

La zona transicional páramo-bosque nublado: un elemento paisajístico móvil en el espacio tiempo

Patricio Yáñez*

Centro de Investigación y Valoración de la Biodiversidad (CIVABI), Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

* Autor para correspondencia: ayanez@ups.edu.ec

Resumen

El páramo andino y el bosque nublado son formaciones vegetales montañosas características de la zona andina; ambas han modificado su disposición altitudinal, reiteradamente, en el pasado como respuesta a cambios climáticos globales naturales, y pudieran hacerlo como respuesta a cambios climáticos futuros de orden natural o antropogénico. Así, estas formaciones pueden ser consideradas como elementos paisajísticos móviles en el espacio-tiempo, que pueden variar su ubicación y extensión durante diferentes escenarios posibles producidos por los cambios climáticos enunciados. Se describen en el presente artículo algunas características del páramo, del bosque nublado y de la zona transicional entre ambos, se incluyen posibles respuestas de estas estructuras y de sus especies a cuatro escenarios probables en el futuro: el ascenso natural de la cordillera de los Andes y sus ramales, un periodo interglacial relativamente largo, el desarrollo de un periodo glacial y por último, el efecto invernadero.

Palabras Clave: Andes, páramo, bosque nublado, periodos glaciales e interglaciales, efecto invernadero.

Abstract

The Andean bleak plateau and the cloud forest are typically Andean mountain vegetal formations. Both of them have modified their altitudinal arrangement repeatedly in the past as an answer to natural global climatic changes and could do likewise as an answer to future climatic changes, either of natural or anthropogenic character. Accordingly, these formations can be considered mobile landscape elements in space-time which can modify their location and extension in different scenarios produced by the above mentioned climatic changes. The present article describes some characteristics of the bleak plateau, the cloud forest and the transition area between them, including possible answers of these structures and their species to four probable scenarios in the future: the natural ascending of the Andean Cordillera and the chains thereof, a relatively long interglacial period, the development of a glacial period, and last but not least the greenhouse effect.

Key words: Andes, bleak plateau, cloud forest, glacial and interglacial periods, greenhouse effect.

Introducción

Cada especie vegetal se desarrolla en ámbitos geográficos determinados (latitudinal y altitudinalmente) y tiende a reubicarlos cuando algún cambio la afecta; la eficacia de esta reubicación depende principalmente de su elasticidad fenotípica. Por esta razón, formaciones vegetales andinas como el bosque nublado, el páramo y el superpáramo (Figuras 1, 2, 3 y 4) constituyen elementos paisajísticos móviles en el espacio-tiempo y han variado su ubicación y extensión durante cambios climáticos globales naturales (glaciales e interglaciales) y eventualmente pudieran hacerlo como respuesta a cambios antropogénicos (el Efecto Invernadero, por ejemplo).



Figura 1. Panorámica del Bosque Nublado en la zona andina de Ecuador (aprox. a 2.600 msnm). Fuente Patricio Yáñez

Si consideramos la zona transicional entre las formaciones vegetales de páramo y bosque nublado de acuerdo al paradigma actual como una membrana semipermeable a la influencia de ambos sistemas y relativamente móvil en el espacio (Hansen y Di Castri, 1992) y como una respuesta funcional de las especies de uno y otro sector al cambio de un gradiente fisiológico directo como la temperatura (Austin y Smith, 1989), podremos deducir que la ubicación espacial de la “membrana” dependerá de numerosos factores, tanto intrínsecos (interacción entre especies, y entre éstas y su entorno cercano) como extrínsecos (cambios ambientales a escala global o regional, por ejemplo).

En efecto, la distribución de las plantas en la tierra y sus asociaciones (*sensu lato*), así como los límites entre éstas, dependen, en parte, de las transfor-

maciones geológicas que ha sufrido y sufre la corteza terrestre. Muchos rasgos de la distribución vegetal no admiten explicaciones basadas en las condiciones actuales, y sólo pueden explicarse sobre la base de fenómenos climáticos y geológicos prolongados de edades pasadas.

