
ANÁLISIS ESPACIAL COMO MÉTODO CARTOGRÁFICO PARA LA REPRESENTACIÓN DE ORQUÍDEAS DEL GENERO CATTLEYA EN CUNDINAMARCA

SPATIAL ANALYSIS AS A METHOD FOR CARTOGRAPHIC
REPRESENTATION OF ORCHIDS IN CUNDINAMARCA CATTLEYA GENRE.

**MORENO LÓPEZ, JUAN DAVID¹. ROMERO HERRERA
ANGÉLICA².**

Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Programa Tecnología en Cartografía,
Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia
Junio-2016.

RESUMEN

Este artículo presenta la implementación de diferentes técnicas encaminadas a lograr un análisis espacial para determinar las zonas con características óptimas en la reproducción de especies de orquídea del genero cattleya dentro del departamento.

Para tal proceso, se tomaron las variables sintetizadas en los perfiles proporcionados por el grupo de investigación “PROSAFIS” adscrito al programa de Ingeniería Agronómica, haciendo referencia a las capas en formato raster, obtenidas a través de servidores web geográficos desplegados por entidades oficiales nacionales, seguido del cálculo de las capas de evapotranspiración y zonas de vida de Holdridge de las cuales no se tenía disponibilidad y utilizando el algebra de mapas como herramienta principal.

Por tal motivo fue necesario adaptar las diez capas equivalentes a las variables necesarias para el cálculo mediante un proceso de reclasificación, discriminando los valores necesarios solicitados en los perfiles ambientales. Posteriormente se realizó la sumatoria de cada variable, de acuerdo a los valores expuestos en el campo denominado variables categóricas de los perfiles de cada especie analizada

Como resultado se obtienen mapas mensuales de las especies aurea, trianae y violaceae; mapas mensuales de las condiciones generales para el género cattleya sintetizadas en los perfiles denominados cattleya sp 1 y sp 2, y cinco mapas que presentan el promedio general de las zonas con condiciones aptas para las especies anteriormente mencionadas.

Palabras clave: genero cattleya, algebra de mapas, análisis espacial.

ABSTRACT

This article presents the implementation of different techniques to achieve a spatial analysis to identify areas with optimal characteristics in the reproduction of species of cattleya orchid genus within the department.

For such a process, variables synthesized in the profiles provided by the research group " PROSAFIS " attached to the program of Agricultural Engineering were taken , referring to the layers in raster format, obtained through geographical web servers deployed by official entities , followed by calculation of the layers of evapotranspiration and Holdridge life zones of which was not available and using the map algebra as the main tool.

Therefore it was necessary to adapt the ten equivalents to the necessary variables for calculating layers through a reclassification process, discriminating the necessary values required in the environmental profiles. Then the sum of each variable was performed according to the values set in the field called categorical variables profiles of each species analyzed.

As a result monthly maps of the species aurea , trianae and violaceae are obtained ; monthly maps of the general conditions for gender cattleya cattleya synthesized in sp 1 and sp 2 profiles called and five maps that show the overall average of the areas with suitable conditions for the above species.

Keywords: gender cattleya, algebra of maps, spatial analysis.

INTRODUCCIÓN.

La implementación de una metodología adecuada, permite tomar una acertada toma de decisiones como se expone en esta investigación, donde el análisis espacial orientado a la representación cartográfica de las diferentes zonas de Cundinamarca con características ambientales específicas, permitió obtener resultados óptimos que aporten al desarrollo de estrategias encaminadas a la conservación y cultivo de especies de flores que actualmente se encuentran amenazadas por factores antrópicos y ambientales.

Para lo cual se implementó el método de algebra de mapas como componente principal en la identificación de las zonas

aptas para el cultivo de orquídeas del genero cattleya dentro del departamento,

Con los resultados obtenidos, se quiere analizar la distribución espacial de las zonas potenciales para la reproducción del genero cattleya en Cundinamarca, que motive la elaboración e implementación de cartografía como componente fundamental para fortalecer el desarrollo de estudios orientados a la conservación de especies de flora, además de reconocer las aplicaciones de los sistemas de información geográfica en el análisis de datos espaciales, caracterizar las condiciones biológicas de la región, y obtener cartografía de zonificación territorial y ambiental óptima para el cultivo

de las orquídeas de este género de orquídeas en el departamento.

