

Protocolo

Directrices para el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y la diversidad florística para la República Bolivariana de Venezuela

**Directrices para el análisis espacial y la representación cartográfica
de la distribución de especies de flora y la diversidad florística para la
República Bolivariana de Venezuela**

Caracas, 2021

INDICE

INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	7
ALCANCE	7
1. MATERIALES	7
1.1. ÁREA DE ESTUDIO	7
1.2. DATOS DE ESPECIE	8
1.2.1. Datos primarios	8
1.2.2. Bases de datos	10
1.2.3. Publicaciones	11
1.2.4. Inventarios	11
1.3. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	11
1.3.1. Productos nacionales	11
1.3.2. Productos globales	12
1.3.3. Datos de sensores remotos	13
2. CRITERIOS CARTOGRÁFICOS	14
2.1. Aspectos conceptuales básicos	15
2.2. Escala y cubrimiento cartográfico nacional	16
2.3. Unidad Mínima Cartografiable (UMC) y definición de celdas de análisis y de representación cartográfica	17
2.4. Proyección Cartográfica	18
2.5. Leyenda	18
3. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ESPECIE DE FLORA (BDEF) DE VENEZUELA	19
3.1. Recolección de datos de especies de flora	19
3.1.1. Recopilación de los datos de herbarios	19
3.1.2. Descarga de registro de especie del Global Biodiversity Information Facility (GBIF)	19
3.1.3. Recopilación de los datos bibliográficos	21
3.1.4. Recopilación de datos de campo	22
3.2. Asignación de coordenadas	23
3.2.1. Mediante herramientas SIG	24
3.2.2. Mediante herramientas de Teledetección	29
3.3. Control de calidad	30
3.3.1. Control de calidad con base a las unidades administrativas	31
3.3.2. Control de calidad mediante la identificación de puntos atípicos	32

3.3.3.	Control de calidad mediante la identificación de los nombres científicos	33
4.	INSTALACIÓN DE LOS PROGRAMAS Y PREPARACIÓN E IMPORTACIÓN DE LOS DATOS	34
4.1.	Descarga e instalación de DIVA-GIS, Maxent y QGIS	34
4.1.1.	Descarga e instalación del DIVA-GIS.....	35
4.1.2.	Descarga e instalación de Maxent	37
4.1.3.	Descarga e instalación del QGIS	39
4.2.	Preparación e importación de los datos de la BDEF	40
4.2.1.	Importar puntos de presencia de la BDEF a DIVA-GIS.....	41
4.2.2.	Importar puntos de presencia de la BDEF a Maxent	42
4.3.	Preparación e importación de las capas ambientales	44
4.3.1.	Análisis de los componentes de las capas ambientales.....	44
4.3.2.	Homogenización de los modelos y formatos de datos	45
4.3.3.	Homogenización del sistema de proyección y el datum	47
4.3.4.	Importación de las capas ambientales	49
5.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL Y LA GENERACIÓN DE LOS MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIE DE FLORA EN VENEZUELA	51
5.1.	Selección de las especies características, endémicas e indicadoras	51
5.1.1.	Revisión de los listados de especies	52
5.1.2.	Selección de especies características.....	55
5.1.3.	Selección de especies endémicas	56
5.1.4.	Selección de especies indicadoras.....	57
5.2.	Distribución de especies	57
5.3.	Modelo de distribución potencial de especie (MDPE)	59
5.3.1.	Visualización de las variables.....	59
5.3.2.	Análisis exploratorio de datos.....	61
5.3.3.	Modelización de la distribución potencial de especie	63
5.3.4.	Validación del MDPE	64
5.3.5.	Visualización de los resultados.....	66
6.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL Y LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN VENEZUELA	67
6.1.	Definición del enfoque metodológico para la diversidad florística	67
6.2.	Análisis espacial de riqueza específica.....	68
6.2.1.	Exploración de los datos de presencia de flora	69
6.2.2.	Análisis de riqueza de especie	69
6.3.	Evaluación de muestreo segado.....	73

6.4.	Análisis de riqueza mediante la vecindad circular	75
7.	REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	76
7.1.	Etapas del proceso de producción cartográfica.....	77
7.2.	Diagramación cartográfica	77
7.2.1.	Fase 1.....	77
7.2.2.	Fase 2.....	84
7.2.3.	Fase 3.....	84
7.3.	Salidas cartográficas.....	85
7.3.1.	La salida analógica.....	85
7.3.2.	La salida digital	86
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA	94

INTRODUCCIÓN

La República Bolivariana de Venezuela es un país megadiverso, se encuentra entre los diez primeros países con mayor diversidad de organismos (MPPPA, 2010). Su diversidad vegetal se debe entre otras cosas, a su diversidad físico-geográfica la cual la define como un territorio guayanés, amazónico, andino, caribeño, atlántico, llanero y tropical (Vivas, 2012).

Venezuela es un país Neotropical, donde una de las características más sobresalientes de su flora es la riqueza en número de especie, la cual se estima en un poco más de 16.000 especies de plantas vasculares, distribuidas en todas sus zonas de vida o ecosistemas y desde el punto de vista florístico, la mayor riqueza de especies se encuentra en la región Guayana, seguida por los Andes, la Cordillera de la Costa y finalmente los Llanos; de estas especies que conforman la flora vascular del país, 15.820 son nativas o naturalizadas y están agrupadas en 2.480 géneros y 275 familias, donde las angiospermas son las plantas mayormente representadas en el territorio nacional, estas comprenden 87,6% del total de familias y 92,5% de las especies (Hokche, Berry, & Hubert, 2008).

No obstante, este potencial y riqueza a nivel de flora ha sido afectada y transformada, particularmente al Norte del río Orinoco, donde los cambios del uso de la tierra con diferentes fines, han influido de forma considerable sobre la composición florística de los diferentes ecosistemas naturales encontrados allí; paisajes modificados, y en muchos casos sin características parecidas al ecosistema original, evidenciándose en la estructura y composición de varios lugares, ejemplo de ello, el ecosistema bosque, el cual históricamente ha poseído mayor superficie que la actual, puesto que las únicas áreas desprovista de vegetación boscosa se ubicaban en los Andes y en los Llanos Centrales (Wunder, 2003). Evidencia de lo anteriormente expuesto lo reportan Pacheco, Aguado, and Mollicone (2011a), entre 1920 y 2008 los bosques en Venezuela se redujeron en un -26,43% con una tasa promedio anual de -0,30%. Es a partir de los años cincuenta cuando es visible, en varias zonas del país, una reducción paulatina en la superficie cubierta por diferentes formas de bosque (Torres, 2008).

El estudio más reciente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), mediante su programa Evaluación de los Recursos Naturales Mundiales (FRA) del 2020, arrojó que la situación de la deforestación en Venezuela continúa siendo preocupante, a pesar de presentar una reducción en su pérdida de área de bosque (FAO, 2020). Según los datos obtenidos en este último estudio, para el 2020

Venezuela se encontraba cubierta en un 50,45% (46.230.900 ha) de bosque, de las cuales el 83% pertenecen a la Amazonia Venezolana, esta última a su vez representa el 6,2% de los bosques Amazónicos (Eva & Huber, 2005). A pesar de que la mayoría de los bosques del país se encuentra bajo diversas figuras de gestión y protección, como las Reservas Forestales, Lotes Boscosos y Áreas Boscosas Bajo Protección (MPPPA, 2010), el promedio anual de deforestación entre el 2000 y 2010 fue de -164.600 ha/año, entre 2010 y 2015 de -164.400 ha/año y entre 2015 y 2020 de -90.000 ha/año (FAO, 2020).

Mediante una investigación realizada entre el 2005 y 2010, fueron identificadas y analizadas en el país diecisiete (17) áreas "hot spot" de deforestación, ocho (8) al norte del río Orinoco, y nueve (9) al sur del río Orinoco (Pacheco, Aguado, & Mollicone, 2014). Cabe señalar que históricamente el norte del río Orinoco, y en específico los Llanos occidentales, la zona Sur del Lago de Maracaibo y los Andes han sido las zonas del país más afectada por este proceso de deforestación (Catalán, 1992; Guevara, Carrero, Costa, & Magallanes, 2011; Pacheco et al., 2011a; Pacheco, Aguado, & Mollicone, 2011b; Pacheco & Vilanova, 2015; Veillón, 1977), debido principalmente a que el 85% de la población venezolana se encuentra en esta zona (Bevilacqua, Medina, & Cárdenas, 2007), no obstante, la zona sur del río Orinoco también presenta una serie de problemáticas que están reflejadas en la deforestación.

En este sentido, es necesario conocer el estado actual de la diversidad florística del país, mediante su distribución espacial y de las especies más representativas de cada ecosistema. Es por ello por lo que el gobierno nacional, a través del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo (Minec), en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), presentaron el proyecto "Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosque en la Perspectiva Ecosocial (GCP/VEN/011/GFF)", el cual fue aprobado y está siendo financiado actualmente por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

El objetivo del proyecto es integrar la conservación de la diversidad, el manejo sostenible de la tierra y la mitigación del cambio climático; considerando el empoderamiento de las comunidades en la recuperación de las áreas boscosas, así con el mejoramiento en la capacidad del monitoreo forestal, restauración y conservación de las zonas afectadas por procesos de deforestación y degradación del bosque. Tomando como área de estudio la Reserva Forestal Imataca (RFI) específicamente la Unidad-V. Para el logro de estos objetivos, el proyecto está conformado por cuatro componentes: Componente 1: Sistema Nacional Integrado de Información Forestal (SINIIF); Componente 2: Fortalecimiento de capacidades e instrumentos innovadores para el Manejo Forestal Sostenible; Componente 3: Restauración, Conservación y Manejo Forestal Sustentable (MFS)/Manejo Sustentable de Tierras (MST) de bosques en zonas afectadas por

procesos de degradación; Componente 4: Monitoreo y Evaluación del proyecto y diseminación de información.

Específicamente a través del Componente-1 referido al SINIIF, se estableció el resultado 1.1 del proyecto que persigue mejorar la capacidad de evaluación y monitoreo forestal nacional, en el marco del Inventario Nacional Forestal (INF), teniendo como meta monitorear y evaluar ecosistemas forestales a través de protocolos que faciliten la recolección y análisis de datos, incluyendo la generación de mapas temáticos de diversidad.

Para contribuir con estos planteamientos en el Componente 1 se programan ciertas actividades, entre las cuales se encuentra la elaboración de mapas temáticos de la diversidad y su distribución, que se materializarán en setentaicinco (75) cartas temáticas a escala 1:250.000 en el territorio nacional, sobre la distribución de especies de flora y la diversidad florística, considerando la clasificación fitogeográfica del país. En este sentido, el jefe del Componente 1 planteó la realización de un taller de experto que permitiera establecer las directrices metodológicas en la realización de dichas cartas, así como la generación de una propuesta de fitogeografía para el país.

Uno de los resultados de dicho taller se presenta en esta parte del informe, donde se establecieron las estrategias metodológicas que permitirán alcanzar el logro de los objetivos propuestos para la elaboración de las cartas antes mencionadas, mediante el logro de estas estrategias se fortalecerá las capacidades técnicas en el monitoreo y evaluación de los ecosistema, aumentará la información temática disponible, pues se hará uso de técnicas y herramientas geo espaciales para la interpolación de datos y generación de información de diversidad donde existen vacíos, de igual forma a través de estos productos se tendrá una visión actualizada del estado de conservación de los ecosistemas más representativos en la superficie de las 75 cartas a escala 1:250.000.

Es importante destacar que la generación de información geográfica de diversidad, a través de la cartografía descriptiva proveerán a los encargados de la gestión y planificación del territorio y sus recursos, nuevas herramientas para el manejo de capacidades en la priorización de áreas para la conservación de especies y hábitats amenazados; establecer directrices de gestión y mejora de la calidad ambiental, así como de herramientas para la valoración de todo tipo de impactos ambientales; entre otras. Finalmente se estará contribuyendo con la superación de las barreras que amenazan la integración de la conservación de la diversidad, el manejo sostenible de la tierra y la mitigación del cambio climático en el sector de la agricultura, forestal y otros usos de la tierra (FAO-GEF, s/f).

OBJETIVOS

GENERAL

Definir las directrices metodológicas para el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y la diversidad florística para Venezuela.

ESPECÍFICOS

- Establecer la metodología para el análisis espacial y la generación de los mapas de distribución de especie de flora en Venezuela.
- Determinar la metodología para el análisis espacial y la realización de mapas de diversidad florística en Venezuela.

ALCANCE

Estas directrices deberán ser consideradas como línea base por la Fundación Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA), para el cumplimiento de su Producto 1 (P/1) "Realización de Cartas de Temáticas a Escala 1:250.0000, sobre Biodiversidad de la Vegetación a Nivel Nacional. Código: P1.1.5-P1-IFCA2".

Las directrices acá presentadas podrán ser tomadas en consideración por cualquier país tropical para que realice su inventario de diversidad florística y distribución de especie, de cara a establecer políticas públicas para la conservación y preservación de las especies vegetales.

De igual manera, estas directrices podrán ser consideradas como una guía científica y académica, para el estudio de la diversidad florística y la distribución de especie de cualquier área de interés.

1. MATERIALES

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para el análisis y la generación de los mapas de distribución de especie de flora y de diversidad florística corresponde a las de 916.445 Km², de la superficie de Venezuela, esta se divide en 23 Estados y el Distrito Capital, excluyendo las dos terceras partes del territorio de la Zona en Reclamación de acuerdo con el Tratado de Ginebra del 7 de febrero de 1966. En la figura 1, se localiza el área de estudio, la cual fue obtenida de la cartografía oficial del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

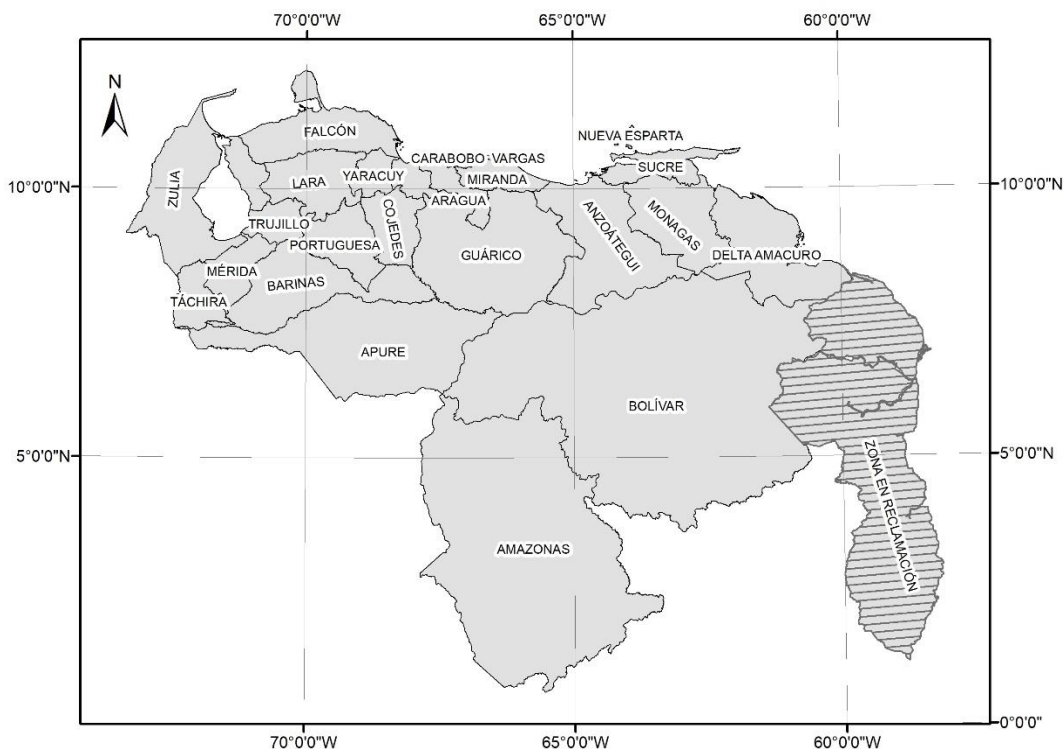


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: (<http://www.igvsb.gob.ve/geoportales.html>). Fuente: Elaboración propia

1.2. DATOS DE ESPECIE

Los datos de especie se encuentran localizados en diversas fuentes, que fueron agrupadas en datos primarios, bases de datos, publicaciones e inventarios.

1.2.1. Datos primarios

La primera fuente científica que se debe considerar son los datos de las colecciones botánicas, que se encuentran en los herbarios, en estas se deben tomar en cuenta las plantas con suficientes vouchers, ya que han sido las más conocidas y estudiadas.

Existen dos grupos de herbarios, los nacionales y los internacionales. Los herbarios nacionales fueron fundados desde el año 1921, cuando se creó el Herbario Nacional de Venezuela (VEN) en Caracas, luego en 1967 se creó el Herbario Micológico Albert S. Muller (VIA) en Maracay, y en 1940 el Herbario del Departamento de Botánica de la Fundación la Salle (CAR) en Caracas.

En los actuales momentos Venezuela cuenta con 27 herbarios, con diferentes números de especíms. En la figura 2, se presenta un resumen de los herbarios y ficotecas existentes hasta el año 1998 (Huber et al., 1998).

Herbario	Sigla internacional	Año fundación	No. especíms.
H. Nacional de Venezuela (FIBV, Caracas)	VEN	1921	300.000
H. Micológico Albert S. Muller (CENIAP-FONAIAP, Maracay)	VIA	1937	6.000
H. del Depto. de Botánica (Fund. La Salle, Caracas)	CAR	1940	17.500
H. Víctor Manuel Badillo (UCV, Maracay)	MY	1949	100.000
H. Ciencias Forestales (ULA, Mérida)	MER	1952	55.000
Ficoteca Inst. Oceanogr. (UDO, Cumaná)	*	1960	6.000
H. Isidro Rafael Bermúdez R. (UDO, Cumaná)	IRBR	1970	15.000
H. Luis Ruiz Terán (ULA, Mérida)	MERF	1970	35.000
H. del Depto. de Agronomía (UDO, Jusepín/Maturín)	UOJ	1971	10.000
H. Francisco Tamayo (UPEL, Caracas)	*	1973	5.000
H. Víctor Manuel Ovalles (UCV, Caracas)	MYF	1974	16.000
H. del Depto. de Botánica (UCLA Barquisimeto)	UCOB	1974	5.000
H. de la Fundación La Salle (EDIAGRO, S. Carlos de Cojedes)	*	1975	5.000
H. del Dpto. de Botánica (LUZ, Maracaibo)	HERZU	1975	12.000
H. Rafael Alberto Escobar Lara (IUPE, Maracay)	IPMY	1976	3.500
H. del Dpto. de Investigación (IUTAG, Coro)	CORO	1978	14.000
H. Julian A. Steyermark. (SADA-Amazonas, Pto. Ayacucho)	TFAV	1980	10.000
H. Universitario (UNELLEZ, Mesa de Cavacas)	PORT	1981	100.000
Ficoteca Fund. La Salle (EDIMAR, Punta de Piedras)	*	1982	25.000
H. del Jardín Botánico de Maracaibo (Maracaibo)	*JBM	1983	6.000
Col. refer. CVG-EDELCA (S. Ignacio de Yuruaní)	*	1986	1.000
H. Museo Ciencias Naturales (USB, Caracas)	*	1990	5.000
H. Regional de Guayana (UNEG/FJBO, Ciudad Bolívar)	GUYN	1992	5.000
Col. refer. Fundación Branger (El Baúl)	*	1992	2.000
H. Fac. de Ciencias, Museo de Biología (LUZ, Maracaibo)	*HMBLUZ	1993	4.000
H. del Centro Jardín Botánico (ULA, Mérida)	MERC	1995	20.000
H. J.J. Pacheco (UNET, San Cristóbal)	*	1997	?
Col. refer. (UNELLEZ, Barinas)	*		

* Herbarios no registrados en el *Index Herbariorum* (1990).

Figura 2. Resumen de herbarios y ficotecas existen en Venezuela en 1998. Fuente: Tomado de Huber et al., (1998)

Especialmente estos herbarios y ficotecas, se ubican en diferentes estados del país, destacándose el Distrito Capital, y los estados Aragua, Mérida y Zulia con tres cada uno, tal y como se visualiza en la figura 3.

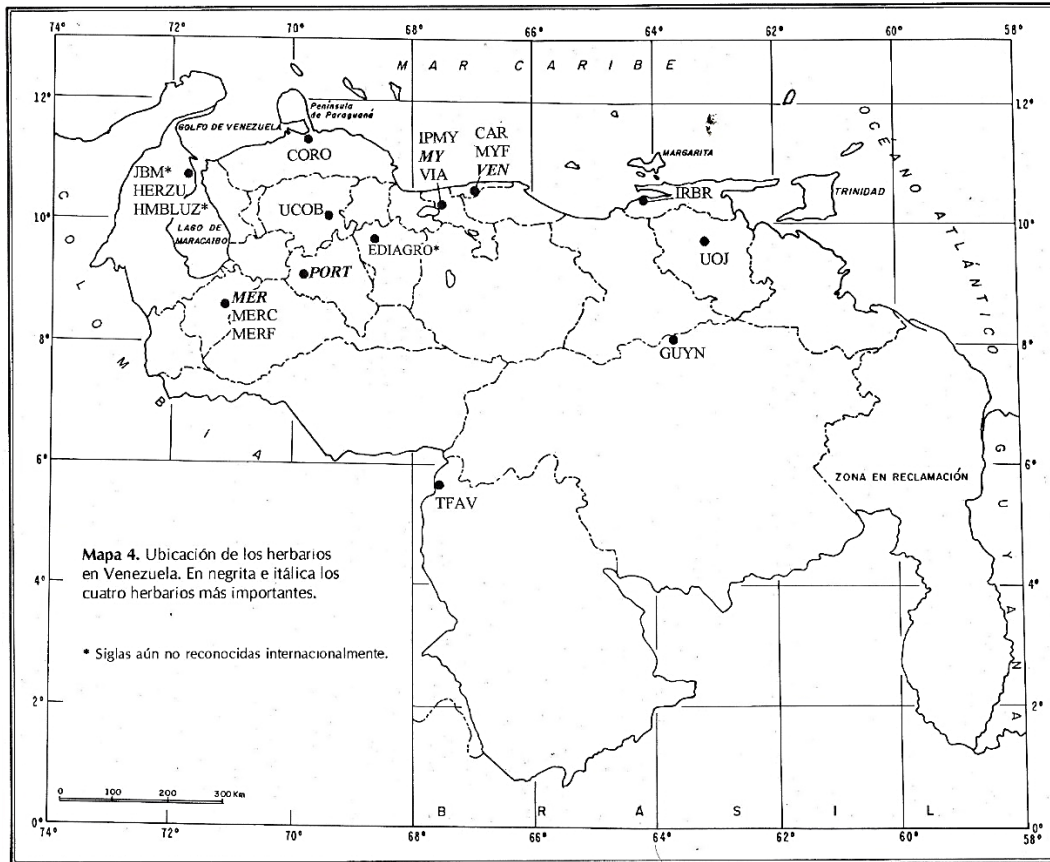


Figura 3. Ubicación de los herbarios y ficotecas existentes en Venezuela en 1998. Fuente: Tomado de Huber et al., (1998)

A nivel internacional se cuenta con los herbarios de Chicago, Nueva York y Missouri, Kew, Natural, entre otros. En los cuales existen reportes de los datos de presencia de especies de flora de Venezuela, estos se pueden consultar de manera digital a través de sus portales web.

1.2.2. Bases de datos

Dentro de las bases de datos de especies a considerar, se encuentra The Plant List (TPL), una lista de trabajo de todas las especies de plantas conocidas por la comunidad botánica en respuesta al Objetivo 1 de la Estrategia Mundial para la Conservación de las Plantas 2002-2010 (GSPC), el acceso a esta lista se encuentra a través de la página <http://www.theplantlist.org/>, esta base de datos se debe utilizar para determinar correctamente los nombres científicos de las especies de flora.

De igual manera, se debe utilizar la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF) ubicada en la dirección <https://www.gbif.org/>, con la finalidad de determinar, por un lado, los datos de presencia de especies de flora que han sido reportadas en Venezuela, y, por otro lado, obtener de estos datos los que posean coordenadas geográficas, con el objetivo de integrarlos a la Base de Datos de Especie de Flora (BDEF) que se debe crear para realizar el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y la diversidad florística.

Asimismo, se podrán utilizar de manera auxiliar otras bases de datos especializadas como las de RAINFOR (www.rainfor.org/), CEOS, IPCC (<https://www.ipcc.ch/>), GTOS, GOF-C-GOLD (<https://gofcgold.org/>), FRA (www.fao.org/forest-resources-assessment/es/) y GFOI (<https://www.earthobservations.org/>).

1.2.3. Publicaciones

Se debe revisar el catálogo de la flora de Venezuela, y los catálogos de las diferentes regiones donde se hayan generado. Además, se debe realizar un inventario de los reportes científicos generados hasta el momento, dicho inventario se debe enfocar en recopilar y sintetizar información descriptiva asociada a inventarios forestales, ecológicos y silviculturales, los cuales van a permitir, por un lado, revisar los transeptos levantados de series, geoserias y geosigmetun, productos de investigaciones, y, por otro lado, revisar los listados de especies publicados, lo cual va a proporcionar información de la diversidad Gamma. Esta información se encuentra localizada en artículos científicos de revistas especializadas, en las bibliotecas de la ULA, UNELLEZ, UNEG, entre otras. También se consultarán grupos de investigación como el ICAE, INDEFOR, IVIC, Diversidad biológica del Minec, entre otros.

1.2.4. Inventarios

Se deben utilizar los datos de las parcelas levantadas hasta el momento del Inventario Nacional Forestal (INF), los cuales fueron generados por la Dirección General de Patrimonio Forestal del Ministerio Popular para el Ecosocialismo (Minec), mediante un diseño de muestreo multietápico, que consistió en subdividir el territorio nacional en Bloques de 100 de alto por 150 Km de ancho. Cada uno de estos bloques representa una carta a escala 1:250.000 según el Índice de Cubrimiento Cartográfico del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), estas cartas se dividieron en celdas de 10 x 10 km, de las cuales se seleccionaron sistemáticamente por carta, 6 celdas para realizar el inventario.

1.3. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se debe recopilar información cartográfica en formato vectorial y ráster, analógica y digital, y básica y temática, de los factores físicos-ambientales y socio-económico, a diferentes escalas, 1:100.000, 1:250.000 y 1:2.000.000, entre otras. A continuación, se describe dicha información cartográfica, las cuales se agruparon, en productos nacionales, productos globales y datos de sensores remotos.

1.3.1. Productos nacionales

La información cartográfica generada en el país, en su gran mayoría son el resultado de proyectos realizados por instituciones gubernamentales, universidades y centros de investigación. Esta información se debe utilizar tanto para realizar el análisis espacial, como para generar la cartografía de distribución de especies de flora y de diversidad florística. En la tabla 1 se describe dicha información que será utilizada dentro de la presente propuesta.

Tabla 1. Productos cartográficos nacionales

Proyecto	Año	Producto	Formato	Escala
Alfonso Freile	1962	Mapa de Fisiográfico de Venezuela	Raster	1: 2.000.000
Huber y Alarcón	1988	Mapa de vegetación	Raster y vectorial	1:250.000
SIGOT (Sistema de Información para la Gestión y Ordenación del Territorio) (http://www.igvsb.gob.ve/geoportales.html)	2006	Cartografía básica de toda Venezuela, contentiva de las capas vectoriales de: vialidad, hidrografía, centros poblados, toponimia, división político territorial, entre otras.	Vectorial	1:100.000
Manejo de los Recursos Naturales y Ordenamiento de Tierras (MARNOT)	2007	Cartografía Temática de toda Venezuela (geología, litología, fisiografía, suelos, vegetación, isoyetas, isotermas, generada por el proyecto, uso actual de la tierra)	Vectorial	1:250.000
Huber y Oliveira-Miranda	2010	Mapa de vegetación	Raster y vectorial	1: 2.000.000
Inventario Forestal Nacional (INF)	2014	Mapa de Cobertura Vegetal	Vectorial	1: 2.000.000
Madi Yamil	2014	Mapa Ecosistemas de Venezuela	Vectorial	1:250.000

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Productos globales

Con respecto a la información cartográfica de los productos globales, que recientemente están siendo populares para realizar estudios ambientales a nivel global, regional y nacional, son generados de manera similar que los productos nacionales, por institutos de investigaciones de reconocida trayectoria. En la tabla 2 se muestran los productos que son de interés para el análisis espacial y la generación de la cartografía de distribución de especie de flora y diversidad vegetal.

Tabla 2. Productos globales

Proyecto	Año	Producto	Formato	Dirección electrónica
RADAR	2007	Modelo Digital de Elevación de 90 m SRTM	Raster	https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/
WordClim	2016	19 variables bioclimáticas 11 variables de temperatura y 8 variables de precipitación.	Raster	https://www.worldclim.org/
FAO	1971-1981	Mapas de suelo, (escala 1: 25000000) data de (12 órdenes de taxonomía de suelos, acidez y alcalinidad).	Raster	http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/
Avitabile et al.	2016	Biomasa aérea	Raster	www.wageningenur.nl/grsbiomass

USGSV	2014	NDVI	Raster	https://earthexplorer.usgs.gov/
Bioclim		16 variables bioclimáticas y datos de radiación solar.	Raster	https://www.climond.org/BioclimRegistroy.aspx
ecoClimate	(1950-1999), históricas (1900-1949), preindustriales (~1760).	Datos de 19 variables generadas por Worldclim y adicionalmente dispone de otras 48 variables como valores mensuales de temperatura (media, máxima y mínima) y de precipitación.	Raster	(ecoClimate.org)
MERRAclim	1980-2019	19 variables bioclimáticas	Raster	https://datadryad.org/resource/doi:10.5061/dryad.s2v81
Climatic Research Unit (CRU) TS3.10	2019	seis variables climáticas en su mayoría independientes (temperatura media, rango de temperatura diaria, precipitación, frecuencia de días húmedos, presión de vapor y nubosidad. variables secundarias (frecuencia del día de las heladas y evapotranspiración potencial	Raster	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/ http://www.cru.uea.ac.uk/ http://badc.nerc.ac.uk/data/cru/ . © 2013 Royal Meteorological Society
Programa superficies reducidas globales de características de suelo seleccionadas (IGBP-DIS)	2000	datos de variables edafológicas 7 superficies de datos: densidad de carbono del suelo, densidad de nitrógeno total, capacidad de campo, punto de marchitamiento, capacidad de agua disponible de perfil, capacidad térmica y densidad aparente.	Raster	http://daac.ornl.gov/daacdata/global_soil/IGBP-SurfaceProducts/comp/readme.txt .
Observación de Recursos de la Tierra y Ciencia (EROS)	2019	Cambio de tierras y producimos productos de datos de cambio de tierras utilizados por investigadores, gestores de recursos y formuladores de políticas en todo el país y en todo el mundo. (satélite Landsat).	Raster	https://www.usgs.gov/centers/eros#/FindData/ProductsandDataAvailable/gtopo30/hydro .

Fuente: Elaboración propia

1.3.3. Datos de sensores remotos

Los datos de sensores remotos que deben emplearse para analizar el estado actual de los ecosistemas en Venezuela serán obtenidos de los sensores TM, ETM+ y OLI, de los satélites Landsat 5, 7 y 8, respectivamente. Las imágenes se podrán descargarán gratuitamente de varias fuentes, la principal será la colección del U.S. Geological Survey's (USGS) (<http://glovis.usgs.gov/>), de igual manera se pueden obtener de la colección de Earth Science Data Interface (ESDI) del Global Land Cover Facility (GLCF) (<http://glcfapp.glc.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>) y de la colección del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

Para ubicar una imagen Landsat en los catálogos electrónicos se utilizará el Sistema de Referencia Mundial (Worldwide Reference System - WRS), sistema global de codificación para

las imágenes Landsat. Este sistema de numeración permitirá conocer la ubicación de una imagen satelital obtenida por los satélites Landsat de cualquier parte del planeta especificando el par ordenado de la imagen, el cual está definido por el Path (órbita aproximada del satélite) y Row (centro nominal de la imagen). En este sentido, el área de Venezuela abarcará 54 imágenes con los Path/Row que se visualizan en la figura 4.

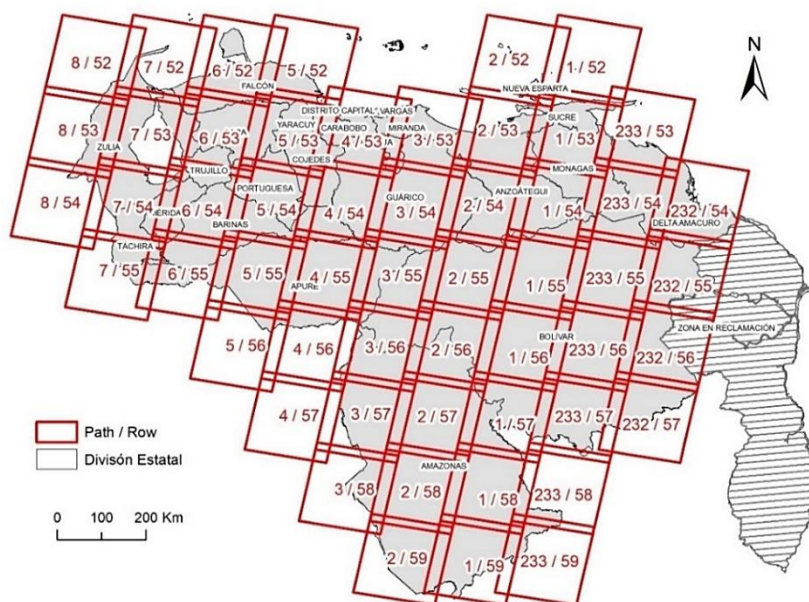


Figura 4. Path/Row de las imágenes Landsat que cubren a Venezuela. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIGOT y del sistema WRS

Adicionalmente a las imágenes Landsat, se deben incorporar para el análisis actual de los ecosistemas, las imágenes Sentinel que deberán ser descargadas igualmente de la colección del U.S. Geological Survey's (USGS) (<http://glovis.usgs.gov/>). Además, se deben utilizar las imágenes de los satélites venezolanos, Miranda (VRSS-1) lanzado el 28 de septiembre del año 2012 y Sucre (VRSS-2) lanzado el 09 de octubre del año 2017, administradas por la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE).

2. CRITERIOS CARTOGRÁFICOS

En el proceso de producción cartográfica uno de los primeros pasos es la definición de los objetivos de la representación cartográfica (Aldana & Flores, 1999), este paso pretende establecer de manera clara y objetiva la relación entre los distintos puntos de vistas del especialista, el cartógrafo y el usuario final acerca del contenido del documento cartográfico, poniendo como premisa: la óptima comunicación del mensaje espacial, el tema y la dimensión de la información a representar, y la tecnología que se empleará. En este caso el tema a representar es la distribución de las especies de flora y la distribución de la diversidad florística, para una extensión territorial definida por el límite de una hoja cartográfica de escala 1:250.000, donde los sistemas informáticos de información geográfica jugarán un rol fundamental en todo el proceso de análisis espacial de las variables a representar y producción cartográfica.

Los siguientes pasos en este proceso, buscan analizar los datos geográficos o variables que se van a representar, desde un punto de vista organizacional referida al levantamiento, análisis y procesamiento y desde un punto de vista cartográfico el establecimiento de una escala de representación, la base cartográfica sobre la cual se representarán los temas, definición del sujeto y componentes de la información, todo lo anterior se puede sintetizar y visualizar en los siguientes criterios y conceptos que enmarcan los objetivos de producción cartográfica, a saber: aspectos conceptuales básicos referidos al tema a representar, la escala y el cubrimiento nacional, la unidad mínima cartografiable (UMC) y definición de celdas de análisis y de representación cartográfica, la proyección cartográfica y la leyenda.