Algunos de los eventos geológicos importantes que han influido sobre la distribución de las plantas son el levantamiento de altas cordilleras, la emergencia y la inmersión de masas de tierra y sus costas, y el avance y retroceso de los glaciares (Fuller *et al.*, 1974). Por ejemplo, la existencia actual del páramo y del bosque nublado, sólo se ha podido explicar como respuesta paulatina al levantamiento gradual de la Cordillera de los Andes iniciado a fines del periodo Cretácico, aproximadamente, hace sesenta millones de años (Ricardi, 1984).

La ubicación de las formaciones vegetales estudiadas ha cambiado a través del tiempo, y estos cambios han tenido causas distintas. La reducción del bosque nublado puede ser debida a intervención humana, pero también puede ser causada por una reducción en la temperatura y/o en la humedad ambientales debidas a cambios macroclimáticos. En el caso específico de la relación páramo-bosque nublado, el ser humano sólo entró como factor modificante de su área de distribución en tiempos muy recientes. El equilibrio dinámico de los dos ecosistemas durante la mayor parte del Cuaternario y sus áreas de distribución fueron controlados por el clima (Salgado y Labouriau, 1979). En efecto, si tomamos en cuenta que los primeros indicios de la existencia del Páramo se remontan al Plioceno (Van der Hammen, 1979), época del Terciario comprendida entre catorce y dos millones de años antes del presente (Ricardi, 1984), observaremos que esta formación vegetal y sus dos inmediatas vecinas, el superpáramo y el bosque nublado, sufrieron numerosos periodos de avance y retroceso altitudinal y de amplificación y reducción de su superficie como respuesta al cambio climático en el entorno producido, principalmente por los periodos glaciales e interglaciales del pleistoceno (ocurridas entre los dos millones de años a los treinta mil años antes del presente).

Estos movimientos del páramo y las formaciones vegetales vecinas han sido corroborados por algunos registros palinológicos (Salgado-Labouriau, 1979, 1980; Clapperton, 1987; Rinaldi 1993), en los cuales se demuestra que la composición florística de algunos sectores altoandinos tropicales varió con el tiempo produciendo vegetaciones climáceas de bosque nublado o de páramo de acuerdo a las características climáticas reinantes.



Figuras 2 y 3. Imágenes que muestran la zona de contacto o de intergradación entre el Bosque Nublado y el Páramo en Ecuador (nótese la tonalidad verde oscura típica de bosque nublado y la verde amarillenta típica de páramo, tal zona de contacto se encuentra a aprox. 3.000 msnm). Fuente Patricio Yánez

En efecto, al observar un mapa de la extensión actual del Páramo evidenciamos un sistema muy fragmentado, ya que en nuestros días la zona bioclimática de éste Páramo se halla en las partes altas de cordilleras, macizos y montañas. Estas áreas están separadas por espacios más o menos grandes de poca altitud y en general, por lo menos originalmente, cubiertas de bosques. Esta área fragmentada (páramos) se comporta como un archipiélago biológico o ecológico de climas fríos, inmersa en un mar de bosques y selvas de clima templado y tropical (Murillo, 1951, citado por Van der Hammen, 1979).

Durante los Periodos Glaciales, la situación era bastante diferente, ya que por el descenso altitudinal del páramo, se juntaron muchas pequeñas "islas" de páramo, hasta formar pocas "islas" grandes. Además, la distancia entre las islas grandes era menor que entre los grupos de islas antes existentes. Eso condujo naturalmente a un intercambio de especies dentro de las islas grandes, y a una mayor probabilidad de que una especie de una isla grande llegara a otra vecina.

En cambio, durante los Periodos Interglaciales, las poblaciones y zonas de páramo quedaban aisladas nuevamente y las condiciones para que ocurra la especiación en aislamiento eran favorables. En cierta manera, se pueden considerar las actuales áreas pequeñas de páramo como refugio para esta flora (Van der Hammen, 1979).

De acuerdo a esta evidencia, resulta coherente pensar que la zona transicional páramo-bosque nublado, relativamente "quieta" o "inmóvil" a los ojos de una generación humana, pudiera estar desplazándose gradualmente en el eje altitudinal como respuesta a eventuales cambios climáticos globales y/o regionales, proceso sólo detectable en periodos de tiempo generalmente superiores al de las generaciones humanas.

