

# PREFACIO

**FIGURA 1.** En su épica travesía por el escudo de Guayana, el Dr. Robert Schomburgk reconoció la *Mountain of Chrystal* (cristal) que Raleigh había descubierto y descrito con gran exactitud (1596: 101-102); utilizando una lata de galletas vacía como escritorio, dibujó en noviembre de 1838 una acuarela que después reproduciría Charles Bentley en el libro *Twelve views of the interior of Guiana* publicado en 1841 por Schomburgk (Schomburgk, 1841a y b). En esta pintura destacan las sabanas existentes hacia la región de la Gran Sabana y además la utilización del fuego por parte de los indígenas de esa época, el cual es considerado uno de los agentes causantes desde épocas inmemorables de la reducción del bosque y la extensión de la sabana (Rull y Montoya, 2012).

El escudo de Guayana representa una de las regiones biogeográficas de mayor riqueza y diversidad en todo el mundo. Se encuentra ubicado al noreste de Suramérica y cubre cerca de un trece por ciento de este continente. Se extiende desde el Vaupés en Colombia, hasta la Guayana Francesa, y hacia el sur cubre el estado de Roraima en Brasil y el Amazonas venezolano (Berry *et al.*, 1995; Huber, 1995a; Hammond, 2005). Las leyendas y misterios que durante siglos se forjaron alrededor de estas tierras remotas avivaron la curiosidad de innumerables exploradores. Estos, sacrificando sus vidas bajo las mayores penurias, nunca se doblegaron ante sus variados intereses: una ambición sin límites por el descubrimiento de las riquezas que entrañaba el mítico reino de *El Dorado* (Perera 2000, 2003), hasta la búsqueda apasionada de los secretos más esenciales de su historia natural.

El interés científico por la Guayana puede remontarse a los siglos XVII y XVIII con los viajes exploratorios de María Sybilla Merian y Char-

les-Marie de La Condamine. No obstante, las exploraciones realizadas particularmente en Venezuela por Sir Walter Raleigh, a finales del siglo XVI, fueron el punto de partida para las grandes expediciones científicas emprendidas por Alexander Von Humboldt y Aimé Bonpland, Johann von Natterer, Johann von Spix, Robert y Richard Schomburgk, Alfred Wallace, Henry Bates, Richard Spruce, Karl Ferdinand Appun e Im Thurn durante el siglo XIX (figura 1). Los hallazgos obtenidos por estos naturalistas revelaron la existencia de una región con una geología, clima, ecología, especies animales, plantas y grupos humanos cuya interpretación contribuyó, de manera significativa, en la elaboración de un nuevo pensamiento científico y de una concepción distinta de la vida en todo el mundo (Humboldt, 1807, 1816-1831; Wallace, 1853; Darwin y Wallace, 1858; Helferich, 2004; Ventura, 2016).

A inicios y mediados del siglo XX, otro grupo de exploradores y científicos tales como Theodor Koch-Grünberg, el capitán Félix Cardona-Puig,



Marc de Civrieux, Bassett Maguire, Julian Steyermark, John Wurdack, George Henry Tate, William H. Phelps Jr., Jaques Lizot, Ernest Foldats, Volkmar Vareschi, Napoleón Chagnon y Otto Huber, entre otros, incursionaron las regiones del Alto Caroní, Alto Orinoco, Auyán tepui, sierra de Lema, cerro Venamo, cerro Jaua, cerro Guaiquinima, macizo de Chimantá, cerros Kukenán y Roraima, cerros Duida-Marahuaka, cerro Neblina, mostrando ante la ciencia y ante el mundo extraños ecosistemas constituidos por especies únicas de plantas y animales, y grupos humanos que vivían en plena armonía con la naturaleza, e.g. *so'to* (makiritare) y *sanema-yanoama* (yanomami). Cabe destacar las contribuciones del gran explorador de la Guayana Charles Brewer-Carías y en lo especial, su descubrimiento de las fosas del Sarisariñama, y la cueva de cuarcita que lleva su nombre, la cual se ubica entre las más grandes del mundo en su género (Brewer-Carías, 1978; Brewer-Carías y Audy, 2010).

Desde 1944 hasta 2005 se llevó a cabo en esta región, específicamente en territorio venezolano, uno de los proyectos florísticos más ambiciosos y costosos del siglo xx: *La flora de la Guayana venezolana*. Este proyecto contó durante todos estos años con el aporte científico, material y humano de los Jardines Botánicos de Caracas, Nueva York y Missouri, y de la Dirección de Investigaciones Biológicas del Instituto Na-

cional de Parques de Venezuela (Steyermark *et al.*, 1995-2005). Los resultados de estas investigaciones sorprendieron al mundo, al revelar que alrededor del ochenta y cinco por ciento de las especies de plantas que crecían en las cumbres de los *tepuyes* (en lengua indígena arekuna y taurepang de la Gran Sabana, significa montañas tabulares), eran endémicas. Según datos biogeográficos y moleculares, muchas de estas especies corresponden a linajes muy antiguos. Sus formas y adaptaciones son muy especiales y consisten de plantas con estrategias peculiares para atrapar insectos (e.g. *Heliamphora*, *Drosera*, *Utricularia*), vistosas bromelias de inmenso tamaño (e.g. *Steyerbromelia*, *Brocchinia*, *Ayensua*), especies en forma de roseta similares a los frailejones andinos (e.g. *Chimantaea*), helechos de las formas más variadas, (e.g. *Hymenophyllopsis*, *Lindsaea*, *Pterozonium*), y líquenes (e.g. *Pseudohepatica*, *Siphula*) que en conjunto, recuerdan la flora y los ecosistemas del continente prehistórico de la Gondwana (figura 2) (Goldblatt, 1993).

De igual manera, desde mediados del siglo pasado, el esfuerzo de Williams H. Phelps Jr. por inventariar y conocer la avifauna de esa región, permitió descubrir una de las regiones con la concentración de aves más alta y diversa del mundo (Mayr y Phelps, 1967; Jenkins *et al.*, 2013; Lentino *et al.*, 2018; Pérez-Emán *et al.*, 2019). Este trabajo contribuyó también con una de-

**FIGURA 2.** Reconstrucción de un bosque de helechos del continente de Gondwana hace 250 millones de años AP, antes de su separación en las placas de Suramérica y África. A la izquierda se observan ejemplares de *Sigillaria*, en el centro *Sphenophyllum* y a la derecha *Calamites* (según Magdefrau, 1956). Perfectamente se puede suponer que este habría sido el escenario de los bosques pantanosos que existieron antes de separarse Gondwana y conformar la región hoy conocida como Guayana (Burnham y Johnson, 2004). Es plausible que la flora de angiospermas más antigua, reconocida para Pantepuí, pudiera haber tenido lugar a partir de secuencias evolutivas originadas del inigualable clima de la Gondwana antes de su fragmentación (Maguire, 1979; Gibbs *et al.*, 1992; Gibbs y Barron, 1993; Hammond, 2005; Givnish *et al.*, 2004, 2011).