2.1. Aspectos conceptuales básicos

- **Geobotánica:** este estudio estará bajo el enfoque de la ciencia geobotánica, entendiéndose está de acuerdo con Pedrotti (2004) como una ciencia que se ocupa del estudio de las especies y comunidades vegetales en relación con el medio ambiente, apoyada en otras ciencias familiares como la fitogeografía, la ecología vegetal, la corología, y la fitosociología. Las investigaciones geobotánicas encuentran su síntesis en la producción de documentos cartográficos, los cuales constituyen un medio privilegiado de presentación de información y datos científicos de plantas en relación con las condiciones medioambientales.
- **Cartografía Corológica:** como ya se describió en el ítem de consideraciones teóricas, el tipo de cartografía que se realizará está clasificada según la ciencia geobotánica en cartografía Corológica, esta tiene como objetivo representar la distribución espacial de las especies, esta distribución espacial está referida a un rango areal o área de distribución. La distribución de especies será indicada por medio de mapas de localidades también llamados mapas florísticos y mapas de corología cuantitativa (riqueza).
- **Área de distribución:** la descripción del rango areal de las especies seguirán los criterios teóricos establecidos por el método cartográfico, a partir de una grilla de celdas cuadradas de 1 km², en una extensión territorial equivalente al límite cartográfico de la escala 1:250.000 definido para Venezuela.
- **Naturaleza del dato geográfico:** se trata de una variable físico-natural, por un lado, la presencia de especies de flora de carácter puntual, con coordenadas espaciales X y, expresada a través del modelo de representación vectorial tipo punto, y por otro lado diversidad florística, calculada a partir del índice de riqueza, esta variable es cuantitativa, su modelo de representación será tipo ráster y el valor de la riqueza se circunscribe unidad mínima cartografiable (UMC), que es el tamaño mínimo de la grilla establecida (1 km²).
- **Especie:** este estudio se limitará a la representación solamente de especies de flora en Venezuela, el criterio para seleccionar la especie que se va a representar consistirá en la selección minuciosa de especie característica, especie endémica y especie indicadora, referida a una unidad vegetal.
- **Unidad vegetal:** este concepto se refiere a las unidades denominadas: biorregión, ecosistema, y fitocenosis, propuestas y delimitadas por Madi et al. (2014) y Huber and Alarcón (1988).

- Presencia observada de especie: se refiere al punto con localización Xy y otros datos de identificación de la especie de flora.
- Distribución de especies: este concepto está referido a la distribución de la localización de la o las especies seleccionada por unidad vegetal ubicadas en cada hoja cartográfica 1:250.000, a partir de los datos puntuales obtenidos de las bases de datos especializadas, de listas de flora, de datos de colecciones, de publicaciones en artículos científicos, etc.
- Distribución potencial: se refiere a la representación de la idoneidad de presencia de una especie en un espacio geográfico determinado (por ejemplo, en la hoja cartográfica NC-19-13), en función de las variables físico naturales que condicionan la presencia de dicha especie.
- Diversidad Florística: es la variabilidad de las especies de flora, en este documento se mencionará la representación de la riqueza específica de la flora, la cual representa el total de especies por unidad mínima de superficie (1 km²).
- Precisión en la representación cartográfica: según Carreras i, Ariño, Martínez, and Moreno (2004), en cartografía, la precisión es la cualidad de hacer corresponder con exactitud el resultado de la medida de una magnitud en el mapa, con su valor real en el terreno, en cartografía temática, la precisión se enfoca desde varios aspectos importantes: la precisión de la localización, la precisión de los atributos, la precisión en el diseño de los elementos y el conjunto, en estas directrices metodológicas se aplicarán estos criterios para asegurar la precisión del documento cartográfico.

2.2. Escala y cubrimiento cartográfico nacional

Como el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y la diversidad florística se debe realizar para todo el país, la escala empleada debe ser a 1:250.000. A esta escala, el país está cubierto por 75 hojas, las cuales poseen una codificación oficial por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB) (Figura 5), esta codificación se debe utilizarse como base para identificar la representación cartográfica de este producto.

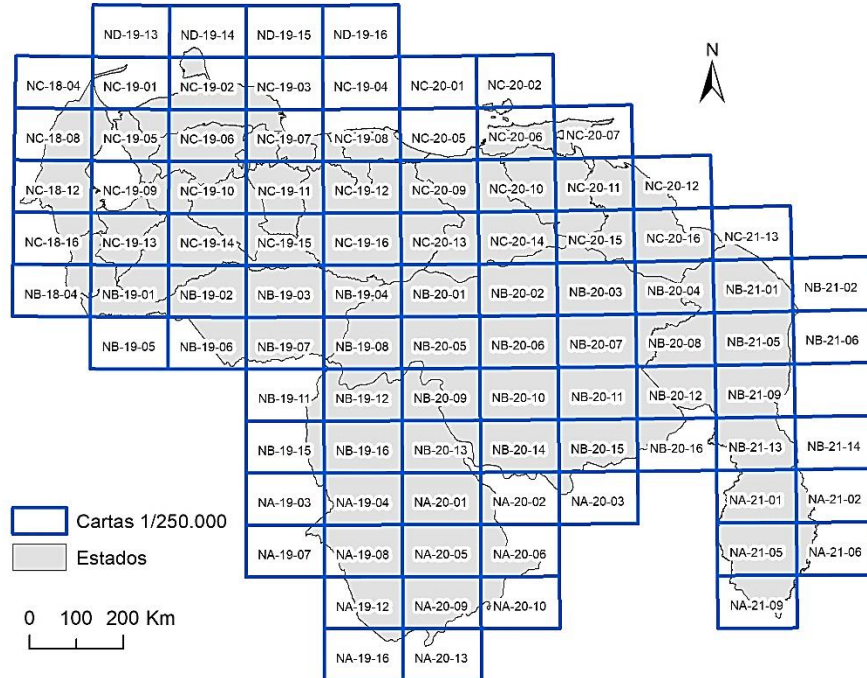


Figura 5. Codificación de las hojas cartográficas a 1:25.000. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIGOT (<http://www.igvsb.gob.ve/geoportales.html>)

2.3. Unidad Mínima Cartografiada (UMC) y definición de celdas de análisis y de representación cartográfica

Para establecer la UMC, se debe asumir como criterio la representación cartográfica final en papel, es decir, el tamaño mínimo detectado e identificado en dicha representación será de 25mm² (Lencinas & Siebert, 2009). Bajo este criterio y considerando la escala, el resultado de la UMC será de 1,25 km por lado o 1,56 km² de superficie, este valor es la base para definir las dimensiones de la celda de análisis y de representación cartográfica de distribución de especie de flora y de diversidad vegetal en la presente propuesta, la cual se asumirá de 1 Km². Lo cual dará por cada carta 18.526 celdas de registro, equivalentes a 18.350 Km² aproximadamente, en la figura 6, se ilustra un ejemplo para la carta NC-19-13.

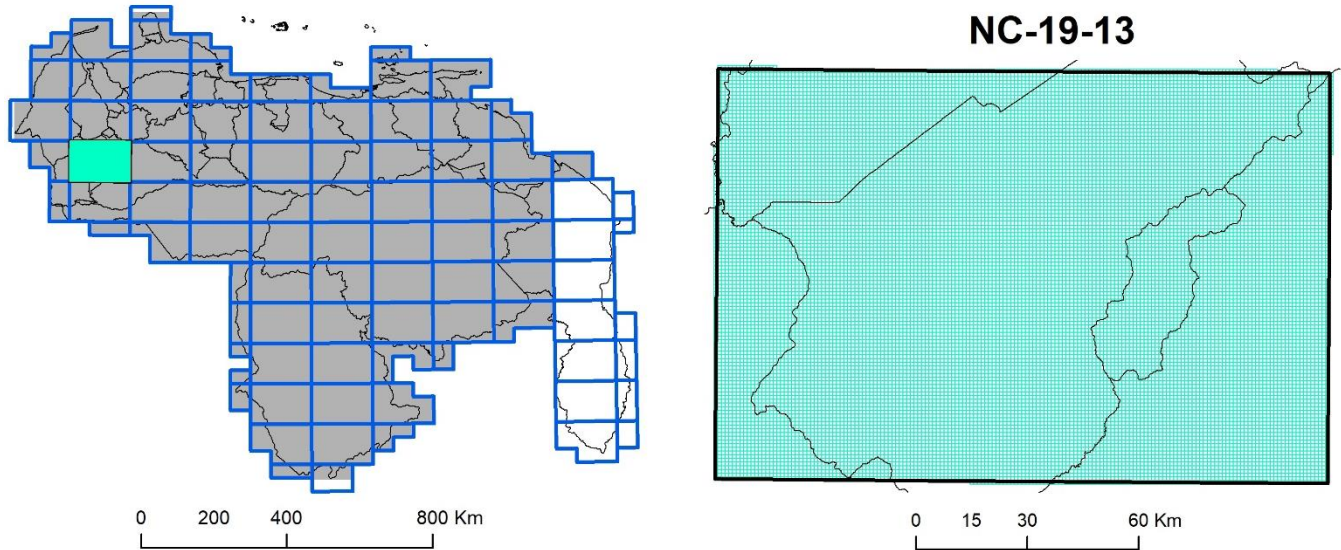


Figura 6. Densificación de la celda a 1 Km², ejemplo para la carta NC-19-13. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIGOT (<http://www.igvsb.gob.ve/geoportales.html>)

2.4. Proyección Cartográfica

Se debe asumir la establecida oficialmente por el IGVSb, según Gaceta Oficial N.º 36.653 de fecha 03-03-99, la cual utiliza la Red Geodésica Venezolana (REGVEN) asociada con el elipsoide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) y como sistema de proyección, la Lambert Conformal Conic. Esta proyección cartográfica será asumida en el Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante los siguientes parámetros, Proyección Conforme Cónica de Lambert, Datum SIRGAS2000 (equivalente al REGVEN), Unidades en metro, Origen de la Longitud: -67, 5º, Origen de la Latitud: 0º, Paralelo Estándar 1: 4º y Paralelo Estándar 2: 9º.

2.5. Leyenda

En relación con la leyenda, cada una de las representaciones cartográficas deberá tener la suya, para la distribución de especies de flora, los resultados deben ser el producto del modelo estadístico logístico probabilístico, es decir, valores de 0 a 1, donde 1 representa la máxima probabilidad de encontrar esa especie de flora en la celda y 0 la no probabilidad de encontrarla, esto debe generar una leyenda representada mediante rangos de probabilidades. Ejemplo de ello, en la figura 7a donde se observan la especie *Coespeletia moritziana* con seis (6) rangos de probabilidades de encontrar dicha especie en cada celda.

Mientras que, para la diversidad florística, los resultados se deben enfocarse en medir la riqueza de especies, es decir, el número de especies por celda, lo cual debe ser representado mediante rangos de números de especies. Ejemplo de ello, en la figura 7b donde se observan siete (7) rangos, desde celdas que poseen cero (0) especies y que poseen de 1 a 73, hasta celdas que poseen de 295 a 367 especie y donde existen no data.

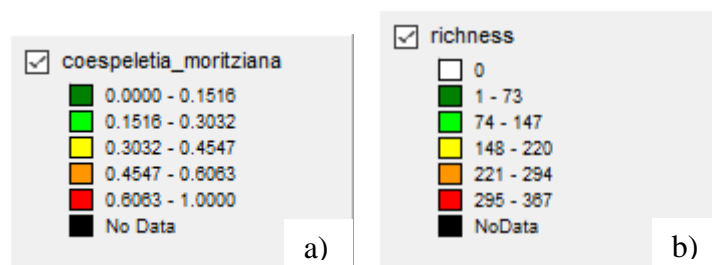


Figura 7. Ejemplo de la leyenda de distribución de especie (a) y diversidad vegetal (b). Fuente: Elaboración propia a partir de las salidas de DIVA-GIS

3. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ESPECIE DE FLORA (BDEF) DE VENEZUELA

La BDEF debe contener los datos de presencia de especies de flora reportadas científicamente en el país, importante para realizar el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y de la diversidad florística, en este sentido, se debe tener como mínimo los campos, de código de identificación, identificación taxonómica de las especies y su ubicación espacial. Para ello, la creación de la BDEF considerará tres etapas, la recolección de datos de especies de flora, la asignación de coordenadas de los individuos y el control de calidad.

3.1. Recolección de datos de especies de flora

Consiste en revisar, seleccionar y descargar, los datos de presencia de las especies de flora que han sido reportados en el país, para ello se emplearán como fuente, la base de datos del portal GBIF, los datos bibliográficos y los datos de campo.

3.1.1. Recopilación de los datos de herbarios

Se deben recopilar datos de los 27 herbarios existentes en Venezuela, cada uno de ellos poseen diferentes números de especímenes, para el año 1998 los cinco primeros herbarios que poseían mayor cantidad de reportes fueron el Herbario Nacional de Venezuela (VEN) con 300.000, los Herbarios Víctor Manuel Badillo (MY) y Universitario (PORT) con 100.00 cada uno, el Herbario de Ciencias Forestales (MER) con 55.000 y el Herbario Luis Ruiz Terán (MERF) con 35.000 (Huber et al., (1998). De estos herbarios lamentablemente el 70% están desmantelados o no operativos.

3.1.2. Descarga de registro de especie del Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

Del GBIF se debe se revisar, seleccionar y descargar los datos de presencia de especies de flora reportados para Venezuela, los cuales son alrededor de 450.616 (Figura 8), de estos 249.697 tienen coordenadas y 233.730 son los que se encuentran de los límites del país, por tal motivo serán considerados en el llenado de la BDEF. Para tener acceso a estos

datos el usuario tendrá que suscribirse en la página del GBIF, una vez inscrito el usuario tiene posibilidad de descargar los datos en formato .csv, estos poseen información relacionada a la taxonomía de cada especie (reino, grupo, clado, orden, familia, genero, especie y nombre científico), país y localidad de recolección, código del GBIF, latitud y longitud en decimales, elevación, fecha de recolección, institución donde se encuentra la muestra y nombre del recolector. De esta información se extraerá el nombre científico, la latitud y la longitud para crear la BDEF y para desplegar los registros en el SIG y así visualizar como se encuentra distribuidas espacialmente las especies en cada uno de los ecosistemas.

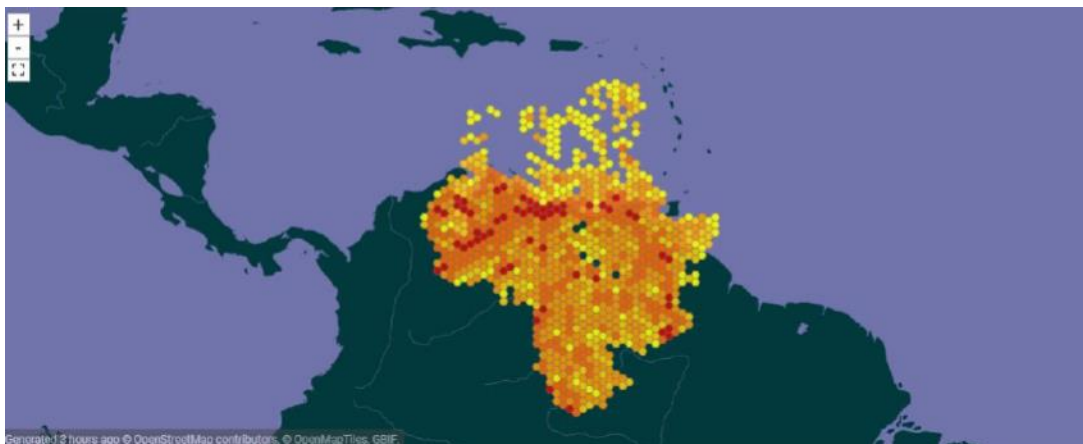


Figura 8. Registros de las especies de flora del GBIF para Venezuela. Fuente: Elaboración propia consulta realizada al portal del GBIF

Los registros del GBIF para Venezuela provienen de 304 organismos internacionales, el 85,4% de estos registros son proporcionados por 10 herbarios y/o organismos, estos se distribuyen de la siguiente manera como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de registro y organismos proveedores de datos al GBIF para Venezuela

N.º	Cantidad de Registros	Organismo proveedor de datos al GBIF
1	158.724	Trópicos Specime
2	96.159	NMNH Extant Specimen Records
3	39.905	Natural is Biodiversity Center (NL)-Botany
4	33.931	Field Museum of Natural History (Botany) Seed Plant Collection
5	26.889	The New York Botanical Garden Herbarium (NY)
6	8.015	A global data base for the distributions of cropwild
7	6.878	The vascular plants collection (P) at the Herbariumof
8	5.229	CSIC-Real Jardín Botánico – Colección de Plantas Vasculares (MA)
9	4.722	Royal Botanic Gardens, Kew - Herbarium Specimens
10	4.524	The System – wide Information Network for Genetic Resources (SINGER)

Fuente: Elaboración propia.

Como ejemplo en la figura 9 se observa dentro del área de la carta NC-19-13 a escala 1:250.000, los ecosistemas 20, 26, 32, 35, 36, 37, 38, 39 y 40 determinados por Madi *et al.*, (2014), sobre estos se localizaron los 11.451 datos de presencia de especies de flora

reportados por GBIF, la mayoría de estos se concentran hacia el centro de la carta donde se ubican los ecosistemas 36, 37, 38 y 39.

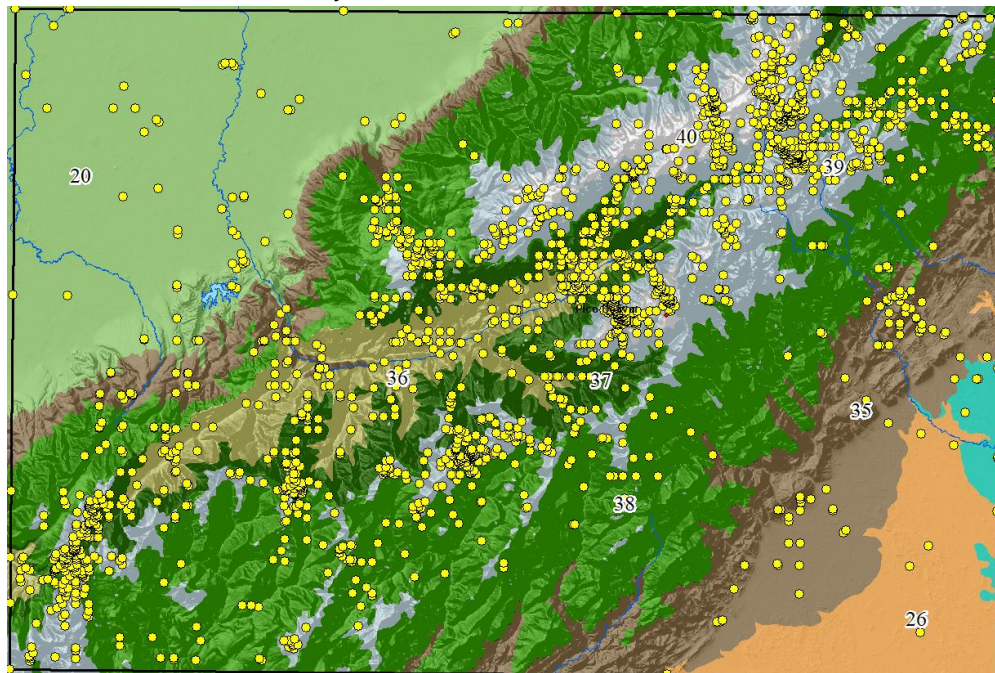


Figura 9. Ubicación de los reportes registrados por el GBIF dentro de los ecosistemas de Madi *et al.*, (2014) y de la carta NC-19-13 (escala 1:250.000). Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ecosistema de Madi *et al.*, (2014) y de los datos del GBIF

3.1.3. Recopilación de los datos bibliográficos

Se deben revisar los datos bibliográficos, los cuales darán el nombre científico de las especies reportadas, y en algunos casos las coordenadas, la ubicación espacial de las parcelas y de los transectos donde fueron levantadas. Estos datos se deben recopilar, en los inventarios (forestales, ecológicos y silviculturales), listados de especies, artículos científicos, tesis de grado, grupos de investigación y del inventario forestal nacional.

Para tener un control sistemático de estos datos, se deben desplegar dentro de cada carta cartográfica a 1:250.000 y sobre el mapa de ecosistemas, con la finalidad, por un lado, de conocer espacialmente la cantidad de información con que se cuenta para el análisis espacial y la representación cartográfica, y, por otro lado, para planificar salidas de campo en las áreas vacías de información dentro de cada carta o ecosistema.

En la figura 10 se visualiza un ejemplo de la carta NC-19-13, donde se ubicaron los ecosistemas determinados por Madi *et al.*, (2014) y sobre estos, 33 parcelas de diferentes tamaños que van desde 500 m² (10m x 5m) hasta 5.000 m² (250m x 20m) cada una de estas posee información de especies con sus respectivos nombres científicos. Es importante resaltar que a excepción del ecosistema 20, 26, 32 y 40, los demás ecosistemas poseen parcelas, asimismo, los ecosistemas 37, 38 y 39 son los que poseen la mayor cantidad de parcelas y los ecosistemas 35 y 36 los menores.

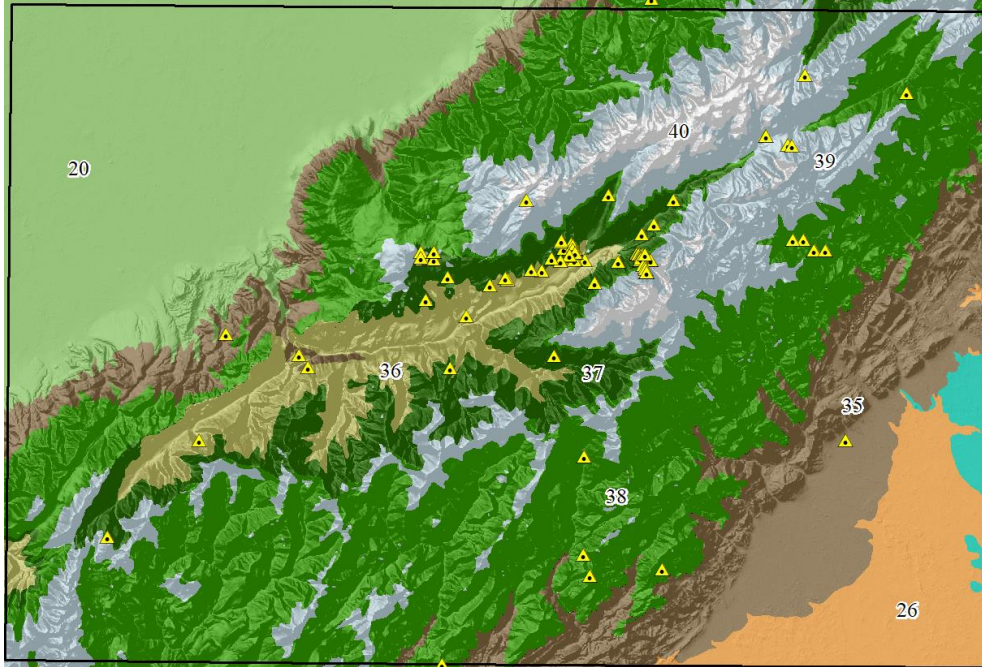


Figura 10. Ubicación de datos bibliográficos (parcelas levantadas) dentro de los ecosistemas de Madi *et al.*, (2014) y de la carta NC-19-13 (escala 1:250.000). Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ecosistema de Madi *et al.*, (2014) y de parcelas consultadas

3.1.4. Recopilación de datos de campo

Debido a que es difícil medir todas las unidades de población dentro de los diferentes ecosistemas, se debe realizar un esfuerzo importante de muestreo, estos deben generarse bajo un diseño que permitan optimizar la relación tiempo-horas-hombre. Al respecto Guariguata and Kattan (2002) expresan en líneas generales que en la medición de la Diversidad, un investigador delimita una parcela de un cierto tamaño y una cierta forma, registra los individuos según su forma de crecimiento y su tamaño (diámetro); para llegar a ello, existen una serie de pasos previos que Matteucci y Colma en 1982 describieron, siendo estos: 1) Selección de la zona de estudio, 2) Determinación del método para situar las unidades de muestreo, 3) Selección del tamaño de la muestra (número de unidades muestrales), 4) Determinación de la forma y tamaño de la unidad muestral (Matteucci & Colma, 1982).

Como ejemplo se puede seguir la metodología propuesta por Gentry (1988), la cual consiste en el establecimiento de parcelas de muestreo que tienen una superficie de 0,1 ha, distribuidas en 10 transecciones, conformadas por franjas de 50 m de largo por 2 m de ancho, 1 m a cada lado de la línea central de la transección (transecto); entre cada transección hay una separación de 10 m (Figura 11). Dentro de esta se deben medir todos los individuos (incluyendo lianas que se entieren dentro de la parcela) con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm. El DAP de cada individuo va a ser medido a 1,30 m del suelo; en los árboles que presentan aletones, la medición se efectuará unos centímetros más arriba del punto donde el tronco se torna regular. En el caso de plantas con tallos múltiples se medirán todos los tallos que tienen un DAP ≥ 10 cm. Para cada individuo, se estimará la altura total y se registrará su identidad, si se tiene duda de ella, se coleccionará una muestra por triplicado para ser procesado e identificado posteriormente.

De manera complementaria, se pueden realizar inventarios fitosociológicos del sotobosque subarbustivo, herbáceo y lianas delgadas con diámetros menores o iguales a 2,5 cm (Regeneración Natural), dentro del área demarcada en las parcelas, en una superficie de 100 m² (en una transección es suficiente o en los primeros 10 m de cada una). Además, se tomarán anotaciones estructurales y ecológicas como topografía, altitud (con altímetro), pendiente (con inclinómetro) y orientación de la pendiente o ladera, así como las coordenadas geográficas (con un GPS).

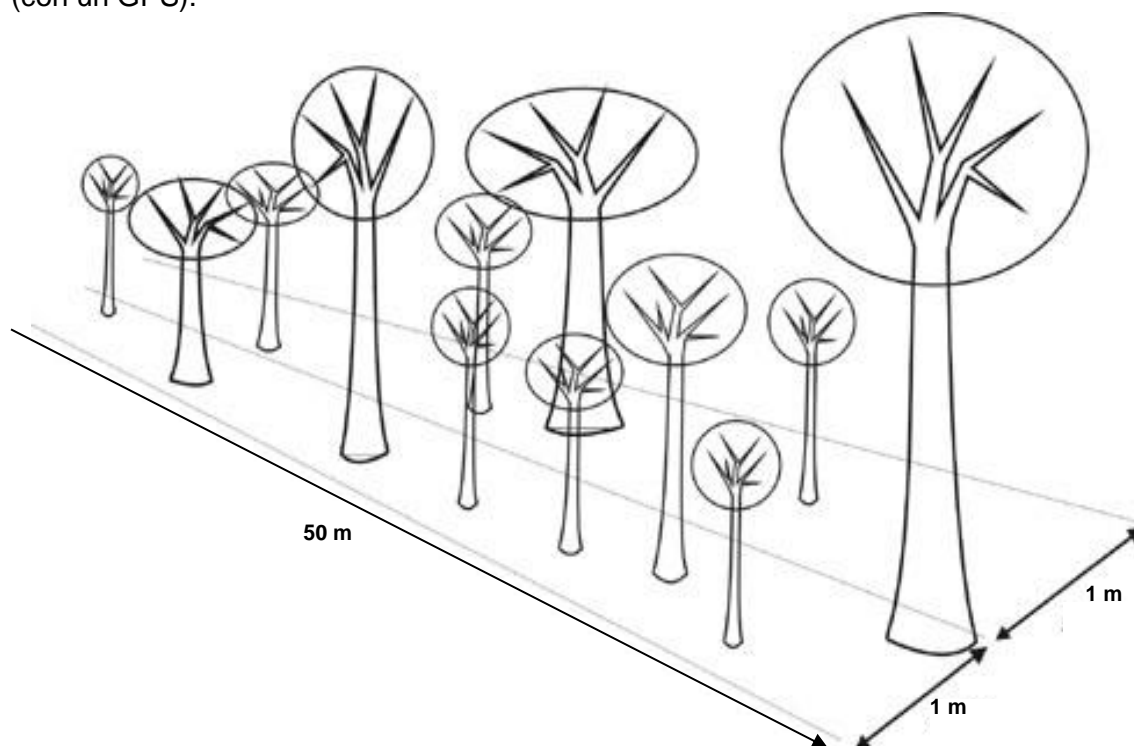


Figura 11. Patrón de la unidad muestral para el establecimiento de parcelas. Fuente: Modelo de parcela de Gentry (1988)

3.2. Asignación de coordenadas

Dependiendo de la fuente de datos, los campos que deben conformar la BDEF se estructuran de diferentes formas: si provienen del GBIF, los campos estarán conformados por el nombre de las especies, latitud y longitud; si provienen de los levantamientos de campo, tendrán adicionalmente, los campos número de parcelas, datum y altitud; y si provienen de la bibliografía, adicionalmente los campos de cita y de referencia bibliográfica.

De estas fuentes, los datos más importantes que se deben considerar para el llenado de la BDEF son, el código de identificación, el nombre de la especie y sus coordenadas. No obstante, la mayoría de los datos a obtener de estas fuentes no poseen las coordenadas de cada individuo, en algunos poseen solamente las coordenadas de los vértices de las parcelas, o una sola coordenada por parcela, o simplemente una descripción del entorno espacial donde se recolectó la muestra. En este sentido, se describen a continuación dos métodos para la asignación de coordenadas a los datos de presencia de especies de flora levantados, el primero, mediante herramientas SIG, y, el segundo, mediante de Teledetección.

3.2.1. Mediante herramientas SIG

Cuando los datos de las parcelas poseen las coordenadas de sus vértices, lo primero que se debe realizar es la homogenización de dichas coordenadas, es decir, transformarlas a coordenadas geográficas de latitud y longitud decimales y llevarlas a la proyección cartográfica establecida por el IGVSB (como se mencionó en el ítem de los criterios cartográficos). Si dichas coordenadas se encuentran en la proyección cartográfica UTM y con el Datum La CANOA, se utilizará el programa de acceso libre Transforven, el cual permitirá transformarlas a la proyección cartográfica Geográfica y al Datum REGVEN (establecido por el IGVSB). A manera de ejemplo en la figura 12, se visualiza la transformación de las coordenadas N 954000, E 262000 de la zona 19 y del sistema REGVEN, que fue transformada a geográfica bajo el sistema REGVEN y La CANOA, y a UTM bajo el sistema La CANOA.

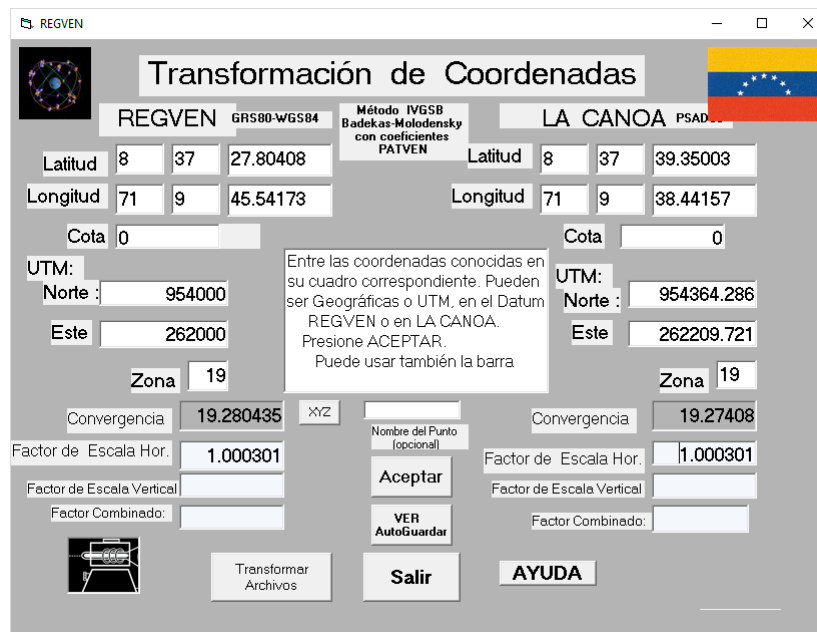


Figura 12. Utilización del Transforven. Fuente: Elaboración propia

De estos resultados se debe utilizar la coordenada geográfica en el sistema REGVEN, es decir, la coordenada de 8 grado 37 minutos 27,80408 segundos de latitud Norte y 71 grado 9 minutos 45,54173 segundos de longitud Oeste. Posteriormente, esta coordenada que se encuentra en formato de grados, minutos y segundo (GMS), se llevará al formato grado decimal (GD), mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$GD = (G + (M/60) + (S/3600))$$

Dónde: GD es coordenadas grados decimales, G es grado, M minutos y S segundos.

El resultado de la aplicación de la fórmula es 8,62439 de latitud Norte y 71,16265 de longitud Oeste. De esta manera, se deben transformar las coordenadas de los diferentes vértices, las

cuales se deben desplegar en el SIG y se generar a partir de estas el polígono de la parcela. Como se conoce solamente el número de individuos por parcela, más no la ubicación espacial de los mismos dentro de esta, se debe generar aleatoriamente un grupo de puntos dentro de la parcela correspondientes al número de datos de presencia de especies de flora levantados en el campo, a estos puntos se les debe determinar las coordenadas y se asociarlas a los datos de presencia de especies, con la finalidad de asignarles las coordenadas. De manera ilustrativa e hipotética se observa en la figura IV.13, el despliegue de cuatro (4) puntos correspondientes a los vértices de una parcela (Figura 13a), luego dichos puntos se utilizaron para generar el polígono de la parcela, que este caso posee una dimensión de 50 m por 50 m (Figura 13b), dentro de este se generó aleatoriamente 44 puntos (Figura 13c), a los cuales se les determina las coordenadas y les asocia a los datos de presencia de especie levantados, tal y como se observa en el figura 14.