Por supuesto, la dimensión de este eventual desplazamiento altitudinal depende de la magnitud del evento global o regional que afecte el clima del entorno cercano a la ecoclina o zona transicional de nuestro interés.

Ante esta circunstancia por lo menos cuatro serían los posibles escenarios futuros del movimiento altitudinal del páramo, del bosque nublado y de la zona transicional entre ambas (Yáñez, 1997), cada uno se presentará en detalle a continuación.

2. Escenarios a futuro de movimiento altitudinal

2.1 *Escenario I: El ascenso de la Cordillera de los Andes.* Asumiendo un ambiente estable libre de glaciaciones

en el futuro y asumiendo que la actividad humana no alcanzará posiciones de influencia significativa en la ecósfera; entonces, el factor primordial causante del desplazamiento de las formaciones vegetales montañosas andinas lo constituiría el levantamiento natural gradual de la Cordillera de los Andes y sus ramales secundarios producto de la interacción entre las Placas de Sudamérica, Nazca, Cocos y del Caribe (La Marca, 1997).

En efecto, se conoce que la Cordillera Andina, así como algunos otros sectores montañosos del planeta, continúa su proceso de elevación altitudinal. Si bien la velocidad de esta elevación se encuentra en el orden de las décimas a centésimas de milímetro por año, lo cual la convierte en un proceso imperceptible para el ser humano, su influjo a una escala geológica de tiempo es indudable, originando episodios de creación, pérdida y desplazamiento físico de los tipos de vegetación (Ricardi, 1984) y sus especies constituyentes.

La gradual elevación de los Andes literalmente arrastraría consigo hacia arriba las formaciones vegetales andinas tales como el superpáramo, el páramo y el bosque nublado, principalmente, así como las zonas de transición de una a otra. Este "arrastré" de especies y poblaciones hacia arriba originaría un reacomodamiento de las respuestas funcionales de las mismas en una cordillera "creciente".

Aunque algunas especies pudieran extinguirse ante un fenómeno de esta naturaleza, muchas otras tenderían a sobrevivir manteniéndose en los sectores en los que su óptimo de ubicación altitudinal (consecuentemente térmico) fuera el mejor (Yáñez, 1998), generalmente a través de un desplazamiento físico lento y a través de sus descendientes a zonas de altitud más baja en las que su óptimo de respuesta funcional sea igual de efectivo que en la actualidad.

Este escenario sería de muy difícil evaluación y seguimiento por parte del ser humano (debido a las megaescalas de tiempo involucradas); sin embargo, atendiendo a las metodologías actuales de investigación pudiera ser realizado partiendo de diferentes tipos de modelos de simulación (Delcourt & Delcourt, 1992; Weinstein, 1992).

2.2 *Escenario II: Un periodo interglacial.*

Asumiendo que el influjo del levantamiento de la Cordillera Andina no alcance proporciones importantes o que su velocidad se redujera ostensiblemente, otro escenario posible se generaría a partir de la ubicación temporal de nuestro planeta con respecto a los periodos glaciales. Si bien no existe un acuerdo común entre los científicos para considerar a esta

20 Yánez

época como el inicio de un periodo interglacial relativamente largo o más bien como una entrada gradual a un nuevo periodo glacial (Ricardi, 1984), se tiene cierta evidencia de que se estaría atravesando un periodo interglacial en el que se desarrolla un calentamiento natural del planeta que podría evidenciarse en un ascenso paulatino de la temperatura atmosférica y en un retroceso importante de los glaciares existentes. En el neotrópico se conoce que existe un retroceso importante de los límites de los glaciares en sectores montañosos de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Schubert & Vivas, 1993).

Aunque este calentamiento podría también estar originado por causas antropogénicas, como se discute más adelante en el Escenario IV, todavía no puede argumentarse con suficiente consistencia que el calentamiento global no tenga también algo de su origen en que la tierra atraviese un periodo interglacial de calentamiento.

