



**Producto G. Informe en formato de artículo científico que documente los co-beneficios para la biodiversidad de la implementación de las rutas NCS Deforestación evitada, Restauración del Bosque, e Implementación de Árboles en Tierras Agropecuarias en las cinco regiones de Colombia. Este informe debe incluir un resumen ejecutivo en español e inglés, además de anexos con todos los insumos técnicos desarrollados para la elaboración del informe (shapes, bases de datos, etc.).**

Contrato NASCA 00127/2020

Consultor:

Jhan Carlos Carrillo Restrepo

Iván González Garzón

Supervisor técnico:

Tomas Walschburger

The Nature Conservancy - NASCA

03 de abril de 2021

Bogotá

# **Soluciones Naturales del Clima para las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Reducción de Emisiones en Colombia**

## **NCS for NDCs – Colombia**

**Estimación de co-beneficios para la biodiversidad de la  
implementación de las rutas NCS priorizadas para Colombia  
(Deforestación evitada, Restauración del Bosque, e  
Implementación de Árboles en Tierras Agropecuarias).**



# **Soluciones Naturales del Clima para las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Reducción de Emisiones en Colombia**

## **NCS for NDCs – Colombia**

### **Selección de las rutas NCS claves para Colombia**

Elaborado por:

**IVAN GONZÁLEZ-GARZÓN, JHAN C. CARRILLO-RESTREPO**

Con el apoyo de:

**MAURICIO ECHEVERRY-DUQUE, JULIANA DELGADO & TOMAS WALSBURGER**

**Cítese como:** The Nature Conservancy, 2021. *Co-beneficios para la biodiversidad de la implementación de las soluciones climáticas naturales de deforestación evitada, restauración del bosque, e implementación de árboles en tierras agropecuarias en Colombia*. Bogotá, Colombia.

**Material fotográfico:** González, 2016. Leticia, Colombia.

<b>1</b>	<b>Contenidos</b>	
2	Glosario .....	7
3	Resumen .....	8
4	Introducción .....	9
5	Métodos .....	11
6	Resultados .....	13
7	Análisis de los resultados .....	18
8	Literatura citada .....	19
9	Anexo .....	20

## 2 Glosario

ADW: Animal diversity Web

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

NCS: Soluciones climáticas basadas en la naturaleza (Nature Climate Solutions)

TNC: The Nature Conservancy

UICN: Unión internacional para la conservación de la naturaleza

### 3 Resumen

La implementación de soluciones climáticas basadas en la naturaleza (NCS) pretenden mejorar las condiciones del planeta bajo un contexto de altos impactos por las emisiones de carbono a la atmósfera. Estas soluciones pueden tener diferentes implicaciones en términos de carbono, extensión espacial, costos, pero también cobeneficios asociados. La identificación de beneficios simultáneos en aspectos sociales, de biodiversidad e hidrología pueden favorecer a implementación de este tipo de actividades por parte de los tomadores de decisiones. En este ejercicio se evaluaron los cobeneficios en biodiversidad de la implementación de varias rutas NCS en Colombia. Para esto se usaron 3410 mapas de especies que se agregaron espacialmente a nivel de pixel y por otras regiones en el país, a la luz de varios grupos taxonómicos y de otras características (endémicas, amenazadas, etc.). Se encontró que la región con más riqueza para la mayoría de los grupos fue la región de los Andes, mientras que Orinoquía fue la menor, al hacer agregación espacial de varios pixeles, y que este patrón puede cambiar drásticamente al momento de cambiar la unidad espacial de síntesis. Las rutas NCS asociadas a cada región del país heredaron estos atributos en diversidad, a pesar de que cada ruta contó con valores bien diferenciados en carbono. Se generaron cuarenta y seis (46) mapas y cerca de diez mil cifras de beneficios en biodiversidad basadas en la combinación de seis (6) criterios espaciales y taxonómicos, que dan lugar a la respuesta y evaluación de beneficios en biodiversidad bajo diferentes condiciones y escenarios.