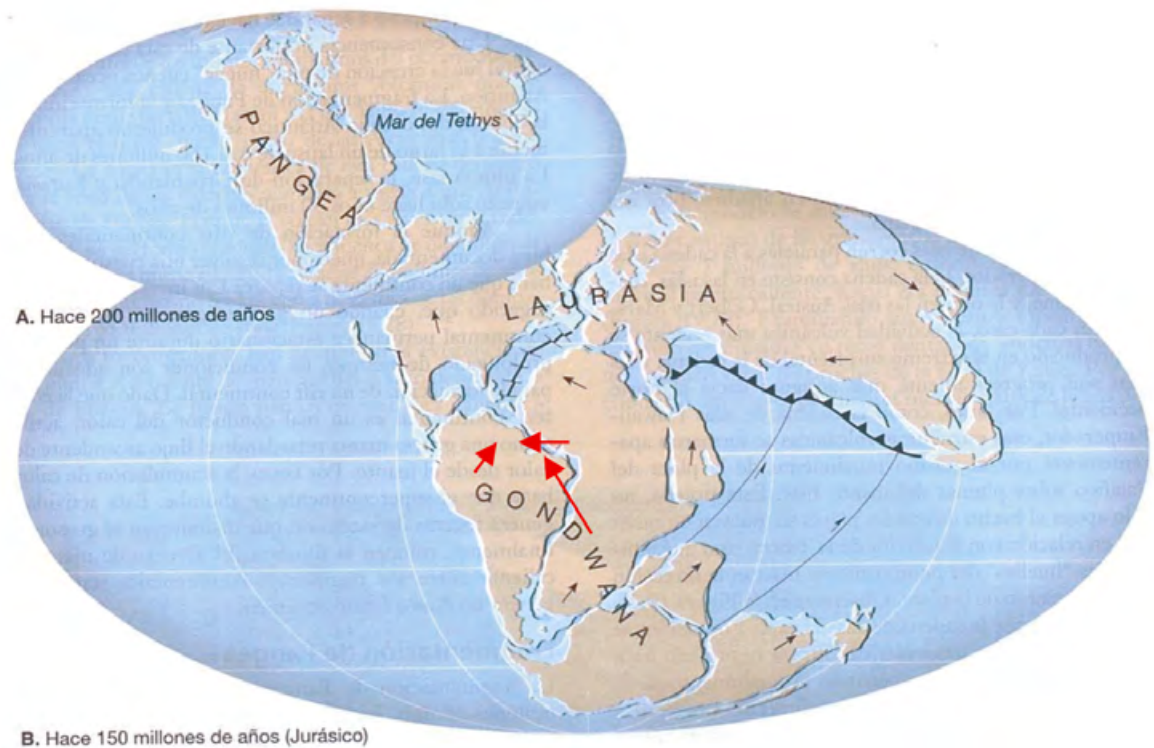
finición biogeográfica más precisa de la región y también con la creación de la «Colección Ornitológica Williams H. Phelps», considerada una de las más completas del continente. Luego, Hoogmoed (1979), Gorzula y Señaris (1999), Mcdiarmid y Donnelly (2005) y Barrio-Amorós (2012), revelaron la gran diversidad y endemismo de la herpetofauna en la región de la Guayana, de la cual destacan las adaptaciones tan especiales de las ranas venenosas de la familia Dendrobatidae. El descubrimiento del género endémico *Hydrolutos* (Orthoptera, Anostomatidae) (Issa y Jaffe, 1999; Derka y Fedor, 2010), emparentado a los enormes grillos de las regiones de Nueva Zelanda y África separadas de la Gondwana (Fleming, 1979; Johns, 1997; Gibbs, 2006), es una demostración más del carácter prístino de la biota de las tierras de la Guayana.

Las tierras de la Guayana están caracterizadas por presentar una delgada capa vegetal, suelos muy ácidos y erosionables y constituyen un ecosistema muy frágil difícil de regenerarse (Hernández, 1987; Rull, 1991; Huber, 1995b). De tal manera, cualquier actividad de tala, que-

ma, explotación minera y maderera afectan sensiblemente la supervivencia y distribución de las poblaciones de animales y plantas, incluyendo el futuro de las poblaciones indígenas que allí habitan desde hace más de quinientos años (Bovolo *et al.*, 2018; Bevilacqua *et al.*, 2019; Marcano, 2019; Observatorio Kapé-Kapé 2020). Desde un punto de vista geológico, la Guayana presenta un basamento granítico cuya antigüedad máxima es estimada en tres mil quinientos millones de años (Gibbs y Barron, 1993; Hammond, 2005), lo cual convierte a esta región en una de las más antiguas del planeta y en un patrimonio histórico natural de toda la humanidad. Su extraordinaria riqueza biológica y elevado endemismo, incluyendo su espectacular fisiografía, califican a esta región como un área única para la preservación de la biodiversidad a nivel mundial (Mittermeier *et al.*, 1998; Olsson *et al.*, 2000; Huber y Foster, 2003; Hammond, 2005; Lasso *et al.*, 2010; Bovolo *et al.*, 2018; Bevilacqua *et al.*, 2019).

Uno de los rasgos fisiográficos más característicos de la Guayana son sin duda los tepuyes, los cuales presentan altitudes variables, desde cientos de metros hasta más de tres mil metros (e.g. pico Neblina). Estas formaciones, que en su

**FIGURA 3.** Fragmentación de Pangea hace 150 millones de años (Jurásico-Cretácico), destacando la conformación y separación de Gondwana en las placas de Sudamérica y África. Se piensa que la fuente de los sedimentos de arenisca y cuarcíticos que cubren el escudo de Guayana proviene (flechas rojas) de los ríos progenitores de los presentes ríos Congo, Níger, Orinoco y Amazonas antes de la elevación de los Andes (Maguire, 1979; Gibbs y Barron, 1993; Hammond, 2005).



totalidad constituyen la región de Pantepui (Mayr y Phelps, 1967; Huber, 1987, 1988a; Rull *et al.*, 2019a), son desarrolladas sobre los sedimentos de cuarcitas de origen precámbrico del grupo Roraima, que recubren el escudo de Guayana. Dicho escudo, junto con el escudo brasileño, forman el núcleo ígneo-metamórfico más antiguo del continente sudamericano, el cual tiene su origen antes de la fragmentación de la Gondwana (figura 3) (Berry *et al.*, 1995; Hammond, 2005).