La representación cartográfica de estas especies, puede servir como un instrumento que aporte elementos necesarios y que facilite la toma de decisiones a diferentes entidades como la CAR, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, quienes han realizado investigaciones encaminadas a la protección de especies amenazadas.

Teniendo en cuenta estos factores, se obtuvo capas en formato raster con la información necesaria para procesar, generadas a partir de productos obtenidos de servicios web de entidades como el IDEAM, el SIG-OT, la SIAC y el IGAC y sometidos a un proceso de rasterización. Seguido de una sumatoria de las zonas que representaban las condiciones ambientales definidas para cada especie. Discriminando los valores de acuerdo a los perfiles ambientales proporcionados; donde fue necesaria la reclasificación de dichas capas.

Finalmente, mediante la generación de diferentes mapas a escala 1:1.000.000, se observa efectividad del método empleado, donde los resultados reflejan la viabilidad del proceso realizado, destinado a lograr el análisis espacial para identificar las zonas con probabilidad de reproducción de las especies de este género.

METODOLOGÍA.

Este estudio se realizó en para el Departamento de Cundinamarca que está situado en la parte central del país, localizado entre los 03°40'14'' y 05°50'11'' de latitud norte y los 73°03'08'' y 74°53'35'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 24.210 km² lo que representa el 2.12 % del territorio nacional, entre sus límites cuenta por el Norte con el departamento de Boyacá; por el Este con los departamentos de Boyacá y Meta; por el Sur con los departamentos de Meta, Huila y Tolima, y por el Oeste con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Tolima y Caldas. (Atlasgeografico.net, 2016)

Para el proceso de los datos se utilizo el software Arcgis y Quantum, con los siguientes parámetros cartográficos:

Sistema de coordenadas: MAGNA
Colombia Bogotá
Proyección: Transversa de Mercator
Datum: MAGNA
Falso Este: 1.000.000,0000
Falso Norte: 1.000.000,0000
Meridiano central: -74,0775
Factor de escala: 1,0000
Latitud de origen: 4,5962
Unidades: Metros.

Una vez definidos los parámetros y área de trabajo se eligió el método de algebra de mapas, que debido a sus características aporta las herramientas necesarias para generar nueva información.

Con los procesos generados, se obtiene una nueva capa a partir de una o más capas existentes, donde cada pixel recibe un valor

a partir los procesos aplicados sobre los valores de pixel de las diferentes capas superpuestas, que finalmente representan las zonas con mayor probabilidad de reproducción para una especie.

Po lo tanto se le asigno valores a los pixel de cada capa mediante un proceso denominado reclasificación. Determinando como “1” las zonas donde se cumple en valor de la variable a sumar y “0” las que no cumplen los valores establecidos.

La implementación del algebra de mapas fue destinada a lograr dos propósitos básicos en el trabajo:

-la creación de variables geográficas de las que no se tenía disponibilidad (zonas de vida se de Holdridge, evapotranspiración potencial)

-la sumatoria de capas encaminada a la obtención de las zonas con probabilidad de reproducción para cada especie.

A continuación se describen las características de cada capa de información espacial necesarias para aplicar generar los cálculos:

Tabla 1. Variables Para Aplicar Álgebra De Mapas.

ARCHIVO	FUENTE	FORMATO
Paisaje geomorfológico	SIG-OT	Shapefile
Altitud	SIG-OT	Shapefile
Zonificación Climática		
Precipitación		
T med	IDEAM	raster
T min		
T mx		
Zona Agroecológica	SIG-OT	Shapefile
Radiación solar	SIAC	Shapefile
Brillo solar		Shapefile
Humedad Relativa	IDEAM	raster
Evapotranspiració	Generado en la calculadora	raster
Zona vida	Generado en la calculadora	raster

Las capas en formato .shp fueron sometidas a un proceso de rasterización, en donde a través de la herramienta “de “*polígono a raster*” y “*reclassify*” ubicadas en la caja de herramientas de Arcgis, se convierten a formato raster, para poder ser trabajadas con el método de algebra de mapas.

RESULTADOS

IMPLEMENTACIÓN DEL ALGEBRA DE MAPAS PARA EL CÁLCULO DE ETP Y ZONAS DE VIDA.