The implementation of nature-based climate solutions (NCS) aims to improve the planet's conditions under a context of high impacts due to carbon emissions into the atmosphere. These solutions can have different implications in terms of carbon, spatial extent, financial costs, and associated co-benefits. The identification of simultaneous benefits in social, biodiversity, and hydrology aspects can favor implementing this type of activity by decision-makers. In this exercise, the biodiversity co-benefits of the implementation of several NCS routes in Colombia were evaluated. For this, 3410 species maps were used and aggregated spatially at the pixel level and by other regions in the country, considering various taxonomic groups and other characteristics (endemic, threatened, etc.). It was found that the region with the most richness for most of the groups was the Andes region, while Orinoquia was the smallest when making spatial aggregation of several pixels, and that this pattern can change drastically when changing the spatial synthesis unit. The NCS routes associated with each region of the country inherited these attributes in diversity, although each route had well-differentiated carbon values. Forty-six (46) maps and nearly ten thousand figures of benefits in biodiversity were generated based on the combination of six (6) spatial and taxonomic criteria, which give rise to the response and evaluation of biodiversity co-benefits under several scenarios and conditions.



## 4 Introducción

Desde la revolución industrial, el cambio en el uso de la tierra —principalmente la conversión de hábitats naturales en tierras para agricultura y silvicultura—, ha sido el impulsor directo más importante de la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas terrestres (Maxwell *et al.* 2016). Tanto así que, se ha estimado que el 75% de la superficie terrestre libre de hielo ya ha sido alterada significativamente, la mayoría de los océanos están contaminados y más del 85% de los humedales se han perdido (Maxwell *et al.* 2016). Esta destrucción de los ecosistemas ha llevado a que ~1 millón de especies (~500.000 animales y plantas, y ~500.000 insectos) se encuentren en peligro de extinción en las próximas décadas o siglos (Maxwell *et al.* 2016). Estas tendencias en la pérdida de la biodiversidad se han visto impulsadas en gran parte por una duplicación de la población humana mundial, un aumento de cuatro veces en la economía mundial y un aumento de diez veces en el comercio (Maxwell *et al.* 2016). A nivel global, y contrario al pensamiento general, el cambio climático no ha sido el motor más importante de la pérdida de biodiversidad hasta la fecha, sin embargo, se pronostica que en las próximas décadas se vuelva tan importante o más que los demás impulsores (Maxwell *et al.* 2016).

En el 2015, el Acuerdo Climático de París estableció un marco global para evitar un cambio climático peligroso manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C (UNFCCC 2015). La mayoría de los esfuerzos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC: por sus siglas en inglés), consistentes con limitar el calentamiento por debajo de 2 °C, asumen el uso a gran escala de métodos de eliminación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de actividades humanas asociadas a los combustibles fósiles y las actividades de uso de la tierra (Smith *et al.* 2016). Eventualmente, en el 2018, el IPCC señaló que la temperatura ya aumentó un grado °C en relación con los niveles preindustriales, afectando a casi 8 mil millones de personas (Allen *et al.* 2018). En un futuro, las temperaturas globales podrían alcanzar el objetivo de 1,5 °C para la década del 2030, y el umbral de 2 °C para 2050-2070 (Allen *et al.* 2018). Sin acciones adicionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, estamos en el camino hacia un aumento de 3-4 °C, que tendrá efectos devastadores en la biodiversidad y el bienestar humano (Allen *et al.* 2018). Para llegar a emisiones de gases netas cero para el 2050, y así estabilizar la temperatura de la tierra, se requiere de una transformación sin precedentes en sectores energéticos, industriales y agrícolas para los próximos 10-20 años (Allen *et al.* 2018).

La administración mejorada y sostenible de la tierra es, hasta ahora, la mejor forma de eliminación de CO<sub>2</sub> (Field *et al.* 2017). Sin embargo, persiste una confusión sobre el conjunto específico de acciones para aumentar la captura de CO<sub>2</sub> y reducir la emisión de otros gases de efecto invernadero (Field *et al.* 2017). Según un estudio liderado por The Nature Conservancy (TNC), las soluciones naturales del clima (NCS, por sus siglas en inglés), son un conjunto integral de 20 medidas de conservación, restauración y manejo mejorado en el sector agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU: por sus siglas en inglés), que pueden aportar 30% de la mitigación requerida en 2030 para cumplir la meta del Acuerdo de París, y así mitigar el aumento del cambio climático (Griscom *et al.* 2017).