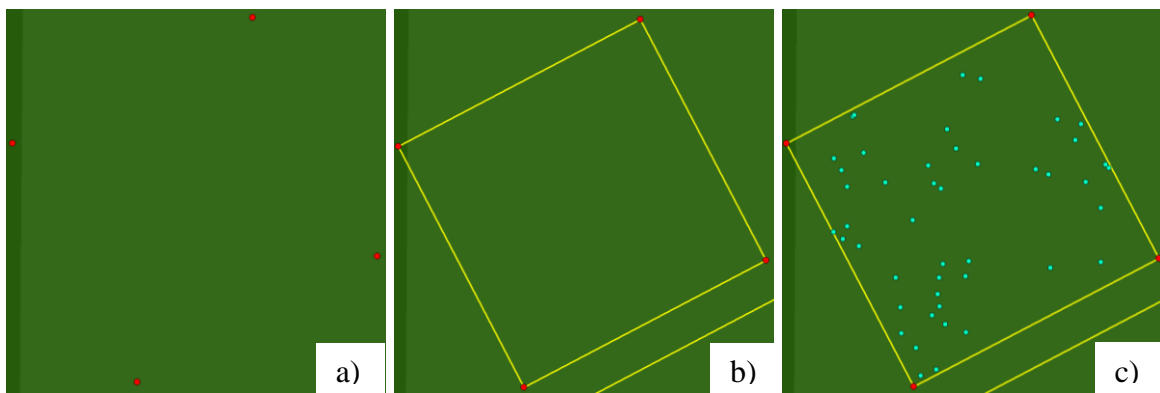


Figura 13. Despliegue de los vértices de la parcela (a), poligonal de la parcela (b) y puntos aleatorios dentro de la parcela (c). Fuente: Elaboración propia a partir de coordenadas de los vértices de una parcela hipotética

	A	B	C
1	Especie	latitud	longitud
2	Montanoa quadrangularis	7.2584175	-71.58435
3	Toxicodendron striatum	7.2584191	-71.58433
4	Wettinia praemorsa	7.2583961	-71.58433
5	Palicourea angustifolia	7.2583772	-71.58433
6	Ficus velutina	7.2583755	-71.58433
7	Ocotea Aciphylla	7.2584347	-71.58433
8	Zanthoxylum melanostictum	7.2584154	-71.58432
9	Coccoloba padiformis	7.2584166	-71.58432
10	Alchornea triplinervia	7.2583689	-71.58431
11	Aniba cinnamomiflora	7.2584196	-71.58431
12	Chrysophyllum argenteum	7.2584223	-71.58431
13	Myrsine peltáida	7.2583866	-71.5843
14	Clusia minor L.	7.2584032	-71.58429
15	Geissanthus fragrans	7.258376	-71.58429
16	Wettinia praemorsa	7.2584082	-71.58428
17	Viburnum tinoides	7.2584043	-71.58428
18	Hedyosmum crenatum	7.2583844	-71.58428
19	Weinmannia multijuga	7.2584327	-71.58427
20	Oreopanax bogotensis	7.2583977	-71.58426
21	Oreopanax bogotensis	7.2584276	-71.58426
22	Miconia tovarensis	7.258413	-71.58425
23	Montanoa quadrangularis	8.45822	-71.4939
24	Alnus Josullensis	8.4555859	-71.4767
25	Aloe vera	8.46244	-71.47327
26	Erythrina poeppigiana	8.4567008	-71.45652
27	Cecropia Sciadophylla	8.4618378	-71.44221
28	Viburnum tinoides	8.4669421	-71.43208
29	Solanum tovarenses	8.4756235	-71.42357
30	Pilocereus lanuginosus	8.4743556	-71.39361
31	Eschweilera sp.	8.4791091	-71.39042
32	Myrcia J.	8.6186205	-71.37266
33	Rubus fraxibundus	8.6184829	-71.37265
34	Stevia lucida	8.6185008	-71.3726
35	Montanoa quadrangularis	8.6185751	-71.37258
36	psidium caudatum	8.6185985	-71.37256
37	Stevia lucida	8.6185594	-71.37251
38	Rubus fraxibundus	8.6185948	-71.37238
39	Ficus maxima	8.6184848	-71.37233
40	Psidium caudatum	8.6185738	-71.37229
41	Thevetia peruviana	8.4817619	-71.3721
42	Cassia bacillaris L.f.	8.6167876	-71.36692
43	Calotropis procera (Ait.) R.Br.	8.6168146	-71.36691
44	Zanthoxylum caribacum	8.6167592	-71.36691
45	Plumeria alba L.	8.6167169	-71.36691

Figura 14. Resultado de la asignación de coordenadas a los datos de presencia de especies de flora levantados en la parcela. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos hipotéticos

Con respecto a los datos de las parcelas que poseen únicamente una coordenada, la metodología empleada será similar a mencionada anteriormente, con la excepción de que dicha coordenada será el centro del polígono de la parcela a generar según las dimensiones que indique la fuente de datos.

En relación con los datos que poseen simplemente una descripción del entorno espacial donde se recolectó la muestra, esta información se puede ubicar espacialmente, utilizando, por un lado, elementos políticos administrativos, como los límites del estado, el municipio, la parroquia y el sector; y, por otro lado, límites de los elementos físicos natural, como la cuenca, la subcuenca, los drenajes y la altitud; los cuales deben ser obtenidos de los datos del IGVSB. Con esta información se puede ubicar espacialmente la parcela y los individuos dentro de esta, aplicando la misma metodología comentada anteriormente.

A manera de ejemplo se ilustra la ubicación y la determinación de coordenadas hipotéticas de los datos de presencia de una especie de flora, reportada en el herbario MER, cuya descripción comenta, “que la especie fue recolectada en Mérida, La Toma Mucuchíes, sector Loma Fila los Chorros entre la quebrada El Banco y Los Buitres”. Con esta descripción se debe ubicar, en primer lugar, el estado, el municipio y la parroquia, esto se debe realizar mediante los archivos

oficiales del IGVSb, específicamente del proyecto MARNOT, a través de su GEODATABASE se deben utilizar los archivos de los estados, municipios y parroquia, junto con la descripción de la especie hipotética, para determinar la ubicación a nivel político administrativo, tal y como se observa en la figura 15, en la cual se ubicó el estado Mérida (Figura 15a), el municipio Rangel (Figura 15b), y la parroquia La Toma (Figura 15c).

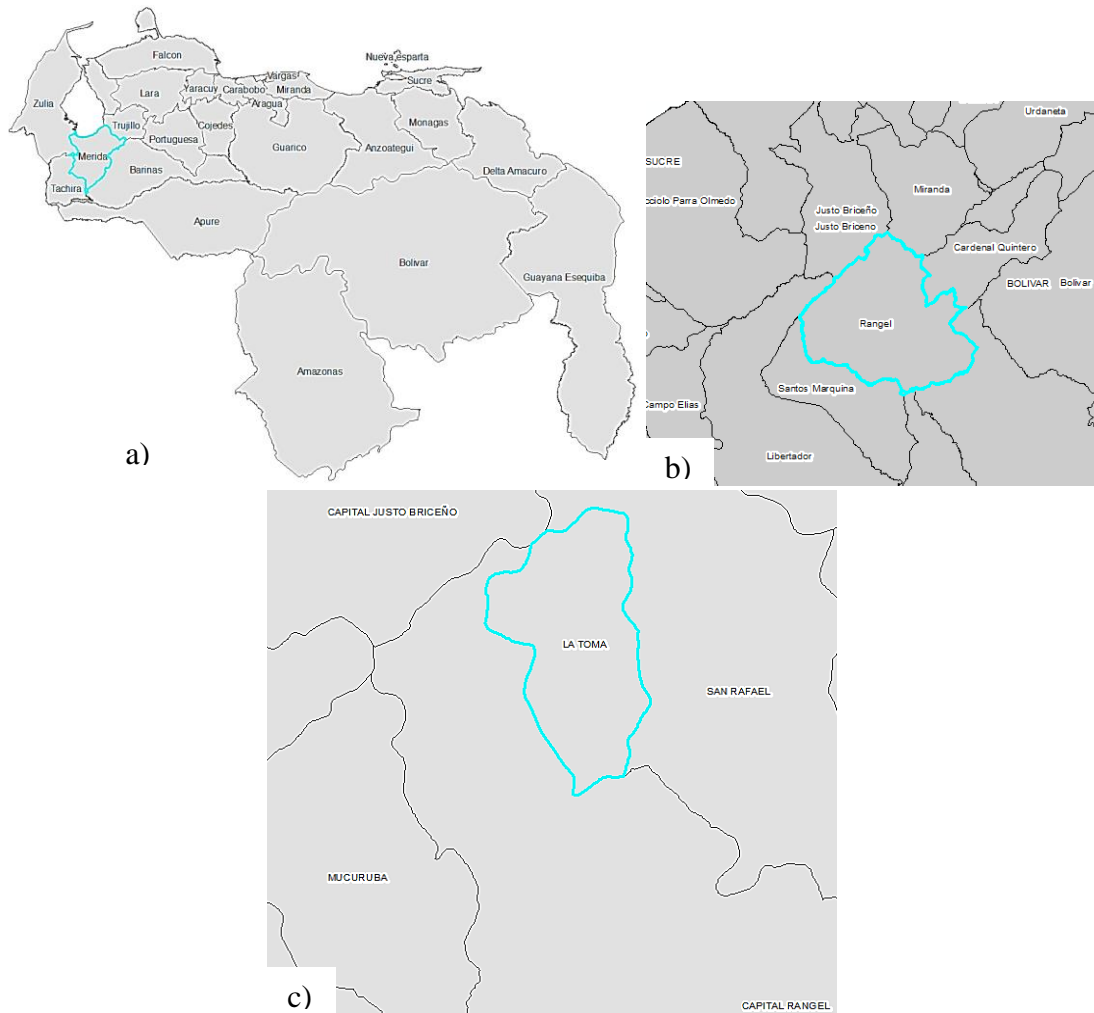


Figura 15. Resultado de la ubicación del estado (a), el municipio (b) y la parroquia (c) de la especie hipotética. Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de una especie hipotética y de la GEODATABASE del MARNOT

Una vez ubicado el estado, el municipio y la parroquia comentada en la descripción de la especie hipotética, se debe ubicar, en segundo lugar, las cartas cartográficas a escala 1/100.000 y 1/25.000 del IGVSb, para ello se debe emplear de la GEODATABASE del proyecto MARNOT, específicamente los archivos de los índices de las cartas cartográficas, con estos archivos y con el de la parroquia se realizará una selección por localización para determinar el número de las cartas correspondientes y así buscar en la base de datos del IGVSb, las cartas como tal. En este sentido, continuando con el ejemplo de la especie hipotética se ubicó la carta cartográfica a 1/100.000 número 6042 (Figura 16a), luego las cartas a 1/25.000 números 6042-

IV-SO y 6042-II-NO (Figura 16b), de estas se seleccionó específicamente la carta 6042-II-NO (Figura 16c), para determinar el sector comentado en la descripción.

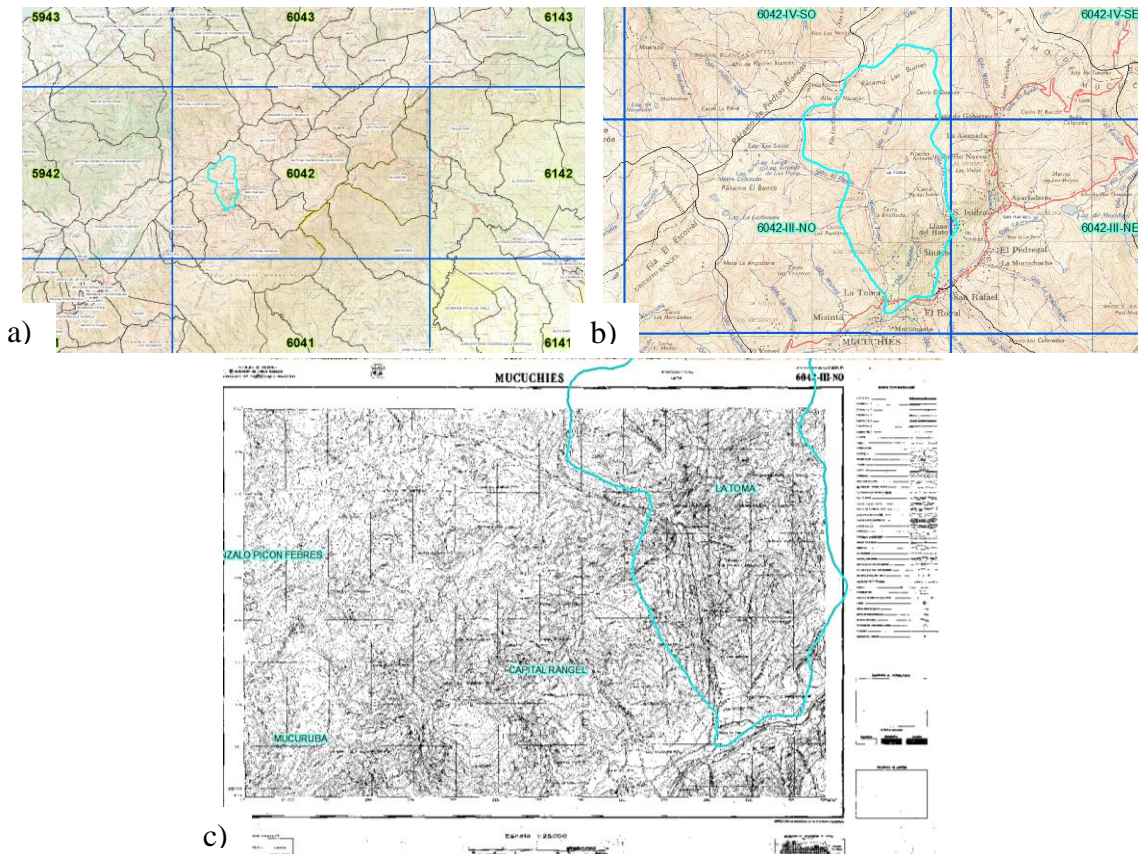


Figura 16. Determinación de la carta a 1/100.000 (a) y a 1/25.000 (b y c) del IGVS. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de un registro hipotético, y de los índices y de las cartas a 1/100.000 y a 1/25.000

Después de ubicar las cartas a 1/100.000 y a 1/25.000 de la parroquia, se debe ubicar, en tercer lugar, el sector específico que aparece descrito en el reporte. En este sentido, continuando el ejemplo hipotético del reporte en el cual se describió que el registro fue recolectado en el sector Loma Fila los Chorros entre las quebradas El Banco y Los Buitre, se ubicó en la carta 1/100.000 (Figura 17a) y 1/25.000 (Figura 17b) las quebradas El Banco y Los Buitre, concretamente en la carta 1/25.000 se determinó el sector Fila de los Chorros (Figura 17c) y las coordenadas aproximadas de la especie hipotética que fueron 8,827 de latitud norte y -70,918 de longitud oeste, adicionalmente a las coordenadas se puede determinar la altitud aproximada 4500 m.s.n.m. (Figura 17d).

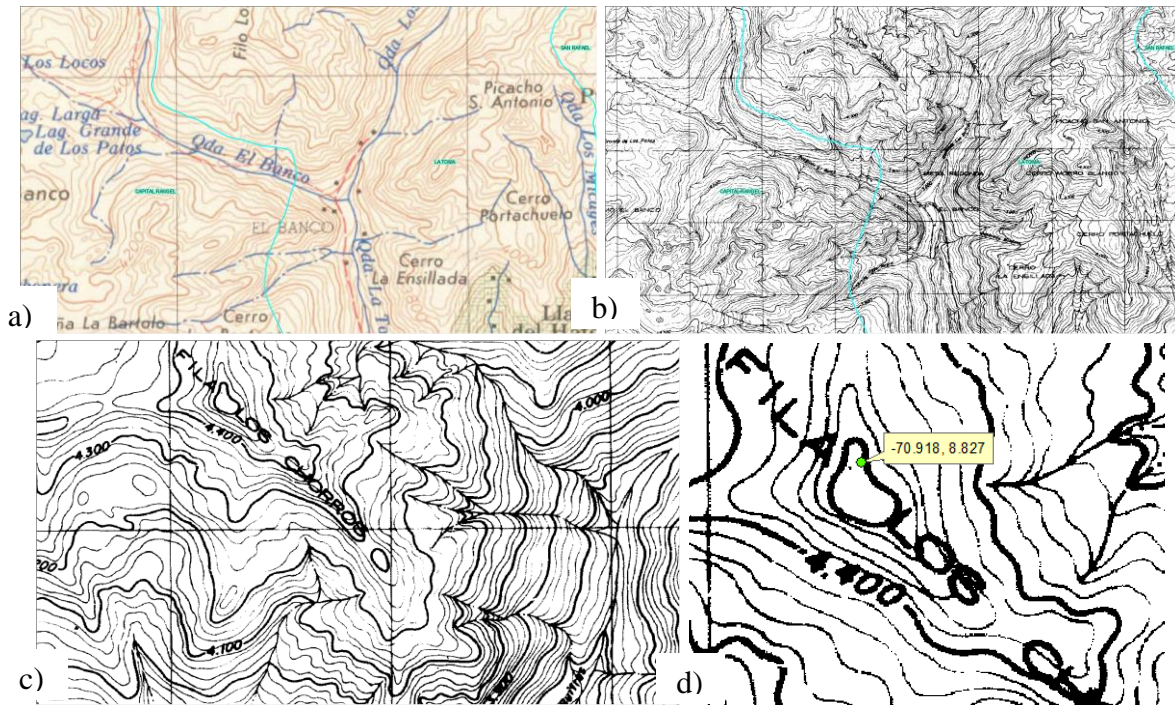


figura 17. resultado de la asignación de coordenadas a los individuos levantados en la parcela. fuente: elaboración propia a partir de los datos de individuos de una parcela hipotética

3.2.2. Mediante herramientas de Teledetección

Otra manera de determinar las coordenadas geográficas de latitud y longitud en decimales para los datos de presencia de especies de flora reportados científicamente es mediante herramientas de Teledetección, específicamente a través de imágenes de alta resolución espacial. En este sentido, existen actualmente múltiples servidores e Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) que proveen servicios de mapas e imágenes satelitales de alta resolución espacial, algunas de estas bases de datos son de dominio privado y otras de dominio público. Sin embargo, existe un programa de origen ruso que continuamente está mejorando y está siendo alabado notablemente en los círculos del tema geoespacial en todo el mundo, este programa se denomina SAS Planet y proporciona acceso en línea a estas bases de datos de imágenes.

A pesar de que el uso más difundido de SAS Planet es la descarga de imágenes de alta resolución disponibles en Google Maps/Earth, Bing Maps, Here Maps, ArcGIS Online y las fuentes de Open Street Map, mediante la elección del nivel de resolución y la fuente de mapa deseada para componer una imagen a partir de tiles, se han convertido en una herramienta importante para visualizar y compartir información geográfica, ya que permite visualizar datos georreferenciados de la distribución de las especies de flora, combinados con imágenes satelitales de alta calidad. SAS Planet se puede descargar gratuitamente a través de la dirección <http://www.sasgis.org/sasplaneta/>, y se puede encontrar con la interfaz en inglés para facilitar su uso, una de sus características más resultantes es que es totalmente portable, así que no requerimos instalar y puede llevar en pendrive. En la figura 18 se observa la imagen

Bing maps – satélite para el área de la carta NC-19-13 (Figura 18a), en esta mediante una serie de acercamientos (Figura 18b y Figura 18c) se detectó el individuo de la especie *Nectandra cuspidata* (Figura 18d), a la cual se le determinó sus coordenadas geográficas 8 grados 37 minutos y 59,57 segundos de latitud norte y 71 grados, 08 minutos y 28,21 segundo de longitud oeste (Figura 18e).

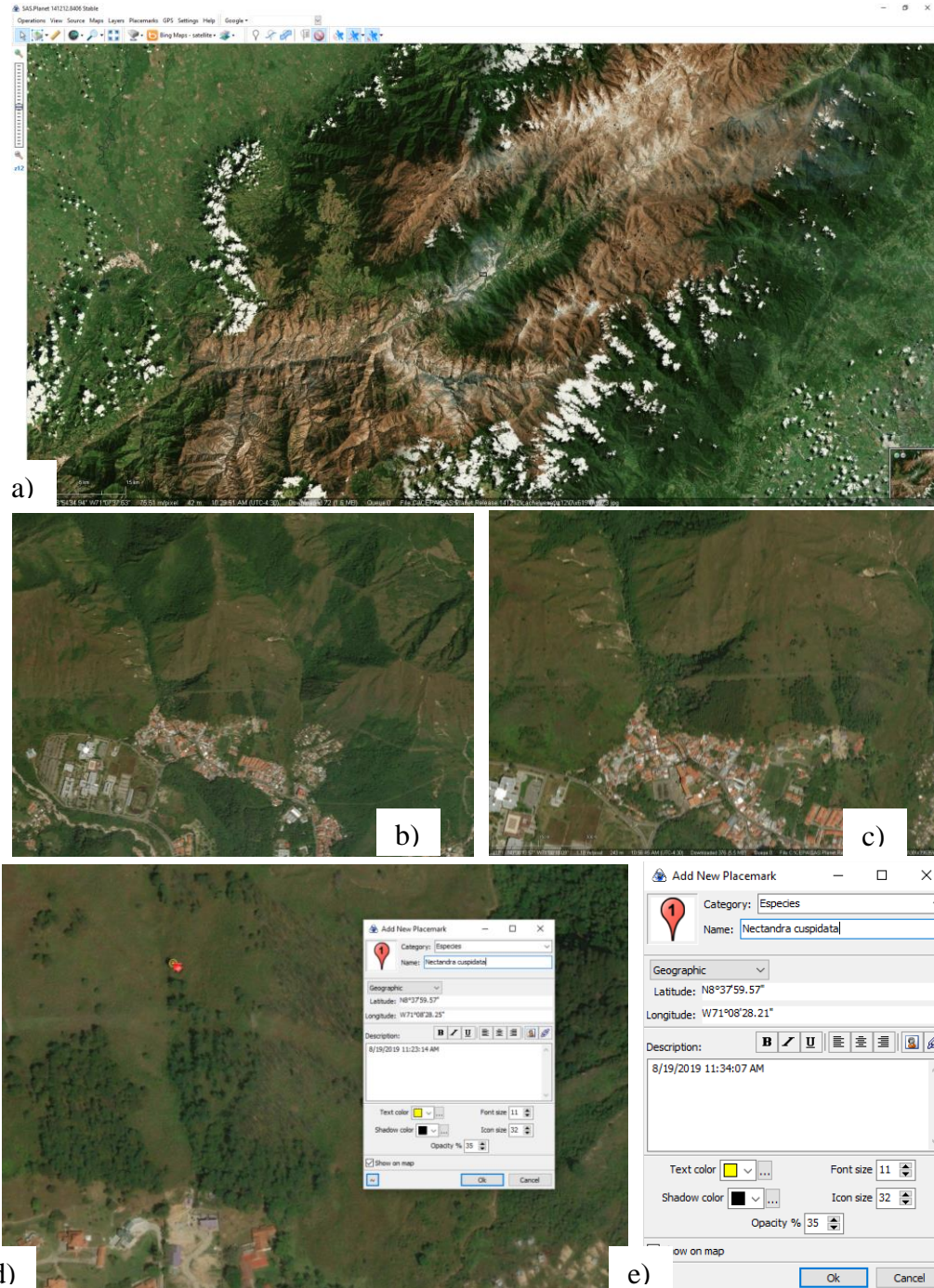


Figura 18. Detección y localización de coordenadas de la especie *Nectandra cuspidata*, a través de la imagen Bing maps – satélite de SAS Planet. Fuente: Elaboración propia a partir de SASPlanet

3.3. Control de calidad

Como se comentó anteriormente, los datos de presencia de especies de flora que servirán de base para el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especie y diversidad florística provendrán de los herbarios, de la base de datos del GBIF, de las publicaciones (catálogo de la flora, inventarios forestales, ecológicos y silviculturales) y del inventario nacional forestal, especialmente estas especies de flora fueron levantadas en el terreno de manera individual, en parcelas o en transeptos de serie, geoserias y geosigmetum.

No obstante, la mayoría de estos datos de presencia provendrán de terceros y su origen muchas veces se desconoce, lo que hace pertinente la preocupación por la calidad de estos, ya que pueden poseer errores causados por las descripciones de los sitios, coordenadas imprecisas y errores o cambios de la identificación taxonómica, debido a la transcripción de los datos, al ingreso a la base de datos, o registro de coordenadas en el campo o en la oficina desde la distancia con base a descripciones de sitios. Esta inexactitud en los datos originará inevitablemente errores en el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies y de diversidad vegetal.

De acuerdo al manual del Bioversity Internacional, para evaluación la calidad de los datos de las especies, hay que considerar como aspectos claves la exactitud y la precisión de las coordenadas geográficas, la exactitud de las coordenadas determina la posibilidad de representar correctamente el sitio de colecta u observación de un punto de presencia, mientras que la precisión hace referencia al nivel de detalle de las coordenadas necesario para representar efectivamente el sitio descrito (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

En este sentido, se establece en el presente ítem como identificar los posibles errores utilizando diferentes herramientas y cómo tomar medidas correctivas para garantizar niveles altos de calidad en los datos, esta actividad se plantea, con base en la información de las unidades administrativas, mediante la identificación de puntos atípicos y mediante la identificación de los nombres científicos.

3.3.1. Control de calidad con base a las unidades administrativas

Una manera de evaluar la exactitud de un registro que se encuentre en la BDEF es comparar los datos de la unidad administrativa (estados, municipios y parroquias) que se incluyen en los reportes utilizados, con los datos cartográficos oficiales del IGVS. Esta comparación se realizará desplegando simultáneamente en el SIG tanto el registro de la especie como las capas administrativas, y corroborar la correspondencia de la especie con la realidad espacial de la unidad administrativa.

Ya que es común encontrar errores de no correspondencia espacial de la especie con la unidad administrativa esto debido principalmente por la transcripción de los datos, el llenado de la base de datos y la falta de conocimiento tanto de las unidades administrativas como de las especies. Ejemplo de este error, se han detectado en los datos del GBIF, donde se han observado registros de especie que administrativamente lo han ubicado en los municipios de otro estado,

tal es el caso de cualquier especie que haya reportado para el municipio Libertador del estado Mérida y por error la ubiquen en el municipio Libertador del Distrito Capital.

Para corregir este tipo de error se debe revisar bibliográficamente y determinar ecológicamente el tipo de ecosistema al cual pertenece, razón por la cual se debe añadir adicionalmente a las unidades administrativas y al reporte evaluado, el mapa de ecosistema de Venezuela, que para este caso será el de Madi et al. (2014), de esta manera se corroborará si dicha especie o no está correctamente ubicada.

3.3.2. Control de calidad mediante la identificación de puntos atípicos

Los puntos con valores atípicos son datos de presencia de especies ubicados fuera de los límites de los rangos ambientales, estos ocupan un lugar ambivalente para el análisis espacial de la distribución de especie y de diversidad vegetal (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Los registros de los datos de especies de flora atípica pueden darse, por un lado, por el resultado de diferentes tipos de errores como coordenadas geográficas erróneas, clasificación taxonómica equivocada o la introducción de individuos en lugares que no corresponden a su rango natural de ocurrencia (como sistemas de producción o jardines botánicos), o, por otro lado, porque el individuo o grupo de individuos que se han adaptado a factores ambientales diferentes a los prevalecientes donde se encuentran individuos o poblaciones de manera natural (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Ejemplo la ubicación espacial de una especie determinada, como la *Coespeletia moritziana* típica del ecosistema de paramo andino, en el ecosistema de sabanas llaneras. Para corregir este tipo de anomalía en la BDEF, lo primero a realizar es ubicar los datos originales donde se extrajo la información, los herbarios, la base de datos del GBIF, las publicaciones (catálogo de la flora, inventarios forestales, ecológicos y silviculturales) y el inventario nacional forestal, de no ser posible la corrección de esta información, se debería eliminar dicho registro, previo a la consulta del botánico del grupo para garantizar la calidad de la BDEF.

Asimismo, se puede comentar como ejemplo, el despliegue de toda la base de datos del GBIF para Venezuela, la cual originalmente se extraen 249.697 reportes de estos únicamente poseen coordenadas 237.340 y dentro de los límites del país solamente 233.730, es decir, 3.610 de los reportes presentan errores de ubicación espacial. Este error se visualiza en la figura 19, donde se destacan en color azul turquesa los reportes dentro de los límites del país y los de color verde oscuro los que se encuentran fuera de estos.

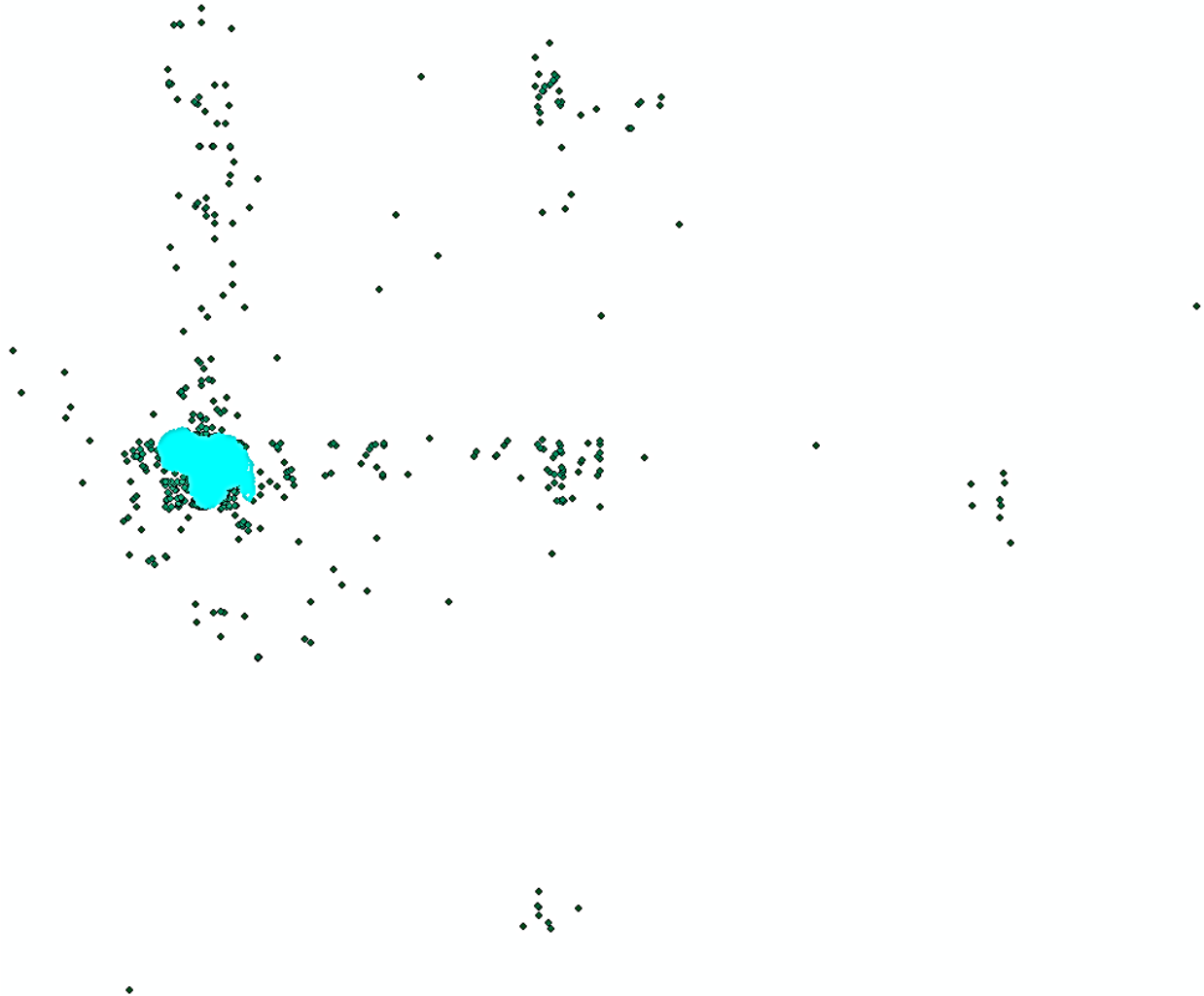


Figura 19. Errores de ubicación espacial de los registros de las especies de flora del GBFI para Venezuela. Fuente: Elaboración propia consulta realizada al portal del GBIF

3.3.3. Control de calidad mediante la identificación de los nombres científicos

Otro de los fallos que puede presentar la BDEF, es la transcripción del nombre científico de las especies reportadas, este puede darse bajo dos circunstancias, la primera, que fue escrito incorrectamente, bien sea por la falta de letras, o porque taxonómicamente el nombre haya variado según la comunidad internacional de botánica; y, la segunda, cuando hayan puesto el nombre de otra especie a la reportada.

Este tipo de problema se puede solventar, mediante la revisión de los nombres científicos de las especies reportadas e incluidas en la BDEF, a través de la base de datos The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>), en esta se introducirá el nombre científico, para determinar si es o no aceptado internacionalmente, si es aceptado, está escrito correctamente, si no es aceptado, se deberá ir a la fuente original a revisar dicho nombre, para visualizar si está bien escrito o si lo cambiaron. En la figura 20 se presenta un chequeo del nombre de la especie *Aphelandra reticulada* Wassh, la cual esta aceptada internacionalmente.

The Plant List A working list of all plant species

Home About Browse Statistics Feedback How to use this site

The Plant List (TPL) was a working list of all known plant species produced by the botanical community in response to Target 1 of the 2002-2010 Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). TPL has been static since 2013, but was used as the starting point for the Taxonomic Backbone of the *World Flora Online* (WFO), and updated information can be found at www.worldfloraonline.org.

WFO is being developed by a consortium of leading botanical institutions worldwide in response to the 2011-2020 GSPC's updated Target 1: to achieve an online Flora of all known plants by 2020. WFO welcomes feedback from users for improvements to its Taxonomic Backbone which is curated by a growing community of WFO Taxonomic Expert Networks (TENs).

The Plant List is a working list of all known plant species. It aims to be comprehensive for species of Vascular plant (flowering plants, conifers, ferns and their allies) and of *Bryophytes* (mosses and liverworts).

Collaboration between the Royal Botanic Gardens, Kew and Missouri Botanical Garden enabled the creation of The Plant List by combining multiple checklist data sets held by these institutions and other collaborators.

Version 1.1 (September 2013) replaces Version 1.0 which remains accessible [here](#). Version 1.1 includes new data sets, updated versions of the original data sets and improved algorithms to resolve logical conflicts between those data sets. The differences between versions are summarised [here](#).

The Plant List provides the Accepted Latin name for most species, with links to all Synonyms by

Search
Enter a Genus (eg *Ocimum*) or genus and species (eg *Ocimum basilicum*).

will match a single character. will match any number of characters.
Use at least three letters in the genus name if you include a or .

Mattouccia struthiopteris (L.) Tod

★★ *Aphelandra reticulata* Wassh. is an accepted name
This name is the accepted name of a species in the genus *Aphelandra* (family *Acanthaceae*).
The record derives from WCSP (in review) (data supplied on 2012-03-23) which reports it as an accepted name with original publication details: F 1973.
Full publication details for this name can be found in JENI: <http://ipni.org/urn:lsid:ipni.org:names:16286-2?>

Synonyms:
No synonyms are recorded for this name.

Further information
The following databases may contain further information on this name. Please click on any button to follow a link to that database.

Kew World Checklist of Selected Plant Families | Tropicos | Catalogue of Life
African Plant Database | Brazilian Flora Online | Global Biodiversity Information Facility

Figura 20. Revisión del nombre científico de la especie *Aphelandra reticulata* Wassh, a través The Plant List.
Fuente: Elaboración propia, a partir del portal <http://www.theplantlist.org/>

4. INSTALACIÓN DE LOS PROGRAMAS Y PREPARACIÓN E IMPORTACIÓN DE LOS DATOS

Una vez preparada la BDEF y seleccionadas las capas ambientales, que permitirán realizar al análisis espacial y la representación cartográfica de distribución de especies de flora y diversidad florística, se procederá a realizar la instalación de los programas y preparación e importación de los datos a dichos programas, a continuación, se describen dichos procedimientos.

4.1. Descarga e instalación de DIVA-GIS, Maxent y QGIS

Como resultado de la revisión bibliográfica sobre la construcción de los modelos de distribución de especies de flora y de diversidad florística, se determinó que en la presente propuesta se utilizará para la generación de dichos modelos los programas DIVA-GIS y Maxent, ya que los algoritmos empleados en estos han sido comprobados científicamente en otros ecosistemas, además de ser programas de dominio público y recomendados por la Bioversity International (Scheldeman & Zonneveld, 2010). De manera complementaria se utilizará el programa de dominio público QGIS, un Sistema de Información Geográfica (SIG) que posee las

herramientas necesarias de apoyo para la preparación de los datos y la generación de las salidas cartográficas.

4.1.1. Descarga e instalación del DIVA-GIS

El DIVA-GIS es el programa base para esta propuesta ya que en el mismo se aplicarán los algoritmos para permitirán realizar el análisis de riqueza de especies y donde se desplegarán las salidas de los resultados de Maxent. La versión utilizada en la presente propuesta es la 7.5.0, su instalación es rápida y sencilla, solamente se requiere el instalador que se puede obtener a través de la dirección electrónica <http://www.diva-gis.org/download>.

Una vez descargado el instalador se grabará en el disco duro, el mismo viene comprimido, por lo que se necesitará un programa adicional que lo descomprima, para ello se utilizará el programa gratuito 7-zip (<http://www.7-zip.org>). Después de descomprimido el DIVA-GIS, se debe utilizar el archivo *setup.exe*. para empezar a instalarlo, en este se seleccionará el idioma inglés, ya que las instrucciones que se darán en esta propuesta estarán en dicho idioma (Scheldeman and Zonneveld, 2010).