### ¿Cómo nace este libro?

Para responder a esta pregunta es necesario conocer un poco acerca de la historia del autor.

Desde muy temprana edad recibí una educación familiar basada en aprender el legado científico de mis abuelos. Este legado consistió en descubrimientos e invenciones logrados en los más variados campos del conocimiento

científico, específicamente en los terrenos de la electricidad, química, farmacología, fisiología, geología, espeleología, antropología y arqueología. De tal manera, como dignos representantes del positivismo del siglo XIX, los hermanos Marcano-Echenique, Vicente y Gaspar (figuras 4 y 5), sentaron con sus amplios descubrimientos y vastos estudios lo que hoy constituyen las ciencias modernas de la química, agronomía, fisiología vegetal, espeleología, biogeoquímica, antropología y arqueología en todo el norte de Suramérica (Marcano-Echenique G., 1889a y b, 1890, 1891, 1893; Marcano-Echenique V., 1881; Bifano, 2003; Álvarez-Cornett, 2017; Urbani y Pérez-Marchelli 1992, 2019).

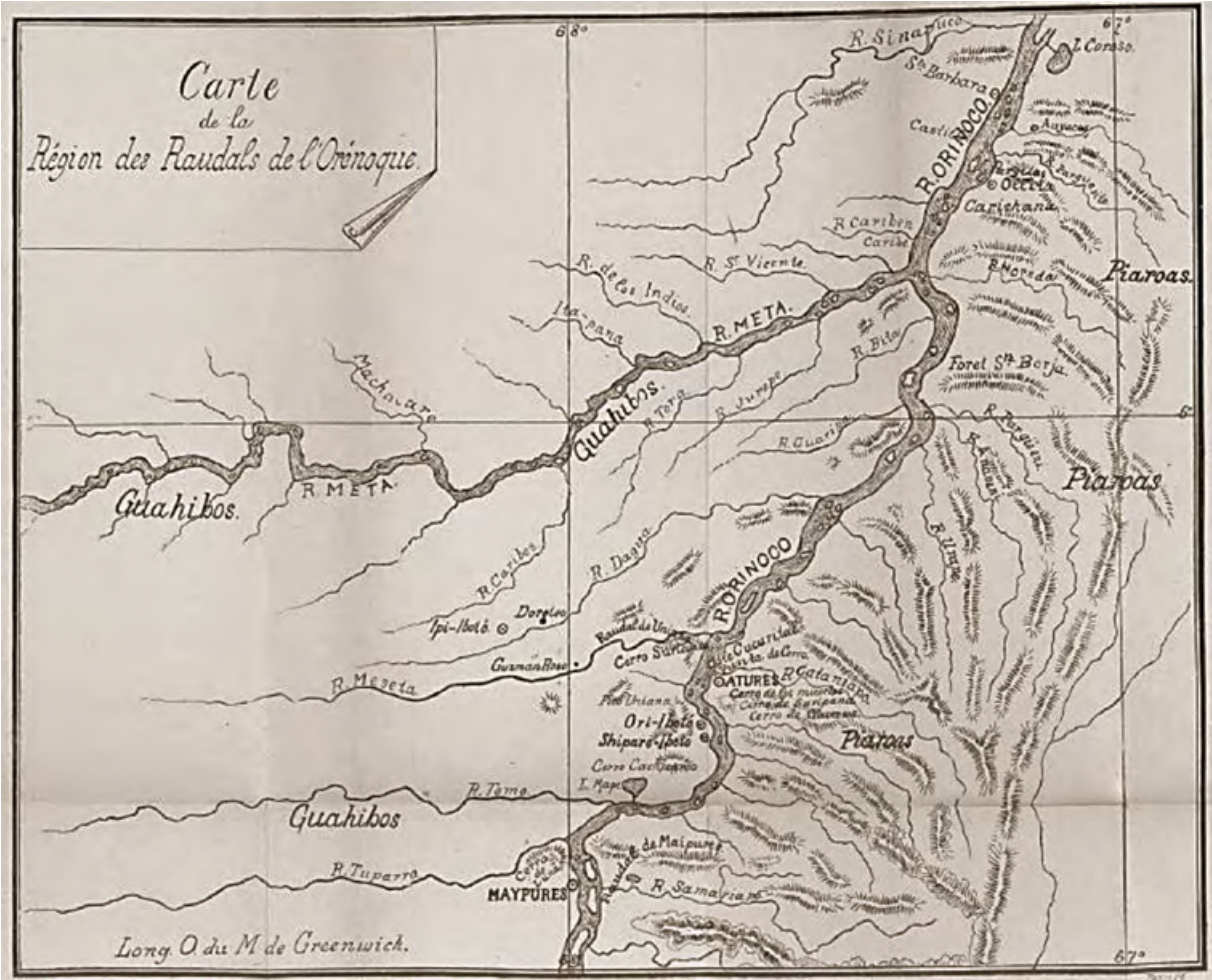
El 27 de abril de 1887, el presidente de Venezuela, Guzmán Blanco, dictó una resolución para que se realizara una expedición antropológica cuya dirección, a sugerencia de Gaspar, confió a Vicente, para «ir en busca del indio precolombino venezolano» (Bifano, 2003). De tal manera, Vicente, en compañía de su hermano Bonifacio, de Carlos Villanueva, del eminente etnólogo el americanista Dr. Paul Rivet,



**FIGURAS 4 y 5.**  
Hermanos Marcano-Echenique. 4. Vicente. 5. Gaspar, pioneros de las ciencias naturales en Venezuela y del estudio científico y experimental de los fenómenos naturales de la Guayana venezolana.



