mucubajiensis* still survives in the Andes of Venezuela. *Froglog*, 66:2-3.

BARRIO AMORÓS, C. L.

2009. (25 40). En: ( C. Molina, J. C. Señaris, M. Lampo, & A. Rial, eds) *Anfibios de Venezuela: estado del conocimiento y recomendaciones para su conservación*. Gold Reserve.

BATAILLE, A. ET AL.

2013. Genetic evidence for a high diversity and wide distribution of endemic strains of the pathogenic chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in wild Asian amphibians. *Molecular Ecology*, 22: 4196-4209.

BEARD, K. H. y E. M. O'NEILL

2005. Infection of an invasive frog *Eleutherodactylus coqui* by the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hawaii. *Biological Conservation*, 126: 591-595.

BERGER, L. ET AL.

1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95: 9031-9036.

BERGER, L., R. SPEARE y A. HYATT

1999. (23-33). In: (A. Campbell, ed.). *Declines and disappearances of Australian frogs*. Environmental Australia.

BLAUSTEIN, A. R.

1994. Chicken little or nero fiddle a perspective on declining amphibian populations. *Herpetologica*, 50: 85-97.

BLAUSTEIN, A. R. y D. B. WAKE,

1990. Declining amphibian populations: A global phenomenon? *Trends in Ecology & Evolution*, 5: 203-204, doi:http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347(90)90129-2.



- BONACCORSO, E., J. M. GUAYASAMIN, D. MÉNDEZ Y R. SPEARE  
2003. Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). *Herpetological Review*, 34: 331-334.
- BOSCH, J., I. MARTÍNEZ SOLANO, I. Y M. GARCIA PARIS  
2001. Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation*, 27: 331-337.
- BRIGGS, C. J., V. T. VREDENBURG, R. A. KNAPP Y L. J. RACHOWICZ  
2005. Investigating the population level effects of chytridiomycosis: An emerging infectious disease of amphibians. *Ecology*, 86: 3149-3159.
- BRIGGS, C. J., R. A. KNAPP Y V. T. VREDENBURG  
2010. Enzootic and epizootic dynamics of the chytrid fungal pathogen of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 9695-9700.
- CRAWFORD, A. J., K. R. LIPS Y E. BERMINGHAM  
2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 13777-13782, doi:10.1073/pnas.0914115107.
- CUNNINGHAM, A. A., P. DASZAK Y J. P. RODRÍGUEZ  
2003. Pathogen pollution: Defining a parasitological threat to biodiversity conservation. *Journal of Parasitology*, 89: S78-S83.
- DASZAK, P. Y A. A. CUNNINGHAM  
1999. Extinction by infection. *Tree*, 14: 279.
- DASZAK, P., A. A. CUNNINGHAM Y A. S. HYATT  
