

Estado de Conservación de la Vegetación del Parque Nacional Dinira.

Aguiar-Escobar, J. A.¹

Resumen — Los parques nacionales son una de las estrategias de mayor alcance mundial para la preservación de los recursos naturales y biodiversidad. Dentro de estos recursos está la vegetación, la cual puede sufrir afectaciones que deterioran su estado de conservación, como las derivadas de la conversión de tierra. En este estudio se combinaron la interpretación de imágenes satelitales, los sistemas de información geográfica y conceptos ecológicos para evaluar los cambios en la cobertura vegetal y uso de la tierra del parque nacional Dinira para los años 2002 y 2016. El parque ha atravesado un proceso de recuperación ambiental, aumentando en un 8,51 % la cobertura boscosa (320,93 - 348,25 Km²) y reduciendo en un 73,76 % las zonas intervenidas (53,26 - 14,13 Km²). Si bien estos resultados se traducen un buen estado de conservación de la vegetación, las actividades humanas mostraron haberse expandido afuera de los límites de esta área protegida por la disminución de los bosques y el aumento de las sabanas antrópicas. Por lo tanto, el rol del Instituto Nacional de Parques y el marco de referencia legal deben ser fortalecidos para prevenir la expansión antrópica dentro de los linderos de Dinira y, por lo tanto, daños ambientales que puedan poner en peligro la biodiversidad de la región, sobre todo para un área protegida sin un Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso.

Palabras clave — áreas protegidas, cobertura vegetal, conservación, sensores remotos, sistemas de información geográfica.

Abstract — National Parks are one of the widest worldwide-reach strategies for the preservation of natural resources and biodiversity. Among these resources is vegetation, which can suffer affectations that deteriorate its conservation status, like those derived from the land conversion. In this study, were combined the interpretation of satellite images, geographic information systems and ecologic concepts to evaluate the changes in vegetation cover and land use of the Dinira National Park for the years 2002 and 2016. The park has gone through process of environmental recovery, increasing in an 8,51 % the forest cover (320,93- 348,25 Km²) and decreasing in a 73,76 % the intervened zones (53,26 - 14,13 Km²). While these results translate in a good conservation status of the vegetation, the human activities seem to have expanded outside the boundaries of this protected area, because of the decrease

of forests and the increase of the anthropic savannahs, thus, the role of the Instituto Nacional de Parques and the legal framework must be strengthened for preventing the anthropic expansion inside the boundaries of Dinira and, therefore, environmental damages that could put in risk the biodiversity of the region, especially for a protected area without a Plan of Regulation of Use (PORU).

Keywords — conservation, geographic information systems, remote sensing, protected areas, vegetation cover.

I. INTRODUCTION

La vegetación es el reflejo de múltiples factores que afectan los procesos de estabilidad dinámica de los ecosistemas y la fragmentación de los mismos, como factores bióticos (organismos), abióticos (agua, luz, temperatura, humedad, etc.) y el flujo de energía y materiales. Es un indicador confiable de la recuperación ambiental y los cambios de uso de la tierra (el cambio en el tipo y/o grado de intervención antrópica de la cobertura de la tierra ([1], [25]) y permite la adquisición de información asociada al estado de conservación de la biodiversidad al nivel de hábitats y ecosistemas, que aporten tanto a la toma de decisiones en gestión ambiental como a la elaboración y seguimiento del impacto de las políticas públicas sobre la biodiversidad y las poblaciones humanas ([48]). Las alteraciones en las coberturas vegetales entonces representarán la pérdida y/o el grado de intervención de esos hábitats y ecosistemas.

Proteger y conservar la integración de los sistemas biológicos, edáficos, geomorfológicos e hidrológicos, que conforman los elementos estructurales fundamentales de los ecosistemas naturales de una región, es una de las funciones de un parque nacional (PN). De esta compleja relación, la vegetación representa una síntesis de su funcionamiento general y conjunto de interacciones, pero a la vez, es una de las variables espaciales más sencilla de estudiar a través de sensores de teledetección, siendo clave para entender en el tiempo su permanencia o variaciones, como valores de efectividad en la gestión de un área protegida (AP) ([25]).

Entre las AP venezolanas dedicadas a la protección de los sistemas descritos arriba está el PN Dinira, el cual fue creado en 1988 con la finalidad de proteger las cuencas altas de los ríos

Recibido: 3 de julio de 2017. Este trabajo fue apoyado en parte por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, Inparques y las universidades Simón Bolívar y Central de Venezuela.

¹El autor pertenece al Departamento de Ecología de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (j.adolfo.3@hotmail.com).

Tocuyo, Chabasquén y Boconó, cuyas aguas son esenciales para el desarrollo de la región centro occidental de país ([6], [36]). Ubicado en la Sierra de Barbacoas y parcialmente en la Sierra de Portuguesa, posee un relieve muy abrupto e irregular por comprender cuencas altas enmarcadas dentro de las estribaciones andinas, específicamente en la culminación de los Andes venezolanos ([20]). Sus características topográficas determinan una importante heterogeneidad en la biodiversidad y, por tanto, en la vegetación presente, por lo que conocer la dinámica espacial de la cobertura vegetal es un criterio válido para establecer el estado de conservación de la vegetación del parque y hacer inferencias sobre sus tendencias futuras.

Tomando en cuenta que el área del PN Dinira posee recursos biológicos, geológicos, culturales y paisajísticos de importancia y relevancia nacional e internacional; que las cuencas altas de los ríos que nacen en Dinira son esenciales para asegurar el suministro continuo, regulado y de buena calidad de las aguas, siendo éstas indispensable para el consumo de la población y para los desarrollos agrícolas aguas abajo; que en Dinira está el hábitat de numerosas especies únicas en peligro de extinción, las cuales en su totalidad e individualmente poseen un alto valor científico y social, lo que han atribuido a la zona gran belleza e importancia científica, el cual merece ser protegido para la educación, conocimiento y recreación ([20], [36]); que Dinira es propensa a afectaciones como las debidas a factores antrópicos y conversión de tierra y que existe un vacío de información importante referente a la cobertura vegetal y uso de la tierra actual y pasada. Este estudio contiene el planteamiento para establecer el estado de conservación de la vegetación del PN Dinira, lo cual sería un aporte para la evaluación del PN como figura de protección y para la planificación del manejo de toda la biodiversidad allí presente.

II. MATERIALES Y TÉCNICAS EXPERIMENTALES

A. Área de estudio

El PN Dinira tiene un área de 455 km² y está ubicado entre los estados Lara, Portuguesa y Trujillo, entre las coordenadas 1089500 m y 1081100 m N, y 380000 m y 389500 m E de la zona 19 N (Figura 1) ([36]). Ubicado en las sierras de Barbacoas y Portuguesa, posee relieve muy abrupto e irregular encontrándose montañas de páramo, montañas altas y bajas, valles y lagunas (Figuras 2 y 3) ([16]). El parque está sometido a una intervención antrópica considerable por procesos de conversión de tierra con fines ganaderos y agrícolas que se presentan en zonas cercanas a los linderos, y estudios exhaustivos sobre los efectos de estos procesos sobre la vegetación del parque son inexistentes ([6]).