**FIGURA 6.** Mapa de las exploraciones realizadas por V. Marcano-Echenique en compañía del Dr. Paul Rivet y el ingeniero Alfredo Jahn durante la expedición de 1887, donde se aprecia la región de los raudales de Atures (Quituna) y Maipures (Mapara) en el río Orinoco y se indican las cuevas graníticas o cementerios indígenas de Shipare-iboto, Ori-iboto y Cucurital. Cabe destacar que Bonifacio, hermano de V. Marcano-Echenique, quien además fuera su joven asistente y discípulo, murió a los veintiséis años de edad durante esta expedición, después de haber contraído paludismo (Anónimo, 1887a). Dibujo realizado por Carlos A. Villanueva a partir de un croquis de V. Marcano-Echenique; tomado de la publicación de Gaspar Marcano *Etnographie precolombienne du Venezuela: Region des Raudals de l' Orenoque* (1890).



del naturalista español Pablo Paredes Morales (discípulo de Galdó y Pérez Arcas) y del geógrafo e ingeniero de origen alemán Alfredo Jahn, entre otros, realizaron una serie de expediciones por el valle de Caracas y de Aragua, en Carabobo y Coro y finalmente en la región de los raudales de Atures y Maipures en el río Orinoco (figura 6), descubriendo cementerios y cuevas repletos de osamentas humanas acompañadas de material lítico y cerámico, los cuales fueron enviados a Gaspar Marcano en París quien los analizó y donó al Museo de Broca (hoy Museo del Hombre), concluyendo que se trataba de tribus indígenas extintas de origen prehispánico. También describieron innumerables petroglifos de distintas zonas, en el Medio Orinoco y hacia la región del río Cauca en la Guayana. Los resultados de estas investigaciones marcaron el inicio de la etnología científica en Venezuela y en el norte de Suramérica y fueron publicados por Gaspar en tres libros: *Etnographie precolombienne du Ve-*

*nezuela: valles d' Aragua et de Caracas* (1889a); *Etnographie precolombienne du Venezuela: Region des Raudals de l' Orenoque* (1889b, 1890); *Etnographie precolombienne du Venezuela: Indiens Piaroas, Guahibos, Goajires, Cuicas et Timotes* (1891). Por su parte, Vicente realizó varios estudios durante estas expediciones, acerca de la fermentación de la bebida yaraque consumida por los indios del Alto Orinoco (Marcano-Echenique V., 1888) y por los indios kariña (1889); sobre la metalurgia precolombina de los indios de Venezuela (Marcano-Echenique V., 1890, 1891); sobre la nitrificación de las tierras y aguas tropicales (Muntz y Marcano-Echenique V., 1885, 1889); sobre la circulación de la savia y transpiración de las plantas tropicales (Marcano-Echenique V., 1883, 1884); sobre el origen de las aguas negras del Alto Orinoco (Muntz y Marcano-Echenique V., 1888), y sobre la fijación atmosférica de nitrógeno (Muntz y Marcano-Echenique V., 1891). La obra de estos auto-





narios naturales que forman parte de las descripciones y relatos de los primeros viajeros a través de las tierras de la Guayana (figura 7).

En la exploración de la Guayana, una de las principales dificultades ha sido desde siempre su accesibilidad. El uso de transporte aéreo, preferiblemente de helicópteros, ha constituido durante largas décadas el único recurso para acceder a las cumbres y laderas que conforman los tepuyes. De igual manera, las incursiones por la selva, necesariamente debían combinar largas travesías por caminos ya existentes o rutas que debían abrirse con machete y combinarse utilizando transporte fluvial, contando con canoas y el insustituible apoyo de los guías indígenas. Las enfermedades tropicales como el paludismo, oncocercosis y leishmaniasis ocasionadas por la picadura de insectos, los ataques frecuentes de ácaros o la mordedura de serpientes, arañas y escorpiones ponzoñosos, siempre han constituido grandes riesgos que todos los exploradores han experimentado y que han quitado la vida de muchos de ellos. La privación de muchas comodidades, a las cuales estamos acostumbrados a partir de la vida moderna y el aislamiento, constituyen factores de altísima presión psicológica, que pone a prueba el temple y fortaleza de los exploradores y selecciona a los más capaces

para adentrarse en los grandes misterios que guarda consigo el indomable mundo de la Guayana (ver capítulo 1, sección 1.7).

## Redescubriendo el fabuloso mundo ancestral de la Guayana

Fue en abril de 1987, exactamente un siglo después de la expedición de 1887 de V. Marciano-Echenique a la Guayana occidental, cuando tuve la oportunidad de visitar por primera vez esta región y recorrer parte de la ruta exploratoria del Dr. Robert Schomburgk, desde el Cuyuni y el cerro Venamo hasta el Roraima y Kukenán y las poblaciones indígenas de Yuruaní. De igual manera, exploré la región oriental de la meseta Potaro, la región al sur del macizo Chimantá, siguiendo el río Surukún, vertiente del Caroní (figuras 8 y 9), y visitando las poblaciones indígenas de Wonkén, Paramán, Apoipó, Eremak y el Pilón siguiendo la ruta del profesor Koch-Grünberg (1917, 1924) y Thomas (1983), al igual que los tepuyes Gua, Perai y Chirikayén de la sierra Pakaraima. De esta expedición, se colectaron muestras de plantas fósiles en arenisca, entregadas al Dr. Valentí Rull del Castillo en el Instituto Venezolano de Investigaciones

FIGURAS 8 y 9. Río Surukún, tributario del río Caroní, en dirección a la comunidad indígena de Wonkén (8), al sur del Chimantá, Gran Sabana (9), el cual cruzamos y navegamos en nuestra expedición de 1987. Esta región constituye el hábitat de una biota muy diversa y primitiva, que además presenta un importante endemismo, tal como lo corroboramos a partir de nuestras investigaciones en helechos (Marcano, 1989a y b).