Posteriormente, aparecerá el mensaje de bienvenida (Figura 21a), haga clic en *Next* para continuar. Seguidamente se desplegarán los términos de la licencia del programa, al cual se le dará aceptar seleccionando *I accept the agreement*, para continuar, haga clic en *Next* (Figura 21b).

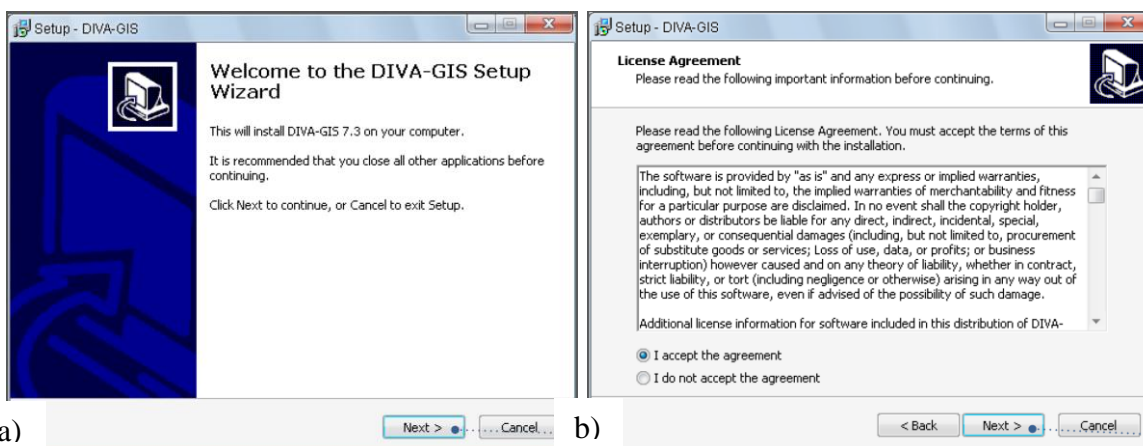


Figura 21. Mensaje de bienvenida (a) y aceptación de los términos de referencias (b) en la instalación del DIVA-GIS. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

Luego, se debe indicar la ruta del archivo donde se guardará el programa en el disco duro, seleccione el botón *Browse* (Figura 22a), indique la carpeta donde se accederá al programa mediante el *Start menu*, y continúe con *Next* (Figura 22b).

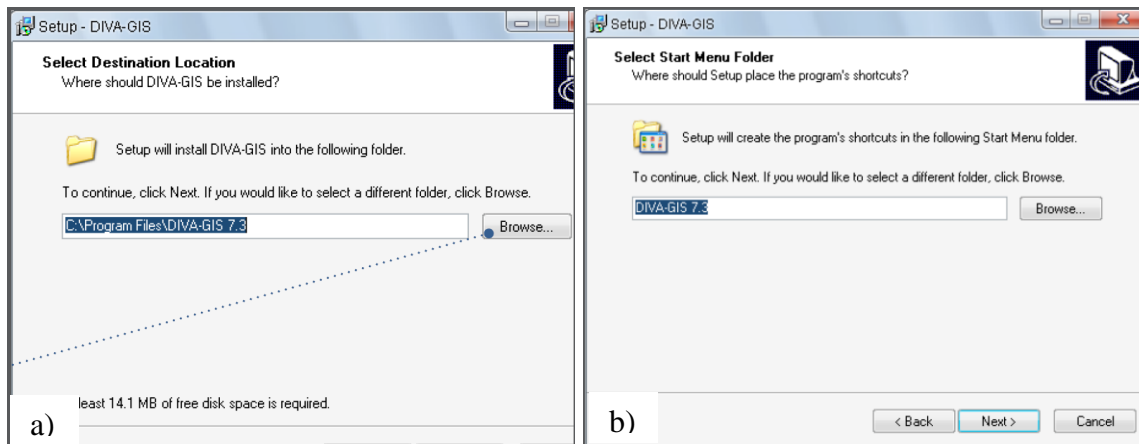


Figura 22. Selección de ruta (a) y carpeta de acceso (b) en la instalación del DIVA-GIS. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld (2010)

Seleccioné la configuración deseada para el ícono de acceso rápido (Figura 23a), y aparecerá una ventana donde resumen la ruta del archivo y las opciones seleccionadas, revísalas y continúe haciendo clic en *Install* (Figura 23b).

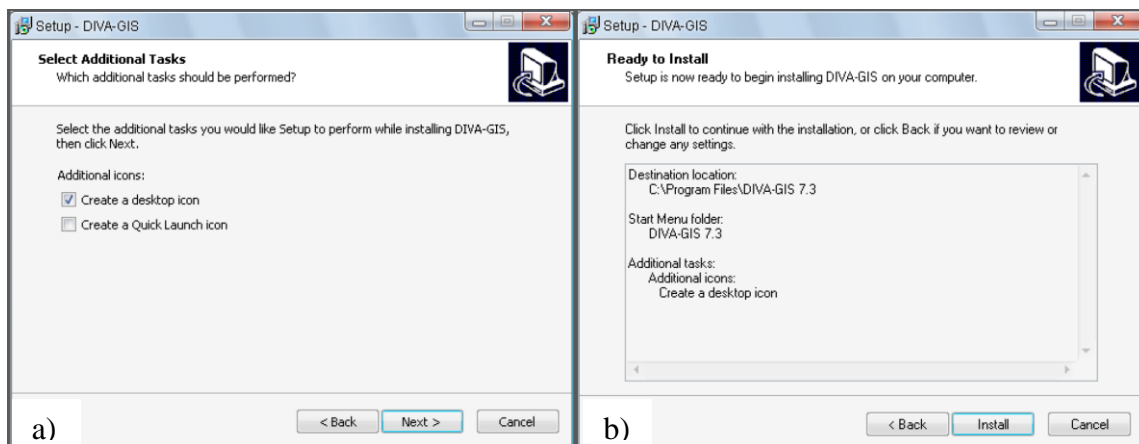


Figura 23. Selección del ícono de acceso rápido (a) y resumen de ruta de archivos seleccionados (b) en la instalación del DIVA-GIS. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

La instalación se iniciará y los archivos requeridos se instalarán (Figura 24a), si los pasos se han cumplido correctamente, el proceso de instalación terminará sin interrupciones, haga clic en *Finish* (Figura 24b).

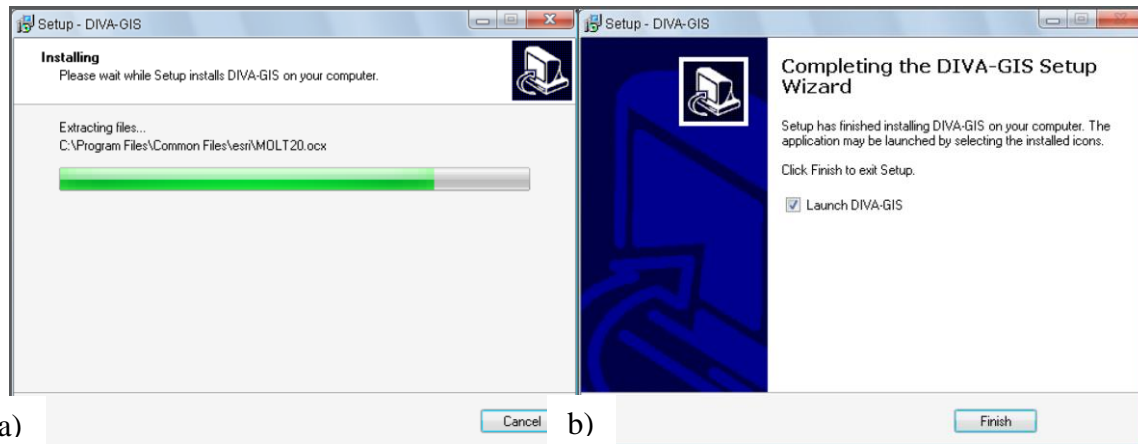


Figura 24. Iniciación de instalación (a) y finalización de instalación (b) en el programa DIVA-GIS. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

4.1.2. Descarga e instalación de Maxent

El programa Maxent se empleará en los análisis de modelos de distribución de especies, para descargarlo y usarlo correctamente, la computadora debe tener instalado el programa Java, este se obtiene gratuitamente en la página en <http://www.java.com>. Dependiendo del navegador utilizado Internet Explorer o Firefox las direcciones de acceso al instalador Java son distintas, para el primero, http://www.java.com/es/download/help/ie_online_install.xml, y, para el segundo, http://www.java.com/en/download/help/firefox_online_install.xml, en cualquiera de los casos una vez bajado el programa, haga clic en *Install* para iniciar el proceso de instalación (Figura 25).

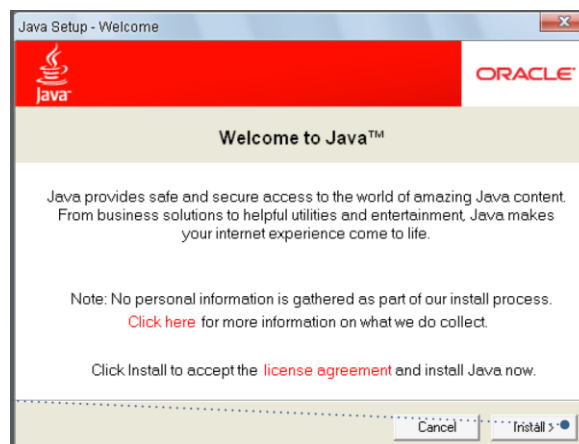


Figura 25. Instalación del programa Java. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

Una vez instalado el programa Java, se procederá a descargar el programa Maxent, mediante la página https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/, la versión utilizada para esta propuesta es la 3.4.1.

El catálogo de usuario se descarga de la misma página anteriormente mencionada, para descargar el programa hay que proporcionar información de contacto, finalmente acepte el acuerdo de licencia y descargue el programa (Figura 26).

Maxent software for modeling species niches and distributions

Maxent is now open source!

Use this site to download Maxent software for modeling species niches and distributions by applying a machine-learning technique called maximum entropy modeling. From a set of environmental (e.g., climatic) grids and georeferenced occurrence localities, the model expresses a probability distribution where each grid cell has a predicted suitability of conditions for the species. Under particular assumptions about the input data and biological sampling efforts that led to occurrence records, the output can be interpreted as predicted probability of presence (cloglog transform), or as predicted local abundance (raw exponential output).

Here you can download the open-source release of Maxent (under an MIT license; suggested citation below). See below for key changes in the current version.

The idea for Maxent was first conceived of here at the Center for Biodiversity and Conservation at the American Museum of Natural History (AMNH) through a public-private partnership between the AMNH and AT&T-Research. Steven Phillips and the other developers of Maxent are still engaged in its development and maintenance, and the [Google group](#) will remain the main mechanism for user questions. Much additional information can be found in the [Google group](#), software tutorials, and other resources listed below.

Main changes in Version 3.4.1

- Minor bug fixes to the 3.4.0 release

Main changes in Version 3.4.0

- Released under a MIT license**
- Threshold features are now turned off by default
- A cloglog transform has been added and now constitutes the default transformation for model output (formerly the logistic transform)

Download

Current version 3.4.1

Please tell us a little about yourself!

Name:

Institution:

Email:

Comment/Intended Use*:

*Optional

I prefer to download without providing this information

Citation

If you use the application for analyses that result in a publication, report, or online posting, the following represents a proper citation of the software itself.

Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2019-8-27.

**For information about earlier versions, please refer to the [readme file on github](#) or contact the developers mrxmaxent@gmail.com

Source Code

- <https://github.com/mrxmaxent/Maxent>

Tutorials

- Current [tutorial in English](#) (5.7 MB)
- [Tutorial data](#) (12.2 MB)
- Version 3.2.0 [Spanish translation](#), provided by Paolo Ramoni-Perazzi (1.6 MB)
- Version 3.2.0 [Spanish translation](#), modified version provided by Jose Marrero (1.6 MB)
- Version 3.2.0 [Russian translation](#), provided by Maxim Dubinin

Datasets used in the Ecological Modelling paper

- [coverages.zip](#) (3.8 MB) - the coverages used in modeling
- [ipcc.zip](#) (10.6 MB) - the raw ipcc data, as downloaded from the [IPCC Data Distribution Centre](#). Also the annual and monthly variables used for the study, extracted from the raw ipcc data and converted into world-wide coverages in .asc format.
- [sanjules.zip](#) (9.5 KB) - the training and testing sample localities used.

Figura 26. Llenado de la información para descargar el programa Maxent. Fuente: Elaboración propia

Los archivos de Maxent se descarga juntos, en un archivo comprimido (*maxent.zip*) (Figura 27).

Download

Current version 3.4.1

Citation

If you use the application for analyses that result in a publication, report, or online posting, the following represents a proper citation of the software itself.

Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2019-8-27.

**For information about earlier versions, please refer to the [readme file on github](#) or contact the developers mrxmaxent@gmail.com

Figura 27. Descarga del programa Maxent. Fuente: Elaboración propia

Grabe el archivo en una ubicación conveniente de su disco duro. Para iniciar Maxent, haga clic derecho en el archivo JAR (*.jar) y seleccione abrir con *Java (TM)* (Figura 28). Si se tiene el programa de compresión de datos Winrar instalado, puede estar asociado a los archivos JAR y dificultar la ejecución de Maxent.

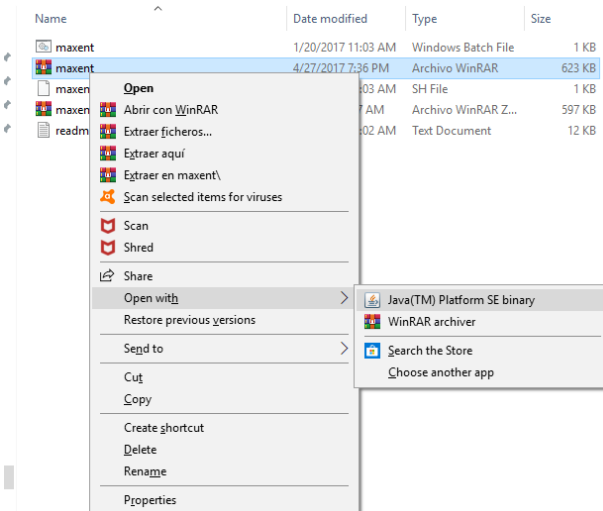


Figura 28. Ejecución del programa Maxent. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Descarga e instalación del QGIS

El QGIS es un SIG de código abierto, que se desarrolla usando el kit de herramientas Qt (<https://www.qt.io>) y C++. Esto significa que es ligero y tiene una interfaz gráfica de usuario (GUI) agradable y fácil de usar. Es un SIG amigable, proporcionando funciones y características comunes. QGIS se distribuye bajo la Licencia Pública General GNU (GPL). La versión recomendada en la presente propuesta es la 3.8.2, su instalación es rápida y sencilla, solamente se requiere el instalador que se puede obtener a través de la dirección electrónica <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>.

Una vez descargado el instalador se utilizará el archivo *setup.exe*. para empezar a instalarlo, aparecerá el mensaje de bienvenida (Figura 29a), haga clic en *Next* para continuar. Seguidamente se desplegarán los términos de la licencia del programa, al cual se le dará aceptar seleccionando *I accept the agreement*, para continuar, haga clic en *Next* (Figura 29b).

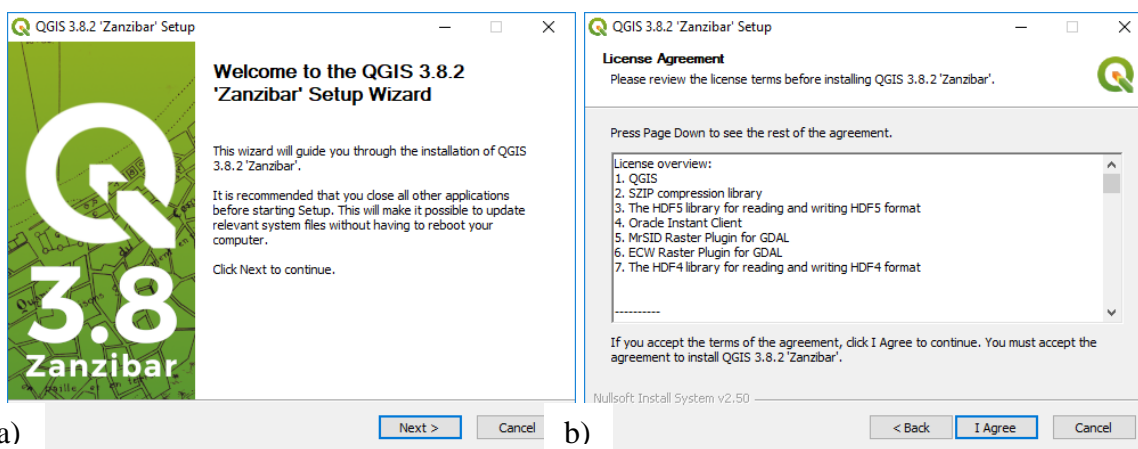


Figura 29. Mensaje de bienvenida (a) y aceptación de los términos de referencias (b) en la instalación del QGIS. Fuente: Elaboración propia

Luego se debe indicar la ruta del archivo donde se guardará el programa en el disco duro, seleccione el botón *Next* (Figura 30a), indique como selección del componente solamente QGIS y clic en *Install* (Figura 30b).

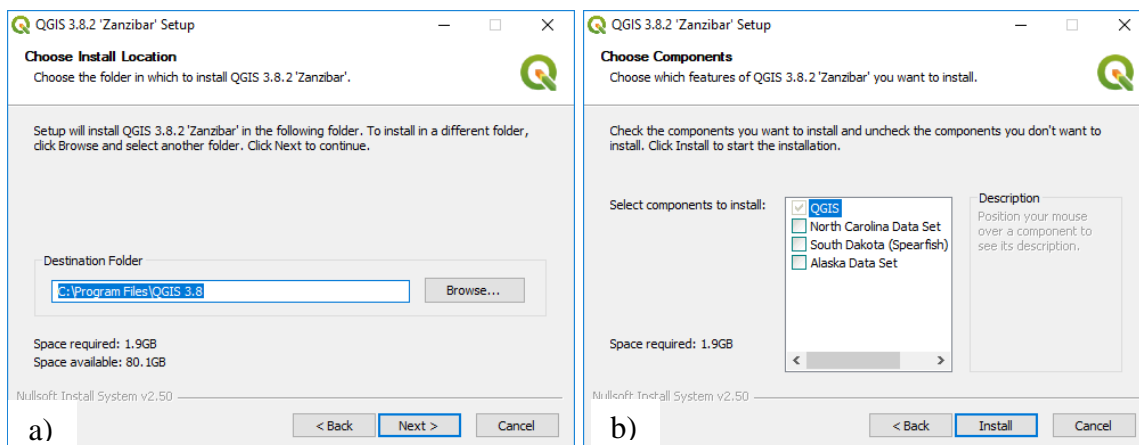


Figura 30. Selección de ruta (a) y componentes (b) en la instalación del QGIS. Fuente: Elaboración propia.

La instalación se iniciará y los archivos requeridos se instalarán (Figura 31a), si los pasos se han cumplido correctamente, el proceso de instalación terminará sin interrupciones, haga clic en *Finish* (Figura 31b).

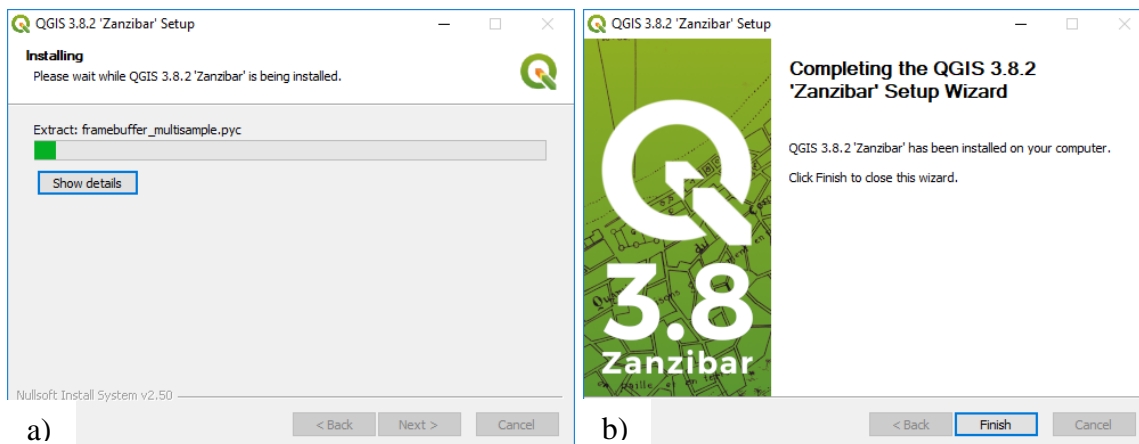


Figura 31. Iniciación de instalación (a) y finalización de instalación (b) en el programa QGIS. Fuente: Elaboración propia

4.2. Preparación e importación de los datos de la BDEF

Como se comentó en el ítem de la creación de la BDEF, la organización de la esta se realizó considerando cuatro campos, el código de identificación (ID), la identificación taxonómica de una planta (o grupo de plantas) observada(s) y la ubicación espacial del sitio de colecta o de observación, correspondiente a la latitud y longitud presentadas en grados decimales. Bajo esta organización se sigue el formato especificado por el programa SIG que se va a aplicar, en este

caso particular para hacer análisis espacial y modelación de distribución de especies mediante el DIVA-GIS y Maxent.

La BDEF almacena los datos de presencia de especies de flora, los cuales se pueden asociar con otros datos que describen sitios de colecta u observación (por ejemplo, cobertura del suelo, tipo de suelo, etc.), fecha de colecta, fuente de coordenadas, nombre(s) del o los colectores, e institución que alberga o conserva el espécimen¹. La información sobre la fecha de colecta permite tener la dimensión del tiempo en el análisis y se puede usar para analizar tendencias de la distribución de especies (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Los puntos de presencias de especies de flora se deben organizar en un archivo Excel y luego convertir a los formatos apropiados para importarlos a DIVA-GIS y Maxent, considerando la organización comentada anteriormente, estos procesos se describen a continuación:

4.2.1. Importar puntos de presencia de la BDEF a DIVA-GIS

Como se mencionó anteriormente, la BDEF deben estar en Excel para impórtalo a DIVA-GIS, la versión del Excel debe ser 1997-2003, de estar en una versión superior, por ejemplo, Excel del Office 2007, se deberá descargar los controladores pertinentes del Microsoft. Ahora bien, si usa un programa diferente a Excel para manejar la BDEF, puede importarlos desde archivos de texto (*.txt), archivos CSV (*.csv) o archivos dBase IV (*.dbf). La importación de puntos de estos tipos de archivo en DIVA-GIS es similar a la importación en Excel, excepto que la base de datos de puntos de presencia se grabará como otro tipo de archivo.

Si la BDEF está en Excel 2007, grabe los puntos de presencia en un archivo Excel 1997-2003 (*.xls) y cierre el Excel 2007 (si se graba en un archivo Excel (*.xlsx), los puntos de presencia no se podrán importar en DIVA-GIS). Versiones anteriores de Excel: grabe sus puntos de presencia como un archivo Excel (*.xls).

Posteriormente abra el DIVA-Gis y seleccione el comando importar desde Excel mediante la ruta *Data/Import Points/From Excel (.XLS)* (Figura 32).

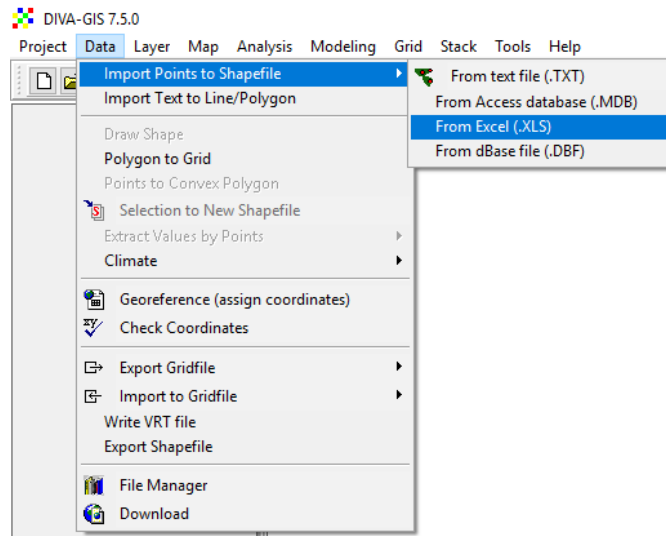


Figura 32. Comando para importación de la BDEF para el programa DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

En la pestaña *Excel spreadsheet* seleccione el archivo de Excel que tenga los datos de presencia de especies de flora que se quieren importar en DIVA-GIS. (Cierre siempre el archivo de Excel antes de importar datos a un archivo de vectores en DIVA-GIS.), seguidamente en la pestaña *Worksheet*, seleccione la hoja de cálculo de Excel que contenga los datos que usted quiere importar en DIVA-GIS. En la columna del Excel seleccione las coordenadas de longitud y las coordenadas de latitud, haga clic en la pestaña *Save to Shapefile* para generar el archivo de vectores (*.shp) (Figura 33).

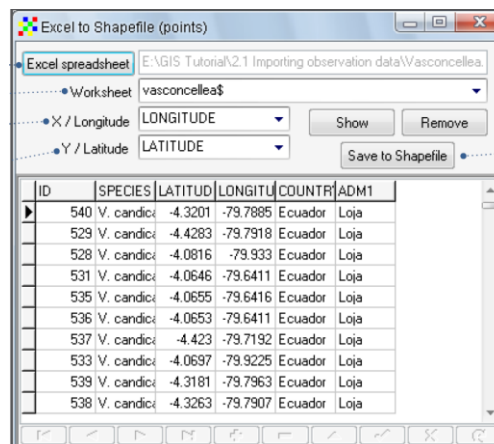


Figura 33. Importación de la BDEF para el programa DIVA-GIS. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

4.2.2. Importar puntos de presencia de la BDEF a Maxent

Maxent es un programa de modelación de distribución de especies que se utiliza para predecir la distribución potencial de una o más especies. Al igual que DIVA-GIS, Maxent trabaja con los datos de presencia de especies de flora georreferenciados (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Para importar los datos de la BDEF a Maxent, se deben preparar los campos de información, es decir, colocar únicamente tres campos, en el siguiente orden Especie, Longitud y Latitud, este nuevo archivo derivado de la BDEF, debe ser importado en el formato CSV (*.csv). Este procedimiento cambia cuando se generan archivos CSV con Excel 2007 o Excel 1997-2003.

Ejemplo de ello, en la figura 34 se visualiza la nueva hoja de Excel, con el orden comentado anteriormente: Especie, Longitud y Latitud.

	A	B	C	D	E
1	SPECIES	LONGITUDE	LATITUDE		
2	V. candicans	-79.7885	-4.3201		
3	V. candicans	-79.7918	-4.4283		
4	V. candicans	-79.9330	-4.0816		
5	V. candicans	-79.6411	-4.0646		
6	V. candicans	-79.6416	-4.0655		
7	V. candicans	-79.6411	-4.0653		
8	V. candicans	-79.7192	-4.4230		

Figura 34. Preparación de la nueva hoja de Excel para importarla a Maxent. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

Los datos de la nueva hoja Excel, deben poseer los decimales de las coordenadas separados por puntos, para ello dentro de Excel hay que ubicar la pestaña *Tools/Options* (Figura 35a), luego en el cuadro de dialogo desplegado se selecciona dentro de la pestaña internacional el points [.] para separar los decimales y commas [,] para separar los miles, se hace clic en OK (Figura 35b).

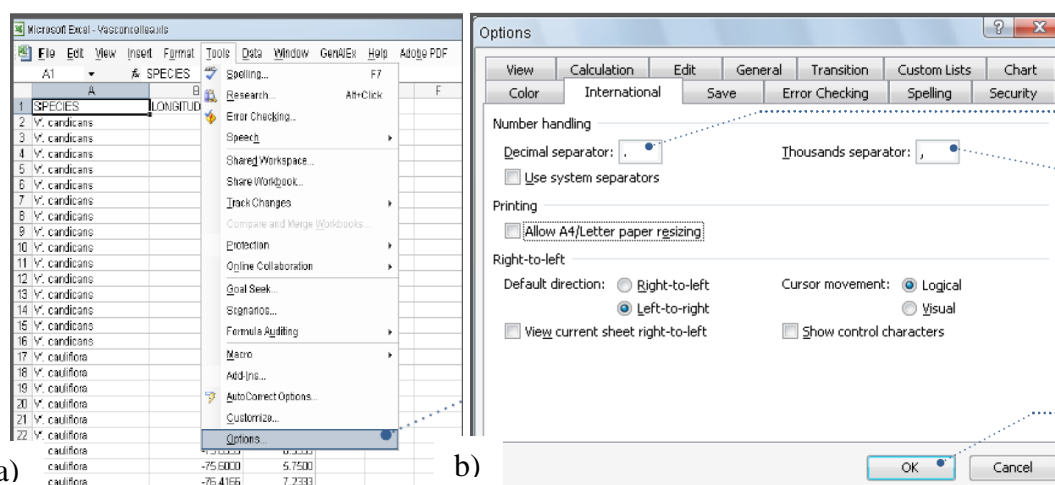


Figura 35. Preparación de la nueva hoja de Excel para importarla a Maxent. Fuente: Tomado de Scheldeman and Zonneveld, (2010)

Para evitar errores involuntarios que pueden surgir cuando se separa la información del archivo CSV (*.csv), no use comas en los caracteres de la columna con el nombre de la(s) especie(s) o

en cualquier columna adicional. Luego guarde el archivo en el formato CSV (*.csv) y vuélvalo abrirlo en Excel para verificar si las coordenadas tienen todos los decimales necesarios.

Luego en Maxent seleccione la pestaña *Samples* (Figura 36a) y en el nuevo cuadro de dialogo el archivo CSV (*.csv) que contiene los puntos de presencia georreferenciados, mediante la opción *Browse* abra el archivo CSV (*.csv) (Figura 36b).

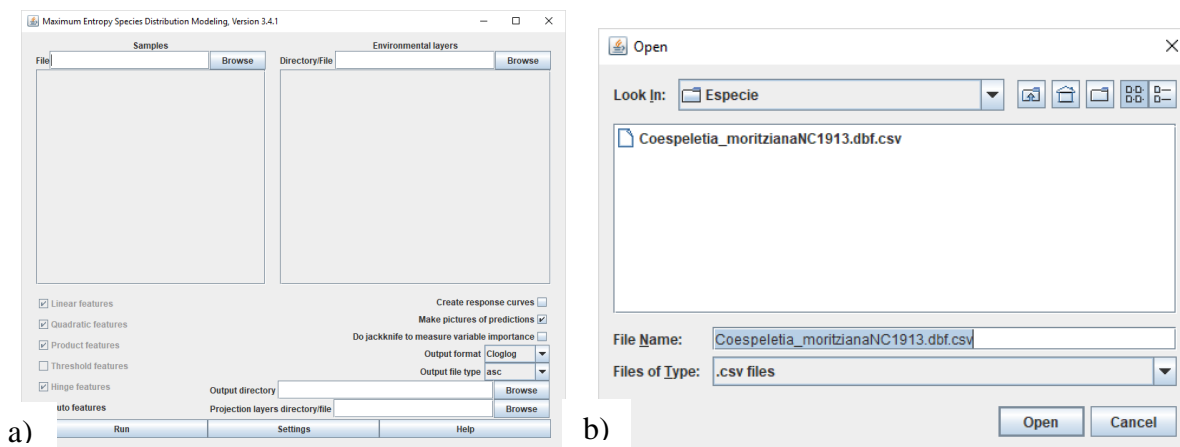


Figura 36. Importación de la BDEF para el programa Maxent. Fuente: Elaboración propia

4.3. Preparación e importación de las capas ambientales

Las capas ambientales que se utilizarán en la presente propuesta se definieron a través de la revisión bibliográfica realizada, el criterio utilizado en esta revisión fue las variables más comúnmente empleadas en la construcción de los MDPE a nivel mundial. Estas capas se agruparon en bioclimáticas, edáficas, topográficas y vegetación. Conocidas las capas ambientales se procederá a procesarlas, dicho procesamiento constará: de un análisis de los componentes de las capas ambientales, homogenización de los modelos y formatos de datos, homogenización del sistema de proyección y el datum e importación de las capas ambientales.

4.3.1. Análisis de los componentes de las capas ambientales

Las variables ambientales según su naturaleza son de origen distintos, ya que caracterizan fenómenos particulares, estos desde el punto de vista geomático, son considerado como un componente temático, que se sirve de un componente espacial, que hace referencia a la posición dentro de un sistema de referencia establecido (Olaya, 2011). Tanto el componente espacial como el componente temático dentro de las capas ambientales van a ser numéricos, el primero, por estar definido dentro de un sistema de coordenadas que permiten expresar una posición concreta de referencia en un marco dado; y, el segundo, por ser productos de mediciones o cuantificaciones (Flores, 1997; Olaya,2011).

Según Flores (1997), la información del componente temático puede encontrarse bajo dos maneras:

Información continua: cuando existe un continuo de valores posibles de la variable, que no se restringe a valores enteros, los cuales se “miden” en vez de contarse. Dentro de las capas ambientales a utilizar, se pueden nombrar: la precipitación, temperatura, pendiente, altitud, carbono en la biomasa aérea y en el suelo, índice de vegetación normalizado, entre otros.

Información discreta o discontinua: no admiten valores intermedios, se enumeran (cuentan) más que se “miden”, suelen tomar solamente valores enteros. Dentro de las capas ambientales se pueden nombrar: el uso del suelo, tipos de vegetación, sistemas ecológicos, entre otros.

Desde el punto de vista estadístico, la información que contienen el componente temático de las capas ambientales hay que tomarlas en cuenta a la hora de analizarlas, en el caso particular de la construcción de los MDPE, esta información es considerada indistintamente para su procesamiento, no obstante, es importante conocerlas a la hora de analizarlas e introducirlas en la construcción del modelo.

4.3.2. Homogenización de los modelos y formatos de datos

Las capas ambientales por ofrecernos una concepción particular del espacio geográfico sus atributos son considerados modelos geográficos, ya que poseen una propiedad de un conjunto finito de elementos que almacenan la realidad que estos describen, los cuales son expresados mediante los modelos de datos. Estos modelos pueden clasificarse en dos grupos, modelo *ráster* y modelo *vectorial*.

El modelo *ráster* se basa en una división sistemática del espacio, la cual cubre todo este (a este concepto se le denomina se denomina teselación), caracterizándolo como un conjunto de unidades elementales (Olaya, 2011). Aunque este conjunto de unidades puede contener información sobre varias variables, lo habitual es que trate una única variable, es decir, que tenga un único valor por cada unidad.

Para los datos ambientales de regiones geográficas específicas este conjunto de unidades elementales son denominadas celdas, que poseen un idéntico tamaño, cada una de las cuales contiene el valor de una variable relevante (como temperatura, tipo de suelo). El tamaño óptimo de estas celdas depende del tamaño del área geográfica y del objetivo del estudio, para esta propuesta la escala de análisis y de las salidas cartográfica es 1:250.000, en función a esta se definió como tamaño de la celda 1 km por lado, lo que es equivalente a 30 segundo aproximado en la línea ecuatorial.

Por su parte, el modelo *vectorial*, no divide el espacio completamente, sino que lo define mediante una serie de elementos geométricos con valores asociados, siendo la disposición de estos no sistemática, sino guardando relación con los objetos geográficos presentes en la zona de estudio (Olaya, 2011), estos componen una serie de puntos georreferenciados que forman grupos de puntos, líneas o polígonos y representan áreas geográficas reales.

En relación con los modelos y formatos de los datos, utilizados para el análisis espacial de distribución de especies mediante el programa Maxent, el modelo de representación para las capas ambientales debe ser el ráster con formato ASCII (asc).