Para estimar la Evapotranspiración Potencial en Cundinamarca se aplicó la fórmula de (Thornthwaite, 1948), basada en cálculos en función de la temperatura media. Que sugiere la siguiente fórmula:

$$ETP \text{ sin corr} = 16 (10t/I)^a$$

Donde:

ETP sin corr = ETP mensual en mm/mes sin ajustar.

t = temperatura media mensual en °C

I = índice de calor anual

a : Parámetro que se calcula a partir de (I) según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

Ecuación 1 implementación de la fórmula de Thornthwaite para el cálculo de la ETP.

Aplicando esta fórmula paso a paso se obtienen capas para cada uno de los meses de la ETP en Cundinamarca.

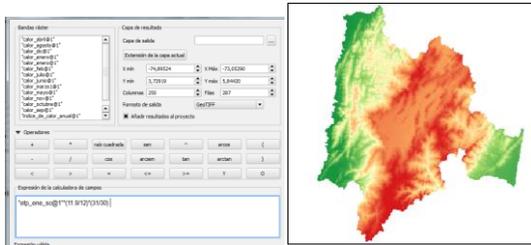


Figura 1. Calculo ETP enero. (Elaboración propia).

Un proceso similar se implementó para la determinación de zonas de vida, tomando como referencia la tabla de clasificación climática del instituto colombiano de hidrología y la clasificación climática de los sistemas colombianos realizada por la UNAD.

De acuerdo a estos valores presentados se realizó una superposición de las variables temperatura media, altura y precipitación de la capa de zonificación climática 2010, reclasificada según las condiciones ambientales propuestas por Holdridge.

Tabla 2. Discriminación de las zonas de vida requeridas (instituto Colombiano de Hidrología, 2005)

ZONA DE VIDA	T °C	LLUVIA	ALTURA
B. seco tropical	> 24	1000-2000	0 a 1.000
B. húmedo tropical	> 24	2.000 a 4.000	0 a 1.000
B. muy húmedo tropical	> 24	4.000 a 8.000	0 a 1.000
B. seco pre montano	18 a 24	500 a 1.000	1.000 a 2.000
B. húmedo pre montano	18 a 24	1.000 a 2.000	1.000 a 2.000
B. muy húmedo pre montano	18 a 24	2.000 a 4.000	1.000 a 2.000
Estepa espinosa montano bajo	12 a 18	250 a 500	2.000 a 2.500
B. seco montano bajo	12 a 18	500 a 1.000	2.000 a 2.500
B. húmedo montano bajo	12 a 18	1.000 a 2.000	2.000 a 2.500
B. muy húmedo montano bajo	12 a 18	2.000 a 4.000	2.000 a 2.500
B. húmedo montano	6 a 12	500 a 1.000	2.500 a 3.000
B. muy húmedo montano	6 a 12	1.000 a 2.000	2.500 a 3.000

Aplicando una multiplicación de las capas en donde las zonas que hacen referencia a la zona de vida calculada tienen un valor de "1", y las que no con un valor de "0", se obtuvo el siguiente resultado, en donde "1".

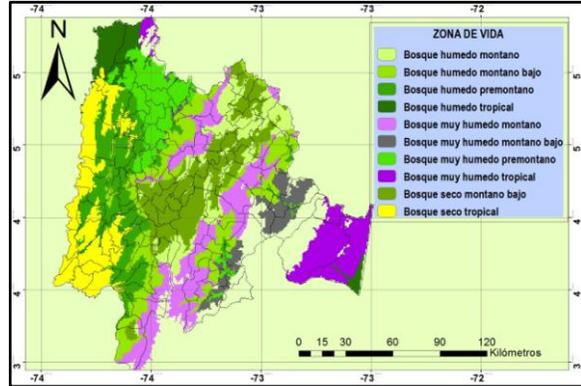


Figura 2. Zonas de vida obtenidas a través de la multiplicación de temperatura, precipitación y altitud (elaboración propia)

Después de realizar este cálculo, se determinó que no se cumplían los valores específicos para que existieran las zonas:

	T °C	PRECIPITACIÓN	ALTURA
Bosque seco pre montano	18- 24° C	500 -1.000 mm	1.000-2.000 msnm
Estepa espinosa montano bajo	12-18 °C	250 -500 mm	2.000-2.500 msnm

ESTRUCTURACIÓN Y RECLASIFICACIÓN DE LAS CAPAS.