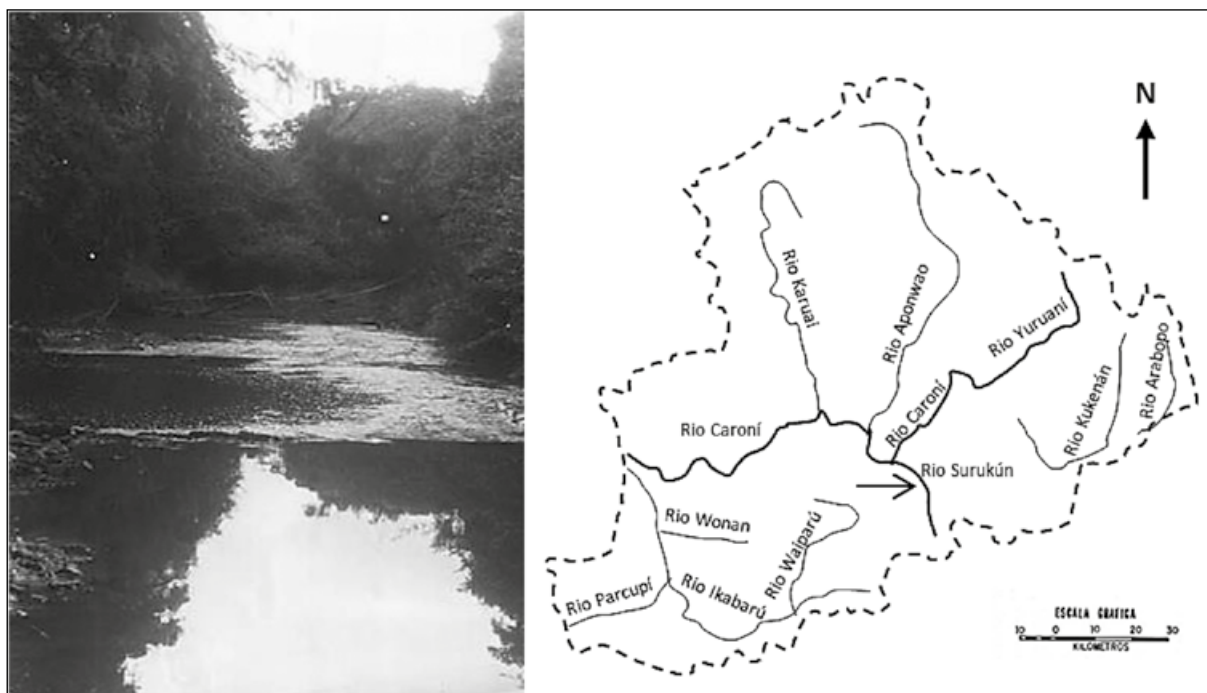






FIGURA 10. Miembros de la expedición Duida–Marahuaka III de 1996, en la población *kúnu-hana* (so'to) de *Mawádi-anehídi* (Culebra), al margen del río *Kúnu* (Cunucunuma). Detrás se aprecia el cerro *Kushamakari* (Huachamacari). De izquierda a derecha Francisco Díaz *kúnu-hana*, Dr. Enrique Lamarca, Dr. Antonio Morales-Méndez, Ing. Lorena Calderón, Aniseto —shamán y guía *kúnu-hana*—, Ing. Ligia Galiz e Ing. For. Pietro Pietrantonio, abajo en el centro el autor (*Oroscha de los yaranavi*, bautizado así por los *kúnu-hana*), líder de la expedición.

Científicas (IVIC). También se colectaron numerosos ejemplares de angiospermas, helechos, hongos y líquenes, algunas de ellas nuevas para la ciencia (Marcano, 1989a y b), incluyendo un rico material etnológico y esqueletos completos correspondientes a enterramientos indígenas de origen prehispánico descubiertos en cuevas del Chirikayén tepui, los cuales fueron estudiados por la antropóloga física, Dra. Emily de Berribeitia y donados al Museo de Ciencias Naturales de Caracas. De igual manera, se realizaron estudios por primera vez sobre la ecología, clima y composición de especies de los bosques de galería de la Gran Sabana a partir de una perspectiva de los sistemas termodinámicos abiertos no-equilibrados (Marcano, 1998).

Luego en 1988, encabezé una expedición junto al Dr. Tilman Neudecker y al Dr. Günter Gerlach, al Sororopán tepui y Ptari tepui, al cerro Autana, ríos Sipapo, Cuao, Alto Cataniapo y Alto Ventuari, auspiciada por el Jardín Botánico de Caracas, IVIC, el Instituto de Botánica Sistemática de la Universidad de Heidelberg y la Universidad de Wurzburg de Alemania, con la finalidad de colectar muestras botánicas y recoger información sobre la ecología y clima de los bosques

de galería y sabana. En 1989, regresé a la Gran Sabana, como guía y explorador en otra expedición integrada por el ilustre botánico y ecólogo francés Dr. Claude Sastre, del Laboratorio de Fanerogamia del Museo Nacional de Historia Natural de París, acompañado de su esposa Madame Francine, e investigadores del Jardín Botánico de Caracas. Durante esta expedición, tuve la oportunidad de estudiar los efectos antrópicos sobre la dinámica del bosque y la sabanización a partir de la experiencia y conocimientos adquiridos en la Guayana Francesa y en Surinam por el Dr. Claude Sastre (1980, 1982, 1984). Como resultado del aporte de estas investigaciones recibí de parte del Dr. Francisco Delascio, director en ese entonces del Jardín Botánico de Caracas, el reconocimiento de investigador asociado de dicha institución. De igual manera, recibí ese mismo año el nombramiento de curador de Pteridofitas del Herbario Regional del Ministerio de Ambiente en Puerto Ayacucho, estado Amazonas.

Entre los años de 1994 y 1996, me fue encomendada la misión, por parte del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Comunidad Europea y la Corporación Técnica Alemana (GTZ), de dirigir un conjunto de investiga-

FIGURAS 11 y 12.  
Expediciones a la  
cueva Charles Brewer,  
ubicada en el Churí  
tepui, macizo de  
Chimantá. Galería con  
un abundante  
despliegue de  
bioespeleotemas de  
ópalo, estudiadas  
durante la expedición  
checo-venezolana del  
2005 (11), foto del  
autor; el prestigioso  
astrofísico Orlando  
Naranjo (izq.) junto al  
autor (der.)  
explorando una galería  
de la cueva Charles  
Brewer, durante la  
expedición del 2006  
(12), foto de Javier  
Mesa.



ciones multidisciplinarias en la región del Alto Orinoco, a fin de contribuir con los soportes necesarios que permitieran sostener la declaración de parte de la UNESCO de esta región como Reserva Biosfera Alto Orinoco-Casiquiare. Las expediciones realizadas me permitieron explorar y coleccionar un importante material científico sobre la herpetología, zoología, entomología, micología, liquenología, ecología, botánica, antropología y climatología en la zonas del Casiquiare, Cunucunuma, sur del cerro Huachamacari, cerro Duida y Marahuaca, Surumoni, sierra Parima y los poblados de Acanaña, Culebra, Esmeralda, Mavaca, Platanal y Ocamo, correspondientes a las etnias *so'to* (makiritare) y *sanema-yanoama* (yanomami). En estas exploraciones me acompañaron: Dr. Antonio Morales, Ing. Ligia Galiz, Dr. Antonio Descesao, Dr. Enrique Lamarca, Dr. Pietro Pietroantonio, Ing. Lorena Calderón, Dr. Wilfredo Franco, Dr. Miguel Plonszak y el Sr. Nelson Albornoz (figura 10). De estas expediciones se descubrieron y describieron numerosas especies nuevas para la ciencia, más de diez especies de líquenes endémicos (Marcano *et al.*, 1995a y b, 1996, 1997, 2000) y otras especies de batracios y coleópteros. El análisis y estudio de las colecciones de líquenes de esta región de Pantepui permitió contribuir con la elaboración de un censo e inventario más completo de las especies distribuidas en las tierras altas de la Guayana y Amazonas (Marcano, 2003; Marcano y Sipman, 2021), el cual contó con la colaboración del Dr. Harrie Sipman y del Dr. Robert Lucking del Jardín Botánico de Berlín y del Dr. André Aptroot de Utrecht.