A pesar de que reverdecer el planeta a través de la implementación de las rutas NCS es un paso necesario para nuestra transición hacia una economía global neutra en carbono y un clima estable, los esfuerzos de secuestro basados en naturaleza reciben solo alrededor del 2.5% de los dólares de

mitigación climática mundial (Griscom *et al.* 2017). Las razones incluyen, entre otras, una incertidumbre generada por la falta de estudios que cuantifican el potencial y el costo de las NCS, y su relación con otros factores como la biodiversidad (Griscom *et al.* 2017). Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo general estimar los co-beneficios para la biodiversidad de la implementación de tres rutas NCS priorizadas para Colombia (Deforestación evitada, Restauración del Bosque, e Implementación de Árboles en Tierras Agropecuarias). Este análisis se centrará en las cinco regiones naturales del país (Amazonia, Andes, Caribe, Orinoquia y Pacífico), y se presenta como una alternativa para el cumplimiento de la meta de reducción de emisiones del país, en el marco de políticas nacionales y regionales sobre cambio climático.

## 5 Métodos

Se trabajó sobre todo el territorio colombiano, en una extensión de 1143 millones de kilómetros cuadrados. Esta área fue definida por la extensión de las rutas mencionadas a continuación.

Para la identificación de los beneficios de biodiversidad asociados a las rutas, se recopilaron datos de especies colombianas en formato ráster y polígono, con el fin de evitar ejercicios de interpolaciones. La información fue extraída de la base de datos de la UICN, junto con ejercicios previos de las especies entregados como insumos. Los datos espaciales fueron refinados posteriormente con dos mecanismos de filtrado: elevación y coberturas. Para el primero, se acudieron a tres bases de datos globales de las especies: UICN Red List, BirdLife International y Animal Diversity Web. Para el segundo mecanismo, se usaron los hábitats disponibles en la página de la UICN en las especies que las tuvieran disponible, y estas categorías fueron especializadas usando el mapa de coberturas y ecosistemas entregadas como insumos. Una categoría adicional fue adicionada y se denominó “Arboles en espacios silvopastoriles”, ya que esta fue una de las rutas implementadas con cartografía disponible. Para esta categoría nueva y no incluida en las definidas por la Lista Roja, se generó una búsqueda y revisión de literatura que indicó la tolerancia y uso de especies en este tipo de uso del suelo, el cual se derivó un informe adicional dispuesto en los anexos. Las diferentes categorías fueron combinadas con un operar lógico de disyunción, con lo cual se identificó un pixel apto para la especie si al menos una de las coberturas reportadas existe en ese punto. El resultado de el refinamiento de las capas de las especies dio una capa booleana con unos y ceros, derivados de la capa original y su respectivo cruce con las coberturas y rangos altitudinales. Las especies que no contaron con información de filtro fueron mantenidas con el fin de asegurar la inclusión de estos en el análisis, bajo la consideración de la sobreestimación de las áreas. Los análisis descritos a continuación se aplicaron tanto para el conjunto de especies originales como las refinadas, con el fin de poder comparar los resultados finales, pues ya que hay una gran transformación de la región caribe y andina esto podría derivar en una subestimación de las especies presentes en la zona y penalizaría los valores de cobeneficios en sitios que ya perdieron sus coberturas vegetales naturales.

Una vez se contaron con los mapas depurados y originales en formato ráster, se procedió a construir índices de diversidad que pudieran ser comparados cuantitativamente con los valores de carbono existentes en las rutas. Partiendo de limitación en el tipo de información espacial (presencia y ausencia) y de la interpretación que se quiere dar al ejercicio, se decidió usar riqueza de especies como indicador de biodiversidad. Esta métrica, sin embargo, fue calculada en cuatro subíndices derivados:

- Riqueza total: incluye todas las especies. Abreviación: Ind0.
- Especies amenazadas: Aquellas que según la UICN tuvieran as categorías “críticamente amenazadas” (CR), “amenazadas” (EN) y “vulnerable” (VU). Abreviación: Ind1.
- Especies endémicas. Abreviación: Ind2.
- Especies endémicas y amenazadas. Abreviación: Ind3.
- Especies con rango de distribución limitado (más detalle a continuación). Abreviación: Ind4.