Ante este escenario de aumento gradual de temperatura, la mayoría de sectores del planeta sufrirían un calentamiento que reacomodaría espacialmente a las especies vegetales y animales en función de sus óptimos de respuesta fisiológica al cambio climático global propuesto. En el caso de las plantas de páramo y bosque nublado y de su zona transicional se esperaría un desplazamiento de sus rangos de distribución

hacia sectores de mayor altitud (los que en el futuro mostrarían temperaturas más análogas a las que hoy existen), desplazamiento íntimamente dependiente de la tolerancia térmica de las especies: a una tolerancia mayor, mayor oportunidad de supervivencia en el futuro.

Debido a que la ocurrencia de glaciares e interglaciares ocurre a intervalos de cientos de miles de años (Frakes, 1979), su medición por parte del ser humano sería muy dificultosa y dependería de numerosos factores tecnológicos y de permanencia futura de nuestra especie en el planeta. Sin embargo, también resultaría interesante, como un ejercicio metodológico, simular la ocurrencia de este evento y observar los posibles desplazamientos de los rangos de estas especies en el futuro (Hansen *et al.*, 1988; Weinstein, 1992).

2.3 Escenario III: Un periodo glacial

Considerando el aumento de temperatura global propuesto en el escenario anterior como una de las fluctuaciones térmicas que han afectado al clima, no como una tendencia consistente de calentamiento, sino, más bien, precedente a un nuevo periodo glacial, como los que relativamente en forma frecuente ocurrieron a nivel global o regional durante el Terciario y

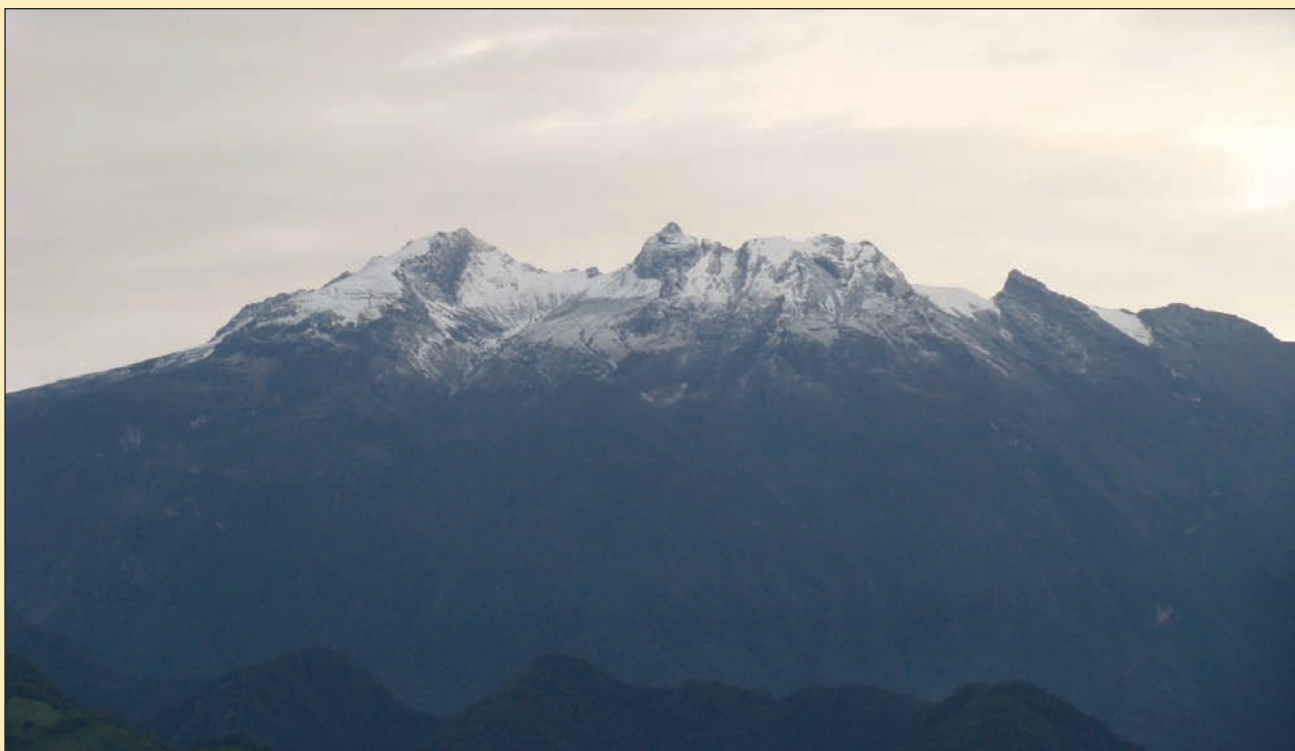


Figura 4. Panorámica de la zona de contacto entre el superpáramo y las nieves perpetuas en la región andina ecuatoriana (el contacto entre ambos sistemas se produce a aprox. 4.500 msnm). Fuente Patricio Yánez