Una vez obtenidas las capas en formato raster, es necesario asignar un valor de pixel, donde primeramente se definió un valor mínimo de pixel de 26 metros, de acuerdo a la fórmula propuesta por Arcgis Online.

Donde:

$$\text{Valor mínimo de pixel} = (\text{Escala} * 0,0254) / 96$$

$$\text{Valor mínimo de pixel} = (100000 * 0,0254) / 96 = 26 \text{ metros}$$

Ecuación 2. Calculo de valor mínimo de pixel

El siguiente proceso fue reclasificar cada capa mediante la calculadora raster de acuerdo a los valores exigidos en los

perfiles, con el fin de que no se omitan ni se tomen valores por fuera del rango solicitado

ETP
800-1000
1000-1200
1200-1400

$(<0)*0 + ((>0) \text{ AND } (<=600))*600 + ((>600) \text{ AND } (<800))*800 + ((>800) \text{ AND } (<=1000))*1000 + ((>1000) \text{ AND } (<=1200))*1200 + ((>1200) \text{ AND } (<=1400))*1400 + ((>1400) \text{ AND } (<=1600))*1600$

Ecuación 3. Reclasificación de la capa de ETP en la calculadora raster.

La anterior formula expone que los valores menores o iguales a “0” y menores a “800” se multipliquen por “0”, las zonas entre “800-1000” se multipliquen por 1000 + las zonas entre “1000-1200” se multipliquen por 1200 + las zonas entre “1200-1400” se multipliquen por 1400 y los valores superiores se multipliquen por “1600”.

El resultado final es la obtención de una nueva capa con los rangos delimitados.

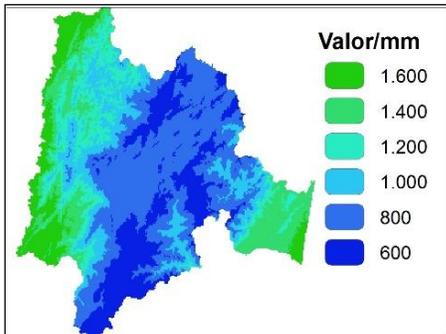


Figura 3. Capa de ETP del mes de agosto reclasificada según los valores exigidos en los perfiles (elaboración propia).

La fórmula general para este cálculo fue aplicada para cada una de las capas generadas, multiplicando las zonas que se encuentren dentro de un rango determinado, por el valor máximo solicitado.

Una vez delimitadas las capas, se configuraron para realizar la sumatoria

encaminada a la obtención de las zonas deseadas. En esta etapa del proyecto, fueron asignados valores de “1” a las zonas que cumplieran con el valor y de “0” a las zonas que no se cumplieran de acuerdo al valor estipulado en las variables categóricas de los perfiles propuestos por (Gomez & Muñoz, 2015).

Este proceso se aplicó para cada una de las capas de acuerdo a los perfiles. Obteniendo finalmente capas que discriminan solo la zona requerida y asignándole un valor de “1” como se evidencia en la siguiente imagen.

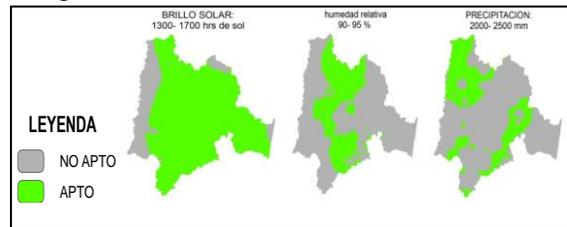


Figura 4. Capas reclasificadas con valores de “1” y “0”, haciendo referencia a las zonas donde se presenta un valor específico. (Elaboración propia)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Como etapa final a través de la sumatoria de capas se obtienen mapas de las especies trianae, aurea y violaceae, y dos mapas para la genero cattleya, con los valores presentados en las variables categóricas de cada perfil, los mapas resultantes fueron contrastados con los mapas generados por la tesis de propuesta por (Gomez & Muñoz, 2015).

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que:

-Para la especie aurea, las zonas que tienen mayor probabilidad de reproducción, tienden a ubicarse sobre las zonas noroccidentales del departamento y hacia la parte suroriental. De las 6 variables exigidas

por las variables categóricas del perfil ambiental, convergen 3 en su valor máximo haciendo referencia a las capas de HR, ZV y climas, con un área aproximada de 479,79 Km² equivalente a un 2% del territorio departamental.