No obstante, las formas de materializar la realidad y plasmar el modelo geográfico concreto de cada capa ambiental, es representada tanto en modelos ráster como en modelos vectoriales. Ejemplo de ello, dentro de las capas ambientales una de las más empleadas en la construcción de los MDPE, son las capas bioclimáticas, específicamente las relacionadas a precipitación y temperatura, estas capas dependiendo de su origen se pueden encontrar, tanto en modelos vectoriales, como en modelos ráster.

En el caso de los modelos vectoriales, se tiene la información generada a nivel nacional de temperatura y de precipitación a través del proyecto MARNOT del IGVSb, estas se encuentran representadas mediante isotermas medias anuales e isoyetas medias anuales, la cuales fueron obtenidas de las estaciones climatológicas operadas por el MARN y la Fuerza Aérea Venezolana (FAV), durante veinte años (1976 hasta 1996). El procesamiento para obtener dicha información se realizó, por un lado, generando el promedio anual de precipitación y temperatura de cada una de las estaciones, y, por otro lado, generando una interpolación de los valores entre las estaciones vecinas, a través del método del inverso a la distancia, teniendo como referencia los mapas preparados por el Ministerio del Ambiente.

El resultado de este modelo vectorial está representado por un grupo de puntos que forman una serie de líneas que expresan los valores medios de cada variable, las cuales para ser consideradas hay que transformarlas al modelo ráster, mediante el programa QGIS y su algoritmo de conversión localizado en *Raster/Conversion/Rasterize (Vector to Raster)*, dicha transformación debe realizarse en formato .asc (Figura 37).

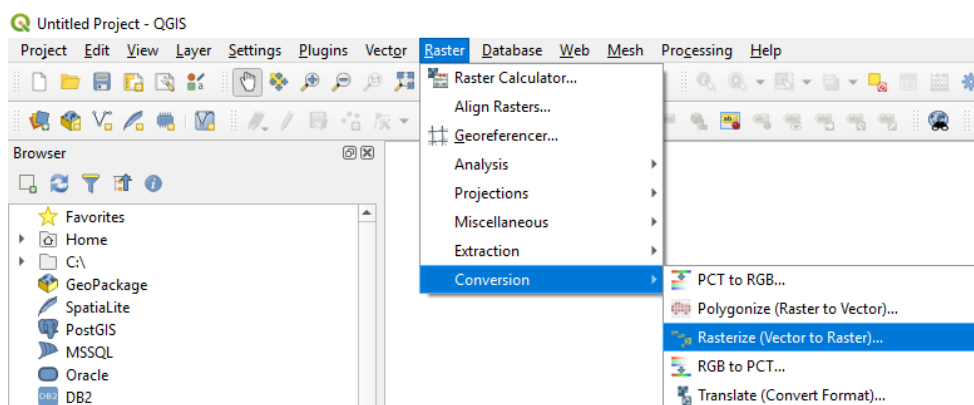


Figura 37. Algoritmo de transformación de modelos de representación en el programa QGIS. Fuente: Elaboración propia

En el caso de los modelos ráster, se tiene la información generada a nivel internacional, de los datos climáticos globales denominados Worldclim, los cuales poseen 19 variables bioclimáticas, 11 variables de temperatura y 8 variables de precipitación. Estos datos son productos de la interpolación espacial para el presente, de datos de estaciones meteorológicas de entre 1950 a 2000 (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005), asimismo, Wordclim

dispone de capas SIG con información sobre las mismas variables climáticas en el pasado y en el futuro, procedente de la combinación de información sobre cambio climático proveniente de modelos de circulación global (AOGCMs (atmosphere-ocean coupled general circulation models), modelos físicos sobre dinámica climática) y su capa para el presente (proveniente de una interpolación) (Varela et al., 2015).

Estos productos se encuentran en 4 resoluciones espaciales diferentes; de 30 segundos ($0,93 \times 0,93 = 0,86 \text{ km}^2$ en el ecuador) a 2,5, 5 y 10 minutos ($18,6 \times 18,6 = 344 \text{ km}^2$ en el ecuador), los datos originales tienen una resolución de 30 segundos, los otros datos se obtuvieron mediante la agregación, calculando la media de grupos de celdas (<https://www.worldclim.org/formats1>). Los datos se almacenan en archivos ZIP (comprimidos), y cada capa de información en formato de cuadrícula genérica (ráster), con dos archivos, uno con los datos reales (.BIL), y uno de texto (encabezado) adjunto (.HDR). Sin embargo, hay que transformarlo a formato .asc para usarlos en Maxent.

En relación con los modelos y formatos de los datos, utilizados para el análisis de la diversidad vegetal mediante el programa DIVA-GIS, las capas ambientales, el modelo de representación debe ser el ráster con formato GRD (*.grd).

4.3.3. Homogenización del sistema de proyección y el datum

Con respecto al sistema de proyección y al datum de referencia, cada una de las capas ambientales al desplegarlas en QGIS geoméricamente corresponden entre sí, sin embargo, al revisar el sistema de proyección y el datum que poseen pueden existir diferencias entre estas. Ejemplo de ello, en la figura 38 se observan tres capas ambientales desplegadas simultáneamente, correspondiente a: la banda 4 de una imagen Landsat 8 cuyo path/row es 6/54, con sistema de proyección UTM y datum WGS zona 19, que cubre el estado Mérida y sus alrededores (Figura 38a); la capa de isotermas medias anuales e isoyetas medias anuales del proyecto MARNOT del IGVS, con sistema de proyección Lambert Conformal Conic y datum la Canoa; que cubre toda Venezuela (Figura 38b); y a la capa de temperatura media del mes de enero de Worldclim, con sistema de proyección GCS y Datum WGS 1984, que cubre todo el mundo (Figura 38c).

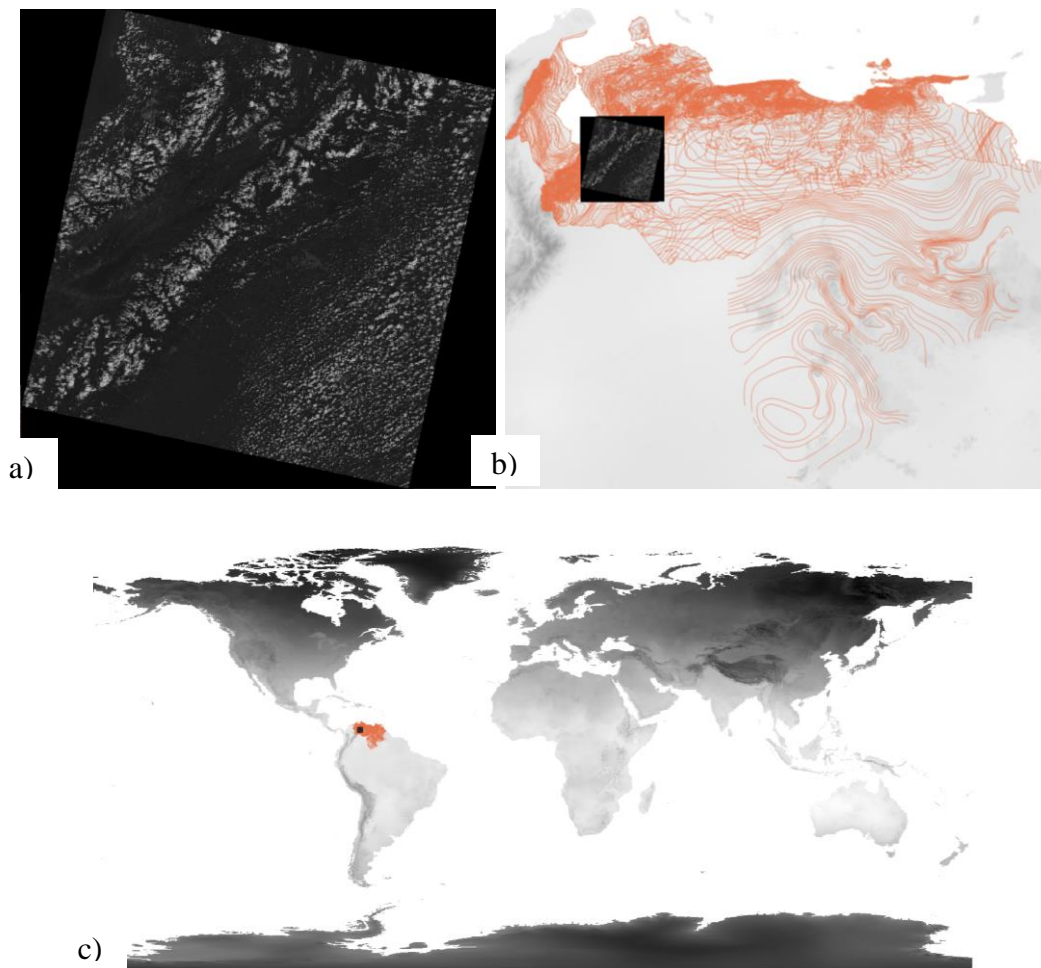


Figura 38. Despliegue simultaneo de una imagen Landsat (a), mapa de isoyetas e isotermas (b) y mapa de temperatura media (c) en el programa QGIS. Fuente: Elaboración propia

A pesar de que las capas anteriores se visualizan simultáneamente sin poseer el mismo sistema de proyección y datum de referencia, estas deben estar en un único sistema de referencia para importarlas y desplegarlas correctamente en los programas DIVA-GIS y Maxent, y así realizar el análisis espacial de la distribución de especies y diversidad vegetal. En este sentido, se debe asumir como sistema de referencia el oficialmente establecido para el país, el cual utiliza la Red Geodésica Venezolana (REGVEN) asociada con el elipsoide GRS 80 y como sistema de proyección, la Lambert Conformal Conic.

Para ello el QGIS cuenta con una herramienta que permite reproyectar dichas capas, como ejemplo, para la reproyección de las capas ráster el algoritmo utilizado se encuentra en el comando Rater/Projections/Warp (Reproject).....(Figura 39a), seleccionado el mismo, se desplegará un cuadro de diálogo en donde aparece la capa seleccionada para reproyectar, una opción de utilizar los parámetros de proyección de otra capa y una donde se elige personalmente los parámetros, asimismo, aparecen el método para realizar el remuestreo de los píxeles, tanto a nivel espectral como espacial (Figura 39b), y otras opciones que se utilizarán en esta propuestas. Al seleccionar la opción de parámetros de proyección, se

desplegará otro cuadro de diálogo donde se elegirá los parámetros correspondientes para la reproyección (Figura 39c).

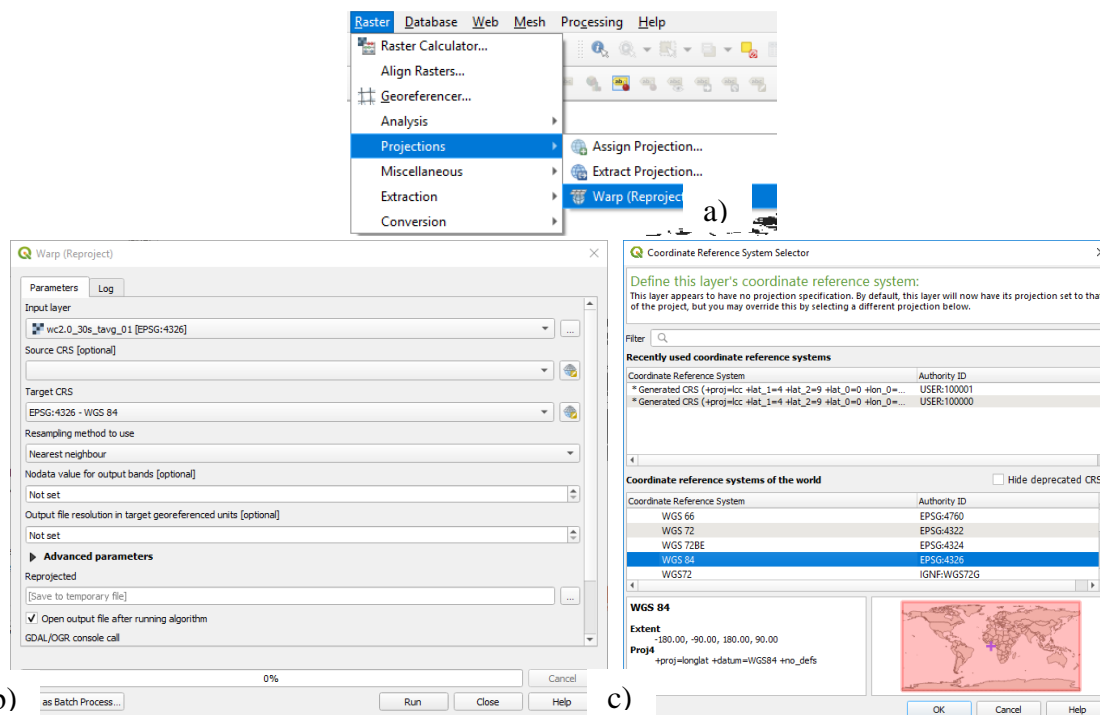


Figura 39. Selección del comando de reproyección (a), selección de la capa a reproyectar con sus parámetros (b) y parámetros de sistema de proyección (c) en el programa QGIS. Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Importación de las capas ambientales

Una vez realizada la homogenización de los modelos, de los formatos, del sistema de proyección y del datum, se procederá a importar las capas ambientales a los programas de análisis el DIVA-GIS y el Maxent.

En el DIVA-GIS se puede importar las capas ambientales bajo dos posibilidades, un solo archivo o múltiples archivos (Figura 40a), en la opción un solo archivo se debe desplegar un cuadro de diálogo donde se elegirá el formato en el cual se encuentre la capa ambiental (Figura 40b), de igual manera sucederá para la opción de múltiples archivos (Figura 40c), en ambos casos los archivos aceptados por el DIVA-GIS, son de IDRISI, ESRI binary (FLOAT), ESRI binary Ascii y BIL.BIP.BSQ.

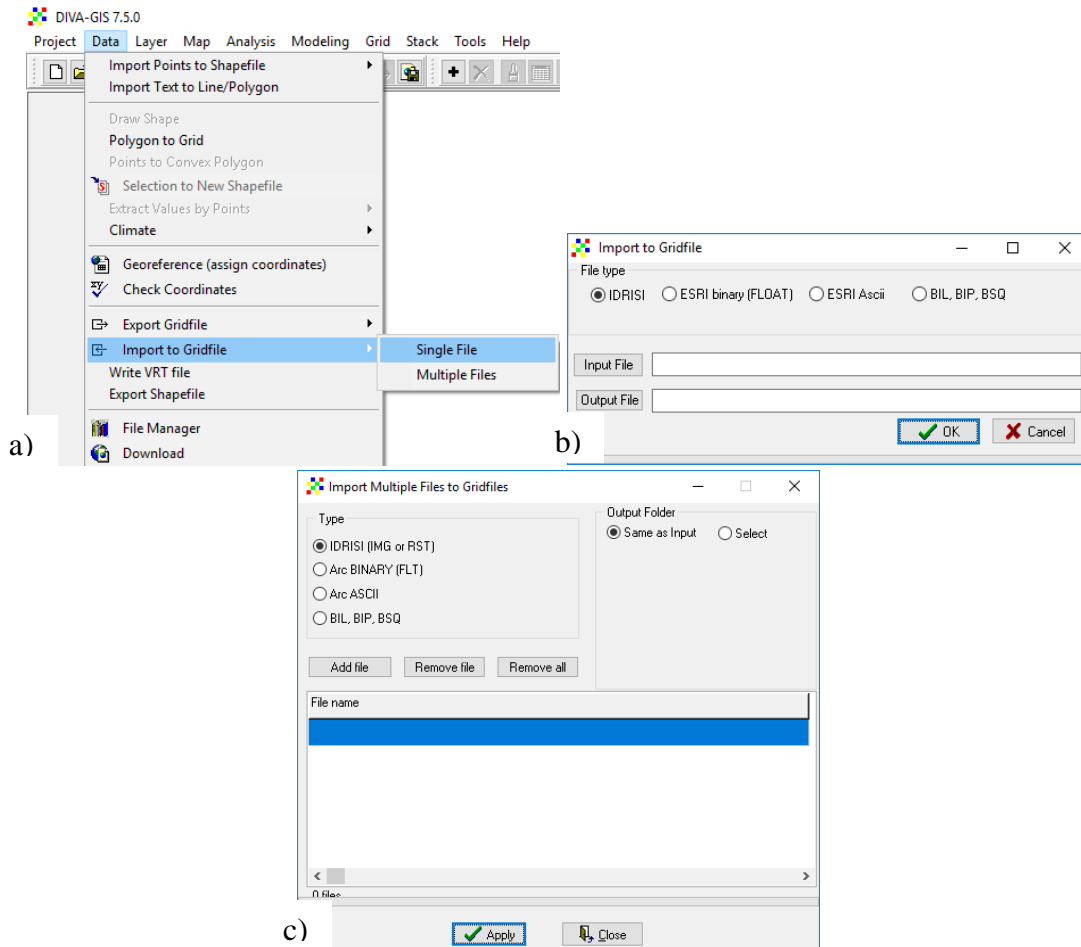
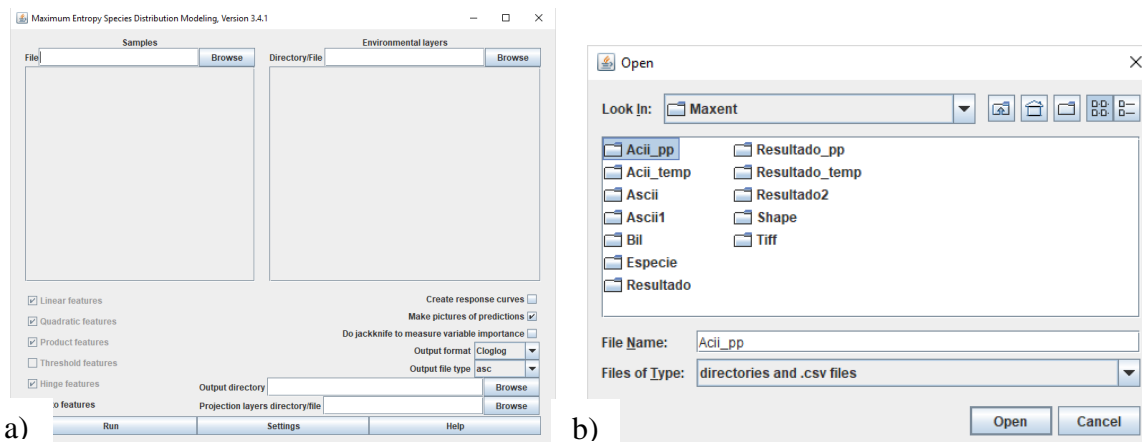
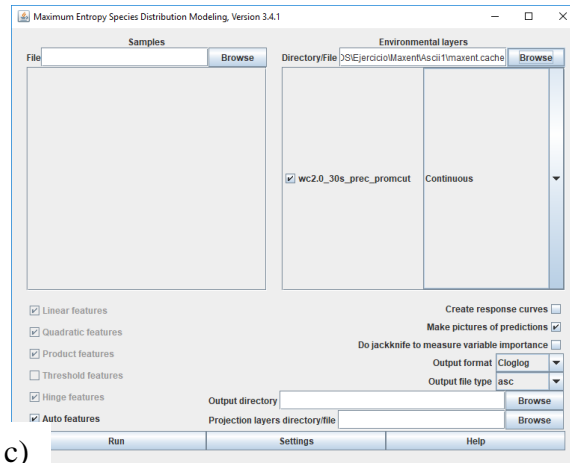


Figura 40. Selección del comando de importación de ráster (a), selección de un solo archivo (b) y selección de múltiples archivos (c) en el programa DIV-GIS. Fuente: Elaboración propia

En el Maxent seleccione la pestaña *Environmental layers* (Figura 41a), en el nuevo cuadro seleccione la carpeta donde se encuentran los archivos ASCII (*.asc) que contienen las capas ambientales a utilizar para el análisis (Figura 41b), una vez seleccionada aparecerá en el cuadro de dialogo anterior, en la capa ambiental con la particularidad de decirle al sistema si posee datos continuos o categóricos (Figura 41c).





c) **Figura 41.** Importación de la capa ambiental (a), selección de la capa ambiental (b) y selección del tipo de información de la capa ambiental en el programa Maxent. Fuente: Elaboración propia

5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL Y LA GENERACIÓN DE LOS MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIE DE FLORA EN VENEZUELA

Para realizar el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especie de flora, se debe en primer lugar contar con la BDEF, de esta se deben seleccionar las especies características, endémicas e indicadoras, que deben ser analizadas espacialmente, luego se debe preparar las capas ambientales que servirán de variables independientes o explicativas en el MDPE, seguidamente con las especies seleccionadas y con el mapa de ecosistemas se debe generar un mapa de distribución de especies potencial, con la finalidad de conocer la distribución espacial de las especies seleccionadas, posteriormente se realiza el MDPE, al cual se le debe generar la representación cartográfica.

5.1. Selección de las especies características, endémicas e indicadoras

Las especies seleccionadas para realizar el análisis de la distribución deben poseer ciertas características específicas que permitan su escogencia, las mismas deben asociarse a aspectos biogeográficos y variables bioclimáticas, relacionada a los datos de precipitación, variación de la temperatura, variación topográfica del terreno, rangos altitudinales, presencia de pisos ecológicos y otros factores ambientales. Dichos aspectos definen la composición florística de un ecosistema, y pueden ser tomados en cuenta para la selección del análisis de distribución de una especie específica, mediante el análisis de los siguientes elementos:

- La *estenoicidad* de las especies, que definen los elementos vegetales con una distribución algo restringida por diferentes condiciones físico-biológicas. Ejemplo: *Libanothamnus neriifolius* (Bonpl. ex Humb.) Ernst, denominado frailejón arbóreo y se distribuye en Venezuela desde los Andes hasta la Cordillera de la Costa sobre los 2200 m de elevación en los subpáramos y páramos bajos del país (Navarro y Maldonado, 2002).
- El *endemismo* que presenta una distribución exclusiva dependiente de la escala geográfica del área en la que se distribuye. Ejemplo: *Mouriri barinensis* (Morley) Morley,

árbol nativo llamado comúnmente Perhuétamo, es exclusiva de los Llanos de Venezuela y es explotada por su madera y se encuentra en serio peligro de extinción (Navarro y Maldonado, 2002).

- La *fisionomía* de las especies que, según la geobotánica, es el carácter de la formación según la forma biológica de sus elementos, y en este caso se corresponde a las especies que influyan sobre el aspecto general de un tipo de vegetación. Ejemplo: el crecimiento de los individuos de la palma moriche (*Mauritia flexuosa*), que una vez que finaliza la fase establecimiento, va acompañado por un aumento en paralelo del número de hojas megafilas, y ya cuando los individuos alcanzan una altura entre los 10 a 12 m y la densidad de los individuos es suficientemente alta, se cierra el dosel y fisionómicamente se alcanza el estadio de palmar bajo denso de pantano (Navarro y Maldonado, 2002).
- El *origen biogeográfico*, referidos al origen y la distribución actual de las especies y comunidades de plantas sobre la tierra y las causas de esa distribución. Gracias a la Fitogeografía (como ciencia auxiliar a la Botánica), sabemos que las Cactaceae, Bromeliaceae y Caricaceae son del Trópico Americano (Neotropicales). En este caso, se considerarán Regiones, Dominios, Provincias, Distritos y Comunidades (Navarro y Maldonado, 2002).
- Los *gremios ecológicos o grupos funcionales* se han determinado en los bosques tropicales con finalidad de agrupar especies a través de su similitud en el temperamento ecológico, donde cada grupo va relacionado a una etapa sucesional. Tradicionalmente para la agrupación ecológica de especies se utiliza la capacidad de las especies de tolerar la sombra o requerimiento de luz (Louman, Quiros, & Nilsson, 2001).

Los elementos antes señalados definen tres grupos de especies, las características, las endémicas y las indicadoras. Para seleccionar dichas especies dentro de la presente propuesta, se debe realizar en primer lugar, la revisión de los listados de especies, y, en segundo lugar, la selección propiamente dicha, mediante el análisis de los ecosistemas de Madi et al., (2014) y la fitocenosis de Huber and Alarcón (1988).

5.1.1. Revisión de los listados de especies

Se debe tomar como base, por un lado, el listado publicado por Huber y Alarcón en el mapa de vegetación de 1988, en el cual reportan a nivel de fitocenosis las especies características y endémicas (Huber & Alarcón, 1988), estas especies se deben transcribir en una hoja de cálculo que debe contener tres campos, el identificador de la especie, y el nombre de la especie característica y la especie endémica.

De manera ilustrativa se observa en la figura 42, un extracto de la descripción realizada por Huber y Alarcón (1988) para la fitocenosis, páramos andinos, la cual incluyen sub-páramos, páramos y super-páramos que se extienden a partir aproximadamente de los 3000 m.s.n.m., en esta fitocenosis se reportaron 17 especies características y 12 especies indicadoras.

90 Páramos andinos. Aquí se incluyen sub-páramos, páramos, y super-páramos, cada uno con un conjunto de especies propias. En general se trata de comunidades herbáceo-arbustivas de densidad variable y altura entre 0,3 y 2 a 3 m, caracterizadas por la presencia del género *Espeletia* s.l., a partir de aprox. 3.000 m de altitud. También se incluyen aquí los «chirivitales» (arbustales alti-andinos).
 CAR: *Espeletia* div. sp., *Libanothamnus neriifolius*, *Espeletiopsis* div. sp., *Coespeletia* div. sp., *Carramboa* sp., *Ruilopezia* div. sp., *Aciachne pulvinata*, *Hinterhubera* div. sp., *Lachemilla* sp., *Hypericum laricifolium*, *Chaetolepis lindeniana*, *Senecio* sp., *Diplostephium* sp., *Gynoxis* sp., *Gnaphalium* sp., *Draba* sp., *Ottoa* sp.
 END: Muy numerosas, con concentraciones locales en los páramos de Táchira (por ej. *Tamania chardonii*, *Begonia* sp., *Befaria tachirensis*, *Draba pamplonensis*, *Halenia venezuelensis*), Mérida (por ej. *Arcytophyllum venezuelanum*, *A. vareschii*, *Puya aristeguietae*, *Coespeletia* genus, *Carramboa* div. sp., *Oritrophium* div. sp., *Echeveria venezuelensis*) y Lara/Trujillo (por ej. *Carramboa trujillensis*, *Libanothamnus griffinii*, *Ruilopezia lopez-palacii*, *Carex larensis*, *Drosera cendensis*).

Figura 42. Definición de páramos andinos y sus especies características y endémicas. Fuente: propia a partir del mapa de vegetación de Huber and Alarcón (1988)

Según Huber and Alarcón (1988) la fitocenosis páramos andinos, se localiza en lo largo de los andes venezolanos, entre los estados Táchira, Mérida y Trujillo, sin embargo, es importante destacar que en el estado Mérida es donde se ubica la mayor proporción de esta área, tal y como se observa en la figura 43.

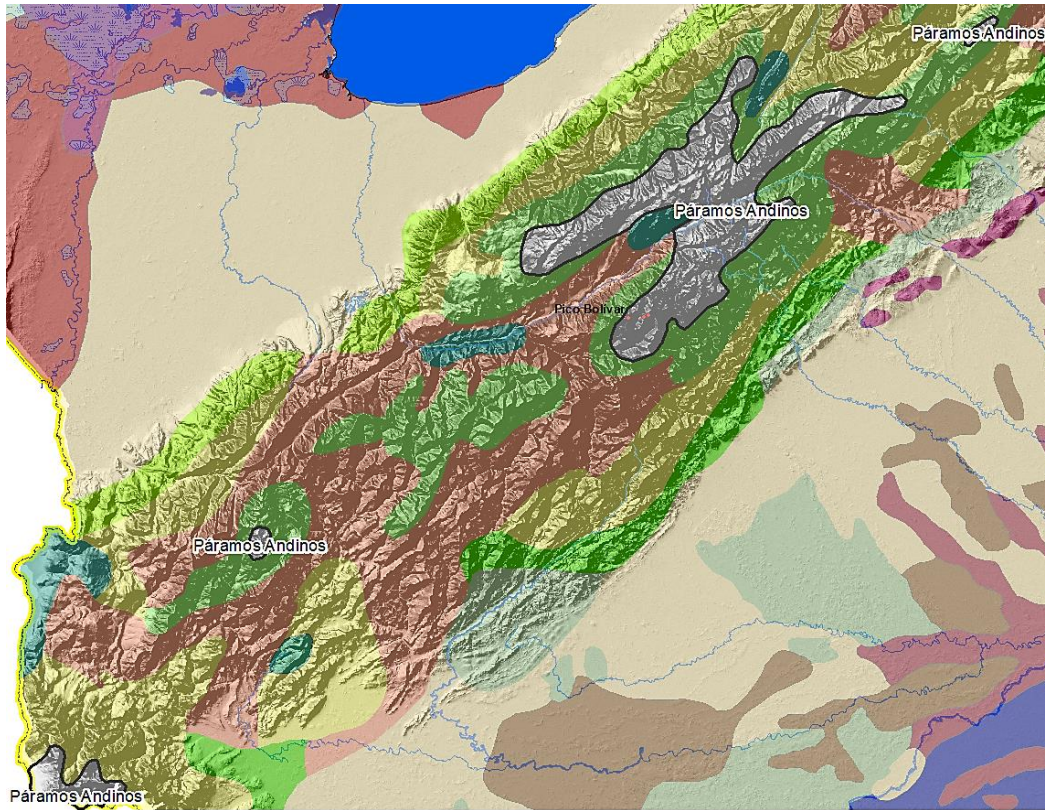


Figura 43. Fitocenosis de páramos andinos. Fuente: propia a partir del mapa de vegetación de Huber and Alarcón (1988)

Por otro lado, se debe revisar el listado de especies publicado en el Nuevo Catálogo de la Flora Vasculare de Venezuela (Hokche, Berry, & Huber, 2008), este se encuentra en formato .pdf lo que facilitará la búsqueda y la transcripción digital de las especies, a través de la herramienta de búsqueda de Adobe Acrobat Pro DC, dicha búsqueda permitirá a nivel de familia ubicar las especies endémicas para el país, este proceso originará otro listado de especies que debe contener dos campos, el identificador de la especie y la especie endémica.

En la figura 44 se visualiza un ejemplo de búsqueda de especies endémica, colocando para ello la palabra endémica en el buscador, allí se ubica en primer lugar la familia ACANTHACEAE la cual fue revisada por Thomas F. Daniel, 2005; Silvia Llamozas S. (Anisacanthus, Aphelandra, Ruellia), 2003. Referencias principales: Agostini & Wasshausen 1973; Leonard 1953, 1957; Llamozas 1993, 2001; Wasshausen 1987, 1995 Herbarios revisados: MERF, VEN, 32 géneros nativos (4 adicionales cultivados o naturalizados), 148 especies nativas o naturalizadas, incluyendo 47 especies endémicas; luego la primera especie encontrada fue la *Aphelandra reticulata* Wassh., *Phytologia* 25: 493. 1973. Arbusto. Endémica. 2600–2700 m ME.



Figura 44. Selección de plantas endémica en el Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela, ejemplo de la especie endémica *Aphelandra reticulata* Wassh. Fuente: propia a partir del Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela (Hokche, Berry, & Huber, 2008)

Tanto el listado que se debe obtener de Huber y Alarcón (1988) como el del Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela (Hokche, Berry and Huber, 2008), se deben actualizar los nombres científicos de las especies características y endémicas, en el portal The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>).

5.1.2. Selección de especies características

La lista de especie reportada en el mapa de vegetación (Huber y Alarcón, 1988), se debe actualizar con la ayuda de un botánico de experiencia y conocedor de los diferentes ecosistemas de Venezuela, esta se cruzará con la BDEF y el mapa de ecosistema de Venezuela (Madi et al., 2014), para así determinar las especies características en la BDEF y los ecosistemas donde se encuentran. El análisis de las especies dentro de los ecosistemas definirá las especies a seleccionar para modelar su distribución.

Un ejemplo de las especies características dentro de la carta NC-19-13, se presenta en la fitocenosis de páramo andino de Huber and Alarcón (1988), con dos especies del género *Espeletia*, la primera la *Espeletia schutzii* Wedd. (Color amarillo) con 96 individuos de los 108 reportes de la base de datos del GBIF, y la segunda con la *Espeletia Mutis ex Humb & Bonpl.* (Color verde) con 50 de los 72 reportes de la base de datos del GBIF (Figura 45).

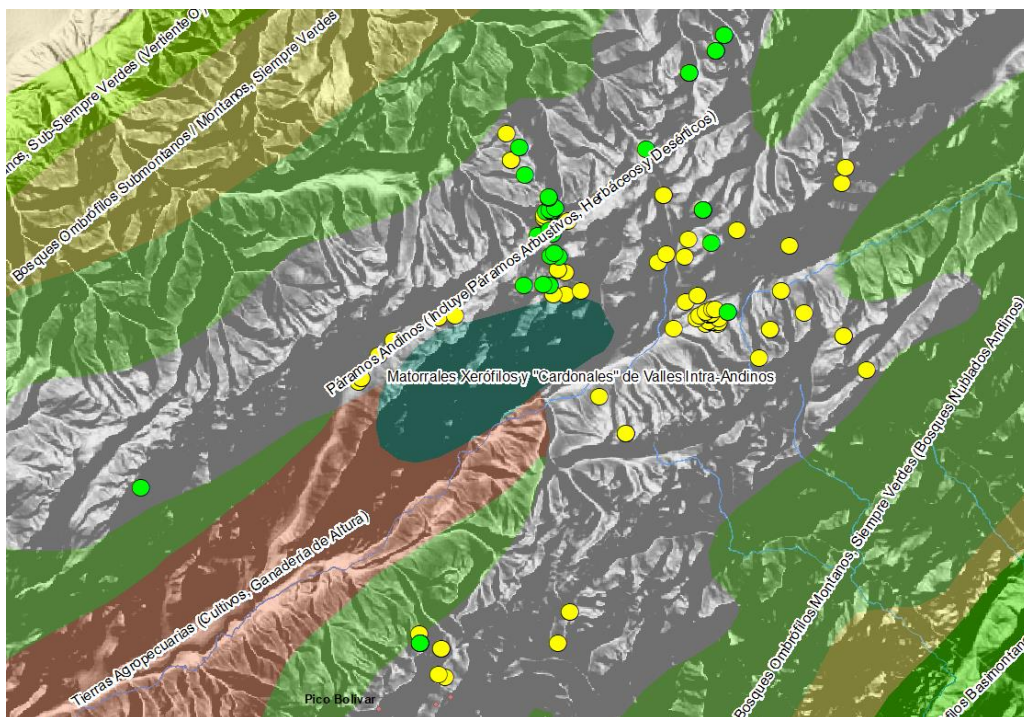


Figura 45. Especies características *Espeletia schutzii* Wedd. (Color amarillo) y *Espeletia Mutis ex Humb & Bonpl.* (Color verde), de la biocenosis de Páramos Andinos. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del GBIF y del mapa de vegetación de Huber and Alarcón (1988)

5.1.3. Selección de especies endémicas

A partir del listado de especies del mapa de vegetación (Huber & Alarcón, 1988) y del Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela (Hokche, Berry, & Huber, 2008) se debe realizar un único listado con las especies endémicas, con la finalidad de cruzarlo con la BDEF y con el mapa de ecosistema de Venezuela (Madi et al., 2014), esto permitirá, por un lado, obtener las especies endémicas de la BDEF las cuales se encuentran georreferenciadas, y, por otro lado, conocer los ecosistemas donde se encuentran dichas especies. Todo esto con la finalidad de escoger por ecosistema las especies endémicas más representativas para modelizar su distribución, considerando elementos la importancia ecológica de las especies.

Como ejemplo se observa en la figura 46, los 103 reportes de la especie endémica *Coespeletia moritziana* obtenidos del GBIF, estos se localizan en los ecosistemas 39 y 40 de Madi et al., (2014) y dentro de la carta NC 19 13, el ecosistema 39 está definido como Cordillera andina, altimontano, páramo y subpáramo: Arbustales parameros, Herbazales parameros, mientras que

el ecosistema 40 posee las mismas características del 39 con la diferencia, que no posee páramo y subpáramo sino superpáramo y nival.