el Cuaternario y aun en periodos mucho más antiguos (Frakes, 1979; Ricardi, 1984). En este caso, se esperaría un descenso paulatino de temperatura a nivel global y una posible glaciación futura (a evidenciarse entre decenas a centenas de miles de años en el futuro), acompañado de un avance de los glaciares en muchos sectores del planeta.

En las montañas neotropicales este proceso originaría un descenso altitudinal de las formaciones vegetales de la alta montaña en búsqueda de ambientes con temperaturas más amigables y apropiadas para el adecuado desarrollo fisiológico de sus especies, en el que sería de fundamental importancia la elasticidad que pudieran mostrar las especies a través de su tolerancia térmica, como se ha señalado: a mayor tolerancia, mayor probabilidad de supervivencia futura en un escenario de clima frío creciente (Yáñez, 1998).

Debido a que este proceso tomaría algunos miles de años en ocurrir (Frakes, 1979), su medición y seguimiento directos sobre la especie humana también resultaría muy difícil, dado lo impredecible de la supervivencia de nuestra especie en esa escala temporal. Sin embargo, la realización de simulaciones y modelamiento ecológicos podrían develar comportamientos ecosistémicos interesantes (Delcourt & Delcourt, 1992; Weinstein, 1992) en función del tiempo y las diferentes tasas de enfriamiento potencial.

2.4 Escenario IV: El Efecto Invernadero

La predicción del cambio climático global debido a las actividades humanas comienza con los enunciados del químico sueco Arrhenius (1896), quien observa que los procesos tecnológicos iniciados por la Revolución Industrial y el creciente consumo de combustibles fósiles en el mundo aumentarán alarmantemente las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (NASA, 1994).

Actualmente, se conoce que el incremento indiscriminado de algunos gases como el dióxido de carbono, el metano y los clorofluorocarbonos, entre otros, han originado un fenómeno físico tan interesante como alarmante: el Efecto Invernadero, a través del cual se evidencia un aumento de la temperatura ambiental de la atmósfera y de la superficie del Planeta de entre 1 a 3,5 °C por cada 100 años (NASA, 1994; Weinstein, 1992).

Este calentamiento relativamente rápido afectaría indudablemente la dinámica de las especies vegetales y animales silvestres, ocasionando eventuales movimientos y reacomodamientos físicos de las mismas en los hábitats montañosos especialmente; además pudiera también ocasionar ascensos en los nive-

les de agua de los mares y océanos y cambios en los ciclos hidrológicos naturales.

Ante este panorama, las formaciones vegetales de nuestro interés, el páramo y el bosque nublado, podrían efectuar un desplazamiento similar aunque algo más rápido a lo descrito en el escenario II, en el que sus especies desplacen sus rangos de distribución hacia sectores de mayor altitud (los que en el futuro mostrarían temperaturas más análogas a las que hoy existen en las áreas en que actualmente se encuentran); en este caso, también las mejores oportunidades de sobrevivencia futura las tendrían las especies que muestran una tolerancia térmica mayor (en cierto sentido, más generalistas), debido a que ello les permitiría un reacomodamiento más efectivo y posiblemente más rápido que aquéllas que poseen una tolerancia menor.

Debido a la velocidad en que este escenario climatológico ocurre, está siendo monitoreado profundamente por grupos científicos como el Grupo Intergubernamental sobre Cambios Climáticos de la ONU o la NASA de Estados Unidos, entre otros.