En los años 2005 y 2006 recibí la invitación por el Dr. Charles Brewer-Carías para participar en dos expediciones espeleológicas a la cueva de

cuarcita más grande del mundo, la cual lleva su nombre, ubicada en el macizo de Chimantá (figuras 11 y 12), con la finalidad de estudiar la microbiología, clima y microecología de la cueva; también y de manera especial, las formaciones bautizadas por él como bioespeleotemas (Brewer-Carías y Audy, 2010; Aubrecht *et al.*, 2012; Marcano *et al.*, 2019, 2020). Estas extrañas estructuras fueron analizadas en el laboratorio de Biología y Química Evolutiva (el cual estuvo para ese entonces bajo mi coordinación) del Centro de Microscopía Electrónica de la Universidad de Los Andes; en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa de la Universidad Autónoma de Madrid y en el Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), asociado a la NASA, en Madrid, como investigador visitante invitado por el Dr. Ricardo Amils. La trascendencia de los resultados obtenidos impactó con severidad la opinión pública, donde hubo entre los más escépticos cualquier tipo de descalificación y detracción, mientras otros tergiversaron los hechos especulando con cualquier tipo de historia amarillista. En estas expediciones participó una hueste de investigadores de tres países (Venezuela, República Checa y Eslovaquia) y de las más diversas disciplinas científicas. La historia de los acontecimientos y la descripción detallada de los resultados de estas investigaciones se presentan en el capítulo 9 de este libro.

### Evolución y termodinámica en la Guayana

Los antiguos indo-védicos describían el tiempo (*Kála* काल, en sánscrito; Monier-Williams, 1979), como una fuerza o atributo del universo con la propiedad de devorar o trans-





FIGURA 13. Vista de la sabana con bosques de galería en el costado superior y en el fondo a la izquierda el Upuigmá tepui y a la derecha el Katurán tepui y casas indígenas taurepang de la población de Yunék; al norte de la comunidad indígena de Wonkén y al sur del Chimantá tepui. Foto tomada por el autor durante la expedición al macizo de Chimantá en 2005.

formar a su paso todo lo contenido en el espacio. Es así como hoy en día, el espíritu renacentista que inspiró a los primeros exploradores de la Guayana, prácticamente ha desaparecido entre quienes se forman en la investigación y estudio de sus escenarios naturales. El pragmatismo y utilitarismo justificados con las nuevas políticas ecosocialistas y el saqueo y desmantelamiento de universidades, jardines botánicos, herbarios e institutos de investigación científica en el país Venezuela, acabaron por completo todo interés y admiración por los tepuyes, su diversidad biológica y por las naciones indígenas ancestrales (García-Guadilla, 2014; Terán-Mantovani, 2016; Marcano, 2019) (figura 13), quienes son explotadas con funestos intereses demagógicos y comerciales, para satisfacer un ansia desmedida de falso progreso parasitario basado en la minería de extracción de oro, diamantes y coltán (Bello y Tillet, 2015; Observatorio de Derechos Indígenas Kapé-Kapé, 2020). El legado de un mundo natural, que tardó en formarse cientos de millones de años, ahora es acabado y desvalorado por un grupúsculo de hombres ignorantes que dirigen irreversiblemente hacia la destrucción estas tierras y sus habitantes, arrebatándole a la humanidad y a las futuras generaciones el derecho de conocer un mundo único e irrecuperable en la historia del tiempo devorador.

El libro, tal como se presenta a los lectores, pone de manifiesto la aplicación de un conjunto de estrategias de investigación y evidencia una

cultura de pensamiento y filosofía científica que prevalecieron entre los investigadores más cultos de los siglos XVIII, XIX y XX. Este enfoque otorga, probablemente, una visión y entendimiento más completos de los fenómenos naturales y de sus interacciones, al abordar su estudio y conocimiento desde la multi e interdisciplinariedad. Esta obra constituye una historia sobre el testimonio de la evolución natural de las tierras de la Guayana, vista en las contribuciones de los exploradores y naturalistas desde el siglo XVII hasta la época actual, y representa el resultado del compromiso moral de vivificar el espíritu de las investigaciones de Alexander von Humboldt a los doscientos veinte años de su visita a la Guayana.

Para muchos biólogos tradicionales el equilibrio es, por definición, vida y el desequilibrio destrucción de este orden biológico, o sea, muerte. Por el contrario, para la mayoría de los biólogos evolutivos así como para los físicos, el equilibrio es termodinámica, o sea muerte, mientras que todo fenómeno viviente es una estructura disipativa en permanente desequilibrio (Clément, 2000). Desde la bacteria más simple hasta el hombre, incluyendo la propia biosfera, todos son mantenidos y reproducidos gracias a un intercambio continuo de energía libre y materia con el medio que les rodea (Lotka, 1925; Kleidon, 2010). La teoría termodinámica de los sistemas abiertos, intercambiando tanto energía y materia con el ambiente, fue desarrollada por Théophile de Donder y la Escuela de Bruselas (Prigogine et

al., 1972a). Ludwig von Bertalanffy (1940) y Erwin Schrödinger (1945) ya habían insistido sobre la importancia de este carácter para los sistemas biológicos. El profesor Ilya Prigogine, quien fuera Premio Nobel en química en 1977, propuso junto a sus colaboradores (Prigogine *et al.*, 1972a y b) que la conducta de un sistema termodinámico abierto podía ser descrita por:

$$dS = dS_e + dS_i$$

Donde  $dS$  es el cambio total en la entropía (del griego εὔτροπία, cambio, transformación) del sistema,  $dS_e$  es el cambio en la entropía contribuido por el intercambio a través de los límites del sistema y  $dS_i$  es el cambio en la entropía como resultado de procesos irreversibles dentro del sistema. El término  $dS_e$  puede ser negativo ( $dS < 0$ ) cuando más energía fluye hacia el interior del sistema que hacia afuera o puede ser positivo ( $dS > 0$ ) cuando más energía fluye hacia el exterior del sistema que hacia adentro de él;  $dS_i$  es siempre positivo en sistemas no-equilibrados. De tal manera, en base a la idea de Darwin-Wallace de la *supervivencia del más apto* (Darwin y Wallace, 1858), el profesor Prigogine concluyó que un mayor control en la producción de entropía  $dS$  le otorga a un organismo una ventaja selectiva, es decir, una mayor competitividad, permanencia en el tiempo y éxito evolutivo.