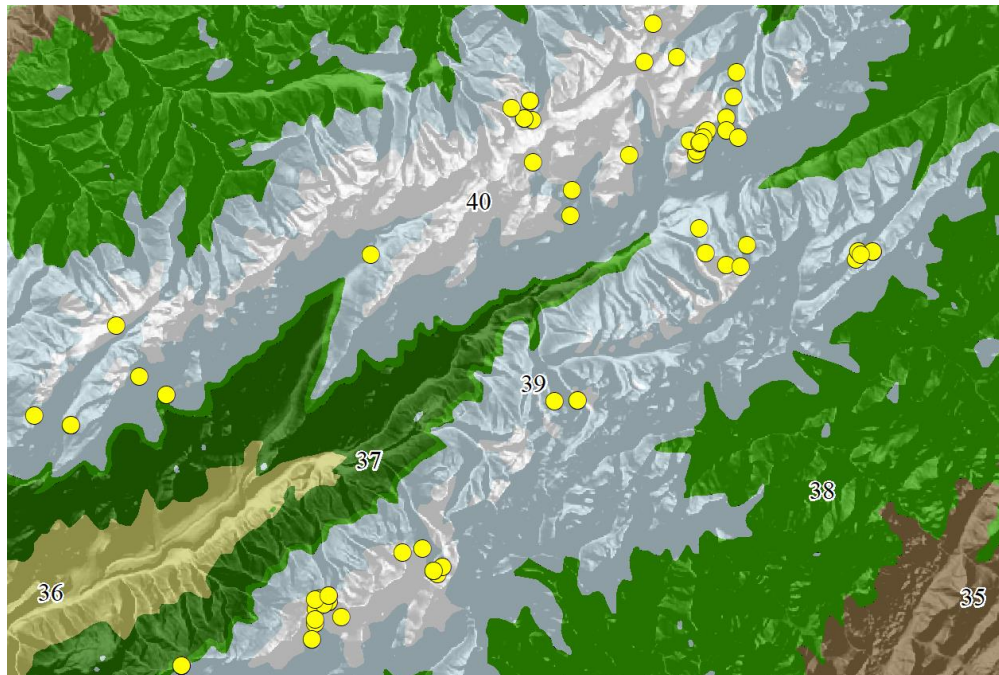


Figura 46. Ejemplo de la especie endémica *Coespeletia moritziana*, localizada en los ecosistemas 39 y 40. Fuente: propia a partir de los datos del GBIF y del mapa de ecosistema de Madi et al., (2014)

5.1.4. Selección de especies indicadoras

Una vez seleccionadas las especies endémicas y las especies característica dentro de la BDEF, se deben seleccionar las especies indicadoras en cada uno de los ecosistemas de Madi et al., (2014). Para ello se debe realizar un listado de especies por ecosistemas del cual se debe seleccionar las especies indicadoras con la ayuda de un botánico con experiencia y conocer de los ecosistemas, dicho listado será producto del cruce espacial de las especies restante de la BDEF con el mapa de ecosistemas.

5.2. Distribución de especies

Una vez realizado el listado y la selección de las especies características, endémica e indicadoras más representativas en cada ecosistema, se debe crear, por un lado, los MDPE de cada una de estas, y, por otro lado, un mapa de distribución de las especies.

En este sentido, se presenta a modo de ejemplo en la figura 47, el mapa de distribución de la especie característica *Espeletia schutzii* Wedd., de esta especie se han sido reportados 108 datos de presencia dentro de la base de datos del GBIF, su distribución se presenta en los estados Mérida y Trujillo, de la biorregión los andes, cordillera andina, ecosistema 39 definido como, altimontano, páramo y subpáramo: arbustales parameros, herbazales parameros, y

ecosistema 40 con las mismas características del 39 con la diferencia, que no posee páramo y subpáramo sino superpáramo y nival (Madi et al., 2014).

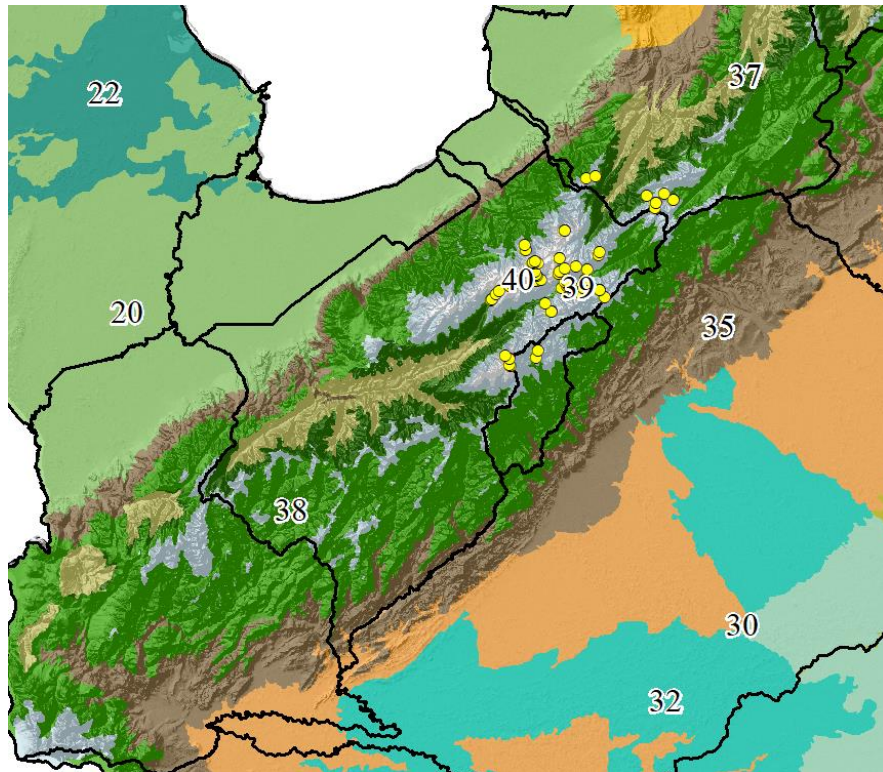


Figura 47. Distribución de la especie característica *Espeletia schutzii* Wedd., en los ecosistemas 39 y 40. Fuente: propia a partir de los datos del GBIF y del mapa de ecosistema de Madi et al., (2014)

Otro ejemplo de la distribución es el de la especie característica *Cinchona pubescens* Vahl, la cual han sido reportados 98 individuos dentro de la base de datos del GBIF, su distribución se presenta en los estados Táchira, Mérida, Trujillo y Portuguesa, de la biorregión los Andes, cordillera andina, ecosistema 37 definido como montano alto: Bosques siempreverdes. Matorrales, y ecosistema 38 definido montano submontano: Bosques: siempreverdes, siempreverdes per se, nublados (Madi et al., 2014) (Figura 48).

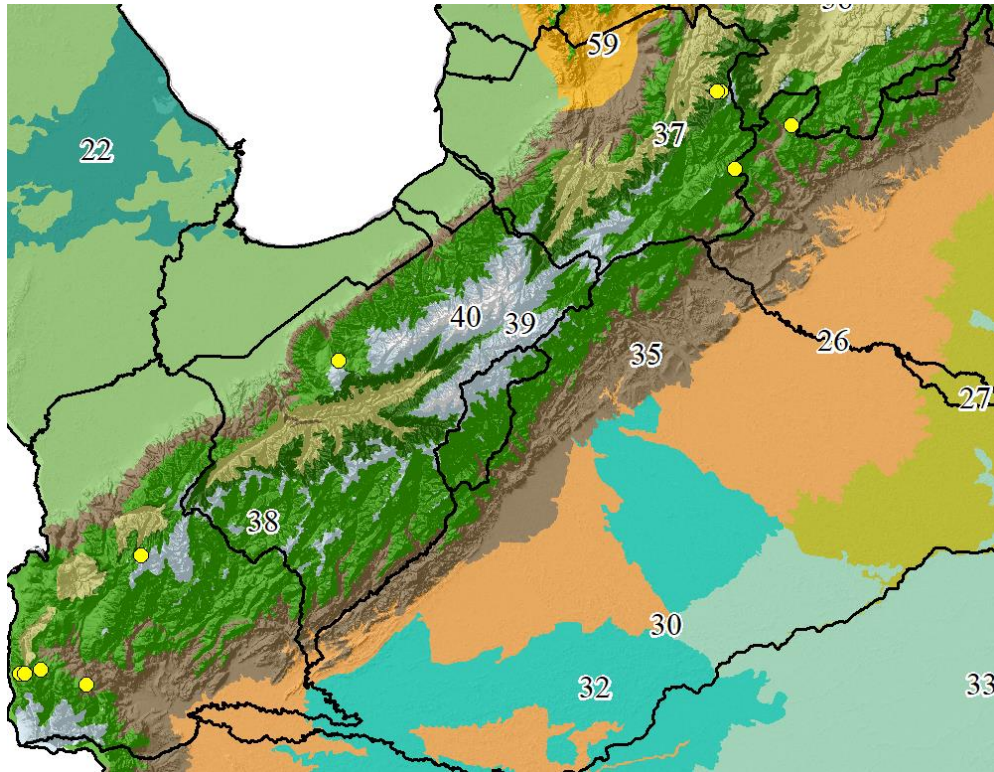


Figura 48. Distribución de la especie característica *Cinchona pubescens Vahl*, en los ecosistemas 37 y 38. Fuente: propia a partir de los datos del GBIF y del mapa de ecosistema de Madi et al., (2014)

5.3. Modelo de distribución potencial de especie (MDPE)

Como se comentó anteriormente para realizar el MDPE, se tienen que escoger un conjunto de especies características, endémica e indicadoras que deben ser utilizadas como variables dependientes, y las capas ambientales como variables independientes, con estas se deben modelizar la distribución potencial de especie. Para conocer cómo debe ser el proceso de la construcción del MDPE, se presenta a continuación un ejemplo, con la especie endémica *Coespeletia moritziana* y con datos bioclimáticos de precipitación y temperatura medias, Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y un Modelo Digital de Elevaciones (DEM), dentro de los límites de la carta cartográfica NC-19-13. Para estos se debe realizar, una visualización de las variables, un análisis exploratorio de datos, la modelización de la distribución de especie y el análisis de los resultados.

5.3.1. Visualización de las variables

Antes de realizar el MDPE para la *Coespeletia moritziana*, se deben visualizar las variables que serán utilizadas para dicho modelado, con la finalidad de constatar la información de estas, dicha visualización se debe efectuar en el DIVA-GIS. Los datos de presencia de especie de flora para este ejemplo deben ser extraídos de la base de datos del GBIF, estos datos según Madi et al., (2014), se ubican en el ecosistema de cordillera andina, altimontano, páramo, subpáramo, su perpáramo y nival, de arbustales y herbazal parameros, son 103 datos de

presencia de especies de flora que se ubican espacialmente dentro de los límites de la carta NC-19-13 (Figura 49).

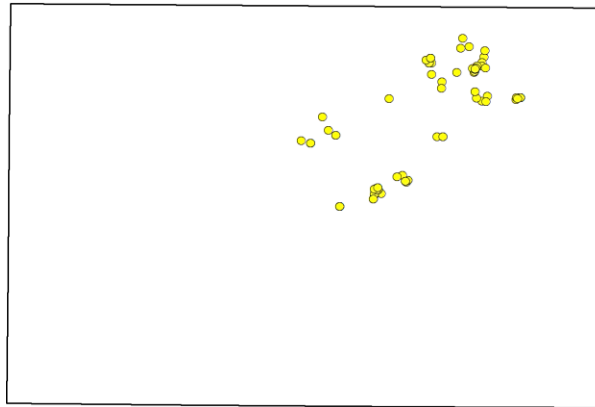


Figura 49. Datos de presencia de la especie *Coespeletia moritziana*, a través del DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del GBIF

Para explorar los datos de presencia de la especie de flora, DIVA-GIS cuenta con un comando de exploración de la tabla de datos, ubicado en la barra de herramientas mediante este botón



Al seleccionar el archivo de la especie endémica y hacer clic a dicho botón se debe desplegar la tabla de datos original de GBIF para estos reportes, en dicha tabla aparece toda la información taxonómica de la especie, país y localidad de recolección, código del GBIF, latitud y longitud en decimales, elevación, fecha de recolección, institución donde se encuentra la muestra y nombre del recolector (Figura 50).

occurrence	kingdom	phylum	class	order	family	genus	species	infraspeci	taxonRank	scientific	countryCod	locality	publishing	decimalLat
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra nevada de M7?rida, Ca7?ad	bc092f0-02e8-54671	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de Mucuch7?es.	bc092f0-02e8-81324	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de los Conejos.	bc092f0-02e8-72267	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de los Conejos. Sierra de	bc092f0-02e8-85983	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo rocoso entre El Aguila y f	bc092f0-02e8-83119	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de los Granates. Sierra N	bc092f0-02e8-76941	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	1.8 km NE of Pico del Aguila along	bc092f0-02e8-87513	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de M7?rida. Loma R	bc092f0-02e8-54251	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Llano (circo) de Piedras Blancas. al	bc092f0-02e8-85989	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de M7?rida. Loma R	bc092f0-02e8-85251	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es. El 7+agulla.	bc092f0-02e8-84467	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de Timotes.	bc092f0-02e8-86154	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es.	bc092f0-02e8-83676	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es. Unos 200 m a	bc092f0-02e8-83947	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Pico del 7+agulla.	bc092f0-02e8-84536	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es. El 7+agulla.	bc092f0-02e8-84467	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Llano (circo) de Piedras Blancas. al	bc092f0-02e8-85928	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de los Conejos. Zan7?n de Los	bc092f0-02e8-85736	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es. Unos 200 m a	bc092f0-02e8-83947	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de Mucuch7?es.	bc092f0-02e8-73683	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada. p7?ramo alrededor	bc092f0-02e8-56311	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Ut. supra de Loma redonda ad Pico	bc092f0-02e8-53291	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Llano (circo) de Piedras Blancas. al	bc092f0-02e8-85989	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de Timotes.	bc092f0-02e8-83112	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de los Granates. Alrededores	bc092f0-02e8-85788	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de Santo Domingo.	bc092f0-02e8-87491	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Mucuba7?.	bc092f0-02e8-72761	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de M7?rida. Loma R	bc092f0-02e8-54451	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de los Granates. Sierra Nevada	bc092f0-02e8-77471	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de Mucuch7?es. Unos 200 m a	bc092f0-02e8-83947	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de los Granates. Sierra Nevada	bc092f0-02e8-77471	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Llano (circo) de Piedras Blancas. al	bc092f0-02e8-85989	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de M7?rida. Ca7?ad	bc092f0-02e8-54671	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P. de los Granates. Sierra Nevada	bc092f0-02e8-77422	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada de M7?rida. Loma R	bc092f0-02e8-54251	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Abajo del Alto de Piedras Blancas.	bc092f0-02e8-86664	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Abajo del Alto de Piedras Blancas.	bc092f0-02e8-87166	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	P7?ramo de La Laguna de los Park	bc092f0-02e8-77824	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Sierra Nevada. P7?ramo alrededor	bc092f0-02e8-85786	
http://n2.ne.plantae	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsid	Asterales	Asteraceae	Coespeletia	Coespeletia moritziana		SPECIES	Coespeletia moritziana (N. Wedd.) Cuatrec.	VE	Alrededores de la Laguna Verde. al	bc092f0-02e8-56336	

Figura 50. Despliegue de la tabla de datos de *Coespeletia moritziana*, a través del DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del GBIF

Una vez desplegado los datos de presencia de la especie de flora, se deben visualizar las capas ambientales, a manera de ejemplo se muestra la de precipitación media anual (Figura 51a) y la de temperatura media anual (Figura 51b), obtenidas del WordClim. Los valores de la precipitación dentro del espacio geográfico de la carta NC-19-13, oscilan entre 630 a 1990 mm, mientras que los de temperatura entre 1,8 a 28,96 °C.

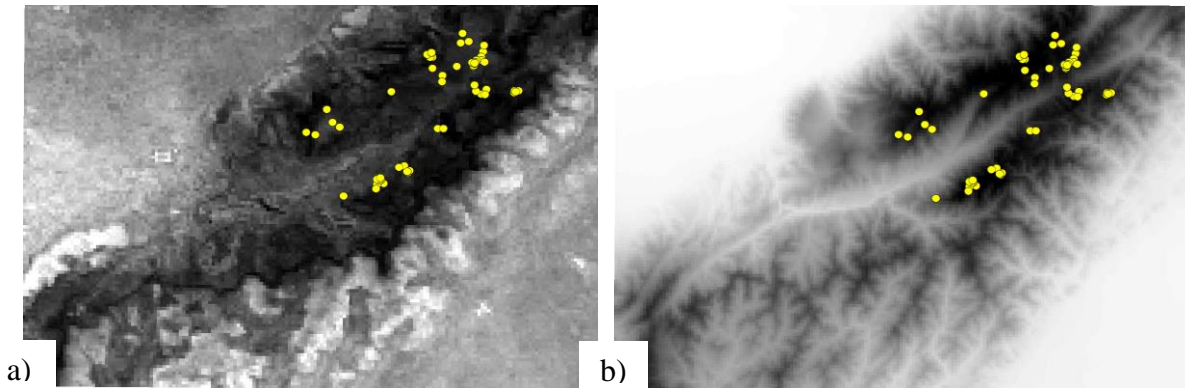


Figura 51. Precipitación media anual (a) y temperatura media anual (b) dentro de la carta NC-19-13. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del WordClim

5.3.2. Análisis exploratorio de datos

Visualizadas las variables, se les deben realizar un análisis exploratorio de datos. Dicho análisis debe utilizar la técnica de correlación de Pearson, la cual analiza el nivel de las asociaciones significativas (positivas o negativas) según parámetros de Milton y Arnold (2004). Esta condición es esencial para verificar si los datos son adecuados para la construcción del MDPE con aceptable probabilidad, además este análisis permitirá efectuar una discriminación de algunas variables, que no estén correlacionadas o no expliquen aceptables variabilidades de datos. En la figura 52 se ilustra esquemáticamente el proceso de análisis exploratorio de datos a la BDEF y a las capas ambientales.

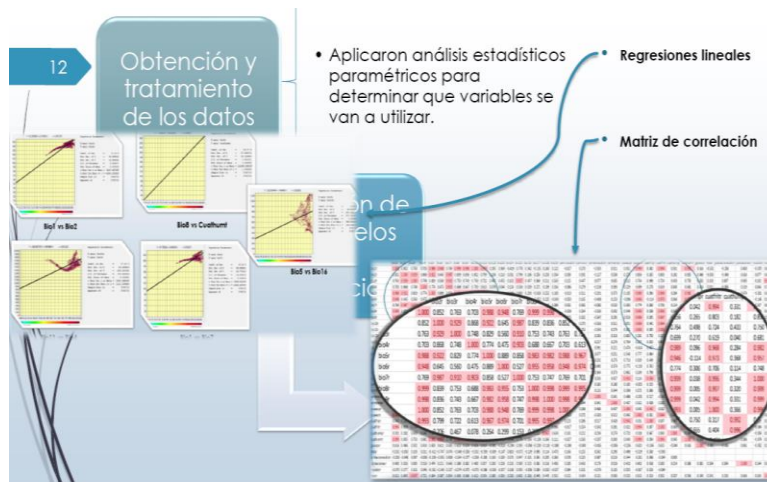


Figura 52. Esquema del análisis exploratorio de datos a la BDEF y a las capas ambientales, mediante correlación de Pearson y regresión lineal

Con los resultados del análisis exploratorio de datos y la opinión de expertos se escogerán las variables independientes predictores que deben ser utilizadas para la construcción del MDPE. Esto debe realizarse, ya que las variables no siempre podrán ser las más correlacionadas, en el caso de que sean escogidas por expertos y se justifique su importancia como predictor o como parámetro explicativo en un ecosistema muy particular. Es importante señalar, que las variables influyentes no serán las mismas dentro de los análisis en determinadas regiones geográficas, puede existir un grupo de parámetros bioclimáticos que expliquen la mayoría de las especies por ecosistema, pero también pueden existir tendencias bioclimáticas semejantes en ecosistemas, pero ciertos patrones edáficos o topográficos que podrían influenciar en la escogencia de variables predictoras particulares.

Continuando con el ejemplo de la construcción del MDPE para la *Coespeletia moritziana*, se presenta los resultados del análisis exploratorio de datos, con los puntos de presencia y con las capas ambientales de precipitación media anual, precipitación media anual, NDVI y DEM. Las correlaciones de estas indican que a un 95% de confianza, ciertas variables bioclimáticas están mayormente asociadas a las condiciones ambientales existentes donde se ubica la especie endémica *Coespeletia moritziana*.

En el caso de temperatura (temp) con el DEM se indica una moderada asociación negativa y significativa (-0,428) que explica que cuando la altura aumenta en ciertas áreas geográficas la temperatura disminuye. La temp mostró correlación negativa nula con respecto al NDVI, (-0,007) indicando que esta variable no está condicionada con la variable Temp, a su vez Temp y la precipitación (PP) también presentan nula asociación positiva. Al hablar de la PP se puede verificar de una relación significativa positiva media con el NDVI (0,355), lo cual expone moderada influencia de la variable meteorológica en la presencia de estas especies. El DEM con el NDVI y la PP muestra una débil correlación positiva o cierta influencia baja de la altura en los regímenes de lluvia y potencial de biomasa (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación de las capas ambientales en áreas geográficas donde se evidencia presencia de especies *Coespeletia moritziana*

Correlations		DEM	Temp	NDVI	PP
DEM	Pearson Correlation	1	-,428**	0,138	0,16
	Sig. (2-tailed)		0	0,164	0,107
	N	103	103	103	103
	Std. Error	0	0,09	0,089	0,088
	95% Confidence Interval				
	Lower	1	-0,587	-0,035	-0,016
	Upper	1	-0,222	0,329	0,328
Temp	Pearson Correlation	-	1	-0,007	0,083
	Sig. (2-tailed)	,428**		0,944	0,405
	N	103	103	103	103
	Std. Error	0,09	0	0,094	0,081
	95% Confidence Interval				
	Lower	-	1	-0,2	-0,072
	Upper	0,587	1	0,171	0,243

				0,222			
NDVI	Pearson Correlation			0,138	-0,007	1	,355**
	Sig. (2-tailed)			0,164	0,944		0
	N			103	103	103	103
	Std. Error			0,089	0,094	0	0,093
	95% Confidence Interval	Lower		-	-0,2	1	0,171
		Upper		0,035	0,329	0,171	1
PP	Pearson Correlation			0,16	0,083	,355**	1
	Sig. (2-tailed)			0,107	0,405	0	
	N			103	103	103	103
	Std. Error			0,088	0,081	0,093	0
	95% Confidence Interval	Lower		-	-0,072	0,171	1
		Upper		0,016	0,328	0,243	0,537
							1
	** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						
	* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						
	c Unless otherwise noted, bootstrap results are based on 1000 bootstrap samples						

Con base a estos resultados se podría sugerir, la construcción del MDPE para la *Coespeletia moritziana*, con los grupos de variables de Temp/DEM y NDVI/ PP. Sin embargo, como se comentó anteriormente la opinión de expertos será un factor determinante a la hora la escogencia final de las variables independientes predictores.

5.3.3. Modelización de la distribución potencial de especie

Una vez realizado el análisis exploratorio de datos y obtenidas las variables, se debe efectuar la construcción del MDPE de la *Coespeletia moritziana* utilizando el programa Maxent. Para visualizar la influencia de las variables predictoras o capas ambientales, en este ejemplo se construyeron dos MDPE para la *Coespeletia moritziana*, uno considerando la variable precipitación media anual y el otro la variable temperatura media anual. Para construir el MDPE considerando la precipitación media anual, dentro de Maxent se debe seleccionar como variable dependiente la especie *Coespeletia moritziana* y como variable independiente precipitación, luego el método logístico, el directorio de salida, el archivo salida tipo ascii, y el botón Settings (Figura 53a), con esta última opción se desplegará una ventana auxiliar en la cual se le colocarán los parámetros de máxima entropía, en este caso se dejará por defecto (Figura 53b).

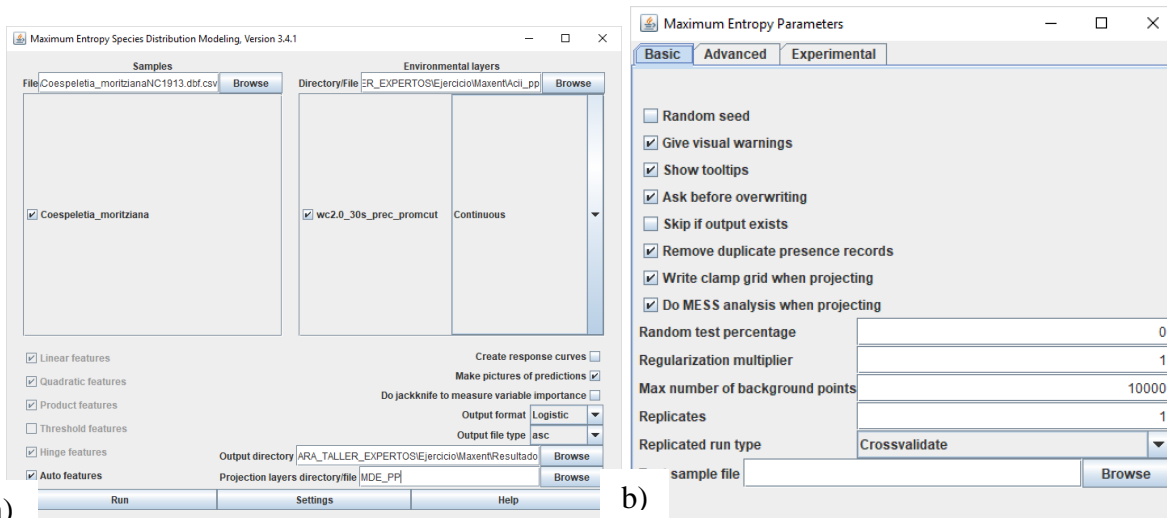


Figura 53. Selección de la variable dependiente a independiente (a) y de los parámetros de máxima entropía a través del Maxent. Fuente: Elaboración propia

Una vez introducidas las variables al programa Maxent y sus respectivos parámetros se debe ejecutar el programa, los resultados que se deben generar de la ejecución aparecerán en la carpeta seleccionada como salida, en ella se deben originar unas series de archivos, los cuales corresponden a la imagen resultante, a los datos de la regresión logística, los errores de omisión, entre otros, dentro de estos archivos Maxent genera un documento HTML que resume todos los resultados (Figura 54).

Name	Date modified	Type	Size
plots	8/9/2019 9:06 AM	File folder	
Coespeletia_moritziana.asc	8/9/2019 9:06 AM	ASC File	231 KB
coespeletia_moritziana	8/9/2019 9:08 AM	BMP File	64 KB
coespeletia_moritziana.bpw	8/9/2019 9:08 AM	BPW File	1 KB
coespeletia_moritziana	8/9/2019 9:08 AM	GRD File	2 KB
coespeletia_moritziana.gri	8/9/2019 9:08 AM	GRI File	85 KB
Coespeletia_moritziana	8/9/2019 9:06 AM	HTML File	5 KB
Coespeletia_moritziana.lambdas	8/9/2019 9:06 AM	LAMBDA File	1 KB
Coespeletia_moritziana_explain	8/9/2019 9:06 AM	Windows Batch File	1 KB
Coespeletia_moritziana_omission	8/9/2019 9:06 AM	Microsoft Excel C...	4 KB
Coespeletia_moritziana_samplePredictions	8/9/2019 9:06 AM	Microsoft Excel C...	4 KB
maxent	8/9/2019 9:06 AM	Text Document	4 KB
maxentResults	8/9/2019 9:06 AM	Microsoft Excel C...	0 KB

Figura 54. Archivos resultantes del MDPE de *Coespeletia moritziana*. Fuente: Elaboración propia a partir de la ejecución del programa Maxent

5.3.4. Validación del MDPE

La validación estadística del MDPE es esencial para verificar la incertidumbre, proyección y rendimiento del modelo, esta se puede realizar en el campo verificando la verdadera distribución espacial y presencia de especie, o en la oficina comparando modelos de diferente técnica y de proyección. En el caso particular de Maxent, al ejecutarlo genera una serie de

estadísticas que validan el MDPE creado, como el análisis del umbral en gráficas de omisión-predicción, área bajo la curva y valores de entropía, a continuación, se analizan los resultados generados en la construcción del MDPE de la *Coespeletia moritziana*.

Análisis de omisión-predicción: la prueba por omisión en muestras de entrenamiento (azul), como se observa en la figura 55, muestra tendencias inconsistentes deben estar por arriba o por abajo de la recta (condición ideal), en algunos casos. Verificar la omisión en muestras de prueba (línea turquesa) para verificar si está por encima de la omisión prevista (recta).

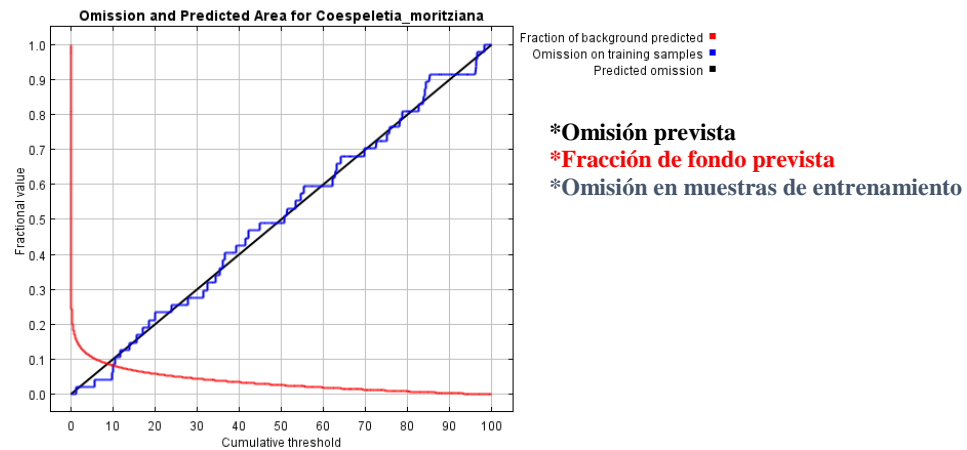


Figura 55. Gráfica de umbrales para pruebas de omisión especie *Coespeletia moritziana*. Fuente: Elaboración propia a partir de los archivos resultantes del programa Maxent

Área bajo la curva: muestra valores de AUC de 0,964, lo que se consideran muy altos para la prueba de Maxent, la muestra puede presentar una sobre estimación de ajustes, además faltaría evaluar AUC con datos de prueba (Figura 56).

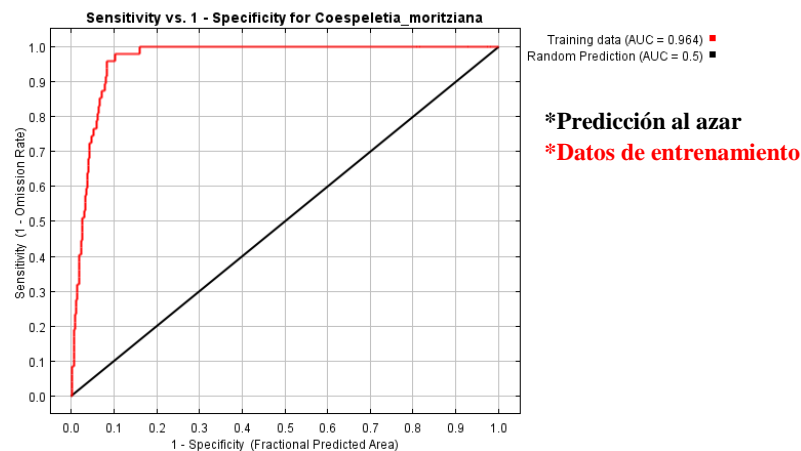


Figura 56. Prueba evaluación de AUC. Fuente: Elaboración propia a partir de los archivos resultantes del MDPE la ejecución del programa Maxent

Valores de entropía: la entropía, arrojó valores de 6.910196426692307 (rangos de 0-10) lo que se evidencia, el valor es medianamente alto, es decir existe la probabilidad alta de presencia de estas especies en esta área.

Con estos resultados se puede considerar que el muestreo fue insuficiente por celda para mostrar una probabilidad robusta. La probabilidad normal se muestra inconsistente, se recomienda una simple exploración visual de los datos observados mediante un histograma o un diagrama de cajas, esto podrá ayudar a decidir si es razonable o no el considerar que los datos proceden de una característica de distribución normal. Debe realizarse pruebas con especies que se encuentren con coordenadas adecuadamente levantadas (reportes de campo, parcelas correctamente georreferenciadas). Evaluar tendencias con otras variables predictoras como: humedad de suelos, taxonomía de suelos, precipitación (promedio, mínimas promedio, máximas promedio), pendiente y verificar entropía y AUC. Esto en caso de especies endémicas muy vulnerables a ciertas condiciones bioclimáticas como (*Coespeletia moritziana*). El AUC de la prueba fue de 0,964 un valor muy alto según parámetros de corridas por Maxent. El AUC a evaluar debe ser con datos de prueba y de entrenamiento. A pesar de la poca data modelada los valores de entropía son aceptables. Realizar antes de modelar Maxent una autocorrelación espacial y ver dispersión de datos. Revisar colinealidad de variables.

5.3.5. Visualización de los resultados

Los ráster de la distribución de la *Coespeletia moritziana* generado por Maxent, es un archivo .asc y también se encuentra en la carpeta de resultados. Para visualizar y modificar estos archivos, se deben importar a DIVA-GIS, mediante la opción Data/Export Gridfile / Single File (Figura 57).

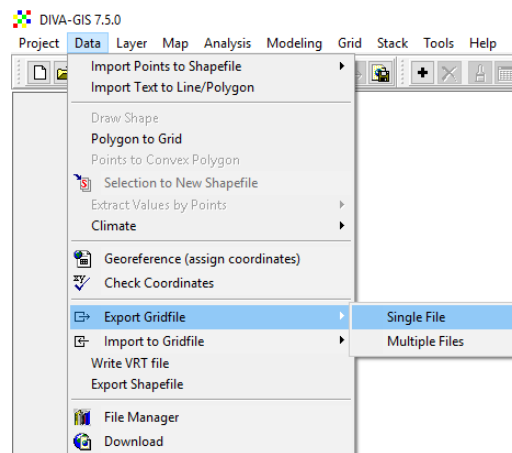


Figura 57. Exportación del archivo .asc en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

En la ventana File type seleccione ESRI ASCII, para elegir los archivos .asc generado por Maxent, del MDPE de la *Coespeletia moritziana* considerando la variable precipitación media anual y el otro la variable temperatura media anual (Figura 58).

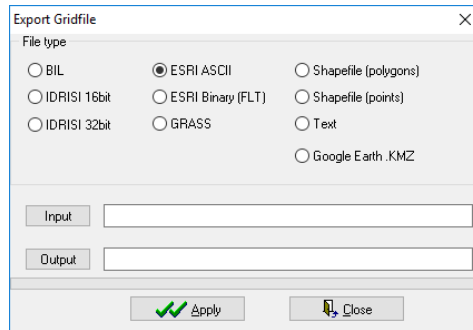


Figura 58. Selección del archivo .asc en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

Los resultados generados del MDPE de la *Coespeletia moritziana*, considerando la precipitación media anual se visualiza en la figura 59a y el de la temperatura media anual en la figura 59b. En ambas imágenes, los colores allí representados indican la probabilidad de condiciones más adecuadas, el rojo índico una alta probabilidad de condiciones para presencia de especie y el verde indica las condiciones típicas de aquellos lugares donde no se encuentra la especie.