Las zonas donde convergen 2 variables hacen referencia a las capas de HR y ZV siendo estas dos variables las que se manifiestan mayormente a lo largo de las zonas centrales y noroccidentales del departamento, con un área aproximada de 5398,554 Km² equivalentes al 23% del área total del departamento.

En la mayor parte del territorio solo se presenta la variable de brillo solar con las condiciones requeridas por el perfil ambiental, lo cual indica una probabilidad baja de reproducción, por hacer referencia solo a 1 variable representando el 65% del departamento, con un área de 15374,786 Km²

Las zonas donde no hubo cruzamiento tienen un área aproximada de 2330,105 Km² equivalentes al 10% del área total del departamento.

Lo anterior indica que la zona con mayor probabilidad de acuerdo a las variables categóricas del perfil ambiental equivale al 2% del territorio, ubicada en la parte noroccidental.

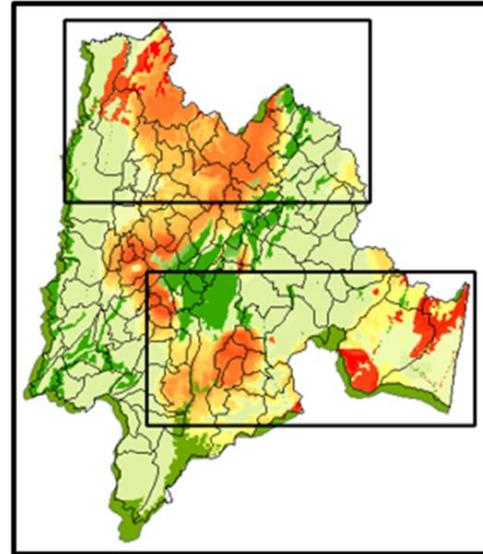


Figura 5. Identificación de las zonas con mayor probabilidad de reproducción para la especie aurea.

-Para la especie violácea, Se observa presenta mayor probabilidad de reproducción en la parte noroccidental y suroriental del departamento, allí se encuentran zonas donde confluyen 7 variables con las condiciones solicitadas: T-min, T-med, ZV, paisaje agroecológico, altura, precipitación, climas y brillo solar, con un área total de 1,708 km² representando el 1% del total del territorio estudiado.

Se presento un cruce de variables entre 5 y 6 sucesivamente para las zonas oriental y occidental en donde las zonas con 6 variables convergentes tienen un área aproximada de 2584,548 km² representando el 11,5% y las zonas con 5 variables convergentes con un área aproximada de 2781,428 km² siendo el 12% de territorio estudiado.

Los cruzamientos menores a 4 variables se agrupan en la zona central desde la parte

norte a la parte sur del departamento, en estas zonas se cumplen los valores requeridos en variables como T-max, T-min, ZV, altura y brillo solar, las zonas que presentan 4 variables tienen un área aproximada de 3123,446 Km² siendo el 14%; en las que convergen 3 variables, áreas aproximadas de 2324,319 Km² = 10%; en las que convergen 2, áreas aproximadas de 5656,219 = 23%; en las que converge 1 variable, un área de 5656,219= 25%, y las zonas donde no se presenta cruzamiento tienen un área representativa de 789,570 Km² equivalente al 3,5% del territorio estudiado

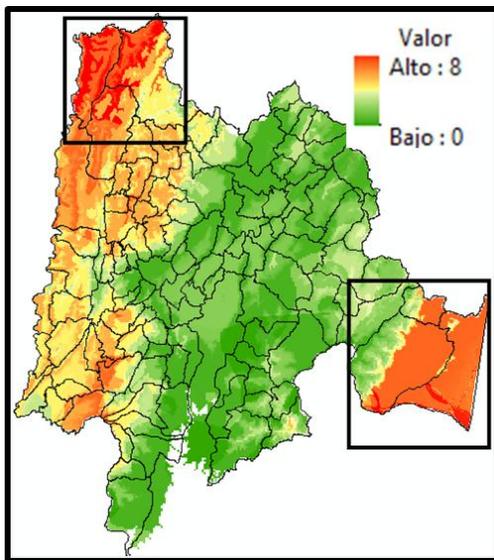


Figura 6. Zonas con mayor probabilidad de reproducción para la especie violácea.