Esto fue planteado inicialmente por Lotka (1922a y b), al destacar la importancia de la utilización de la energía en la evolución biológica: «La selección natural tiende a hacer del flujo de energía a través del sistema un máximo». Sin embargo, «en la lucha por la existencia, la ventaja debe dirigirse hacia esos organismos cuyas estrategias de capturar la energía sean más eficientes en dirigir la energía disponible dentro de canales favorables a la preservación de las especies».

Desde el punto de vista de la termodinámica aplicada a los sistemas biológicos (Prigogine *et al.*, 1972a y b; Prigogine y Nicolis, 1977; Prigogine, 1980a y b, 2012; Prigogine y Stengers, 1984; Cracraft, 1982, 1985; Brooks y Wiley, 1986; Schneider y Kay, 1994a y b; Zotin y Zotin, 1996; Marcano, 1998; Clément, 2000; Kleidon,

2004, 2009, 2010), podemos afirmar que todas las asociaciones, formaciones y poblaciones de especies tanto vegetales, animales como humanas nativas que están presentes en las tierras de la Guayana, representan sistemas termodinámicos abiertos a recibir del lado externo un flujo de energía y materia, el cual controlan a través del metabolismo. Las características del lado externo del sistema (e.g. cambios en la litósfera, el clima y factores antrópicos) se distinguen por ser ampliamente oscilantes e irreversibles en sus transformaciones históricas. Por tal motivo, no se puede esperar que los componentes biológicos y físicos de las tierras de la Guayana, en especial de Pantepui, presenten estados permanentes de estabilidad en el tiempo. Por ello constituyen sistemas termodinámicos carentes de equilibrio, verificable desde datos neontológicos (Folster y Dezzee, 1994; Marcano, 1998), paleontológicos (Rull, 1991, 2004; Rull y Montoya, 2012; Rull y Vegas-Villarúbia, 2020), geológicos (Gonzales de Juana, 1980; Gibbs y Barron, 1993; Scura y Barreat, 1994) y etnohistóricos (Thomas, 1983; Chagnon, 1992, 1997; Civrieux, 2005; Carneiro da Cunha, 2015; Fausto y Neves, 2018).

El conocimiento sobre la dependencia entre las tasas metabólicas, las medidas de los organismos y la temperatura contribuyen al entendimiento termodinámico de cómo las bacterias, plantas y animales (incluyendo el habitante indígena) controlan los flujos y almacenan la energía y materia (Gillooly *et al.*, 2001; White *et al.*, 2006; Glazier, 2010; Ballessteros *et al.*, 2018), tanto en las microcomunidades como en todo el ecosistema de la Guayana. De igual manera, el estudio de las cantidades de calor consumidas por las especies permite inferir las consecuencias del cambio climático y su destino (Bovolo *et al.*, 2018): los cambios en las temperaturas promedios regionales introducen alteraciones que afectan los flujos y capacidades de almacenamiento de energía y el propio metabolismo.

En tal sentido, Rull y Montoya (2012) concluyeron (sin adoptar *sensu stricto* criterios de la termodinámica) que durante el pasado de las tierras altas de la Guayana jamás han existido estados permanentes de estabilidad, de tal manera que:



Ni las condiciones ambientales, ni los ecosistemas y sus comunidades son inmutables a través del tiempo, sino que cambian debido a que los factores que gobiernan su composición, estructura y funcionamiento (como por ejemplo los cambios en los ciclos astronómicos) son también variables. Así pues, no podemos hablar de condiciones normales ni de anomalías, sino de dinámica del clima y la vegetación a través del tiempo. Tampoco podemos hablar de ecosistemas o tipos de vegetación originales o primigenios, en términos absolutos, ya que la dinámica biológica se manifiesta en forma de cambios continuos que siguen la dinámica ambiental.

Para nosotros, la inestabilidad, el caos de estas formaciones naturales nos exige una mayor presencia, a fin de perpetuar la contemplación y disfrute tal como surge ante la representación del cuadro de un pintor. Sin embargo, dicha representación del pintor, su obra, choca con la termodinámica, puesto que *no existe nada que sea permanente en el universo, lo único permanente es el cambio*.

A pesar de que en la línea del tiempo infinito no se pueden trazar sucesos ni acontecimientos ¿cómo podríamos ubicar la vida o la evolución en esa eternidad? En la vida hay cambios y desequilibrios (evolución), en la muerte no (Prigogine, 1999). El mensaje de esta obra es que la ciencia que es capaz de describir la creatividad de la naturaleza, también contribuye con revelar los efectos del tiempo transformador en el presente en que vivimos. Por tanto, no deberíamos calificar el actual relato como una expresión de tristeza y soledad, sino muy por el contrario de alianza entre el hombre y la naturaleza descrita por él, para poder interpretar y desenrañar el sentido de esos cambios y comprender la necesidad de valorarla en tiempo real.

Tenemos que elegir entre la tentación, tranquilizadora pero irracional, de buscar en la naturaleza la garantía de los valores humanos, la manifestación de una pertenencia esencial, o la fidelidad a una racionalidad que nos deja solos en un mundo vacío y sin sentido (Prigogine, 1999). Si bien estas decisiones son individuales, solo cuando afectan patrimonios o legados se hacen objeto de una valoración colectiva, que bajo principios y leyes que rigen una cultura es

cuando pueden evidenciarse como testimonios de una sociedad avanzada. Lamentablemente, no es este el caso del país Venezuela, donde se ubica el corazón del fabuloso mundo de la Guayana pero, ¿acaso sería una expresión oculta de la inestabilidad, del caos? Aquí es donde el triunfo de la ciencia y la racionalidad implícita solo pueden verse en la demostración de que nuestra vida (en el espacio-tiempo infinito) solo es una ilusión. Aunque es un concepto grandioso, sin lugar a dudas es profundamente pesimista, pero nos capacita para enfrentar los cambios en el devenir del tiempo con sensatez y sin nostalgias (Prigogine, 1999, 2012).