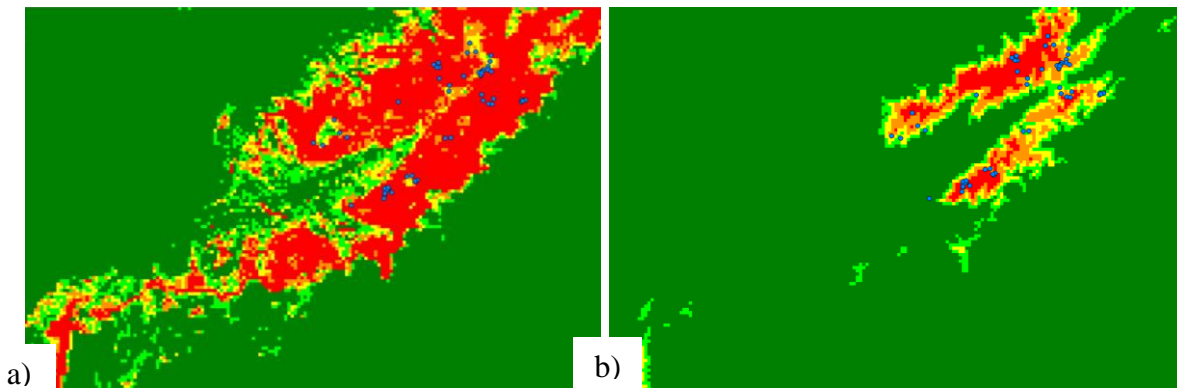


Figura 59. MDPE de la *Coespeletia moritziana*, utilizando precipitación (a) y temperatura (b). Fuente: Elaboración propia a partir de la ejecución del programa Maxent

6. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL Y LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN VENEZUELA

Para realizar el análisis espacial y la representación cartográfica de la diversidad florística, se debe tener la BDEF, con esta se efectúa espacialmente el análisis de riqueza de especies, una vez que se defina el enfoque metodológico y la exploración de los datos de presencias, luego se debe realizar el análisis de riqueza de especie específica, posteriormente se debe evaluar si existe muestreo sesgado, hacer un análisis de riqueza mediante la técnica de vecindad circular y se representar cartográficamente.

6.1. Definición del enfoque metodológico para la diversidad florística

El nivel de análisis de diversidad florística que se plantea utilizar en la presente propuesta es a nivel de especie, donde la unidad de diversidad observada es la especie, medida como

presente en una localidad determinada, a este nivel se debe analizar específicamente la diversidad alfa, la cual se debe estudiar en diferentes subunidades de diversidad florística que serán referidas a la celda de un ráster de tamaño de 1 km por lado, dentro de cada una de las cartas cartográficas a 1/250.000 a generar. De la diversidad alfa, se debe determinar la riqueza de especie específica, método sencillo y fácil de interpretar, ya que se trata del conteo directo de la cantidad de especies presentes dentro de la unidad de diversidad, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas (Hijmans, Guarino, & Mathur, 2012), este tipo de medición es usada ampliamente para evaluar diversidad a nivel de especies.

La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que permita conocer el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad, esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio (Hijmans et al., 2012). La mayoría de las veces se tiene que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad, las cuales se combinan con técnicas matemáticas para estimarlos (Scheldeman & Zonneveld, 2010). En la propuesta se debe utilizar, dentro del DIVA-GIS, la función Richness (Riqueza), que ofrece dos variables de salida: el *Número de clases diferentes*, que cuenta las clases diferentes de una variable, en este caso particular el nombre de las especies que está presente dentro de una celda de una cuadrícula; y, el *Número de observaciones*, que calcula el número de puntos presentes en cada celda de la cuadrícula (Hijmans et al., 2012).

No obstante, un inconveniente de la medida de riqueza específica es que depende de la cantidad de muestras tomadas dentro de cada una de la celda que conforman las cartas cartográficas, puesto que cuando se han colectado muchas muestras, en una celda es común encontrar niveles altos de diversidad mientras que pareciera que las celdas con pocas o ninguna muestra tuvieran niveles inferiores o nulos de diversidad, estos resultados no siempre serán exacto (Hijmans et al., 2000).

Otra desventaja de medir riqueza específica de especies es que esta metodología no tiene en cuenta las proporciones relativas de la cantidad de unidades de diversidad observadas. Es decir, en un sitio donde se registren 150 observaciones para un total de tres especies, puede haber 50 observaciones para cada especie o 148 observaciones para una especie y sólo una observación para cada una de las otras dos. Evidentemente, la primera situación sería más rica en diversidad que la segunda. Se han desarrollado diferentes índices, como los índices de Shannon y Simpson, para evaluar diversidad teniendo en cuenta las proporciones respectivas de cada especie en el área de estudio, lo que se conoce también como la medida de uniformidad (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

6.2. Análisis espacial de riqueza específica

El análisis espacial de riqueza específica de especie debe constar de los siguientes pasos: exploración de los datos de especies, análisis de riqueza de especie propiamente dicho, evaluación de muestreo sesgado y análisis de riqueza de especie mediante vecindad circular.

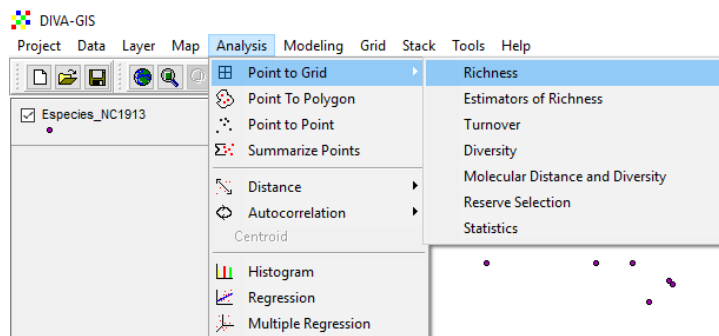


Figura 61. Ubicación de la función para calcular la riqueza de especies dentro del DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se debe definir las propiedades del ráster que se va a utilizar en el análisis, para ello se determinan las dimensiones del área de estudio y la resolución o tamaño de celda. En la ventana *Point to Grid*, se tiene que ir a la opción *Define Grid* y seleccionar *Create a New Grid*, en esta se debe escoger la ventana *Options* (Figura 62a). Luego aparece un nuevo cuadro de dialogo donde se deben definir las propiedades del ráster origen, extensión del estudio, y resolución, la extensión que deben ser para X y, las mínimas -499459 y 883386 y las máximas -326459 y 1001386 respectivamente, mientras que el tamaño de pixel de 1000 tanto para la X como para la Y (Figura 62b), debe aceptar la opción *OK* y regresar al cuadro de dialogo *Point to Grid* para seleccionar el tipo de análisis que se debe hacer, *Richness* y *Number of different classes (Richness)*.

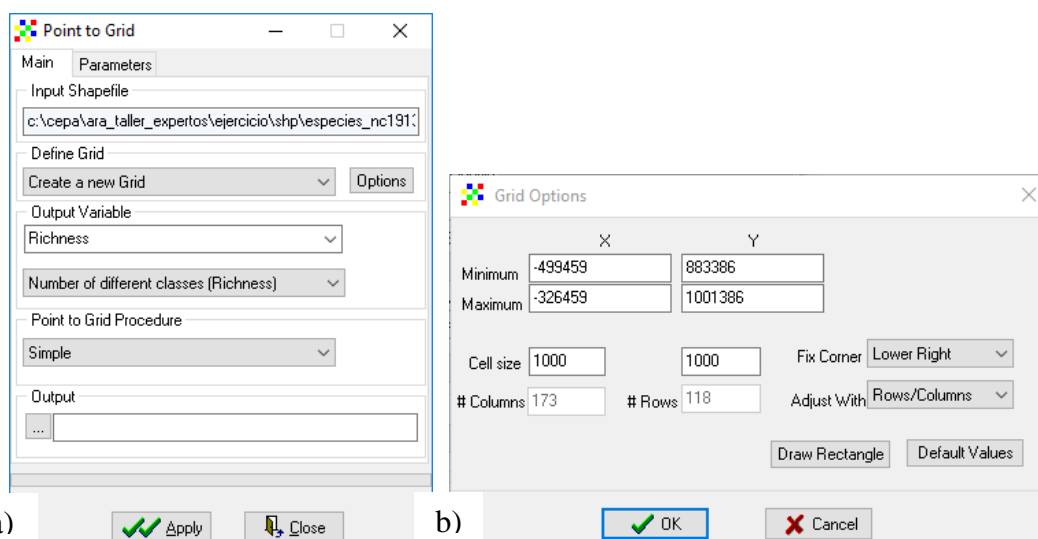


Figura 62. Selección de los parámetros de riqueza por número de clases diferentes (a) y las dimensiones y resolución del ráster de análisis (b). Fuente: Elaboración propia

En la pestaña *Parameters* se debe seleccionar el campo de especies mediante la opción *Field*, para realizar el análisis el parámetro debe ser *scientific* que contiene el nombre científico de los datos de presencia, y con el cual se debe analizar la riqueza de especie específica, cabe señalar que de los 13.262 individuos existen 4.997 especies, de igual manera. Es importante comentar que existe la posibilidad de excluir determinadas especies del análisis, deshabilitando los recuadros frente a cada especie (Figura 63a). Una vez seleccionado los parámetros, se

debe seleccionar la pestaña *Main*, para colocar el nombre del archivo de salida y la ruta del directorio, hacer Apply (Figura 63b).

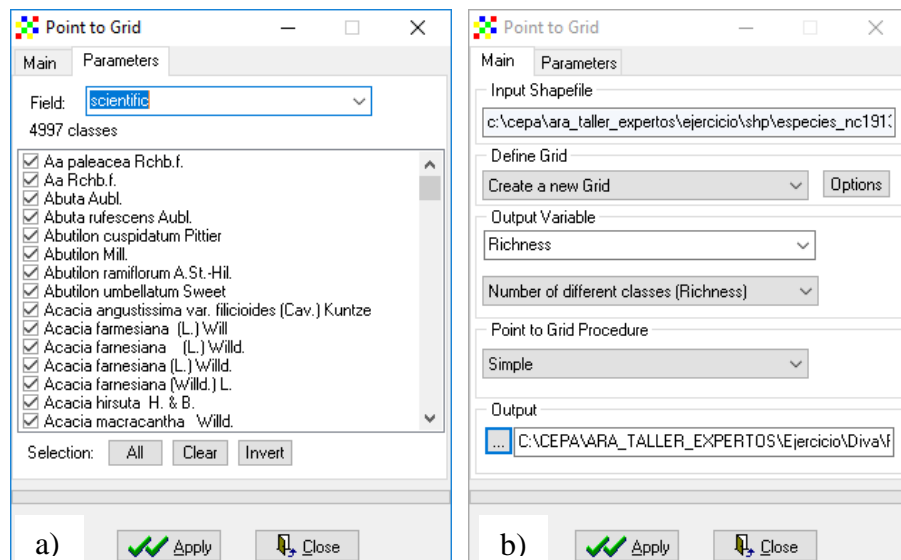


Figura 63. Selección de parámetros de especies (a) y nombre de archivo y directorio de salida (b). Fuente: Elaboración propia

El resultado espacial de la riqueza de especie específica por números de variables diferentes se observa en la figura 64a, y su leyenda en la figura 64b, en la distribución espacial de la riqueza de especie se detalla que la mayoría de los resultados poseen una riqueza de especies de 1 a 84 especie por celdas, la cual se visualiza en color verde claro, seguidamente se detallan las celdas con una riqueza de 85 a 168 especies (color amarillo), de 169 a 251 (color naranja), de 252 a 335 (color rojo claro) y de 336 a 419 (color rojo oscuro) especies.

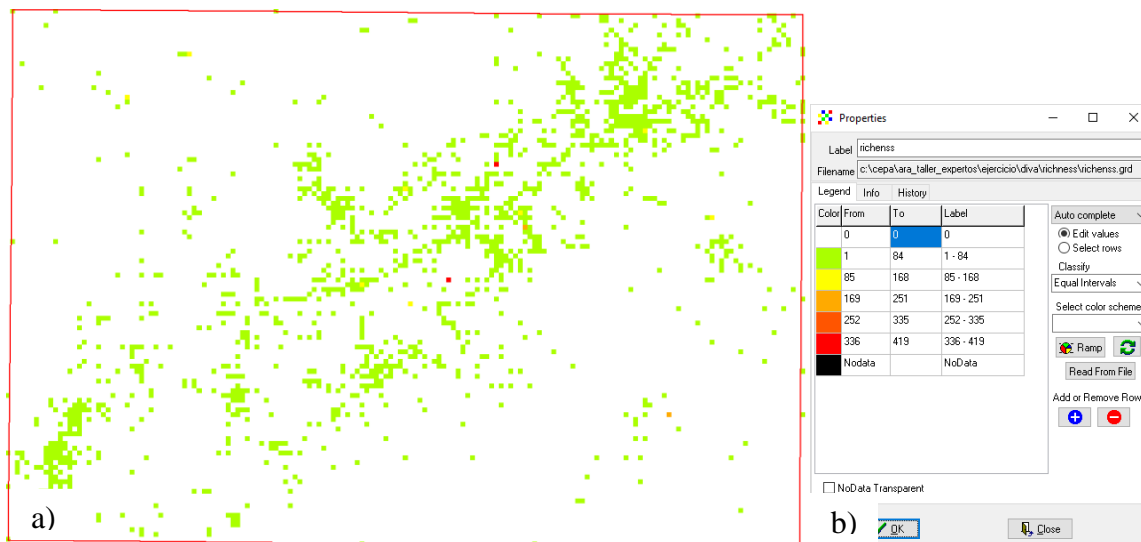


Figura 64. Riqueza de número de especie por celda (a) y leyenda de salida por rangos de número de especies (b). Fuente: Elaboración propia

Para comparar los resultados obtenidos de la riqueza de la cantidad de especies por celdas, revise la cantidad de observaciones de cada celda, para ello es necesario que utilice las mismas definiciones del ráster, con la opción *Define Grid*, seleccione *Use parameters from another grid* (Figura 65a), haga clic en el botón *Options* para seleccionar el ráster cuyos parámetros se copiaran del ráster anterior, luego haga clic en *OK* (Figura 65b). Regrese al cuadro de dialogo *Point to Grid* y seleccione *Number of Observations* en el segundo recuadro debajo de *Output Variable*.

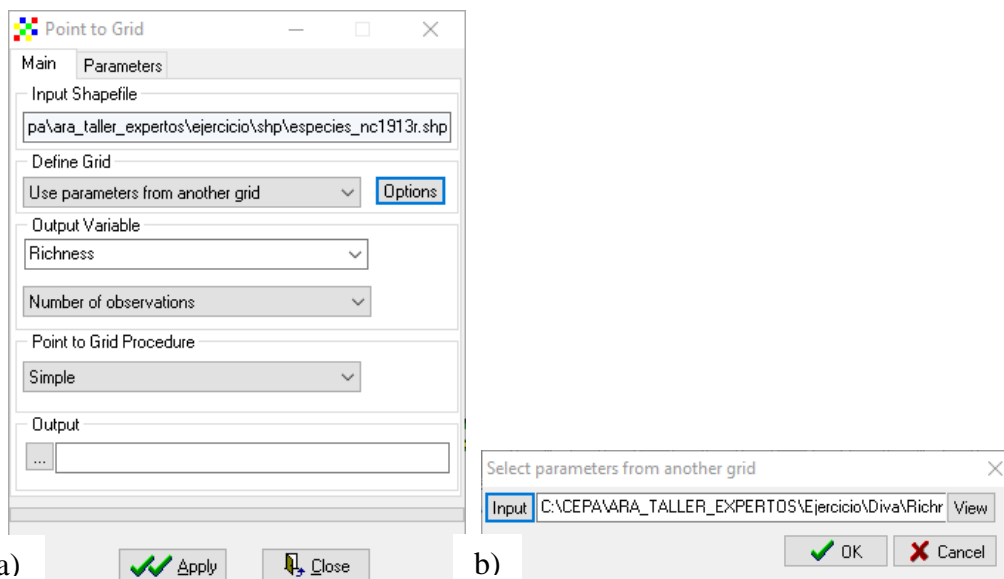


Figura 65. Selección de parámetros de especies por número de observaciones (a) y nombre de archivo y directorio de salida (b). Fuente: Elaboración propia

Espacialmente el resultado de la riqueza de especie específica por números de observaciones se visualiza en la figura 66a, y su leyenda en la figura 66b, la distribución espacial de la riqueza de especie considerando el número de observaciones fue similar a la generada considerando el número de variables diferentes, sin embargo, los números de los rangos son diferentes, ya que la primera cuenta el número de especie por celda y la segunda el número de observaciones, en este sentido, se tiene que la mayoría de los resultados poseen una riqueza de especies por número de observaciones por celdas va de 1 a 197, la cual se visualiza en color verde claro, seguidamente se detallan las celdas con una riqueza de 198 a 394 observaciones (color amarillo), de 395 a 591 (color naranja), de 592 a 788 (color rojo claro) y de 789 a 985 (color rojo oscuro) observaciones.

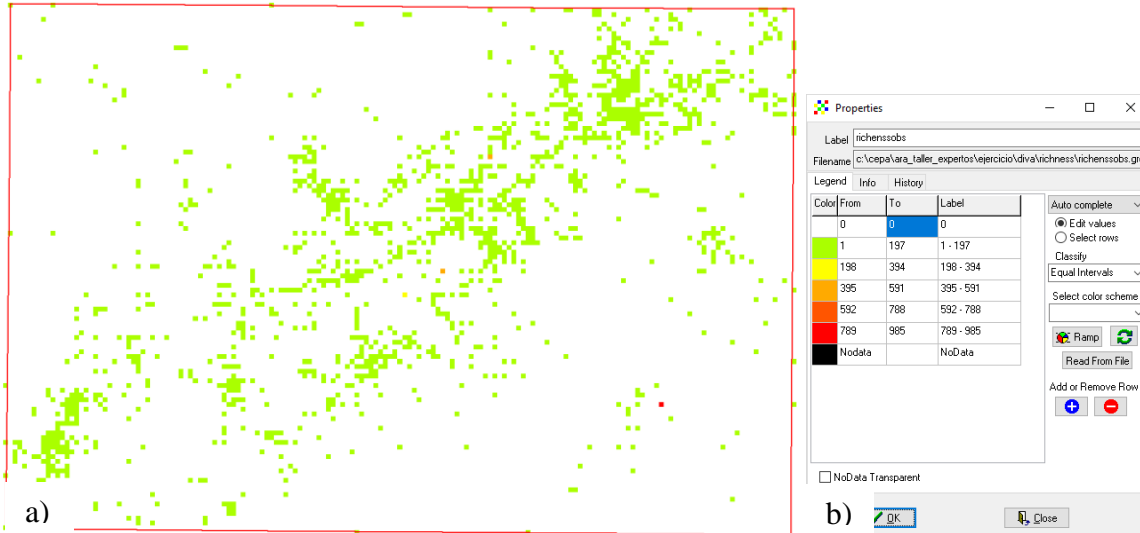


Figura 66. Riqueza de numero de observaciones por celda (a) y leyenda de salida por rangos de número de observaciones (b). Fuente: Elaboración propia

6.3. Evaluación de muestreo sesgado

El resultado de riqueza de especie específica, revela que el origen de la mayoría de las observaciones se muestran en la diagonal de la carta NC-19-13 en dirección noreste a suroeste, esta es una situación típica hacia las áreas de los botánicos e investigadores por saber donde se encuentran los mayores niveles de diversidad y por tanto se hacen más muestreo y se obtienen mayor número de observaciones, este muestreo generalmente se presenta en parques nacionales cerca de ciudades importantes o en zonas de alto endemismo (Scheldeman & Zonneveld, 2010). Esto es un problema común, conocido como *muestreo sesgado*, él puede resolverse en parte mediante el método de rarefacción, pero su uso hace que se pierdan algunas observaciones (Hijmans et al., 2000).

Un análisis de regresión puede permitir la visualización del fenómeno del *muestreo sesgado*, esta debe realizarse mediante el comando *Analysis/Regression* (Figura 67).

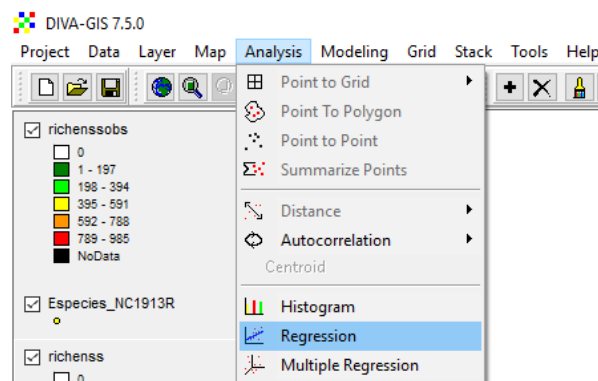


Figura 67. Elección del comando de regresión en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia
Se deben seleccionar las capas recién generadas de riqueza de especies específica obtenida mediante la número de especie y mediante el número de observaciones en cada celda,

seleccione la regresión logarítmica natural, que representa mejor los sesgos en el muestreo, puesto que tiene en cuenta la ‘nivelación’ de las curvas de acumulación de especies a medida que mejora el muestreo (aumenta la cantidad de observaciones), haga click en *Apply* (Figura 68).

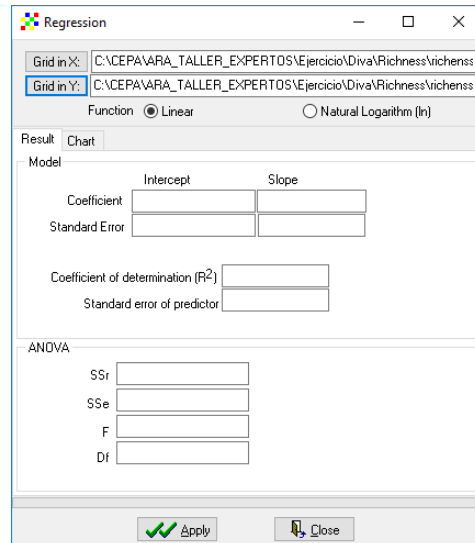


Figura 68. Selección de capa de riqueza y de observaciones para generar la regresión logarítmica en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

En la pestaña *Chart* se despliega un gráfico (Figura 69a), donde se visualiza que se existe una relación entre la cantidad de muestras tomadas y la cantidad de especies observadas. A medida que aumenta la cantidad de puntos de muestreo, el gráfico empieza a nivelarse y surgen inquietudes respecto tanto a la estrategia de muestreo aplicada como al tamaño de celda utilizado en el análisis (sería más apropiado si se usaran celdas más grandes y se incluyeran más observaciones). Sólo cuando el usuario está familiarizado con los datos y seguro de que se originan de un muestreo exhaustivo y relativamente homogéneo, podría considerarse que los resultados obtenidos anteriormente son exactos, y por tanto útiles. Los resultados se deben interpretar cuidadosamente si el muestreo fue parcial o fragmentado, o si se desconoce el origen de la información. En estos casos, los resultados pueden reflejar una representación sesgada y no válida de la realidad.

Con respecto al resultado del modelo de regresión logarítmico (Figura 69b) se puede comentar que es una alternativa cuando el modelo lineal no logra un coeficiente de determinación apropiado, o cuando el fenómeno en estudio tiene un comportamiento que puede considerarse potencial o logarítmico. El ajuste obtenido en la curva fue de R^2 0,36 indicando una correlación media baja, en la nube de puntos se observa esta tendencia, en la cual una importante cantidad de datos de dispersión están lejos o distantes de la recta, lo que explica la poca variabilidad de los datos. Se observa un sesgo en la distribución espacial de puntos con tendencia muy determinada en la distribución de la especie *Coespeletia moritziana*, las cuales se observaron en zonas de asentamientos humanos (carreteras o vías de comunicación), estos levantamientos de información fueron considerados por la adecuada condición de tomar

muestras en esta área, sin embargo esta proyección de datos, predispone una distribución espacial muy condicionada a esta variable (vías de comunicación), por tal motivo se debería tomar mayor número de datos en distancias considerables a las carreteras para proyectar variabilidad de datos más consonantes con la ubicación de estas especies. Este parámetro es considerado en estudios donde se ubican muchas vías de conexión en áreas protegidas o con potencial ecológico. Se recomienda establecer un buffer en vías o carreteras y de este punto evaluar distribuciones espaciales menos sesgadas y más propias de la ubicación y distribución natural de la especie *Coespeletia moritziana*. Por eso indique en capítulo de directrices cartográficas considerar la evaluación de las variables de impacto antrópico, porque generan mucha incertidumbre a la hora de proyectar distribuciones potenciales en áreas con importante biodiversidad.

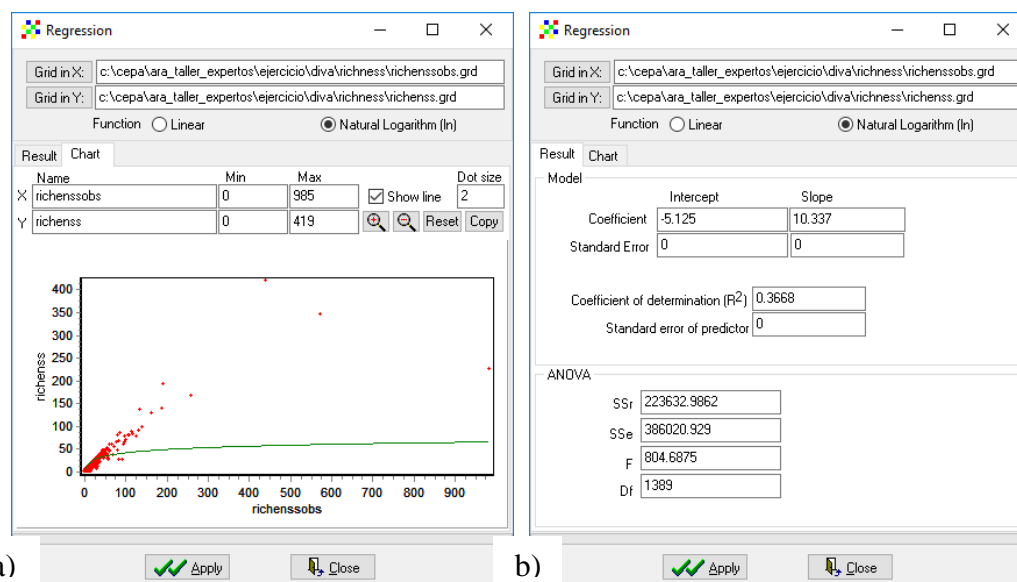


Figura 69. Resultado gráfico (a) y numérico (b) de la regresión logarítmica en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

6.4. Análisis de riqueza mediante la vecindad circular

Los resultados de los análisis dependen de la definición del tamaño de la celda, es decir, celdas más pequeñas existen mayor resolución y detalle, pero pueden perder patrones espaciales, por ejemplo, cuando las celdas son pequeñas pueden obtener solamente una sola observación (Scheldeman & Zonneveld, 2010). Esto se puede mejorar a través de la opción *Vecindad Circular (Circular Neighborhood)*, la cual toma en cuenta la diversidad en áreas adyacentes, ya que cada celda recibe el valor de diversidad de especie encontrado dentro de un círculo de diámetro determinado dentro del centro de la celda, en vez de la celda en sí sola (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Para el caso particular de la propuesta, se debe aplicar esta técnica para mejorar los datos de diversidad de especie específica, para ello en la ventana *Point to Grid Procedure*, debe seleccionarse la opción *Circular Neighborhood*, usando los parámetros del ráster generado durante el análisis previo, (es decir, de 1000 m de lado), en el recuadro *Circular Neighborhood*

seleccionado, haga clic en *Options* (Figura 70a), y aparece la ventana *Neighborhood Options*, donde se colocará como valor del diámetro 2000 dos veces más grande que el tamaño de la celda (Figura 70b).

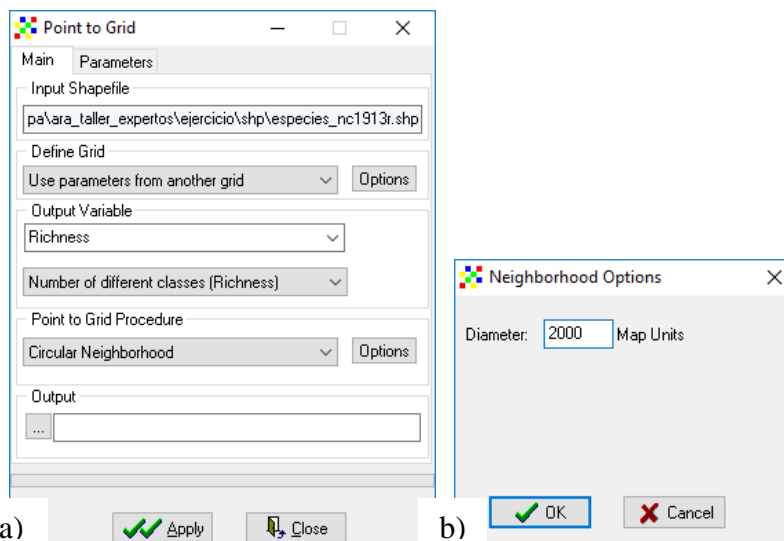


Figura 70. Resultado gráfico (a) y numérico (b) de la regresión logarítmica en DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

El resultado que se debe generar se observa en la figura 71a en, en esta se detallan los mismos rangos de riqueza de especies específica generado sin aplicar esta técnica, tal y como se observa en la figura 71b, sin embargo, espacialmente es más representativo que este último.

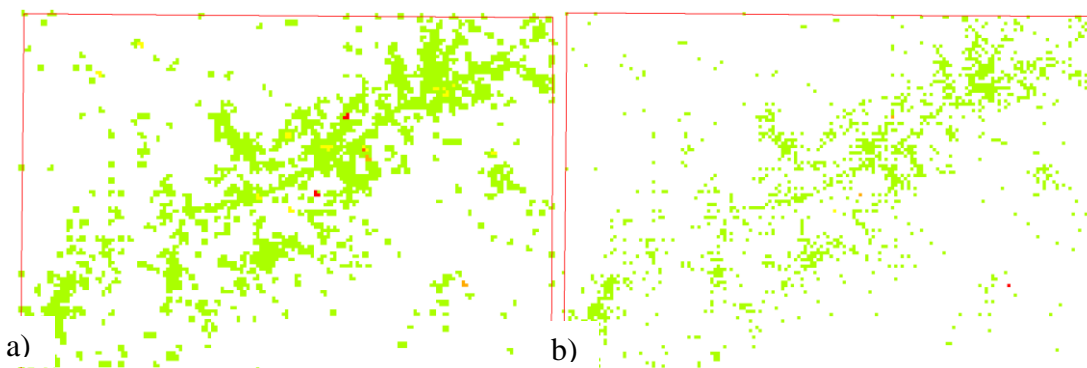


Figura 71. Riqueza de especie específica aplicándole *Vecindad Circular* (a) y sin aplicar (b) mediante el DIVA-GIS. Fuente: Elaboración propia

7. REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Los criterios aquí adoptados para la representación cartográfica están fundamentados en los lineamientos establecidos desde la Cartografía Temática, específicamente en su enfoque

comunicacional (Aldana & Flores, 1999), que busca ordenar de manera creativa los elementos que componen un mapa temático, para que el mensaje que se quiere expresar a través del documento cartográfico sea eficaz, captado y entendido por el lector sin mayores complicaciones (Aldana & Flores, 2000), además de tomar en cuenta las normas y reglamentos establecidos por la institución de máxima competencia en el país en el ámbito cartográfico como lo es el IGVSB, específicamente a todo lo relacionado con la Norma Técnica para la verificación y certificación de la base cartográfica de productos temáticos.

7.1. Etapas del proceso de producción cartográfica

De manera general es conveniente señalar que el proceso de producción cartográfica se expresa a través de una serie de etapas, descritas por Aldana and Flores (1999), estas etapas conforman una estructura metodológica, basada en los principios de la corriente comunicacional (Figura 72).

Etapas Del Proceso De Producción Cartográfica
1. Definición de los objetivos de la representación
2. Análisis preliminar de la información
3. Análisis cartográfico de la información
4. Análisis y selección de los medios gráficos
5. Diagramación de la imagen cartográfica
6. Representación preliminar y evaluación
7. Representación final

Figura 72. Etapas del proceso de producción cartográfica. Fuente: Modificado de Aldana and Flores (1999)

7.2. Diagramación cartográfica

Esta etapa constituye el ordenamiento general del producto cartográfico, tiene que ver con la disposición de los componentes de la información cartográfica, así como de los espacios del plano con el fin de optimizar el espacio bajo los principios de la percepción visual y llegar a producir un documento equilibrado. La diagramación de un documento cartográfico temático consta de tres fases fundamentales (Aldana & Flores, 2000):

7.2.1. Fase 1

Se refiere al análisis de los componentes de un mapa, en este sentido se establece una jerarquía de elementos distribuidos en grandes bloques visuales.

Bloque A: en este bloque se representan los símbolos o signos cartográficos que traducen el hecho o fenómeno geográfico y la unidad espacial a cartografiar, siguiendo las convenciones cartográficas y las normas de semiología gráfica (La semiología, estudio de los signos y su significado), en este sentido se toma en cuenta la escala y proyección establecidas y descritas en los ítems anteriores (1:250.000, cónica conforme de Lambert, respectivamente). En relación con la toponimia del bloque A, todos los topónimos deben tener un tamaño de acuerdo con la escala del producto cartográfico; cumpliendo con lo establecido en los artículos 19, 20, 21 y 22 de la Norma técnica para la verificación y certificación de la base cartográfica de productos temáticos (2017) (Figura 73).

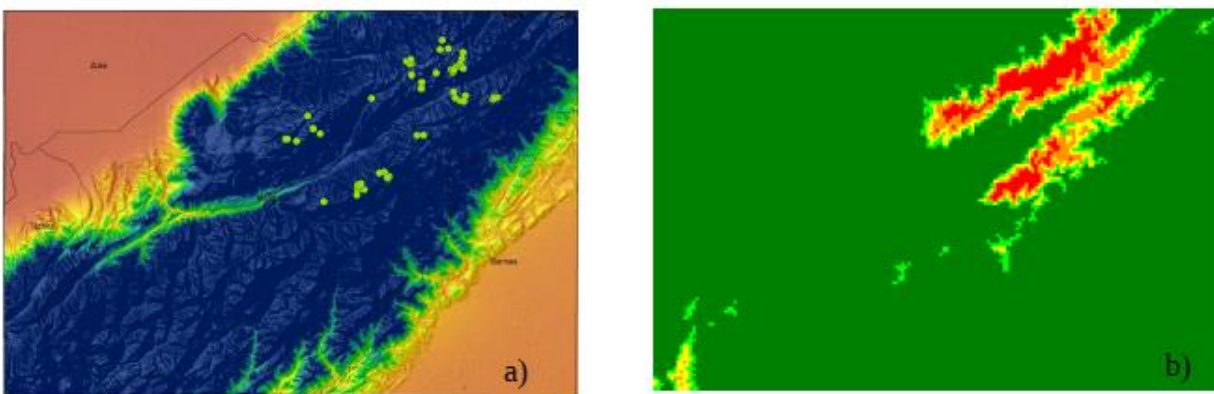


Figura 73. Distribución de la especie *Coespeletia moritziana* NC-1913, a) distribución de presencia observada, b) distribución potencial. Fuente Elaboración propia

Bloque B: en este bloque se incluyen los elementos del mapa que permiten la identificación externa del producto cartográfico, estos son: el título, el subtítulo, la escala gráfica y el autor del mapa (Figura 74).