A nivel de los elementos bióticos, y en especial de los vegetales, sería muy interesante y recomendable la realización de seguimientos de las respuestas de las especies a los factores de cambio (aumento de temperatura y de concentración de CO₂ en el aire) y de las formaciones vegetales en relación a la conservación o cambio de su estructura o a sus eventuales desplazamientos físicos en el paisaje.

Conclusiones

La descripción de los escenarios anteriores se ha presentado en forma breve con un objetivo más bien didáctico; por supuesto, cada escenario potencial pudiera presentar variaciones cualitativas y cuantitativas e incluso pudieran verificarse combinaciones simultáneas entre escenarios, siendo de particular interés para la especie humana las combinaciones entre los escenarios II-IV y III-IV.

A su vez, las respuestas de las especies y de las formaciones vegetales naturales a estos escenarios, y sus posibles combinaciones, podrían presentar algunas alternativas en las que procesos como los de reajuste de sus óptimos de distribución, sus tolerancias térmicas, competencia, predación por animales, acompañamiento por polinizadores y dispersores, parasitismo, mutualismo, adaptación a nuevos suelos, entre otros, jugarían un papel importante en el mantenimiento o extinción de las especies y en el eventual desplazamiento de las mismas en el espacio.

Referencias

- Austin, M.P. y T.M. Smith. 1989. **A new model for the continuum concept.** *Vegetatio* **83**: 35 - 47.
- Clapperton, C. 1987. **Glacial geomorphology, Quaternary glacial sequence and palaeoclimatic inferences in the Ecuadorian Andes.** *En*: Gardner, V. (Ed.). **International Geomorphology.** John Wiley. London, England.
- Delcourt P. y H. Delcourt. 1992. **Ecotone Dynamics in Space and Time.** *En*: Hansen, A. & F. di Castri (Eds.). **Landscape Boundaries : Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows.** Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- Frakes, L. 1979. **Climates throughout geologic time.** Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam. The Netherlands.
- Fuller, H., Z. Carothers, W. Payne y M. Balbach. 1974. **Botánica.** Interamericana. México D.F., México.
- Hansen, A., F. di Castri, R. y Naiman. 1988. **Ecotones: What and Why?.** *En*: di Castri, F., A. Hansen & M. Holland (Eds.). **A new look at Ecotones.** International Union of Biological Sciences. U.S.A.
- Hansen, A. y F. di Castri (Eds.). 1992. **Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows.** Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- La Marca, E. 1997. **Origen y Evolución Geológica de la Cordillera de Mérida, Venezuela.** Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 1994. **NASA Facts: Global Warming.** Office of Public Affairs. Greenbelt, U.S.A
- Ricardi, M. 1984. **Compendio de Evolución Biológica y Geológica.** Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Rinaldi, M. 1993. **Paleoecología cuaternaria.** *En*: Schubert, C. & L. Vivas. **El Cuaternario de la Cordillera de Mérida.** Universidad de Los Andes / Fundación Polar. Mérida, Venezuela.
- Salgado-Labouriau, M. 1979. **Cambios climáticos durante el Cuaternario Tardío Paramero y su correlación con las tierras tropicales calientes.** *En*: Salgado-Labouriau, M. (Ed.). **El Medio Ambiente Páramo.** IVIC. Caracas, Venezuela.
- Salgado-Labouriau, M. 1980. **Paleoecología de los Páramos Venezolanos.** *En*: Monasterio, M. (Ed.). **Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos.** Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Schubert, C. y L. Vivas. 1993. **El Cuaternario de la Cordillera de Mérida.** Universidad de Los Andes / Fundación Polar. Mérida, Venezuela.
- Van der Hammen, T. 1979. **Historia y tolerancia de ecosistemas parameros.** *En*: Salgado-Labouriau, M. (Ed.). **El Medio Ambiente Páramo.** IVIC. Caracas, Venezuela.
- Weinstein, D. 1992. **Use of Simulation Models to Evaluate the Alteration of Ecotones by Global Carbon Dioxide Increases.** *En*: Hansen, A. & F. di Castri (Eds.). **Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows.** Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- Yánez, A.P. 1997. **Análisis de la Estructura Vegetal en un gradiente Selva Nublada - Páramo del Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela.** *Tesis de Maestría en Ecología Tropical.* Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. No publicada.