### **Contribución de esta obra para la valoración de la Guayana y su biodiversidad**

El presente trabajo se fundamenta en las contribuciones de exploradores y naturalistas desde el siglo XVII hasta la época actual y en las investigaciones realizadas por el autor durante treinta años en las tierras de la Guayana, con especial referencia a la región oriental representada por la altiplanicie de la Gran Sabana y sus tepuyes (ubicada en el estado Bolívar venezolano) y a la región occidental representada por el cerro Duida y sus áreas adyacentes, en el Amazonas venezolano. Dichas investigaciones están basadas en observaciones y estudios meticulosos personales en las áreas de la etnología, espeleología, botánica, liquenología, microbiología, bioenergética, biogeoquímica, ecología, zoología y climatología comparados y discutidos con los estudios realizados por otros naturalistas y especialistas. El objetivo de este relato es reforzar la interpretación científica sobre un mundo natural que necesariamente debe protegerse debido a que representa un escenario único en el mundo para descifrar todos los misterios acerca de la evolución y de las estrategias y potenciales adaptativos de las especies, incluyendo nuestro propio destino.

A pesar de contarse con casi tres siglos de historias e investigaciones sobre la Guayana, aún existen muchísimas incógnitas e interrogantes sobre el origen, endemismo y distribución de las especies vegetales y animales que allí habitan

(Rull, 2004, 2019), por lo cual el calificativo de *Mundo Perdido* pudiera seguirse empleando a pesar de la opinión de algunos autores (Angosto, 2013). Por tanto, no podemos permitir, bajo ningún motivo, la alteración de los ecosistemas y la explotación de sus recursos tanto por la minería como por el turismo salvaje. Muchos de los trabajos recientes sobre las tierras de la Guayana se orientan convenientemente hacia el reconocimiento de su vulnerabilidad ante los factores antrópicos locales y el efecto del cambio climático actual y del calentamiento global que, en gran parte, surgen como consecuencia de la era industrial (Rull y Vegas-Villarrúbia, 2006; Lasso *et al.*, 2010; Bovolo *et al.*, 2018; Rull *et al.*, 2005, 2019c). No obstante, no debemos abandonar los estudios descriptivos y la profundización sobre el conocimiento de la composición, funcionalidad, estructura y diversidad del ecosistema guayanés. *Solo cuando conocemos valoramos y cuando valoramos podemos conservar*. Conocer la ruta y grandeza de los primeros exploradores sin prejuicios nos conduce a adentrarnos cada vez más en estos misterios y apreciar esta obra única de la naturaleza.

La obra está dividida en cinco partes y doce capítulos. En la primera se presenta una descripción detallada de los acontecimientos y personas que protagonizaron las exploraciones y descubrimientos de los distintos aspectos científicos y naturales de las tierras de la Guayana, incluyendo la Guayana oriental y la Guayana occidental (capítulo 1). En la segunda parte se describen los aspectos geográficos del área de estudio (capítulo 2), el clima y la diversidad biológica (capítulo 3), la bioenergética de insectos, anfibios, peces y aves (capítulo 4) y el origen, formación y evolución de sus montañas (Pantepui) (capítulo 5). En la tercera parte se atiende la ecología y fisiología de las especies vegetales tepuyanas (capítulo 6), la edafología, ecología, el microclima y la composición de los bosques de galería de la Guayana oriental, con especial referencia a helechos, musgos, hongos y líquenes que integran la Gran Sabana o altiplanicie del Caroní (capítulo 7); se analizan los resultados de las exploraciones e investigaciones en la Guayana occidental, con especial referencia a la ecología de Alto Orinoco y su biota líquénica (cerro Duida y sus áreas adyacentes) (capítulo

8), y se ofrece un estudio detallado sobre los aspectos biogeoquímicos y la microbiología de las cuevas tepuyanas, con especial atención a la cueva Charles Brewer, basado en nuestras propias investigaciones (capítulo 9). En la cuarta parte se describen todos los aspectos relativos a la etnología de las etnias arekuna y taurepang de la Guayana oriental (capítulo 10) y *so'to* del Alto Orinoco (capítulo 11) basados en estudios de campo, incluyendo un análisis sobre sus orígenes, somatología, cultura material, cultura espiritual, lingüística, pensamiento y aculturización. Finalmente, en la quinta parte se desarrollan las bases para una concepción de la Guayana y de su historia evolutiva según la teoría termodinámica de los sistemas abiertos no-equilibrados, que incluye el análisis sobre los flujos de energía y control de la entropía en Pantepui a lo largo del tiempo; el rol de estos aspectos en la evolución de las etnias de la Guayana; se ofrece un ensayo biotermodinámico sobre una interpretación unificada de la heterogeneidad metabólica en la Guayana, y se brinda una especulación sobre el destino de la Guayana y el sentido de su preservación (capítulo 12).

Una parte del contenido de esta obra, referente a la ecología, liquenología y climatología tepuyanas, bioenergética, biogeoquímica y microbiología de la cueva de cuarcita Charles Brewer, así como también referente a la etnología y etnozoología del Alto Orinoco y del estado Bolívar, constituyen aportes novísimos para la ciencia de la Guayana, en tanto nunca antes habían sido publicados con tanto detalle por el autor. Gran parte de esta información permaneció en notas y apuntes durante más de veinte años sin salir a la luz pública.

De acuerdo al objetivo de este libro, se consideró de valor seleccionar un conjunto de dibujos y acuarelas de los naturalistas del siglo XVIII y XIX a fin de ilustrar algunos de los escenarios y especies de la Guayana y enaltecer con ello su obra científica. Muchos dibujos y fotografías fueron elaborados y obtenidos por el autor, excepto en los casos donde se menciona la fuente. La contribución del gran explorador y fotógrafo Sr. Javier Mesa engalana esta obra con espléndidas fotografías de especies de plantas y sobre la fisiografía de la Guayana.



Al poner a la disposición del público en general esta información, se pretende fomentar el interés por los estudios de los diversos aspectos científicos de las tierras de la Guayana. Espero que este libro sea de utilidad para los ecólogos, botánicos, zoólogos, ambientalistas, etnólogos, geólogos, biofísicos, etnolingüistas, historiadores y filósofos y para todos aquellos interesados en ampliar y profundizar el conocimiento de una de las regiones naturales más antiguas del planeta. De igual manera, espero sensibilizar e influir en aquellos de quienes de-

penden las grandes decisiones políticas, a fin de lograr soluciones drásticas que permitan revalorizar estos ecosistemas y proteger dicho patrimonio de la especie humana más allá de los funestos intereses del extractivismo industrial.

VICENTE MARCANO  
En un lugar de la Sierra Nevada andina  
de Mérida, 2019