B. Compilación de la información y preprocesamiento

1) Preprocesamiento

Todas las imágenes fueron primero cortadas en todas sus bandas a un área de interés (AI), para una mayor rapidez en las operaciones de corrección y remuestreadas con la banda pancromática para obtener una resolución de 15 m mediante el algoritmo HPF (*High Pass Filter*) en ERDAS IMAGINE 2014

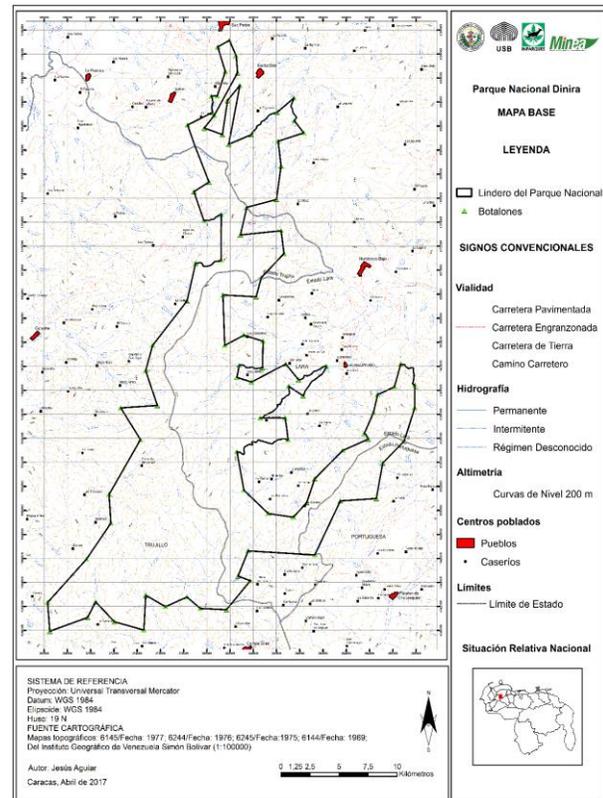


Figura 1. Mapa base del PN Dinira. Elaboración propia. Escala numérica: 1:2400.000

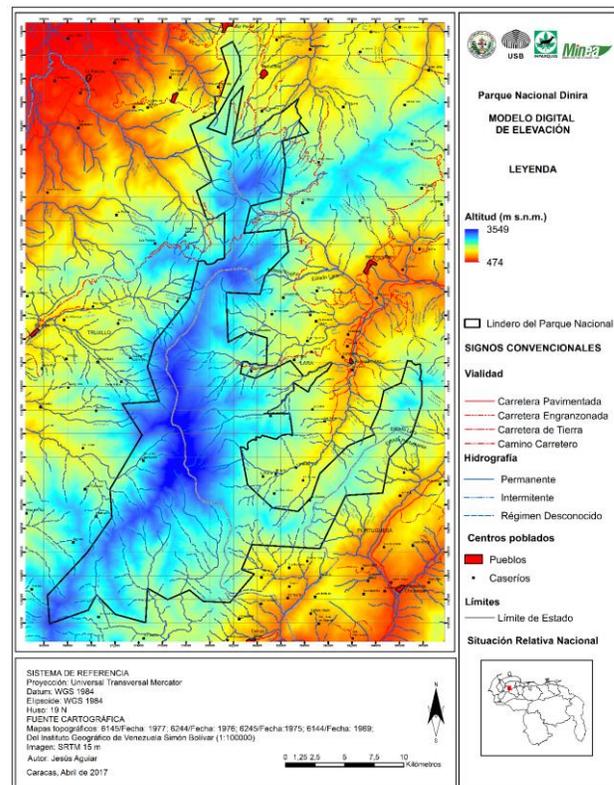


Figura 2. Modelo digital de elevación del PN Dinira. Elaboración propia. Escala numérica: 1:2400.000

([12], [13]). Los productos del SRTM se remuestrearon a 15 m mediante interpolación bilineal con el mismo software.

2) Corrección geométrica

Para corregir geoméricamente las imágenes se obtuvieron 70 puntos de control (PCs), a partir de la cartografía oficial 1:100.000 y del mapa base que fueron coincidos con los mismos puntos en la imagen de satélite, principalmente de la vialidad e hidrografía. Se obtuvo un error medio cuadrado (EMC) de 22,38 m, menor al máximo error planimétrico aceptable según el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB) para la escala 1:100000 (0,3 mm en el mapa, 30 m en el terreno). La georreferenciación se realizó en ERDAS IMAGINE 2014, mediante un modelo polinomial de 1er orden e interpolación bilineal. Con el modelo polinomial creado en la georreferenciación y el SRTM 15 m se ortorectificaron las imágenes mediante interpolación bilineal en dicho software.

3) Corrección radiométrica

Los píxeles perdidos por el fallo del sensor SLC del satélite Landsat 7 ETM+ fueron estimados utilizando la extensión *gapfill* de ENVI 5.3 mediante triangulación ([18]).

Mediante Geomática 2016 ([35]) se estimaron los valores de reflectancia al nivel del suelo, reduciendo los efectos atmosféricos. Las áreas con nubes y sombras de nubes se enmascararon mediante digitalización de polígonos en pantalla de las imágenes Landsat 7 del 2002 y 2016 y se rellenaron con las imágenes Landsat 7 del 2007 y 2011 respectivamente. Mediante el producto del SRTM remuestreado a 15 m como MDE y Geomática 2016 se corrigieron topográficamente las imágenes.

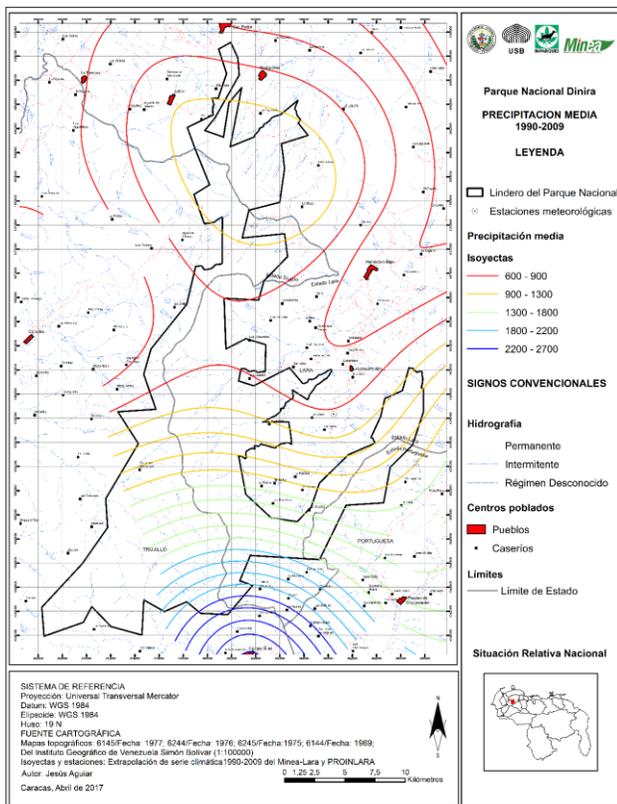


Figura 3. Mapa de isoyetas del PN Dinira. Elaboración propia. Escala numérica: 1:2400.000

C. Clasificación de las imágenes

1) Selección de las categorías

Se utilizaron las categorías de vegetación y uso de la tierra descritas por [6], [16] y [30] como sistema de clasificación de vegetación en el cual estuvo basada la leyenda de los mapas definitivos. De una primera interpretación de los textos de los autores se encontraron 24 clases reportadas. Estas clases se agruparon en categorías al nivel de cobertura vegetal, dependiendo de la fisionomía de la categoría en sí. Luego de un análisis exhaustivo se pudieron combinar las 24 clases en 7 grandes categorías de cobertura vegetal y uso de la tierra: bosque (**Bo**), páramo (**Pa**), sabana (**Sa**), agrícola (**Ag**), intervenido (**In**) y poblados (**Po**), Suelo desnudo (**Su**).