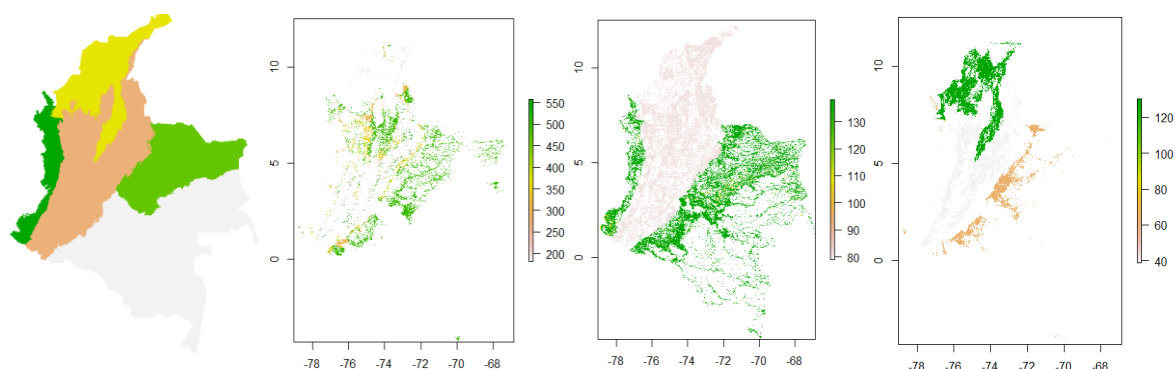
Los datos de endemidad fueron extraídos también de las bases de datos abiertas, de donde se extrajo la elevación. Las especies de rango restringido fueron seleccionadas arbitrariamente basado en un umbral de importancia de cada pixel sobre su distribución. Este valor se estimó usando el inverso del tamaño de la distribución refinada de la especie. Una especie de 1 km<sup>2</sup> total de distribución en el país, cada pixel de 1km<sup>2</sup> representa el 100% de su distribución. Para una especie con 20km<sup>2</sup> de distribución, cada pixel de 1km representa un 5% total de su área. Una especie con 100km<sup>2</sup> de distribución, tiene para un pixel de 1km<sup>2</sup> un 1% de su área total. Este valor, se comporta de manera inversa al área, y lo que señala es la importancia (o porcentaje respecto al total de su área) de cada pixel del mapa. Otro mecanismo de división del índice de riqueza fue el grupo taxonómico. Se usaron cinco categorías: Todas (ALL), aves (AVES), anfibios (AMPHIBIA), mamíferos (MAMMALIA) y reptiles (REPTILIA). Hasta este punto, se hizo una superposición de las capas de especies con el fin obtener un valor numérico entero, lo que se expresa espacialmente como una superficie continua.

Ya que las rutas de soluciones tuvieron una expresión espacial, se calculó también cada uno de los índices mencionados anteriormente pero no para cada pixel sino para un conjunto de estos. Las agrupaciones de pixeles sobre la cual se calculó la cantidad de especies fueron:

- Regiones: Cinco regiones: Caribe y valle del Magdalena, Pacífico, Andes, Llanos, Amazonas. Abreviación: Region.
- Rutas de soluciones: Deforestación evitada, restauración, árboles en tierras abiertas. Las tres rutas tienen dos capas: valor anual y valor acumulado en 10 años. Abreviación: Routes.
- Rutas por región: Cuarenta y seis combinaciones entre regiones y rutas. Abreviación: RoutesByReg.
- Valores de ruta: Treinta valores únicos de las diferentes rutas. Abreviación: RoutesVals.
- Valores de ruta por región: Ciento cincuenta combinaciones entre región y valores de ruta. Abreviación: RoutesValByReg.