-Para el caso de la especie *trianae*, las variables con los valores especificados en el perfil ambiental, se concentran en su mayoría en la zona central del departamento, en donde, de las 5 variables referentes a la variable categórica del perfil, confluyen 3: T-Max, T-min y ZV con un área de 5176,920 km² representando el 22% del área calculada.

A lo largo de la parte central y oriental, convergen 2 variables que se distribuyen tanto en la parte norte, como en la parte sur del departamento, siendo la T-Max y T-min, las capas que presentan las condiciones requeridas para la zona, el área en la que se distribuyen representa el 27% de la zona de estudio y equivalen a 6149,997 km²

Las zonas con los valores menores de convergencia entre variables, se ubican hacia los extremos oriental y occidental, destacándose la presencia de una variable con las condiciones necesarias, y 0 variables indicando la no aptitud para la reproducción de este género en la parte occidental del departamento, esta zona no apta según los resultados obtenidos, tiene un área de 2286,818 km² equivalente al 10%, y el área que afecta la única variable convergente para este caso es de 9556,418 km² representando el 41% de la zona de estudio, siendo la ETP la capa que presenta los valores requeridos en esta zona.

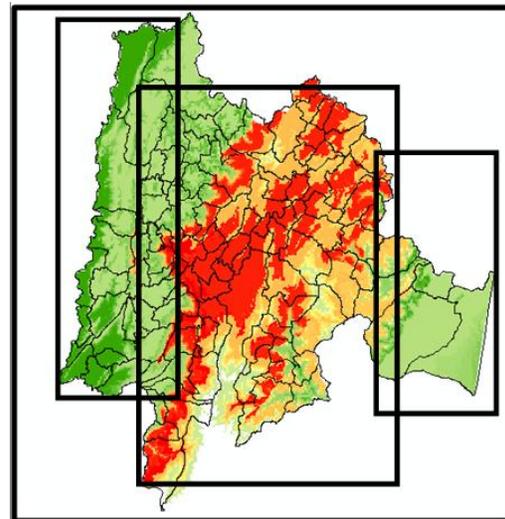


Figura 7. Probabilidad de reproducción según la zona para la especie *trianae*.

-El perfil diseñado para el género *cattleya sp1* muestra las condiciones generales para el género *cattleya*, en este caso se observa que la distribución de las zonas con mayor aptitud de acuerdo a los perfiles construidos se encuentran distribuidas a lo largo de la zona central del departamento, predominando en su mayoría las zonas en donde confluyen 4,5 y 6 variables, con un área aproximada de 11326,916 Km² equivalente al 48% del área de estudio, también se destacan pequeñas áreas donde convergen 7 variables con aproximadamente 18,22 km² que equivalen al 1% y por último, se distinguen las zonas donde se presenta el cruce de menos de 3 variables, hacia los costados oriental y occidental del departamento, estas áreas constituyen 11843,235 km² que equivalen al 51%.

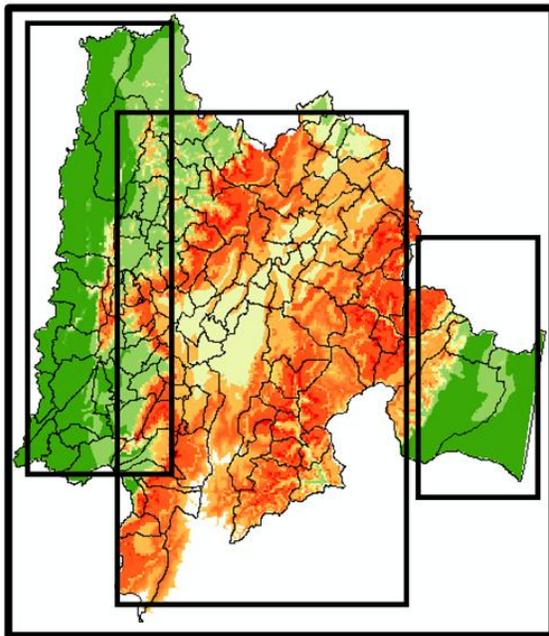


Figura 8. Probabilidad de reproducción según la zona para el género *cattleya sp-1*.