2) Interpretación visual

Se seleccionó la combinación de banda 5, 4, 3 (falso color) para la identificación de las características de las coberturas de las imágenes satelitales. Se tomaron en cuenta parámetros claves visuales de interpretación como posición, forma, tamaño, orientación, tono, textura, y patrón espacial, además de información auxiliar derivada de bibliografía y capas vectoriales/ráster ([9], [46]).

3) Selección de los campos de entrenamiento

Por digitalización de polígonos en pantalla para la imagen del 2002 se crearon 280 campos escogidos *ad libitum* a través de toda el área de estudio, generando el archivo de firmas espectrales para las 7 categorías de coberturas definidas anteriormente usando ArcGIS 10.4 ([4]).

4) Clasificación supervisada

Con el archivo de firmas espectrales generado en la selección de los campos de entrenamiento se realizó la clasificación para las imágenes del 2002 y 2016 usando ArcGIS 10.4. Se utilizó método de máxima verosimilitud. Un problema surgió con las categorías **Su** y **Pa**, las cuales mostraron la misma respuesta espectral y eran clasificadas como clases iguales en algunas zonas del área de estudio. Fue necesario la separación manual de los píxeles de la clasificación mediante un criterio altitudinal: píxeles identificados como páramo por debajo de 2400 m s.n.m. fueron considerados como suelo desnudo, según la altitud media de ecotono bosque-páramo reportada para Dinira según [6] y [16].

D. Análisis multitemporal

Para la evaluación de la dinámica espacial del parque se calculó el área total de cada cobertura para cada año de estudio, multiplicando el número de píxeles en dicha cobertura por el área de cada píxel (15 x 15, 225 m² por píxel). Luego, restando el área total correspondiente a cada cobertura para 2002 y 2016 se pudo estimar la cantidad de pérdida o ganancia de cobertura y la proporción en que ésta ocurrió ([19]).

Como la cobertura vegetal y uso de la tierra del PN Dinira están influenciados directamente por factores externos, fue necesario considerar un área fuera de los linderos del parque, la cual tiene 1396,63 km² de extensión. Se evaluó la dinámica espacial de esta área de la misma manera que para el PN Dinira.

La superposición zonal de los mapas de cobertura realizados permitió obtener un mapa de probabilidad de cambio. El algoritmo utilizado calcula la probabilidad de cambio a futuro por píxel dentro una zona definida por un polígono ([12], [13]).

III. RESULTADOS

A. La cobertura vegetal y uso de la tierra del PN Dinira

La cobertura bosque fue la clase dominante dentro del PN Dinira en el 2002 y representa un 70,54 % (320,93 km²) del área del parque (Figuras 4 y 6), sobre todo en la zona sur. La siguiente categoría corresponde a las zonas intervenidas (11,70 %, 53,26 km²), distribuidas de una manera medianamente homogénea dentro del parque pero con mucha menor frecuencia en las zonas de páramos (8,35 %, 37,98 km²). Los páramos se encuentran en el extremo suroeste (Páramos del Turmal y Monte Redondo a las afueras del parque), en la zona central (Páramos del Turmal, Jabón, Cendé, Las Rosas) y hasta en las zonas más al norte (Páramos de Guache, Las Palmas, El Morro, Nunca Jamás y Los Nepes). Las sabanas (5,87 %, 26,71 km²) están ubicadas en la zona norte, colindando con el Páramo de Los Nepes, y en menor medida en la zona central y suroeste. Las Sabanas se distribuyen en 3 grandes sectores: en la zona de Los Llanitos y al sur de Buenos Aires; al sur del Páramo del Cendé y en el extremo norte, en la Aguada de Arenales y Santa bárbara. Por último, 16,11 km² (3,54 %) corresponden a suelo desnudo y se encuentran principalmente cerca de los linderos del parque y casi siempre asociados a las sabanas, particularmente en la zona norte.

Entre 2002 y 2016, las coberturas que ganaron superficie dentro de Dinira fueron: bosques (+27,32 Km²), suelo desnudo (+7,63 Km²), páramos (+3,06 Km²), sabanas (+1,11 Km²). Únicamente las intervenciones disminuyeron su extensión, de una manera apreciable (-39,12 Km²). Dichas coberturas pasaron a representar, respectivamente, un 70,54%, 5,22%, 9,02%, 6,12% y 3,11% del área total del parque (455 km²).

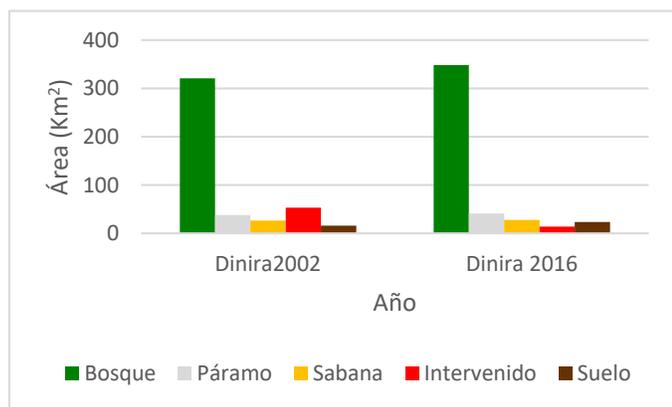


Figura 4. Diferencia entre coberturas de la tierra en km² del PN Dinira para el intervalo 2002-2016.

Al igual que dentro Dinira, los bosques fueron la clase dominante en la zona externa (Figuras 5 y 7), cubriendo 568,92 km² (40,74 %), seguidos del suelo desnudo y las sabanas, de 308,38 (22,08 %) y 301,21 (21,57 %) km² respectivamente. Por último, las zonas intervenidas ocuparon 209,58 km² (15,01 %), siendo los páramos la cobertura de menor extensión, con solo 8,54 km² (0,61 %). Los bosques, al igual que dentro de Dinira, se encontraban principalmente en la zona sur, siendo también importantes los parches en el noreste y noroeste y en la zona central respecto a los linderos del parque, al oeste de los

páramos. El suelo desnudo, que se observó de una manera cualitativa estar asociado a la ocurrencia de sabanas y las zonas intervenidas, estaba presente en las cercanías a los centros poblados, principalmente al este y oeste de la zona central respecto al parque, donde están los Humocaros y Carache respectivamente, al noreste en las inmediaciones de San Pedro y Barbacoas y al noroeste, cerca de Jabón y La Pastora. Los pocos parches de páramo, Monte Redondo en el extremo suroeste y Las Palmas y El Morro al noroeste, están aislados y aislados unos de otros, estando casi siempre rodeados por sabanas.