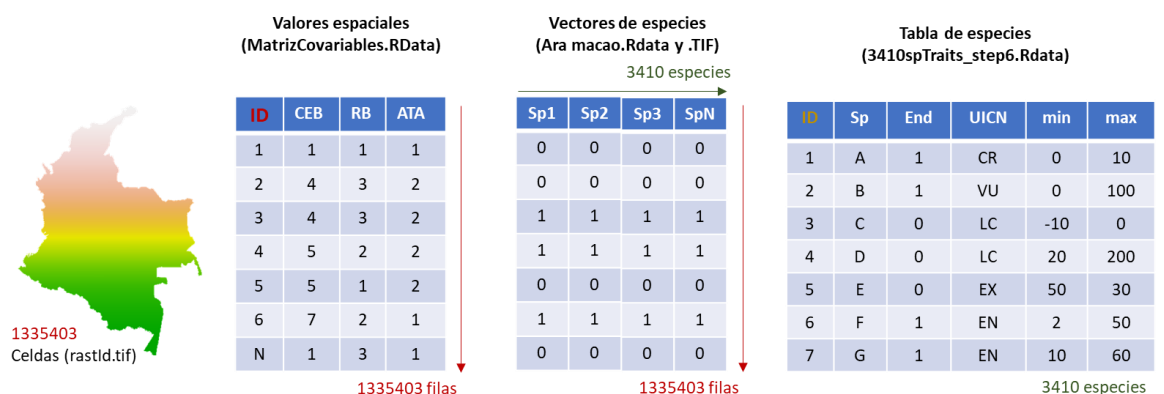
Para estas agregaciones de pixeles se contaron la cantidad de especies bajo la combinación de los dos filtros mencionados anteriormente; tipo de índice y grupo de especies. Adicionalmente se usaron para esta unión de capas la información proveniente de las NCS y otras, que además fueron agregadas a 1 km de tamaño de pixel y se les asignó a cada celda la moda del conjunto de datos iniciales. Las rutas y capas analizadas fueron:

- Región natural de Colombia: Amazonia (1), Andes (2), Caribe (3), Orinoquia (4) y Pacífico (5)
- Conservación / deforestación evitada, para valores anuales (anu) y acumulados (acm). Abreviación: ceb.
- Restauración de bosques, para valores anuales (anu) y acumulados (acm). Abreviación: ceb.
- Árboles en tierras agropecuarias, para valores anuales (anu) y acumulados (acm). Abreviación: ata.



**Figura 1. Insumos de las rutas NCS. De izquierda a derecha: Regiones de Colombia, Carbono en zonas de deforestación evitada, Carbono en zonas de restauración, Carbono en zonas de árboles en tierras agropecuarias**

Al contar con las rutas NCS, los mapas de las especies y la tabla de atributos de las mismas, se integraron en tres estructuras de datos mostrados en la siguiente figura, donde la información espacial fue convertida en formatos \*.RData del programa R, solamente en los píxeles con información en Colombia, con el fin de ahorrar espacio de almacenamiento por la compresión de los datos y no incluir píxeles fuera del territorio continental del país.



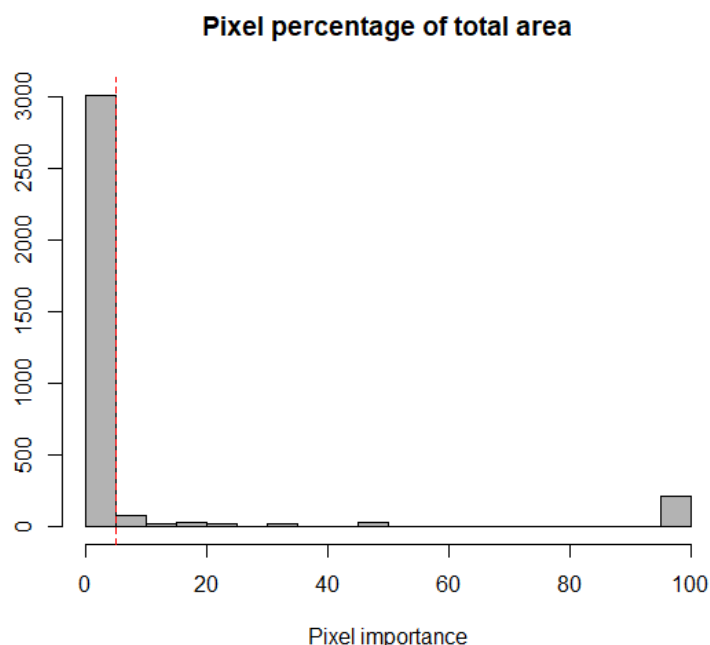
**Figura 2. Estructura de datos generada para la integración de información espacial y no espacial-**

## 6 Resultados

Un total de 3410 especies con información cartográfica fueron analizadas para este estudio. De estos, se encontraron 1514 aves, 751 anfibios, 404 mamíferos, 293 reptiles y 448 peces. 377 pertenecen a alguna categoría de amenaza (CR, EN, VU), 253 fueron categorizadas como endémicas y 589 se identificaron como amenazadas o endémicas. 251 tuvieron un valor de índice de importancia de píxel mayor al 5% (aquellas especies que cada píxel representen 5% o más de su distribución total). Estas cifras responden no solamente a la riqueza de especies en el área de

estudio, sino también a la disponibilidad de especies en los repositorios consultados. En los anexos se relaciona la tabla mencionada en diferentes formatos digitales.