2000. Emerging infectious diseases of wildlife threats to biodiversity and human health. *Science*, 287: 443-449.
- DASZAK, P. ET AL.  
2004. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. *Herpetological Journal*, 14: 21-27.
- DÍAZ DE PASCUAL, A. Y A. CHACÓN ORTIZ  
2002. Diagnóstico de la colonización de la rana toro (*Rana catesbeiana* Shaw 1802: Ranidae:Amphibia) en el estado Mérida y medidas para su control. 1-31.
- DOBSON, A.  
1995. in (A. R. E. Sinclair & P. Arcese, eds) *Serengeti II: Dynamics, Management and Conservation of an Ecosystem*. University of Chicago Press.
- DODDINGTON, B. J. ET AL.  
2013. Context dependent amphibian host population response to an invading pathogen. *Ecology*, 94: 1795-1804, doi:10.1890/121270.1.
- ELIOT, J.  
2003. This toad didn't croak. *National Geographic* 204, 0.
- ELLISON, A. R. ET AL.  
2015. More than skin deep: functional genomic basis for resistance to amphibian chytridiomycosis. *Genome Biology and Evolution*, 7: 286-298.
- FARRER, R. A. ET AL.  
2011. Multiple emergences of genetically diverse amphibian infecting chytrids include a globalized hypervirulent recombinant lineage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108: 18732-18736, doi:10.1073/pnas.1111915108.
- FITES, J. S. ET AL.  
2013. The invasive chytrid fungus of amphibians paralyzes lymphocyte responses. *Science*, 342: 366-369.
- GARMYN, A. ET AL.  
2012. Waterfowl: Potential environmental reservoirs of the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. *PLoS ONE* 7, e35038. doi: 35010.31371/journal.pone.0035038, doi:10.1371/journal.pone.0035038.
- GLEASON, F. H., M. KAGAMI, E. LEFEVRE Y T. SIME NGANDO  
2008. The ecology of chytrids in aquatic ecosystems: roles in food web dynamics. *Fungal Biology Reviews*, 22: 17-25, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2008.02.001.
- GOKA, K. ET AL.  
2009. Amphibian chytridiomycosis in Japan: distribution, haplotypes and possible route of entry into Japan. *Molecular Ecology*, 18: 4757-4774, doi:10.1111/j.1365-294X.2009.04384.x.
- GORZULA, S.  
1992. (167-180). En: (O. Huber, ed) *El macizo de Chimantá. Escudo de Guayana, Venezuela. Un ensayo ecológico tepuyano* Vol. 1 (Oscar Todtmann Editores, C.A.
- GULLAND, F. M. D.  
1995. (20-51): in (Grenfell & Dobson, eds). *Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations* Cambridge University Press.
- HANSELMANN, R. ET AL.  
2004. Presence of an emerging pathogen of amphibians in introduced bullfrogs *Rana catesbeiana* in Venezuela. *Biological Conservation*, 120: 115-119.