Entre 2002 y 2016, las coberturas que ganaron superficie en la zona buffer fueron: suelo desnudo (+129,53 Km²), sabana (+11,40 Km²) y páramo (+3,02 Km²). Después de los suelos desnudos, los bosques y las zonas intervenidas presentaron la mayor cantidad de cambios, disminuyendo su superficie en 73,09 y 70,86 Km² respectivamente. Estas coberturas pasaron a representar, respectivamente, un 31,35%, 22,38%, 0,83%, 35,50% y 9,93% del área total de la zona de amortiguación (1396,63 km²).

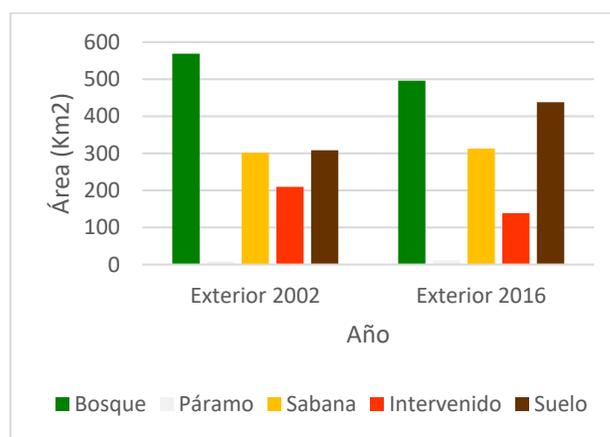


Figura 5. Diferencia entre coberturas de la tierra en km² en una zona externa al PN Dinira para el intervalo 2002-2016.

La probabilidad de cambio de las coberturas (Figura 8) siguió un patrón igual al que mostró la distribución de dichos cambios: las probabilidades más altas se encontraron en las zonas externas al parque, todas aquellas asociadas a una alta intervención humana, sobre todo en las inmediaciones de los principales centros poblados. La sur fuera de Dinira presentó una baja probabilidad de cambio, al igual que la zona noreste en las inmediaciones de la Fila del Carrizo. Dentro de Dinira, la zona con una mediana probabilidad de cambio correspondió a los páramos centrales y en menor medida a los páramos del norte, de resto, prácticamente todo el parque tuvo una muy baja probabilidad de cambio.

IV. DISCUSIÓN

La combinación de imágenes satelitales derivadas de la teledetección, la ecología y los sistemas de información geográfica han abierto las posibilidades para evaluar la escala y consecuencias de la conversión de tierras, en un mundo donde la pérdida neta de bosques ha alcanzado los 11 millones de km² ([17], [32], [33], [41]).

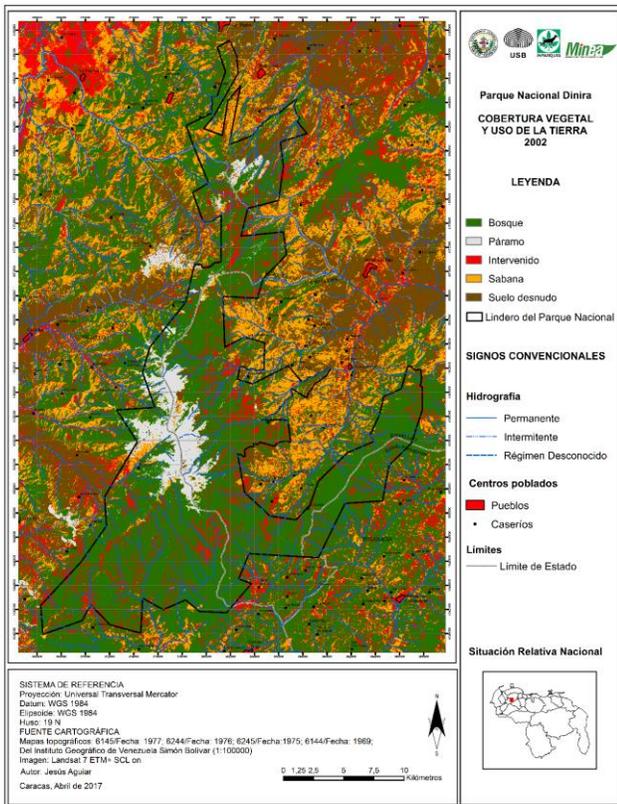


Figura 6. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra del PN Dinira del 2002. Elaboración propia. Escala numérica: 1:2400.000

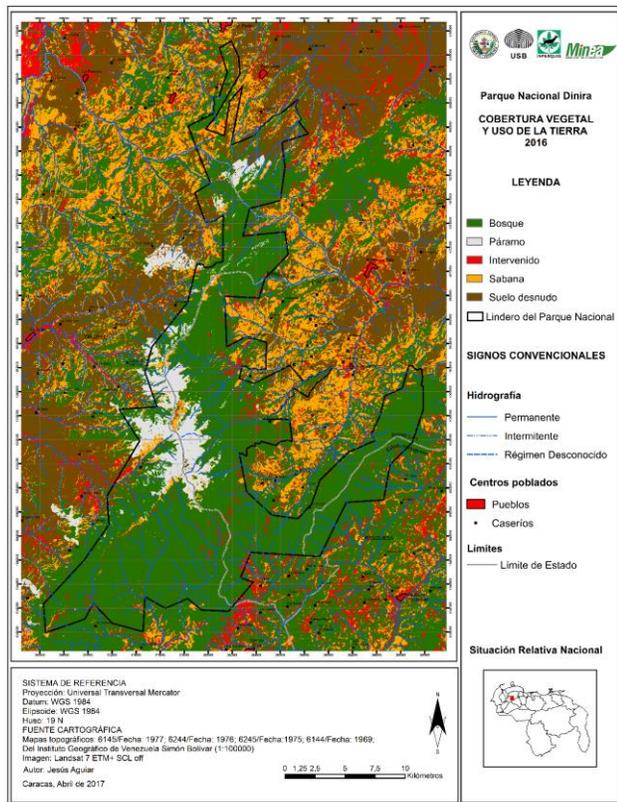


Figura 7. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra del PN Dinira del 2016. Elaboración propia. Escala numérica: 1:2400.00

En el presente estudio, se desarrolló un claro ejemplo de los impactos del cambio en la cobertura vegetal y uso de la tierra a largo plazo. También se mostró el rol de la teledetección y los SIG como herramientas de análisis y de la ecología como un enfoque de aplicación de dichas herramientas. Los mapas de cobertura de la tierra generados son los más recientes y detallados elaborados para el PN Dinira.