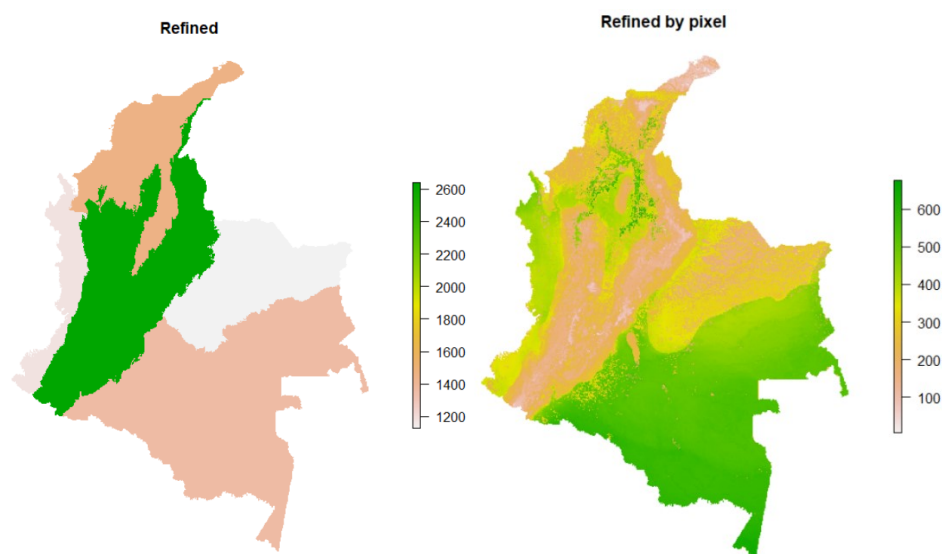
La estimación de la importancia de pixel mostró que el umbral de 5 fue la cifra que mejor separó dos conjuntos de especies: aquellas que cuentan con menos de 20 pixeles de 1 km en su distribución y las que cuenta con más. Las que tiene menos de 20 pixeles, y en consecuencia el índice era 5 o mayor, fueron entendidas como especies de rango limitado, y sumaron 404 taxones.



**Figura 3. Distribución de valores de importancia de pixel. La línea roja señala el umbral utilizado para separar las especies definidas como de rango restringido: 5 (menos de 20 pixeles en su distribución).**

Se calcularon un conjunto de cuatro subíndices espacialmente explícitos para cada uno de los grupos taxonómicos (ind0: todas las especies, ind1: amenazadas, ind2: endémicas, ind3: amenazadas o endémicas, ind4: distribución geográfica restringida). En general, los patrones muestran una riqueza mayor en los análisis pixel a pixel sobre zonas de tierras bajas, y bajos valores en la zona de los Andes. Este patrón se repite para cada uno de los grupos y subíndices aplicados, con variaciones en la magnitud de especies presentes en cada pixel que resultan de la combinación de número de especies por grupos taxonómicos y criterios de selección (endémicas, amenazadas, etc.).

Los patrones espaciales pueden ser beneficiados en su entendimiento cuando se apliquen análisis de agregación espacial. Muestra de ello es la comparación los dos mapas de riqueza total de especies mostradas a continuación, que usan los mismos insumos, y que se generaron a nivel de pixel y a nivel de región, respectivamente. Esto evidencia que la estimación en riqueza puede estar afectada por el tipo de escala y agregación espacial, pues en este caso se muestran agregaciones al nivel más extenso (regiones naturales) y más pequeño (pixel) y hay un patrón inverso en sus magnitudes.