-En el perfil diseñado para el género *cattleya sp2*, las zonas donde se presentan las condiciones aptas para la reproducción del género, se ubican sobre la parte occidental del departamento, con un cruce tan un área de variables entre 4 a 7, y hacia la parte oriental se presenta una porción con una convergencia de 5 variables aptas dentro de los rangos indicados, las zonas con mayor aptitud, es decir donde se presentan 7 variables, presentan un área de 685,708 km² iguales al 3% del territorio estudiado, las zonas con un cruce de 6 variables, tienen un área aproximada de 1385,808 km² iguales al 6% , las que tienen cruce de 5 un área de 4534,136 km² igual al 19% y las que tienen un cruce de 4 variables, tienen un área de 4534,136 km² siendo el 8%.

Las zonas con cruces menores a 4 se agrupan hacia la parte central del departamento, destacando principalmente que para esta zona, se presenta mayormente una variable con las condiciones requeridas con un área aproximada de 9951 km², que representa el 42% del área estudiada, y a su vez, se identifican zonas donde no hay probabilidad de reproducción con un área de 1370,804 km² igual al 6%.

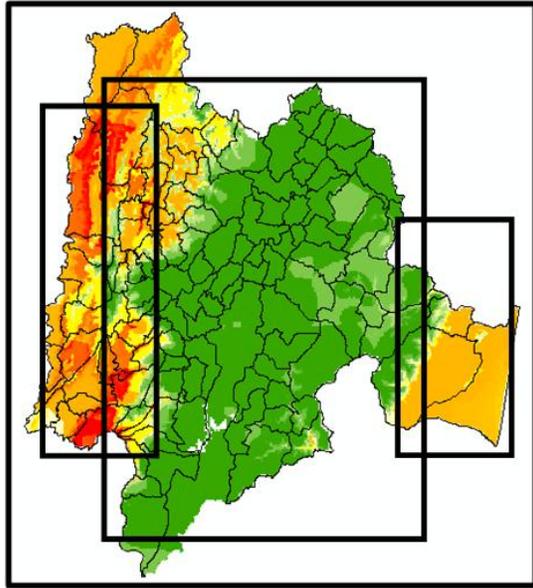


Figura 9. Probabilidad de reproducción según la zona para el género *cattleya* sp-2.

El objetivo fundamental de este trabajo de grado fue realizar un análisis espacial, que mediante la obtención de zonas con posibilidad alta, media y baja de reproducción, para reconocer cómo pueden tener una óptima distribución las diferentes especies analizadas dentro del departamento, evidencian la validez de las capas y de la metodología empleada para el cálculo de las mismas.

Las diferentes aplicaciones y herramientas de el software SIG, simplificaron la solución a todos interrogantes planteados durante el desarrollo de este trabajo, en primera instancia, a la viabilidad de un método que permita obtener mapas que presentaran como resultado la identificación de zonas óptimas, en segunda instancia, a la obtención de las capas en el formato adecuado para aplicar los procesos encaminados a la representación de las condiciones requeridas para cada especie, para finalmente generar nuevas capas información.

Se registraron las características ambientales y biológicas de cada región, de acuerdo a las necesidades de cada especie, lo cual oriento la identificación de zonas potenciales valiéndose de información cartográfica obtenida de servicios web de entidades oficiales, así como los perfiles diseñados para cada especie, propuestos por el grupo “PROSAFIS”.

Mediante el álgebra de mapas, se logró obtener cartografía, identificando las zonas y municipios del territorio con las condiciones ambientales óptimas de acuerdo a su probabilidad de reproducción, sugiriendo que las capas en formato raster permiten realizar variedad de operaciones encaminadas a generar nueva información y obtener resultados con gran potencial de análisis.