A. *Generación de los mapas de cobertura de la tierra*

En este estudio se mostró que el uso de imágenes satelitales acompañadas con información auxiliar es una manera eficiente de evaluar los cambios en la cobertura vegetal y uso de la tierra en áreas montañosas donde no se tiene información detallada, las cuales imponen desafíos específicos para la interpretación de las imágenes ([3], [8], [21], [38]). En estas áreas, errores de georreferenciación y discrepancias de posición fueron

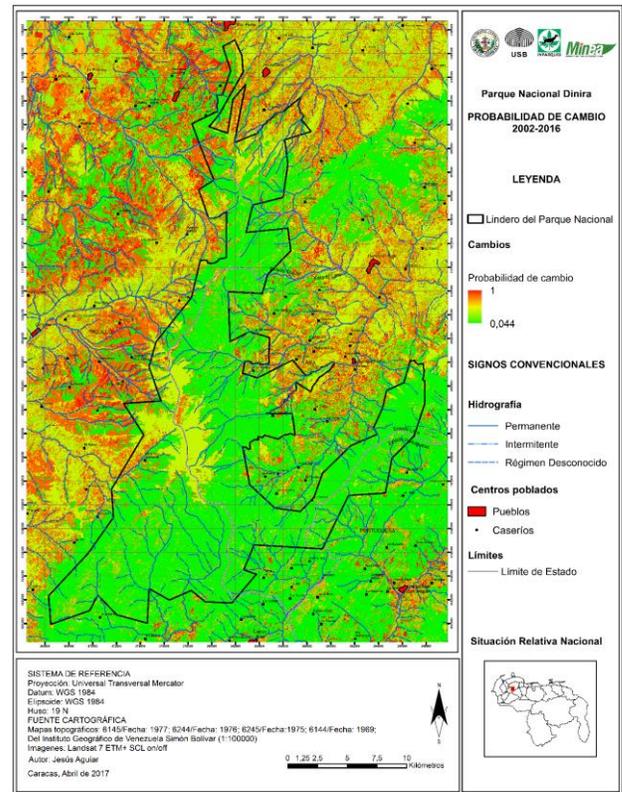


Figura 8. Mapa de probabilidad de cambio del PN Dinira 2002-2016. Escala numérica: 1:2400.000

consideradas al trabajar con solo un tipo de satélite (Landsat 7 EMT+), así como con la elección del mismo modelo geométrico para la georreferenciación de todos los productos utilizados (el SRTM 30 m inclusive) y el remuestreo de los píxeles a 15 m desde las etapas tempranas del pre-procesamiento. Todo esto ayudó a obtener productos finales de alta precisión y confiabilidad por su excelente resolución espacial la cual permite recoger las más mínimas variaciones espaciales en la cobertura vegetal y uso de la tierra.

La cobertura de nubes es una restricción importante y afectó los productos de este estudio en ciertas áreas, sobre todo en la región sur del PN Dinira de mayor precipitación, donde imágenes de fechas distantes tuvieron que ser usadas para llenar

los huecos generados por su remoción, del 2007 para la imagen 2002 y del 2011 para la imagen 2016. La iluminación inducida por la topografía es otro problema importante en estas áreas, la cual puede ser corregida por diferentes algoritmos como los aplicados acá ([28], [40], [48]). Sin embargo, no siempre es posible obtener un producto de alta resolución como el SRTM 30 m usado para la corrección, y el uso de otros MDE no tan exactos e inclusive la altitud promedio del área de estudio pueden arrojar resultados erróneos.

Con respecto a la identificación de clases para la construcción de la leyenda de vegetación, la heterogeneidad en términos de cobertura vegetal y uso de la tierra presente en Dinira y sus áreas adyacentes, obligó a unir varias clases para llegar a un producto final de fácil interpretación. Algunos problemas se encontraron con las sabanas y las zonas agrícolas, presentando respuestas espectrales similares que estaban distribuidas, en mayor o menor medida, en toda el área de estudio, por lo cual en ocasiones eran clasificadas indistintamente unas de otras, aun cuando por el conocimiento de Dinira y sus alrededores además de información auxiliar permitieron la identificación con bastante certeza de estas categorías en el desarrollo de los campos de entrenamiento. Por otro lado, los páramos y el suelo desnudo, aunque de la misma manera eran identificados indistintamente uno de otro por sus similitudes espectrales, su separación fue mucho más fácil al utilizar información auxiliar sobre la altitud. El criterio escogido para juntar las clases está fundamentado en la información existente del área de estudio, sobre todo en aquella derivada de trabajos en campo y al final este permitió una excelente separación entre clases en zonas con resultados incorrectos. Por lo tanto, para la mayor parte del parque, los mapas generados representan correctamente la fisonomía y distribución de la cobertura vegetal y uso de la tierra en el PN Dinira.

B. La cobertura vegetal y uso de la tierra del PN Dinira

El análisis multitemporal reveló que la vegetación de Dinira, sobre todo los bosques de la zona sur del parque, han sufrido un aparente proceso de recuperación ambiental, fundamentado en la gran disminución de las zonas intervenidas de manera general (ganadería, agricultura, deforestación, poblados, infraestructuras, etc.), probablemente por una depresión de trabajo del campo debida a razones económicas, en donde el estilo de vida campesino no se vuelve rentable y las generaciones de relevo emigran a centros poblados más grandes no continuando con este estilo de vida ([6], [25]). [6] reportaron que la mayoría de las casas aisladas de antiguas granjas dentro de Dinira se encontraban abandonadas, siendo pocas las que mantenían actividades agrícolas (champiñones, tomate, pimentón, cambures, coliflor, repollo, café de sol y sombra, tomate de árbol, etc.) y ganadera de muy baja intensidad.

Se sabe que las sabanas que se encuentran en los sectores bajos de la montaña que colindan con el parque, son en su mayoría de origen antrópico, resultado de la deforestación, producto de la tala y quema para la creación de zonas de pastoreo para la ganadería extensiva, la demanda de productos madereros y los cultivos de diversos rubros, sobre todo en las inmediaciones de Carache, Burbusay, Barbacoas, San Pedro, Jabón, Buenos Aires y Humocar Alto ([6], [16], [30]). Aunque

es poco el incremento en esta cobertura, siendo mayor en la zona central de páramos y la norte, es una llamada de atención a los factores antrópicos externos que pudiesen estar afectando al parque.

Es de notar el incremento en los páramos y el suelo desnudo, en el primer caso principalmente al norte del páramo de Las Rosas y del Turmal y en el segundo caso en las zonas linderos centrooccidental, centrooriental y norte de Dinira. Un aumento en el suelo desnudo es una clara muestra de deforestación y conversión de tierra. Sin embargo, el aumento en los páramos probablemente sea debido a que anteriormente estos hayan sido áreas intervenidas (con cobertura de sabana o herbazales, es decir, posiblemente potreros) que una vez abandonados de la presión antrópica hayan evolucionado hacia páramos secundarios ([15]). Es bien conocida la presión que sufren estas zonas altas del parque por ganadería para la producción de leche, sobre todo en la Fila de Las Rosas ([6]). La vegetación típica de estos páramos (p.e.: *Espeletias spp.* (4 especies)) es el resultado de esporas que viajaron desde la Teta de Niquitao, a través de los vientos que soplan en el PN Guaramacal, ocurriendo hasta los 2000 m s.n.m., habiendo sin embargo algunos endemismos importantes: *Eupatorium larense* (Asteraceae), *Carramboa trujillensis*, *Libanothammus griffinii*, *Ruilopezia lopez-palazii*, *Ruilopezia jabonensis*, *Carex larenensis*, *Miconia larenensis*, *Drosera cendeensis* ([6], [16], [37]).