- HOULAHAN, J. E., C. S. FINDLAY, B. R. SCHMIDT, A. H. MEYER y S. L. KUZMIN  
2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404: 752-755.
- HUNTER, D., W. OSBORNE, G. MARANTELLI, y K. GREEN  
1999. Implementation of a population augmentation project for remnant populations of the Southern Corroboree Frog (*Pseudophryne corroboree*). *Declines and Disappearances of Australian Frogs*, 158-167.
- IUCN  
2015. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2*, <<http://www.iucnredlist.org>>
- JAMES, T. Y. ET AL.  
2009. Rapid global expansion of the fungal disease chytridiomycosis into declining and healthy amphibian populations. *PLOS Pathogens*, 5: e1000458.
- JAMES, T. Y. ET AL.  
2015. Disentangling host, pathogen, and environmental determinants of a recently emerged wildlife disease: lessons from the first 15 years of amphibian chytridiomycosis research. *Ecology and Evolution*, 5: 4079-4097.
- JOHNSON, M. L. y R. SPEARE  
2003. Survival of *Batrachochytrium dendrobatidis* in water: quarantine and disease control implications. *Emerging Infectious Diseases*, 9: 922-925.
- KAGAMI, M., E. VAN DONK, A. DE BRUIN, M. RIJKEBOER y B. W. IBELINGS  
2004. *Daphnia* can protect diatoms from fungal parasitism. *Limnology and Oceanography*, 49: 680-685.
- KILBURN, V. L., R. IBÁÑEZ y D. M. GREEN  
2011. Reptiles as potential vectors and hosts of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in Panama. *Diseases of Aquatic Organisms*, 97: 127.
- KILPATRICK, A. M., C. J. BRIGGS y P. DASZAK  
2010. The ecology and impact of chytridiomycosis: an emerging disease of amphibians. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 109-118.
- KRIGER, K. M. y J. M. HERO.  
2006. Survivorship in wild frogs infected with chytridiomycosis. *EcoHealth*, 3, 171-177.
- LA MARCA, E. ET AL.  
2005. Catastrophic population declines and extinctions in neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica*, 37: 190-201.
- LAMPO, M.  
2012. *Batrachochytrium dendrobatidis* in Venezuela: current research and perspectives. *Froglog*, 100, 45-47.
- LAMPO, M., A. RODRÍGUEZ, E. LA MARCA y P. A. DASZAK  
2006. Chytridiomycosis outbreak and a severe dry season precede the disappearance of *Atelopus* species from the Venezuelan Andes. *Herpetological Journal* 16, 395-402.
- LAMPO, M., D. A. SÁNCHEZ, F. NAVA GONZÁLEZ, C. Z. GARCÍA, y A. ACEVEDO  
2009. Lips *et al.*, 2008 Reply: *wavelike epidemics in Venezuela?*, <<http://www.plosbiology.org/article/comments/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.0060072>>.
- LAMPO, M. y J. C. SEÑARIS  
2006. Unexplained amphibian mortalities at the secluded mountains of the Venezuelan Guayana: is there evidence of chytridiomycosis? *Herpetological Review* 37, 47-49.
- LAMPO, M., D. A. SÁNCHEZ y A. CHACÓN ORTIZ  
2010. La rana toro: un invasor de la Cordillera de Mérida (109-119). En *Simposio: Investigación y manejo de fauna silvestre en Venezuela en homenaje al Dr. Juhani Ojasti* (eds A. Machado Allison *et al.*) (Embajada de Finlandia, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, FUDECI, IZET, UNELLEZ, USB, PROVITA, Fundación la Salle de Ciencias Naturales, PDVSA, Fundación Jardín Botánico de Caracas Dr. Tobías Lasser.
- LAMPO, M., D. A. SÁNCHEZ, F. NAVA GONZÁLEZ, C. Z. GARCÍA y A. ACEVEDO  
2011. La desaparición de los sapitos arlequines (*Atelopus*) en Venezuela: Introducción y propagación del hongo quitrido *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Interciencia*, 36: 949-953.
- LAMPO, M., J. S. CELSA, A. RODRÍGUEZ CONTRERAS, F. ROJAS RUNJAIC y C. Z. GARCÍA  
2011. High turnover rates in remnant populations of the harlequin frog *Atelopus cruciger* (Bufonidae): low risk of extinction? *Biotropica*, 44: 420-426.
- LAURANCE, W. F., K. R. MCDONALD y R. SPEARE  
1996. Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rain forest frogs. *Conservation Biology*, 2: 406-423.
- LIPS, K. R.  
1998. Decline of tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology*, 12: 106-117.  
1999. Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in Western Panama. *Conservation Biology*, 13: 117-125.
- LIPS, K. R., J. D. REEVE y L. R. WITTERS  
2003. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology*, 17: 1078-1088.