**Figura 4. Comparación de mapa total de riqueza para todos los grupos usando un enfoque de región (izquierda) y pixel a pixel (derecha)**

De este modo, se estimaron cerca de diez mil (10902) cifras diferentes en las combinaciones resultantes de grupos taxonómicos, subíndices de riquezas, y regionalizaciones combinadas. Las gráficas de los mapas índices a nivel de pixel para diferentes grupos taxonómicos se encuentran en la sección de anexos. Los resultados mostraron una relación semejante con los valores de carbono en las diferentes rutas al compararse pixel a pixel entre los mapas de riqueza pixel a pixel y de agregación regional. Las siguientes figuras muestran el patrón correspondiente a ambos tipos de mapas de riqueza versus los valores de carbono. Nótese que, si bien la gráfica no es la misma, los patrones de ubicación de los puntos son semejantes en distribución a lo largo de los ejes y colores.

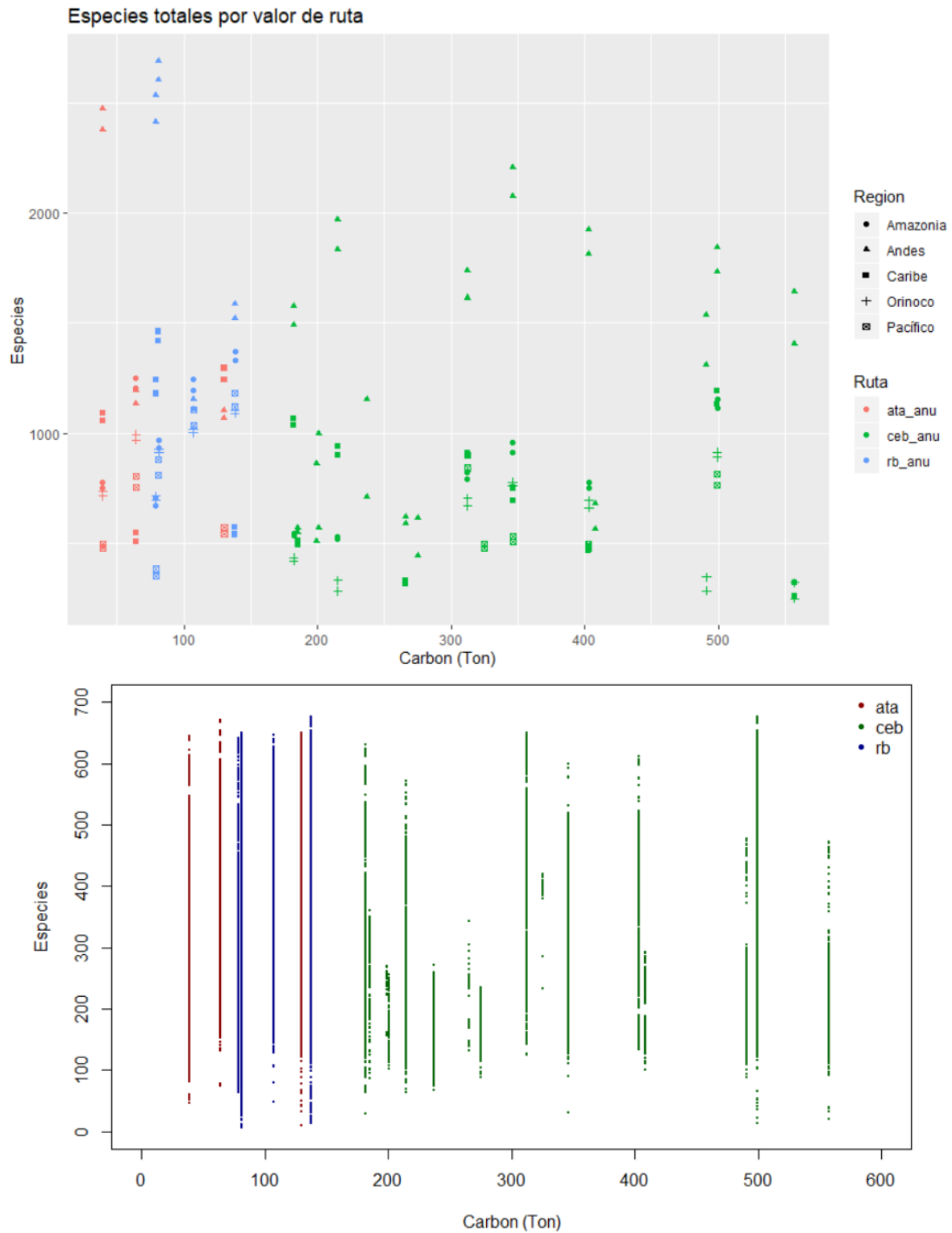


Figura 5. Comparación de los valores de carbono (eje x) y número de especies (eje y) para el índice total de especies, cuando agrupaciones de píxeles (Arriba) y valores píxel a píxel (abajo)