En la zona externa al parque, el incremento bajo en las sabanas y el gran incremento en el suelo desnudo, es un claro ejemplo de procesos no regulados de conversión de la tierra, que caracteriza a una buena parte de las regiones tropicales priorizando ganancias económicas inmediatas sobre el uso a largo plazo de recursos naturales disponibles ([46], [23]). Para Dinira en particular, esto podría ser el resultado de una falta sistemática de planeamiento gubernamental que ha regido el desarrollo de la región y que se han acentuado en los últimos años, cuando actividades agrícolas y ganaderas se expandieron para alcanzar las demandas en rápido crecimiento de la misma población ([10], [36]).

La distribución de los bosques a las afueras del parque refleja un alto grado de invasión por conversión de la tierra resultado de una floreciente actividad agrícola, la cual se ha arrastrado hasta dentro de los frágiles suelos montañosos ([10]). Esta situación está no solo amenazando la biodiversidad nativa, sino que pone en peligro la productividad económica futura de la región, por el posible aumento de erosión del suelo a gran escala y deterioro de las cuencas hidrográficas ([10], [42], [30]). Además, las vías de comunicación terrestres que atraviesan el PN Dinira, particularmente la carretera Carache-Barbacoas, podría interrumpir, con la continuidad de los bosques de la zona norte, pues ya se evidenció la gran intervención humana que dicha zona presenta. Por otro lado, los incendios forestales antrópicos podrían continuar expandiéndose, especialmente al oeste del parque en las inmediaciones de Carache, La Palomera y Buenos Aires y la explotación forestal ilegal podría continuar siendo una práctica común junto con la deforestación, en la zona sureste en la cuenca del río Guanare e inclusive y dentro del PN en general ([6]).

C. El estado de conservación de la vegetación del PN Dinira

En la zona noreste fuera del parque, entre Barbacoas y Jabón, los fuertes vientos que desecan y arrastran la humedad provocan un paisaje árido/seco, encontrándose bosques caducifolios, vegetación xerófila y abierta, suelo desnudo y rocas entre los 1400 a los 3000 m s.n.m. sobre todo e inclusive, *Espeletias* a los 2000 m s.n.m. Por el contrario, al cruzar la vertiente hacia el lado oeste de esta, se nota la alta humedad que se mantiene debido a que, por la gran barrera de la montaña, el viento no es capaz de arrastrar la humedad, permitiendo que en esta ladera de toda la cordillera se den mayores extensiones de bosques. Sin embargo, entre 2002 y 2016 se ha hecho evidente la pérdida de cobertura arbórea por la sabanización de dichos bosques húmedos, principalmente para ser usadas como zonas de pastoreo y/o agrícolas. En la zona norte dentro del parque, los bosques no tienen grandes extensiones, en parte por la expansión de la presión antrópica externa hacia los linderos.

Estas afectaciones llegan hasta zonas bajas del parque, justo en las franjas de borde de Dinira, en donde se mantienen los cultivos. De San Pedro a Sabaneta existen numerosas plantaciones, con algunos parches de bosque en los alrededores de San Pedro, siendo más continuos de Sabanetas a Jabón. Por otra parte, existen plantaciones forestales en los sectores bajos de la montaña de acacias, cipreses, eucaliptos, fresnos y pinos (*Pinus radiata* y *Pinus Caribea*), y particularmente alrededor del puesto de guardaparques de Buenos Aires, así como en la cuenca de quebrada Badillo, sembrados por el Ministerio de Agricultura y Cría (1960-1970) por un programa de reforestación y protección de las cuencas altas del río Tocuyo (1700-2000 m s.n.m) ([6], [16]).

A pesar de estas afectaciones externas, muchas de ellas cerca de los linderos del parque, en Dinira, las formaciones vegetales predominantes son los bosques húmedos montano bajo, como los presentes en entre la quebrada Aranda y los nacimientos del río Tocuyo hasta la fila de El Carrizo y en las cabeceras del río Guanare, pero en general, como todos aquellos presentes en la zona sur. Esta zona representa la mayor porción de bosque en buenas condiciones. Sin embargo, existe una considerable presión de tala en tal zona. Sin embargo, se puede decir que la mayor parte del parque está bajo formaciones arbóreas naturales.

En general, la vegetación de Dinira se encuentra en un buen estado de conservación, siendo el mejor en el sur, en mejor medida en el centro-oriente y centro-occidente y el peor en el norte del parque. Además, este estado ha mejorado considerablemente entre 2002 y 2016, por la recuperación de zonas intervenidas a vegetación secundaria y que se ha dado prácticamente en toda la extensión de Dinira. Sin embargo, la fuerte conversión de tierra fuera de los linderos, que está penetrando a través de estos, es una amenaza clara que está comprometiendo este buen estado de conservación y que las tendencias en estudio indican que la situación podría agravarse en los próximos años, siendo la limitante a esta expansión las características topográficas de Dinira.

Las zonas con menor intervención en el PN Dinira están, así como en muchos otros ambientes encarando las mismas amenazas, asociados con pendientes empinadas, elevaciones altas, baja productividad agrícola y la protección de fuentes de agua ([10], [36], [25]). Este patrón característico a través de

ambientes montañosos es causado por barreras topográficas y climáticas a la accesibilidad humana y la producción agrícola y se traduce en un cierto grado de predictibilidad dentro de los procesos de cambio en la cobertura de la tierra, el cual podría facilitar el planeamiento para reducir su impacto ([11], [22]). Este es ciertamente el caso para Dinira, donde esas restricciones aparentan ser la principal fuerza aseguradora de las grandes extensiones de bosques y ellas podrían contener expansión agrícola dentro del parque en el futuro inmediato, como se ve ha pasado en los últimos 14 años, proveyendo un retraso temporal para el diseño apropiado e implementación de acciones de manejo ([36]). Sin embargo, cualquier cobertura vegetal restante a través de las cimas de las montañas está actualmente amenazada por la introducción de pastizales de tierras altas, como una tendencia general alrededor de la producción ganadera que se está desarrollando dentro de estos ambientes, incluyendo los Andes centrales venezolanos ([11], [26], [15]).