- LIPS, K. R. ET AL.  
2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103: 3165-3170.
- LIPS, K. R., J. DIFFENDORFEN, J. R. MENDELSON III Y M. W. SEARS  
2008. Riding the wave: Reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLOS Biology*, 6: 441-454.
- LONGCORE, J. E., A. P. PESSIER Y D. K. NICHOLS  
1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*, 91: 219-227.
- LOTTERS, S.  
1996. *The neotropical toad genus Atelopus. Checklist, biology, distribution.* (Verlags Gbr47).
- LOTTERS, S., E. LA MARCA, S. STUART, R. GAGLIARDO Y M. VEITH  
2004. A new dimension of current biodiversity loss? *Herpetotropicos*, 1: 29-31.
- LOUCA, S., M. LAMPO Y M. DOEBELI  
2014. Assessing host extinction risk following exposure to *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 281: 20132783.
- LUBICK, N.  
2010. Ecology: Emergency medicine for frogs. *Nature*, 465: 680-681.
- MACK, R.  
1970. The great African cattle plague epidemic of the 1890's. *Trop Anim Health Prod.*, 2: 210-219, doi:10.1007/BF02356441.
- MÁRQUEZ, M., F. NAVA GONZÁLEZ, D. A. SÁNCHEZ, M. CALCAGNO Y M. LAMPO  
2010. Immunological clearance of *Batrachochytrium dendrobatidis* infection at a pathogen optimal temperature in the hylid frog *Hypsiboas crepitans* *EcoHealth*, 7: 380-388.
- MARTEL, A. ET AL.  
2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: 15325-15329, doi:10.1073/pnas.1307356110.
- MAZZONI, R. ET AL.  
2003. Emerging pathogen of wild amphibians in frogs (*Rana catesbeiana*) farmed for international trade. *Emerging Infectious Diseases*, 9: 995-998.
- MCDONALD, K. R., D. MÉNDEZ, R. MULLER, A. B. FREEMAN Y R. SPEARE  
2005. Decline in the prevalence of chytridiomycosis in frog populations in North Queensland, Australia. *Pacific Conservation Biology*, 11: 114-120.
- MITCHELL, K. M., T. S. CHURCHER, T. W. GARNER Y M. C. FISHER  
2008. Persistence of the emerging pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* outside the amphibian host greatly increases the probability of host extinction. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 275: 329-334.
- MOREHOUSE, E. A. ET AL.  
2003. Multilocus sequence typing suggests the chytrid pathogen of amphibians is a recently emerged clone. *Molecular Ecology*, 12: 395-403.
- MORGAN, J. A. T. ET AL.  
2007. Population genetics of the frog killing fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104: 13845-13850.
- MUTHS, E., P. STEPHEN CORN, A. P. PESSIER Y D. GREEN  
2003. Evidence for disease related amphibian decline in Colorado. *Biological Conservation*, 110: 357-365.
- OIE  
2011. *Resolution 18, Final Report of the 79th General Session*, <[http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About\\_us/docs/pdf/A\\_FR\\_2011\\_PUB.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About_us/docs/pdf/A_FR_2011_PUB.pdf)>.
- OLSON, D. H. ET AL.  
2013. Mapping the global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis*, the amphibian chytrid fungus. *PloS One*, 8: e56802, doi:10.1371/journal.pone.0056802.
- OUELLET, M., I. MIKAELIAN, I., B. D. PAULI, J. RODRIGUE Y D. M. GREEN  
2005. Historical evidence of widespread chytrid infection in North American amphibian populations. *conservation Biology*, 19:1431-1440.
- PESSIER, A. P., D. K. NICHOLS, J. E. LONGCORE Y M. S. FULLER  
1999. Cutaneous chytridiomycosis in poison dart frogs (*Dendrobates* spp.) and White's tree frogs (*Litoria caerulea*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 11: 194-199.
- PIOTROWSKI, J. S., S. L. ANNIS Y J. E. LONGCORE  
2004. Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians. *Mycologia*, 96: 9-15.
- POUNDS, J. A. Y M. L. CRUMP  
1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the golden toad and the harlequin frog. *Conservation Biology*, 8: 72-85.