- El *título*: debe expresar el sujeto de la información, es decir, el tema principal de la representación cartográfica. En este ejemplo el título es: Distribución potencial de la *Coespeletia moritziana*.
- El *subtítulo*: debe hacer alusión al área geográfica representada y la connotación temporal del mapa (año específico o lapso temporal). En este ejemplo el subtítulo es: NC1913- año 2019.
- La *escala de representación*: la escala gráfica y la escala numérica, debe mostrar al usuario la relación escalar escogida para la representación cartográfica, en unidades acordes con el proyecto cartográfico (Kilómetros – Km). También se puede colocar escala de levantamiento.
- El *autor*: Con respecto a la información del autor, se sugiere presentarla de la siguiente manera: “Autor: Primer apellido, Primer nombre”, “Composición cartográfica por: Primer apellido, Primer nombre”. En este elemento se puede diferenciar el autor de la información del hecho o fenómeno a representar y el autor de la composición cartográfica, a saber, es quién realizó el ensamblaje y diseño del documento cartográfico.

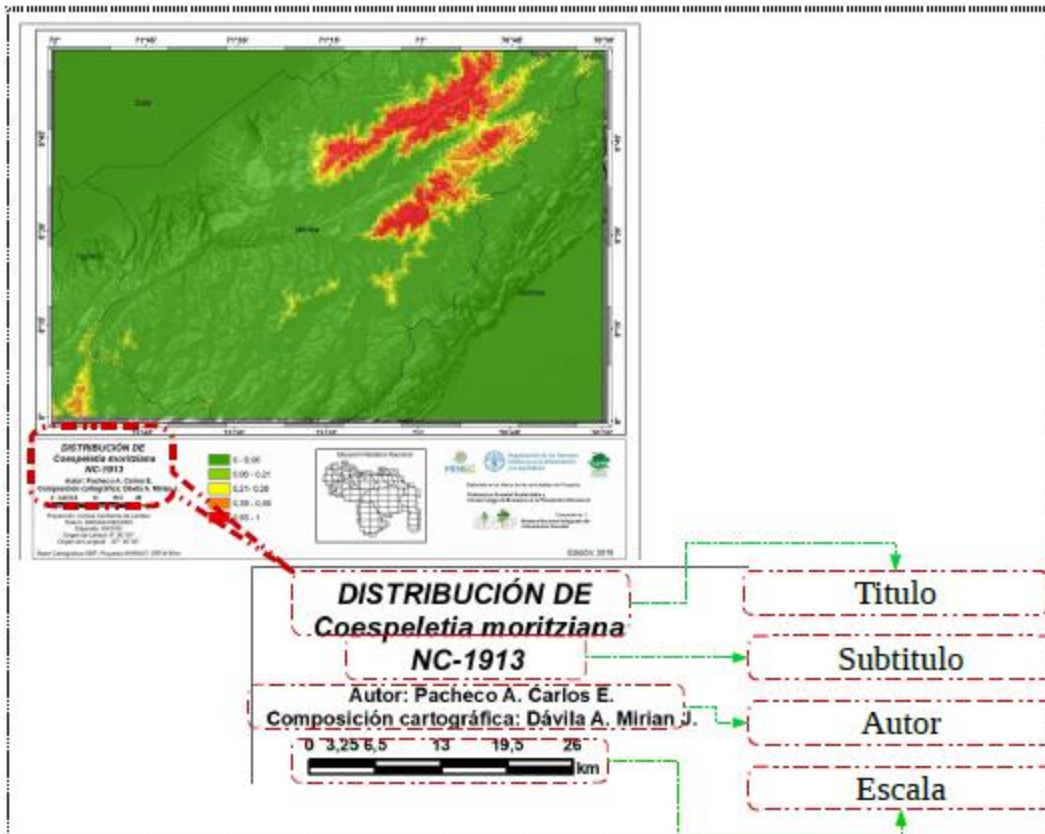


Figura 74. Bloque B del mapa de distribución de la especie *Coespeletia moritziana*. Fuente Elaboración propia

Bloque C: este bloque contiene un único elemento la leyenda del mapa, merece especial atención en el proceso de elaboración del documento cartográfico pues guía el contenido básico del mapa (Gómez, 2004), el cual debe ser redactado por medio de un lenguaje cartográfico, que incluye todos los símbolos y signos referidos al mapa que le permite al usuario realizar la identificación interna, a través de la lectura de los significados de cada uno de los símbolos utilizados en el mapa.

Según Gómez (2004) la leyenda debe facilitar al usuario la lectura e interpretación del mapa, mediante la percepción rápida de los fenómenos y hechos geográficos representados, la comprensión, el análisis y la comunicación de la información contenida en el mapa.

Reglas del lenguaje cartográfico: El lenguaje cartográfico está sujeto a una serie de reglas, equivalentes a las reglas gramaticales del lenguaje escrito y verbal. Aldana y Flores, (2000) y Gómez (2004) describen estas reglas se la siguiente manera:

- Debe ser exhaustiva, ordenada, descriptiva y explicativa.
- La lista de símbolos y signos debe estar categorizada por título y subtítulos, si así lo amerita, Aldana y Flores, (2000) expresan que no debe llevar subtítulo, a menos que se requiera identificar diferentes componentes de la información. En este sentido, las informaciones de las componentes deben agruparse y su encabezado será el subtítulo alusivo a la categoría respectiva.

- Los símbolos deben presentarse en disposición en columna vertical de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha por niveles de información, con una progresión decreciente de las cualidades, valores o rangos de la información. Si la información no tuvo lugar en la primera columna se dispondrán en una segunda columna.
- Debe aparecer en primera instancia, el conjunto de símbolos que representan la información temática (Sujeto de la información); y luego los símbolos alusivos a los elementos de la información base del mapa.
- Cada ítem debe iniciar con el símbolo cartográfico y luego (a la derecha) el texto descriptivo del significado del símbolo.
- Cuando aplique, en el subtítulo de la componente o sólo en el primer ítem de la información temática, debe mostrarse las unidades de medida de los datos cuantitativos.
- Los símbolos o signos y las variables visuales utilizadas deben mostrar diferencias claras, para favorecer la percepción visual; teniendo en cuenta que no se deben representar más de siete componentes debido a los límites de percepción visual del ojo humano.
- La leyenda puede ir dentro del cuerpo del mapa o en la tira marginal.

En nuestro caso, es necesario analizar por separado las leyendas de los mapas de distribución de especie de flora y los mapas de distribución de diversidad florística. El primero estará siendo representado por dos variables: puntual y continua, y el segundo referido a un valor específico por unidad mínima, o celda de representación (píxel de 1 km²).

La leyenda temática del mapa de distribución de una especie específica para cada hoja topográfica, estará representada principalmente por un punto que indica en este caso, la presencia observada de la especie en esa localidad (coordenada x,y) (Figura 75), ésta estará asociada a una capa continua de la variable ambiental predictora que determina su distribución, ya sea: temperatura, precipitación o elevación, esta capa de información se dispondrá por debajo de la capa de información puntual principal (configuración Bloque A).



Figura 75. Leyenda del mapa de distribución de *Coespeletia moritziana*. Fuente Elaboración propia

La leyenda asociada a los modelos de distribución potencial de la especie de flora representa una variable continua de presencia de la especie, estrechamente relacionada a las variables ambientales donde se desarrolla la especie, en este caso es necesario representarla por rangos de distribución potencial o rangos de probabilidad de la distribución de la especie seleccionada (Figura 76).

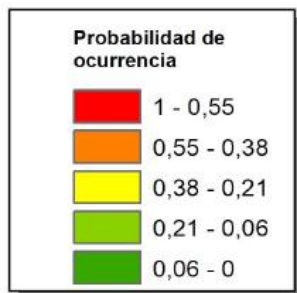


Figura 76. Leyenda del mapa de distribución potencial de *Coespeletia moritziana*. Fuente Elaboración propia

Los símbolos serán representados por las combinaciones de los modelos de interpretación del color RGB, o CMYK que se corresponden con los colores convencionales establecidos para la información temática de las composiciones cartográficas. Cabe destacar que el color es un aspecto fundamental en la elaboración de la cartografía, puesto que influye en el grado de legibilidad del documento cartográfico (MOP, 2011). Las siguientes simbologías son usadas para representar los mapas de modelos de distribución de especies y de diversidad.

Simbologías de degradados: un degradado de color de menor a mayor intensidad puede ayudar a visualizar las zonas donde los valores alertan de valores máximos y mínimos. Por ejemplo, a través de un degradado de rojos claros y oscuros para mostrar dónde hay mayor distribución de las especies representada, o bien de la diversidad como se ejemplifica en la figura 77.

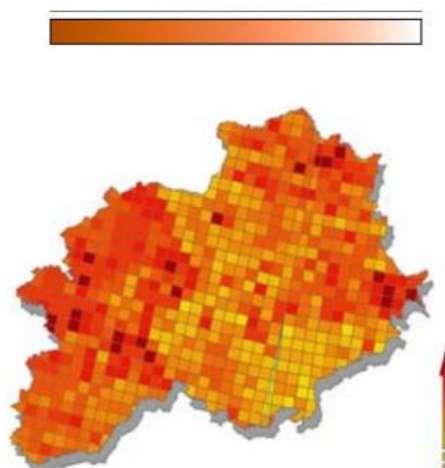


Figura 77. Simbología de degradados de rojo. Distribución de aves reproductoras del área transfronteriza (mayor número a mayor saturación de rojos). Fuente: Tomado de http://www.unex.es/eweb/gjc_eccomap/

Simbologías divergentes: a través de dos colores extremos diferentes, se pueden identificar zonas donde existan valores superiores o inferiores (Figura 78). Por ejemplo, a través un degradado divergente entre rojo y verde que informe de extremos opuestos donde se distribuye un mayor o menor número de especies.



Figura 78. Simbología Divergente valores extremos diferentes. Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo se puede observar en la figura 79 y figura 80, donde se muestra la combinación de colores RGB para la leyenda de la probabilidad de ocurrencia en el mapa de distribución potencial de la especie *Coespeletia moritziana*.



Figura 79. Simbología Divergente para la Distribución Potencial de la especie *Coespeletia moritziana*. Fuente: Elaboración propia






	R	G	B
	255	0	0
	255	128	0
	255	255	0
	139	209	0
	56	168	0

Figura 80. Modelo de color RGB para símbolo de leyenda del mapa de distribución potencial de *Coespeletia moritziana*. Fuente: Elaboración propia

En relación con las convenciones de la cartografía base se seguirán las especificaciones técnicas para la representación de la simbología de acuerdo con la Norma técnica para la verificación y certificación de la base cartográfica de productos temáticos (2017):

- Sistema de cuadrícula de acuerdo con la escala: distanciamiento 0° 15' para escala 1:250.000.
- Centros poblados y ciudades, se escogerá la combinación RGB 0/0/0.
- Vías de comunicación, se escogerá la combinación RGB 255/0/0.
- Hidrografía, se escogerá la combinación RGB 0/148/255.
- Cuerpos de agua, se escogerá la combinación RGB 0/148/255 y sin borde de línea (Sin contorno).
- Orografía línea: curva de nivel principal RGB 230/153/0
- Límites políticos territoriales, los polígonos de la división político-administrativa, se escogerá el relleno transparente y el borde de línea negro (RGB 0/0/0).

Bloque D: en este bloque visual se incluye la identificación del proyecto y la institución patrocinante con el o los logos respectivos. Un ejemplo de la representación de este bloque para nuestro caso se presenta a continuación en la figura 81.



Figura 81. Bloque D. Fuente: Elaboración propia

Bloque E: en este grupo se colocan los siguientes elementos: un diagrama de Situación Relativa Nacional y un diagrama de Situación Relativa Regional o Local, este es un mapa reducido, donde se destaca la unidad espacial representada. Ejemplo figura 82, así como también la dirección del norte magnético solo si es requerida, puesto el norte geográfico es indicado por el marco o grilla que contiene las coordenadas (referidas a un sistema de coordenadas establecido).

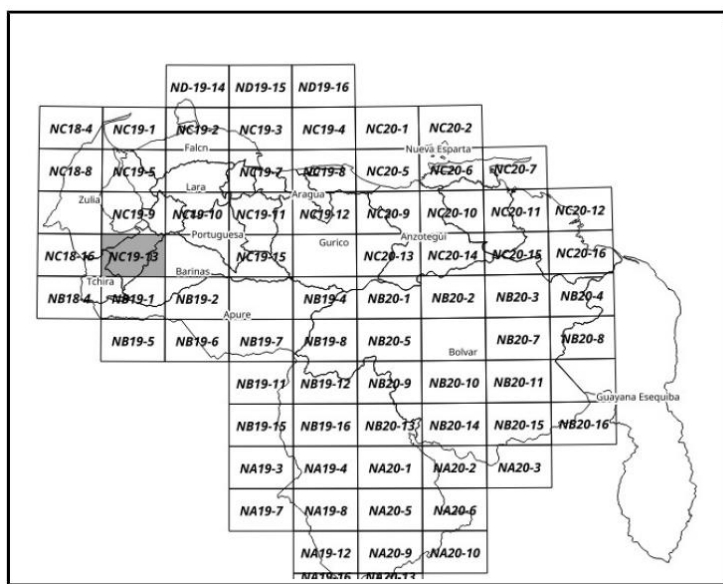


Figura 82. Situación relativa nacional y regional, hoja cartográfica NC-19-13. Fuente: Elaboración propia

Bloque F: corresponde a dos ítems de información: la fuente de datos temáticos que fueron utilizados para la generalización cartográfica, y la fuente de cartografía básica (Figura 83).

Fuente datos temáticos: GBIF, Catalogo de la flora vascular de Venezuela
Fuente base: Cartografía básica proyecto MARNOT, 1:250.000.

Figura 83. Fuente de datos temáticos y básicos. Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Fase 2

En esta fase se configura la forma, esta puede ser cuadrada o rectangular que contiene la imagen global, por ejemplo, figura 84, esta forma va a definir el centro de óptico de la imagen (Aldana y Flores, 2000).

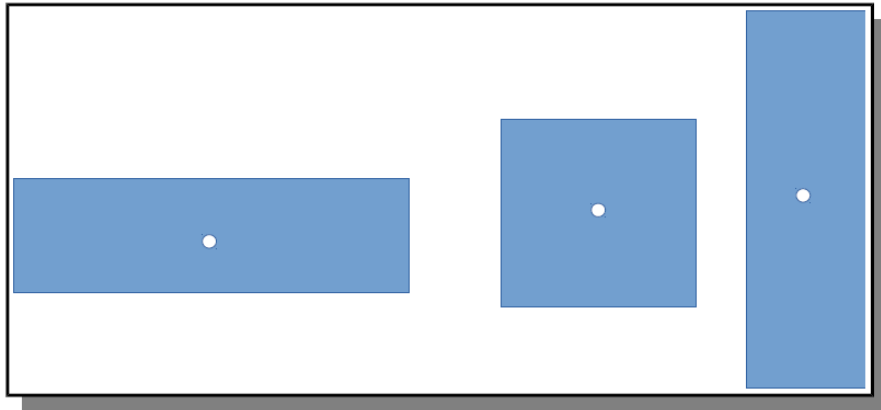


Figura 84. Fuente de datos temáticos y básicos. Fuente: Elaboración propia

7.2.3. Fase 3

Según Aldana y Flores (2000) en esta fase se analiza la distribución de los seis bloques visuales en el mapa, esto va a depender de la forma del territorio representado y configurado en la fase 2, las premisas fundamentales a tener en cuenta son: equilibrio y armonía. Se ubica el bloque A, en la grilla de coordenadas, identificando los espacios vacíos en los que puedan ser ubicados los otros 5 bloques visuales, esta ubicación lleva consigo un orden jerárquico bloques B y C, luego bloques D, E y F (mayor a menor jerarquía). Así mismo los tamaños de los textos correspondientes a cada bloque visual se relacionan con ese orden jerárquico (Figura 85).

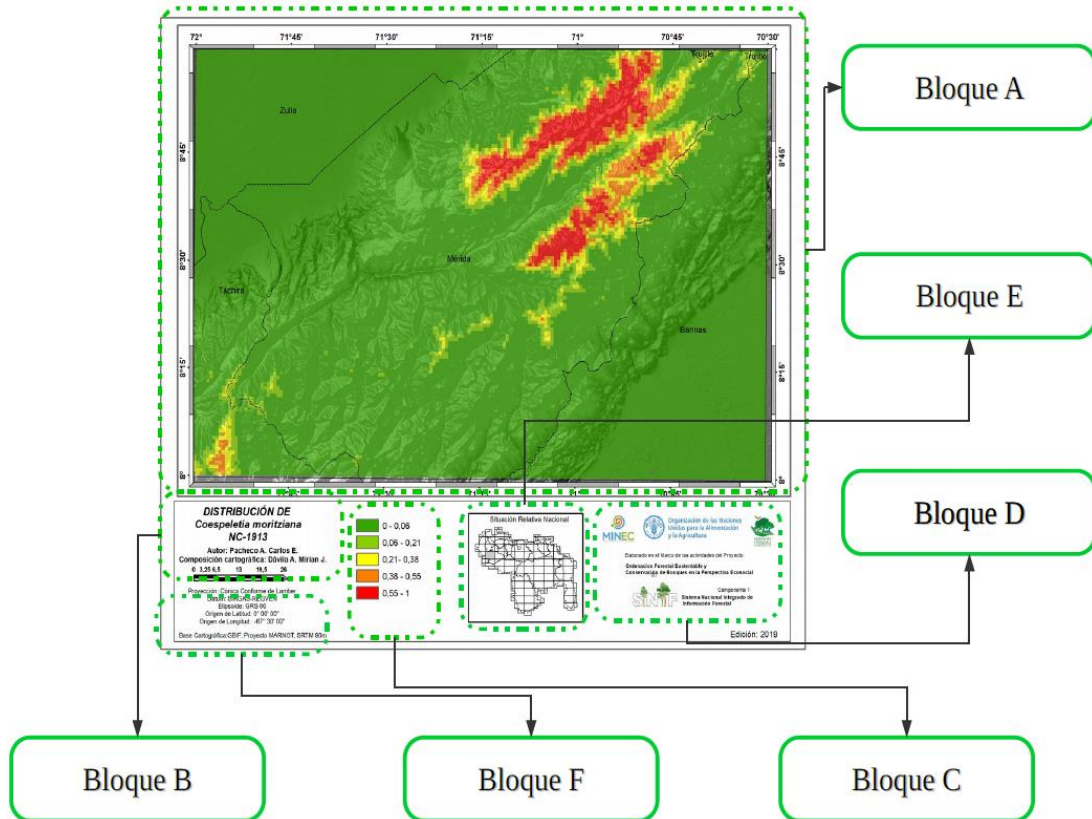


Figura 85. Distribución de Bloques visuales en mapa de distribución de *Coespeletia moritziana* carta topográfica NC1913. Fuente: Elaboración propia

7.3. Salidas cartográficas

Consiste en la impresión del documento cartográfico final, luego de realizar los ajustes originados del análisis de la composición cartográfica o control de la calidad y eficacia semiótica. Estas salidas pueden realizarse de dos tipos: salidas analógicas y salidas digitales.

7.3.1. La salida analógica

Se refiere a la impresión del mapa en papel, para ello, la composición cartográfica debe estar ajustada al tamaño del papel de impresión, existen tamaños de papel estandarizados (Figura 86), a los cuales se puede ajustar el mapa.

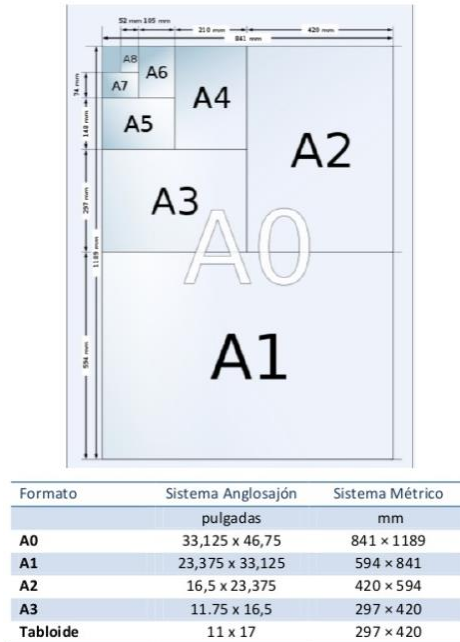


Figura 86. Formatos de tamaño de papel, establecidos por normas ISO. Fuente: Tomado de MOP (2011)

El tamaño de papel en nuestro caso debe ir de acuerdo con la escala de representación, 1:250.000 para cada hoja cartográfica, tomando en cuenta que el tamaño de una hoja cartográfica es de 1° Latitud y 1°30' Longitud, distanciamiento correspondiente al bloque A, entonces el tamaño del papel 60x90 cm, correspondiente a un formato A0.

7.3.2. La salida digital

Se refiere a la exportación del mapa en formato digital, se recomienda exportar con una resolución de 600 ppp, en los formatos imagen .JPG y documento .PDF. Ejemplo de ello se presente en la figura 87, donde se visualiza la salida cartográfica para un formato A4 de la distribución potencial de la *Coespeletia moritziana*, y en la figura 88 para la distribución de la presencia observada de la *Coespeletia moritziana*.

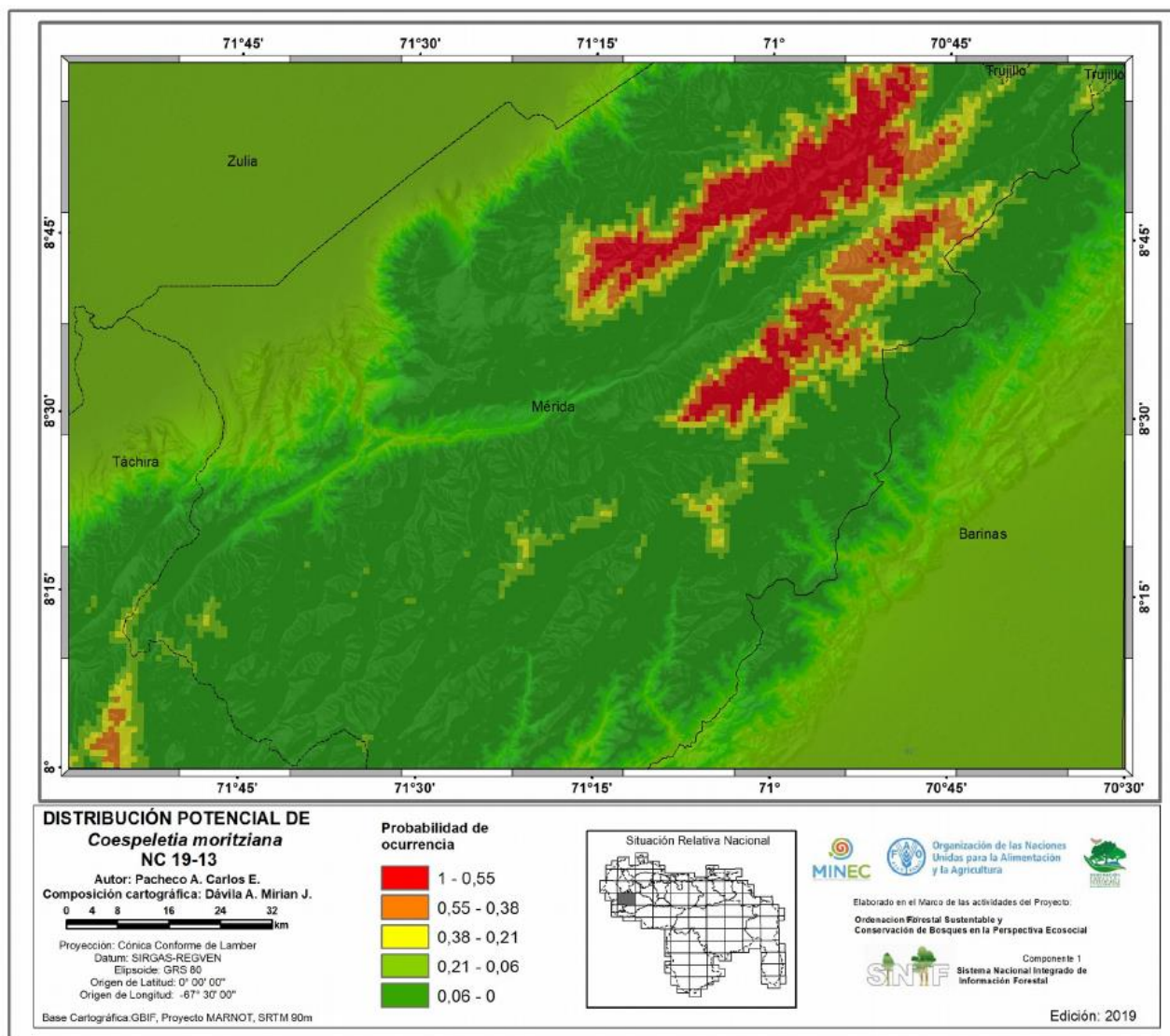


Figura 87. Mapa de Distribución potencial de *Coespeletia moritziana*. Fuente: Elaboración propia

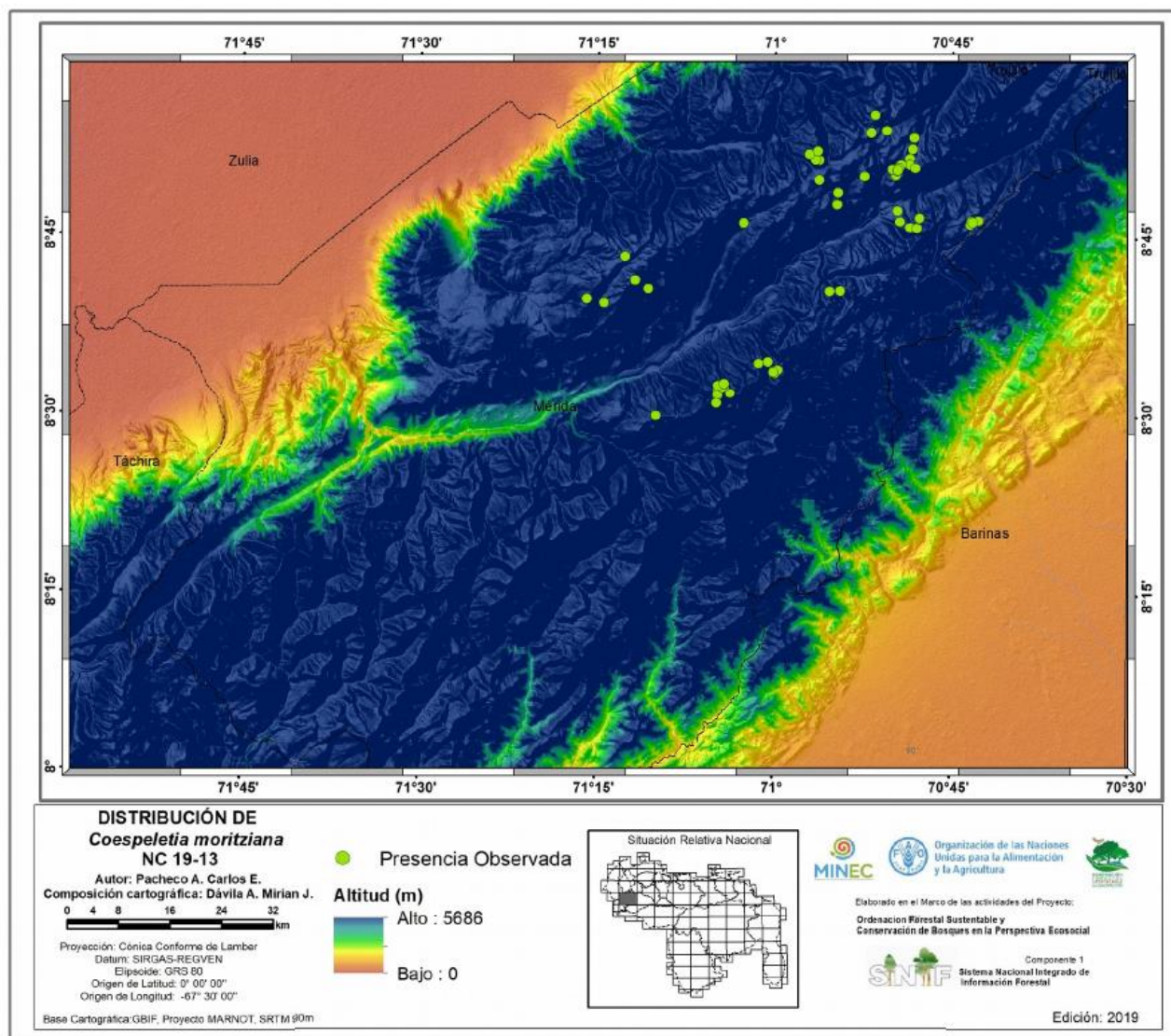


Figura 87. Mapa de Distribución de *Coespeletia moritziana*, presencia observada. Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente propuesta es el resultado del taller de experto, realizado entre el 16 de julio y el 20 de agosto de 2019, la cual se encuentra enmarcada en el proyecto de “Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosque en la Perspectiva Ecosocial (GCP/VEN/011/GFF)”, específicamente dentro Componente-1 del Sistema Nacional Integrado de Información Forestal (SINIIF).

Dicha propuesta tiene como finalidad establecer las directrices para el análisis espacial y la representación cartográfica de la distribución de especies de flora y la diversidad florística para Venezuela, que será materializada posteriormente a través la elaboración de setentaicinco (75) cartas temáticas a escala 1:250.000, por parte de la Fundación Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA), dentro del producto 1 P1.1.5-P1-IFCA2, de la segunda carta acuerdo.

Esta propuesta es inédita en el país, y su puesta en marcha representará un instrumento, para la gestión y planificación del territorio y sus recursos, especialmente en la priorización de áreas para la conservación de especies vegetales y sus hábitats amenazadas, a través de la gestión y mejora de la calidad del ambiente. Para que la esta tenga existo en su aplicación se debe cumplir con lo siguiente:

- Ser dirigida, por un personal técnico calificado y preparado en las áreas de geomática, ecología, botánica y otras áreas a fines.
- Que cuenten con suficiente apoyo logístico, financiero e institucional, para el desarrollo de la BDEF, el tratamiento espacial y estadístico de las variables ambientales, salidas de campo, análisis espacial y representación cartográfica de la distribución de especie de flora y diversidad florística.
- Que sus salidas cartográficas que contemplan las cartas a 1/250.000 y su memoria descriptiva, sean certificadas por el IGVS.
- Que tenga continuidad y seguimiento por parte de las autoridades pertinentes.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, A., & Flores, E. (1999). La Corriente Comunicacional o Semilógica de la Cartografía Temática. *Geoenseñanza*, edición en línea, 09 de mayo de 2006 (disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/20888>)

Aldana, A., & Flores, E. (2000). Diagramación de mapas temáticos. *Geoenseñanza*, edición en línea, 09 de mayo de 2006 (disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/20896/articulo5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Bevilacqua, M., Medina, J. D., & Cárdenas, L. (2007). Situación de los bosques en la Guayana, Venezuela: La Cuenca del Río Caura como caso de estudio Caracas Venezuela: Asociación Venezolana para la Conservación de Áreas Naturales ACOANA.

Carreras i, C., Ariño, A., Martínez, S., & Moreno, S. (2004). Precisión y cambio de escala en la cartografía temática. Departament de Geografia Humana, Universitat de Barcelona Barcelona, España.

Catalán, A. (1992). El proceso de deforestación en Venezuela entre 1975-1988. Caracas, Venezuela: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Eva, H., & Huber, O. (2005). A Proposal for Defining the Geographical Boundaries of Amazonia. . In JRC (Ed.). Ispra, Italy. Joint Research Center.

FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings, (disponible en: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9825en>). Acceso: noviembre 2020.

Gentry, Alwyn H. "Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients." *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75, no. 1 (1988): 1-34. (Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2399464?seq=1>) Acceso: agosto 2020

Guariguata, M., & Kattan, G. (2002). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Costa Rica: LUR.

Guevara, J., Carrero, O., Costa, M., & Magallanes, A. (2011). Las selvas Alisias: hipótesis fitogeográfica para el área transicional del piedemonte andino y los altos llanos occidentales de Venezuela. *Biollania*. 21 de julio de 2011. Edición en línea (disponible en: https://issuu.com/port_guanare/docs/biollania_edicion_especial_no_10-julio_2011-vr)

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 30 de noviembre de 2005. (Disponible en: <https://doi.org/10.1002/joc.1276>)

Hijmans, R., Garrett, K., Huamán, Z., Zhang, D., Schreuder, M., & Bonierbale, M. (2000). Assessing the geographic representativeness of genebank collections: the case of Bolivian wild potatoes. *Conservation Biology*. Edición en línea, diciembre de 2000. (Disponible en: <http://www.library.rochester.eduwww.diva-gis.org/docs/bias.pdf>)

Hijmans, R., Guarino, L., & Mathur, P. (2012). *DIVA-GIS Version 7.5 Manual*. California. U.S.: The University of California.

Hokche, O., Berry, P., & Huber, O. (2008). *Nuevo Catálogo de la Flora Vasculare de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser.

Hokche, O., Berry, P., & Hubert, O. (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Caracas. Fundación Instituto Botánico de Venezuela.

Huber, O., & Alarcón, C. (1988). *Mapa de vegetación de Venezuela 1:2.000.000*. Caracas. Venezuela: The Nature Conservancy, MARNR, Oscar Todtmann Editores.

Lencinas, J., & Siebert, A. (2009). Relevamiento de Bosques con Información Satelital: Resolución Espacial y Escala. *Revista de Ciencias Forestales-Quebracho*, edición en línea, diciembre de 2009. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/481/48113035010.pdf>)

Louman, B., Quiros, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Madi, Y., Noite, R., Rivas, E., Vázquez, J., Rodrigues, J., Valdés, L., & León, A. (Cartographer). (2014). *Ecosistemas de Venezuela*. Edición en línea. (Disponible en: https://www.academia.edu/33502694/Ecosistemas_de_Venezuela_Cartografia)

Matteucci, S., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Falcón, Venezuela: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos

Navarro, G. y Maldonado, M. 2002. Geobotánica de Bolivia. La Paz, Bolivia: Fundación Simón Patiño. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

MPPPA. (2010). Estadísticas Forestales: Anuario 2008. Caracas, Venezuela. : Ministerio del poder popular para el ambiente.

Olaya, V. (2011). Sistemas de Información Geográfica. España: Disponible en: (https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2018/07/Libro_SIG-victor-olaya-PARTE-I.pdf) Acceso: abril de 2020.

Pacheco, C., Aguado, I., & Mollicone, D. (2011a). Dinámica de la deforestación en Venezuela: análisis de los cambios a partir de mapas históricos. Interciencia, junio de 2011. Edición en línea (Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269037834_Dinamica_de_la_deforestacion_en_Venezuela_Analisis_de_los_cambios_a_partir_de_mapas_historicos)

Pacheco, C., Aguado, I., & Mollicone, D. (2011b). Las causas de la deforestación en Venezuela: un estudio retrospectivo. Edición en línea. Alcalá de Henares, septiembre de 2011. (Disponible en: https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/16601/Tesis_Carlos%20Pacheco_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pacheco, C., & Vilanova, E. (2015). Dinámica de los cambios en la cobertura forestal en 27 municipios de los Llanos Occidentales de Venezuela (1990-2010). Paper presented at the Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. April 25-29 de 2015. João Pessoa-PB, Brazil. (Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277871341_Dinamica_de_los_cambios_en_la_cobertura_forestal_en_27_municipios_de_los_Llanos_Occidentales_de_Venezuela_1990-2010)

Pedrotti, F. (2004). Plant and Vegetation Mapping. Camerino, Italy: Springer Heidelberg New York Dordrecht London.

Scheldeman, X., & Zonneveld, M. (2010). Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas. Roma, Italia: Bioversity International.

Torres, A. (2008). La cuidada movilización de los recursos forestales. La industria forestal. Medio humano, establecimientos y actividades Geo Venezuela, tomo 3. Caracas Fundación Polar.

Vivas, L. (2012). Geotemas. Mérida, Venezuela: Fundación Fondo Editorial Simón Rodríguez.

Wunder, S. (2003). Oil wealth and the fate of the forest. A comparative study of eight tropical countries. . London United Kindom: Routledge: Taylor & Francis Group.