D. Implicaciones de manejo

Dinira presenta muchas afectaciones debido a factores antrópicos. La expansión de la frontera agrícola genera deforestación, incendios y movimiento de sedimentos por incremento de suelos desnudos. Los valores de evaluación química de la cuenca alta del río Tocuyo están por encima de los valores promedios para ríos sudamericanos, atribuible a las descargas de desechos domésticos y agropecuarios en el tramo medio del río, fuera del parque ([42]). Los principales accesos al parque están en el sector oriental, cerca de la carretera Humocar Alto-Buenos Aires, desde donde se puede llegar al páramo del Cendé y en la carretera Humocar Alto-Barbacoas, conectando con la cascada del Vino; en el sector noroccidental, a través de la carretera Carache-Humocaros; y en el sector sur, a través de Campo Elías en la carretera Biscucuy-Boconó, siguiendo el camino a Guaitó. Los Humocaros y Buenos Aires son los poblados más cercanos al parque. La falta de vigilancia y control, de personal y equipos es al parecer el problema más grave de Dinira. Esto permite el turismo descontrolado, sobre todo en las zonas de acampadas en Buenos Aires y en menor medida en los páramos de las Rosas y Cendé y que se produzcan ilícitos ambientales que no son penados, como la destrucción de puestos de guardaparques y estaciones meteorológicas ([6]).

El PN Dinira refleja la situación que enfrentan otras AP en Venezuela y a través del mundo en desarrollo, las cuales son conocidas como “parques de papel”, dado su efecto pasivo sobre la conversión de tierra, entre otros impactos humanos, pues son manejadas instituciones subfinanciadas y deficientes de equipos ([2], [27], [36], [40]). Si bien una considerable proporción del área total de Dinira está en un buen estado de conservación, su protección está lejos de ser óptima, debido a la expansión de la frontera agrícola dentro de sus linderos, así como la cacería extensa, deforestación ilegal, pastoreo de animales domésticos, incendios forestales no controlados y el riesgo de un cambio en las prácticas económicas ([6], [16] [29]). Situaciones similares podrían ser afrontadas a través de otros ambientes montañosos, así que estas variables deberían ser controladas cuando se evalúa la eficiencia de las AP existentes, para evitar subestimar su impacto en la conservación de la biodiversidad.

La circunstancia descrita a lo largo de Dinira no solo está amenazando las poblaciones locales de fauna, pero también la viabilidad del AP para la conservación de otros elementos de la biodiversidad local y la protección de las cuencas hidrográficas para una de las regiones agrícolas más importantes dentro del país ([10], [15], [30]). En futuras intervenciones a un nivel regional y local, intentos actuales de establecer y consolidar programas intensivos enfocados en el manejo de paisaje deben ser considerados ([5], [7], [43]). Esto resuena con la actitud del gobierno existente e intereses locales y podría promover un sentido de pertenencia y co-responsabilidad alrededor de la protección de la herencia natural de la región ([44]).

E. Consideraciones finales

La vegetación de Dinira, de manera general, se encuentra en muy buen estado de conservación. Aunque el parque presenta amenazas a su funcionamiento como AP, posee también importantes fortalezas y ventajas que han disminuido el impacto que estas amenazas tienen sobre la integridad biológica de los ecosistemas contenidos en el parque. Una de estas ventajas se encuentra en el diseño de los linderos, en la exclusión de centros poblados grandes, en la ausencia de vías de penetración importantes y en la topografía abrupta que dificulta su acceso. Igualmente, la dotación de unos relativamente buenos puestos de guardaparques en las zonas de mayor influencia antrópica le confieren una fortaleza importante a las posibilidades de manejo (Aponte y Salas 2004). Su principal debilidad es la falta de personal y de presencia institucional constante, lo cual incide de manera sinérgica con otras amenazas menores, agravándolas. Desafortunadamente, la falta de personal es un problema de solución no tan sencilla. Además, las complicaciones administrativas, la actual crisis presupuestaria de Inparques y la falta de reglamentación del parque (PORU), hacen a la vegetación de Dinira, y a la figura de protección legal, vulnerables al resto de sus amenazas. Una mayor atención debe ser creada dentro de las autoridades de manejo en relación con los motivos de creación de esta AP, así como respecto a su cobertura vegetal y uso de la tierra para asegurar el cumplimiento de los objetivos para los cuales fue establecida (Aponte y Salas 2004; Naveda y Yerena 2010).

AGRADECIMIENTOS

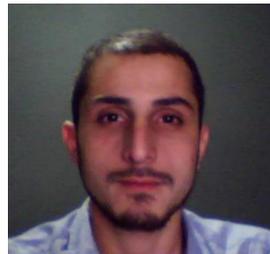
Agradezco a la Universidad Central de Venezuela, a la Universidad Simón Bolívar, el Ministerio del Ecosocialismo y aguas (dirección sectorial de Lara) e Inparques, por proporcionar los archivos vectoriales y ráster e información auxiliar.

Agradezco a Jorge Naveda, Luis Gonzalo Morales, Laura Delgado, Edgar Yerena, Marlon Pirela, Shaenandhoa García, Dorixa Monsalve y Marcial Quiroga, por sus aportes al proyecto.

REFERENCIAS

- [1] A. Comber, P. Fisher, R. Wadsworth, "What is land cover?", a ser publicado en *Environment and Planning B*.
- [2] A. G. Bruner, R. E. Gullison, R. E. Rice, G. A. B. da Fonseca, "Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity", *Science*, vol. 291, pp. 125-128, 2001.
- [3] A. M. Cingolani, D. Renison, M. R. Zak, M. R. Cabido, "Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units", *Remote Sensing of Environment*, vol. 92, pp. 84-97, 2004.
- [4] *ArcGIS Desktop: Release 10*, ESRI, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, 2011.
- [5] A. Spiteri, S. K. Nepal, "Incentive-based conservation programs in developing countries: A review of some key issues and suggestions for improvements", *Environmental Management*, vol. 37, pp. 1-14, 2006.
- [6] C. Aponte, V. Salas, "Estado de Conservación del Parque Nacional Dinira", Bioparques, 21 pp., 2004. Consulta: 18 de julio de 2016. [en línea]. Disponible: www.parkswatch.org.
- [7] C. R. Margules, R. L. Pressey, "Systematic conservation planning", *Nature*, vol. 405, pp. 243-253, 2000.
- [8] D. P. Shrestha, J. A. Zinck, "Land use classification in mountainous areas: Integration of image processing, digital elevation data and field knowledge (application to Nepal)", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 2001, pp. 78-85, 2001.
- [9] E. Chuvieco, *Fundamentos de teledetección espacial*, segunda edición. Ediciones RIALP, S.A, Madrid, España, 1995, pp 282.
- [10] E. Ferrer-Veliz, H. de Paz y Bautista, "Análisis ambiental de la Región Centro-Occidental de Venezuela. Perfil ecológico regional, correlación de variables fisiográficas, fitofisionómicas, climáticas y vivenciales e interdependencia entre sistemas naturales y sociales", Fundación para el Desarrollo de la Región Centro-Occidental (FUDECO), Barquisimeto, Venezuela, 1985, pp. 179-199.
- [11] E. F. Lambin, B.L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel, J. Xu, "The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, vol. 11, pp. 261-269, 2001.
- [12] *ERDAS Field Guide*, ERDAS, Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, Atlanta, USA, 2002, pp 686.
- [13] *ERDAS IMAGINE 2014: Minor release 1 release notes*, ERDAS, Hexagon Geospatial, 2014, pp 19.
- [14] E. Yerena, comunicación personal. Abril, 2017.
- [15] E. Yerena, S. García-Rangel, "The implementation of an interconnected system of protected areas in the Venezuelan Andes", en *Connectivity conservation management: a global guide*, Earthscan, Londres, UK, 2010, pp. 233-244 pp.
- [16] FER (Frente Ecológico Regional), "Proyecto Parque Nacional "Dinira" Sierra de Barbacoas", Informe de Inparques, Los Humocaros, Lara, Venezuela, 48 pp, 1988.
- [17] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), "Global Forest Resources Assessment 2005", Rome, Italy, 2005. Consulta: 8 de mayo de 2017. [en línea]. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm>.
- [18] *Getting Started with ENVI*, ENVI, Boulder, Colorado, 2009, pp. 234.
- [19] G. Molina, A. Albarra, "Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela", *Revista Colombiana de Geografía*, vol. 22, pp. 25-40, 2013.
- [20] Gobernación del estado Lara, "Diagnóstico para el Plan de Ordenación del Territorio del Estado Lara (POTEL)", 2008. Consulta: 20 de mayo de 2017. [en línea]. Disponible: http://musquito.net.ve/legislacion/documentos/POTEL_SIN_TESIS_DIAGNOSTICO.pdf.
- [21] G. Ren, A. X. Zhu, W. Wang, W. Xiao, Y. Huang, G. Li, D. Li, J. Zhu, "A hierarchical approach coupled with coarse