- POUNDS, J. A., M. P. L. FOGDEN, J. M. SAVAGE y G. C. GORMAN**  
 1997. Tests of null models for amphibian declines on a tropical mountain. *Conservation Biology*, 11: 1307-1322, doi:10.1046/j.15231739.1997.95485.x.
- POUNDS, J. A. ET AL.**  
 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439: 161-167.
- PUSCHENDORF, R., F. BOLAÑOS y G. CHAVES**  
 2006. The amphibian chytrid fungus along an altitudinal transect before the first reported declines in Costa Rica. *Biological Conservation*, 132: 136-142.
- PLOWRIGHT, W.**  
 1985. La peste bovine aujourd'hui dans le monde. Contrôle et possibilité d'éradication par la vaccination. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 129: 9.
- RACHOWICZ, L. J. ET AL.**  
 2005. The novel and endemic pathogen hypotheses: competing explanations for the origin of emerging infectious diseases of wildlife. *Conservation Biology*, 19: 1441-1448.
- RETALLICK, R., H. MCCALLUM y R. SPEARE**  
 2004. Endemic infection of the amphibian chytrid fungus in a frog community post decline. *PLOS Biology*, 2: 1965-1971.
- RICHARDS, S. J., K. R. MCDONALD y R. A. ALFORD**  
 1993. Declines in populations of Australia's endemic tropical rainforest frogs. *Pacific Conservation Biology*, 1: 66-77, doi:http://dx.doi.org/10.1071/PC930066.
- RODRÍGUEZ CONTRERAS, A., J. C. SEÑARIS, M. LAMPO y R. RIVERO**  
 2008. Rediscovery of *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae) with notes on its current status in the Cordillera de La Costa, Venezuela. *Oryx*, 42: 301-304.
- RODRÍGUEZ CONTRERAS, A.**  
 2004. *Quitridiomycosis y cambios climáticos sobre algunas poblaciones de anfibios de los Andes venezolanos*. Trabajo para optar a Licenciado en Biología thesis, Universidad de Los Andes.
- RODRÍGUEZ, J. P. y F. ROJAS SUÁREZ**  
 2008. *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. 3ra edn, Provita and Shell Venezuela S.A.
- RON, S. R., W. E. DUELLMAN, L. A. COLOMA y M. R. BUSTAMANTE**  
 2003. Population decline of the jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes. *Journal of Herpetology*, 37: 126-131.
- ROSENBLUM, E. B. ET AL.**  
 2013. Complex history of the amphibian killing chytrid fungus revealed with genome resequencing data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: 9385-9390. doi:10.1073/pnas.1300130110.
- SÁNCHEZ, D., A. CHACÓN-ORTIZ, F. LEÓN, B. A. HAN y M. LAMPO**  
 2008. Widespread occurrence of an emerging pathogen in amphibian communities of the Venezuelan Andes. *Biological Conservation*, 141: 2898-2905.
- SCHLOEGEL, L. M. ET AL.**  
 2006. The decline of the sharp snouted day frog (*Taudactylus acutirostris*): The first documented case of extinction by infection in a free ranging wildlife species? *EcoHealth*, 3:35-40.
- SCHLOEGEL, L. M. ET AL.**  
 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Biological Conservation*, 142: 1420-1426.
- SCHLOEGEL, L. M. ET AL.**  
 2012. Novel, panzootic and hybrid genotypes of amphibian chytridiomycosis associated with the bullfrog trade. *Molecular Ecology*, 21: 5162-5177.
- SMITH, K. F., D. F. SAX y K. D. LAFFERTY**  
 Evidence for the role of infectious disease in species extinction and endangerment. *Conservation Biology*, 20: 1349-1357, doi:DOI:10.1111/j.15231739.2006.00524.x (2006).
- STUART, S. N. ET AL.**  
 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786.
- VILLARROEL, L., S. Z. GARCÍA, F. NAVA GONZÁLEZ y M. LAMPO**  
 2013. Susceptibility of the endangered frog *Dendropsophus meridensis* to the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 107: 67-75.
- VOYLES, J. ET AL.**  
 2009. Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science*, 326: 582-585.
- VOYLES, J., E. B. ROSENBLUM y L. BERGER**  
 2011. Interactions between *Batrachochytrium dendrobatidis* and its amphibian hosts: a review of pathogenesis and immunity. *Microbes and Infection*, 13: 25-32.

WELDON, C., L. H. DU PREEZ, A. D. HYATT, R. MULLER  
y R. SPEARE

2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerging Infectious Diseases*, 10: 2100-2105.

WOODHAMS, D. C. y R. A. ALFORD

2005. Ecology of chytridiomycosis in rainforests stream frog assemblages of tropical Queensland. *Conservation Biology*, 19: 1449-1459.

WOODHAMS, D. C. ET AL.

2007. Resistance to chytridiomycosis varies among amphibian species and is correlated with skin peptide defenses. *Animal Conservation*. 10: 409-417.

WOODHAMS, D. C. ET AL.

2011. Mitigating amphibian disease: strategies to maintain wild populations and control chytridiomycosis. *Frontiers in Zoology*, 8: 8-31.

YOUNG, B. E. ET AL.

2000. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology*, 15: 1213-1223.