El tema abordado tiene la capacidad de ser ampliado a nivel nacional, y a su vez se puede desarrollar a nivel local generando productos con mayor nivel de detalle que permitan una toma de decisiones efectiva, y presenten alternativas que aporten a la explotación moderada de esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- AgroCabildo. (2008). *Análisis Climático Evapotranspiración*. Obtenido de <http://www.agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/evapotrans2008.pdf>
- Blaney, & Criddle, W. D. (1950). *Determining Water Requirements in Irrigated Area from*. New York: US Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Bostan, P., Heuvelink, G., & Akyurek, S. (2012). Comparison of regression and kriging techniques for mapping the average annual precipitation of Turkey. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12.
- Calderon-Saenz, E. (2007). *Libro rojo de las plantas de Colombia. Volumen 6. Orquídeas, Primera parte. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá, Colombia.: Instituto von Humboldt - Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 828 p.
- Constantino, E. (2001). Las orquídeas del género *Cattleya* en Colombia: las especies, sus variantes, su distribución, su hábitat y el estado actual de su conservación. Cali: Sin publicar.
- Constantino, E., & Calderon, E. (2006). *Libro Rojo de Plantas de Colombia, Volumen 6. Orquídeas*. Bogotá: IAVH.
- Fernandez, d. I. (2011). *Análisis de correspondencias simples y múltiples*. Madrid.: Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias Economicas Empresariales.
- FiloUba. (2012). *Universidad de Buenos Aires Argentina*. Obtenido de Facultad de Filología y Letras. Geografía: www.filo.uba.ar/contenidos/carreras/geografia/catedras/.../bcehidrico.pdf
- Gomez, A. M., & Muñoz, A. D. (2015). *PROSPECCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES DEL GÉNERO Cattleya EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. fusagasuga.
- Hargreaves, & Samani. (1985). Estimation of Potential Evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 108.
- IDEAM. (2014). Atlas climatológico de Colombia, Parte II Distribución espacio-temporal de las variables clima. . En IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto Alexander von Humboldt, R. N. (2001). *Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas*. Bogotá: C. Samper y H. Garcia. .
- Instituto Colombiano de Hidrología, M. y. (2005). *Atlas Climatológico de Colombia*. Bogotá, D. C.: IDEAM.
- Pantoja, A. (2015). Distribución espacial de orquídeas, y cambio climático en el bosque seco del Valle del río Cauca. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 15.
- Papadakis, J. (1980). *El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex Colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias*. Buenos Aires, Argentina: Albatros.
- Penman, H. (1948). *Natural evaporation from open water, bare soil, and grass*. London, England: The Royal Society.
- Revilla Novella, P. (30 de 2 de 2014). *Métodos estadísticos de depuración e imputación de datos*. Obtenido de Biblioteca Digital Universidad de Alcalá: <http://hdl.handle.net/10017/20211>
- Salazar, F. B. (2010). *Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Componente de Biodiversidad Continental - 2009*. Bogotá D.C.: Instituto de Colecciones Biológicas Alexander Von Humboldt.
- Thornthwaite, C. W. (1948). *An approach toward a rational classification of climate*. New York: Geographical Review.

- Turc. (1954). *Le bilan d'eau des sols. Relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement*. Paris, France: Institut national de la recherche agronomique.
- UICN/SSC. (1996). *Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN. Gland Switzerland and Cambridge, Reino Unido.
- UPTC, H. (2003-2004). *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*. Obtenido de www.colarte.com/colarte
- V., P. O. (1995). *Orquideas de Colombia, Segunda Edición, Revisada y aumentada*. Bogota : Cooperacion capitalina de Orquideologia .
- Velasquez-Montes, A. (1993). *Landscape Ecology of Tláloc and Pelado Volcanoes, México. Whit special reference to the volcano rabbit (Romerolagus diazi), its habitats, ecology and conservation*. ITC publicación No. 16. Enschede, The Netherlands.
- Verstappen, H. (1984). *Applied geomorphology*. Elsevier. Amsterdam.
- YemenWater. (2013). *Asociacion de Agua Yemen*. Obtenido de <http://www.yemenwater.org/wp-content/uploads/2013/03/Computation-of-Average-Rainfall-over-a-Basin.pdf>.
- Yue, T.-X., Dua, Z.-P., Lu, M., Fan, Z.-M., Wang, C.-L., Tian, Y.-Z., & Xu, B. (2014). Surface modeling of ecosystem responses to climatic change in Poyang. *Ecological Modelling*, 8.
- Zheng, Y., Xie, Z., Jiang, L., Shimizu, H., & Drake, S. (2005). Changes in Holdridge Life Zone diversity in the Xinjiang Uygur Autonomous Region (XUAR) of China over the past 40 years. *Journal of Arid Environments*, 14.