- DEM information for improving the efficiency and accuracy of forest mapping over very rugged terrains”, *Forest Ecology and Management*, vol. 258, pp. 26-34, 2009.
- [22] H. Nagendra, “Using remote sensing to assess biodiversity”, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 22, pp. 2377-2400, 2001.
- [23] J. A. Foley, R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, P. K. Snyder, “Global consequences of land use”, *Science*, vol. 309, pp. 570-574, 2005.
- [24] J. A. Naveda, comunicación personal. Octubre, 2016.
- [25] J. A. Naveda, E. O. Yerena. (2010, Octubre). Sistema de Parques Nacionales de Venezuela: Una evaluación aproximada de su situación actual. Presentado en el Simposio Investigación y Manejo de Fauna Silvestre en Venezuela, pp. 225-246. Consulta: 7 de julio de 2017. [en línea]. Disponible: https://www.academia.edu/9805324/SISTEMA_DE_PARQUES_NACIONALES_DE_VENEZUELA_UNA_EVALUACION_APROXIMADA_DE_SU_SITUACION_ACTUAL.
- [26] J. J. Parsons, “The Northern Andean environment”, *Mountain Research and Development*, vol. 2, pp. 253-264, 1982.
- [27] J. P. Rodríguez, K. M. Rodríguez-Clark, “Even “paper parks” are important”, *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 16, 17 pp. 2001.
- [28] J. R. Jensen, *Introductory digital image processing, A remote sensing perspective*, 2nd edition. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, USA, 1996, pp. 544.
- [29] L. Acurero, A. Jimenez, “Un Parque Nacional Nuevo para la Sierra de Barbacoas – Informe Preliminar”. Cabudare, Lara, Venezuela. Mecanografiado. 20 pp. 1987.
- [30] M. Ataroff, F. Rada, “Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest”, *Ambio.*, vol. 29, pp. 440-444, 2000.
- [31] M. Rodríguez, R. F. Smith, “El Parque Nacional Terepaima: Fundamentos para su creación. Ecología del Estado Lara”, *Biollania*, Talleres Gráficos del Congreso de la República, Guanare, Venezuela, 13 pp., 1991.
- [32] P. Aplin, “Remote sensing: Land cover”, *Progress in Physical Geography*, vol. 28, pp. 283-293, 2004.
- [33] P. Aplin. “Remote sensing: Ecology”, *Progress in Physical Geography*, vol. 29, pp. 104-113, 2005.
- [34] *PCI Geomatics Releases Geomatica 2016*. PCI Geomatics Markham, Ontario, Canada, 2016, 1 pp.
- [35] República de Venezuela. 1988. Decreto de Creación: Parque Nacional Dinira. Gaceta Oficial N° 34120 del 22/12/1983.
- [36] R. F. Smith, M. Salazar de Rodríguez, “Vegetación del Estado Lara. Ecología del Estado Lara”. *Biollania*, Talleres Gráficos del Congreso de la República. Guanare, Venezuela, 13 pp., 1991.
- [37] R. Piña, comunicación personal. Mayo, 2016.
- [38] R. Richter, “Correction of satellite imagery over mountainous terrain”, *Applied Optics*, vol. 37, pp. 4004-4015, 1998.
- [39] R. Richter, T. Kellenberger, H. Kaufmann, “Comparison of topographic correction methods”, *Remote Sensing*, vol. 1, pp. 184-196, 2009.
- [40] S. Chape, J. Harrison, M. Spalding, I. Lysenko, “Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 360, pp. 443-455, 2005.
- [41] S. García-Rangel, “Ecology and Conservation of the Spectacled Bear in Venezuela”, Tesis de Doctorado, Universidad de Cambridge, Cambridge, Inglaterra, 2011.
- [42] S. Pérez. (1991). Evaluación Geoquímica preliminar de la cuenca alta del río Tocuyo (Jabón – Dos Cerritos). Presentado en la XLI Convención Anual de AsoVAC, Maracaibo, Venezuela.
- [43] S. Schwartzman, A. Moreira, D. Nepstad, “Rethinking tropical forest conservation: perils in parks”, *Conservation Biology*, vol. 14, pp. 1351-1357, 2000.
- [44] V. Gómez, P. Borges, I. Montañó-Astros, O. Casañas, “Estrategia nacional para la conservación de la diversidad biológica de la República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente”, Caracas, Venezuela, pp. 138, 2010.
- [45] V. Olaya. 2014, *Sistemas de Información Geográfica. Un Libro Libre*. Consulta: 7 de julio de 2017. [en línea]. Disponible: <http://volaya.github.io/libro-sig/>.
- [46] W. F. Laurance, “Reflections on the tropical deforestation crisis”, *Biological Conservation*, vol. 91, pp. 109-117, 1999.
- [47] Y. Gao, W. Zhang, “A simple empirical topographic correction method for ETM+ imagery”, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30, pp. 2259-2275, 2009.
- [48] Y. Madi, J. Vázquez, A. León, J. Rodríguez, “Estado de Conservación de los Bosques y otras Formaciones Vegetales en Venezuela”, *BioLlanmia Edición Esp.*, vol. 10, pp. 303-324, 2011.



Jesús A. Aguiar E. Oriundo de Guanare, estado Portuguesa, Venezuela, nacido el 4 de enero de 1994. Obtuvo la licenciatura en Biología con mención en ecología, en la Universidad Central de Venezuela, en Caracas, Venezuela, en 2017. Su principal área de estudio son las tecnologías

geoespaciales, particularmente los sistemas de información geográfica y sensores remotos en su sentido más amplio.

Durante su carrera, se ha desempeñado como AUXILIAR DOCENTE en la Universidad Central de Venezuela, en las cátedras de ecología vegetal, ecología de poblaciones y comunidades animales, y evolución. Actualmente ocupa el cargo de ANALISTA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SENSORES REMOTOS en Provita ONG, en Caracas Venezuela.

Lcdo. Aguiar.