**Tabla 1. Valores de cobeneficios en biodiversidad usando el índice de todas las especies, discriminada por grupo taxonómico y agregados por región natural de Colombia**

Región	Grupo taxonómico				
	ALL	AMPHIBIA	AVES	MAMMALIA	REPTILIA
Amazonas	3821	997	1212	382	311
Andes	7546	1912	2632	761	560
Caribe	4008	934	1583	361	303
Orinoco	3168	859	1027	327	259
Pacífico	3386	864	1071	343	285

## 7 Análisis de los resultados

La distribución de los patrones de riqueza versus los cobeneficios en carbono de las rutas tiene valores diversos en el diagrama de dispersión. Esto quiere decir que se presenta una correlación baja entre ambas variables, a pesar de que cada una de estas tiene varianza independiente. En este sentido, se pueden encontrar sitios con alta riqueza y alto carbono, y así para las diferentes combinaciones. En este punto se pueden traer a discusión casos en los que exista alta riqueza y alto carbono, desagregado por cada ruta, pero también sitios de alto carbono y pocas especies. Si bien este tipo de conclusiones pueden ser poco contundentes para analizar los cobeneficios, la variabilidad de los resultados puede ser usado de forma combinada en ambas variables in necesidad de correlacionarlas. Ejemplos de esta afirmación puede ser expresiones soportadas en las cifras de la tabla anexa de la forma “los sitios con un valor de carbono particular en alguna de las rutas tienen más de algún valor de especies de cierta características”. Uno de los casos es (fila 2479): Los sitios de la ruta de conservación en la región andina con 2583 Ton de carbono acumulado en 10 años tienen 134 especies endémicas de todos los grupos taxonómicos usando mapas no refinados”. De esta forma, no se indica la magnitud ni tipo de asociación cuantitativa entre ambos conjuntos de datos, pero señala un cobeneficio para el sitio o grupo taxonómico de interés.

Al analizar los diagramas de dispersión presentados anteriormente, se evidencia que la distribución de los datos de diversidad (eje Y) tiene datos a lo largo del eje para todas las rutas, aunque el eje X tenga ordenado de manera clara las rutas en términos de carbono (menor: ata, medio: rb, mayor: ceb). Esto implica que la combinación de ambas variables tiene los 4 casos extremos posibles: alta riqueza - alto carbono, alta riqueza - bajo carbono, baja riqueza - alto carbono, baja riqueza - bajo carbono. En todo caso, hay dos patrones evidentes: la ruta de conservación tiene más carbono (color verde), la ruta de árboles tiene menos carbono (color rojo), la región andina tiene más especies (triángulos en el diagrama de dispersión presentado) y la región Orinoquía menos especies (cruces). Dependiendo de la combinación espacial y de especies, se tiene que los índices pueden variar drásticamente, por lo que se recomienda una comparación bajo los mismos criterios expuestos en los anexos (*Listado de criterios de desagregación del análisis presente en la tabla de cobeneficios*).

## 8 Literatura citada

Allen, M. R., Dube, O. P., Solecki, W., Aragon-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., & Zickfeld, K. (2018). Framing and Context "in Global Warming of 1.5 C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Almond, R. E. A., Grooten, M., & Peterson, T. (2020). Living Planet Report 2020-Bending the curve of biodiversity loss. WWF, Gland, Switzerland.

Busch, J., Engelmann, J., 2018. Cost-effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016–2050. *Environmental Research Letters*, 13, 1–10.

Field, C. B., & Mach, K. J. (2017). Rightsizing carbon dioxide removal. *Science*, 356(6339), 706-707.

Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., ... & Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>

IPCC, 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (eds Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K), Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan, pp. 679.

Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature News*, 536(7615), 143.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). COP 21 Climate agreement (UNFCCC, Paris) Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>. Visitado el 09 de enero, 2021.

Smith, P., Davis, S. J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., ... & Yongsung, C. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO<sub>2</sub> emissions. *Nature climate change*, 6(1), 42-50.

## 9 Anexo

### Listado de productos derivados de la consultoría:

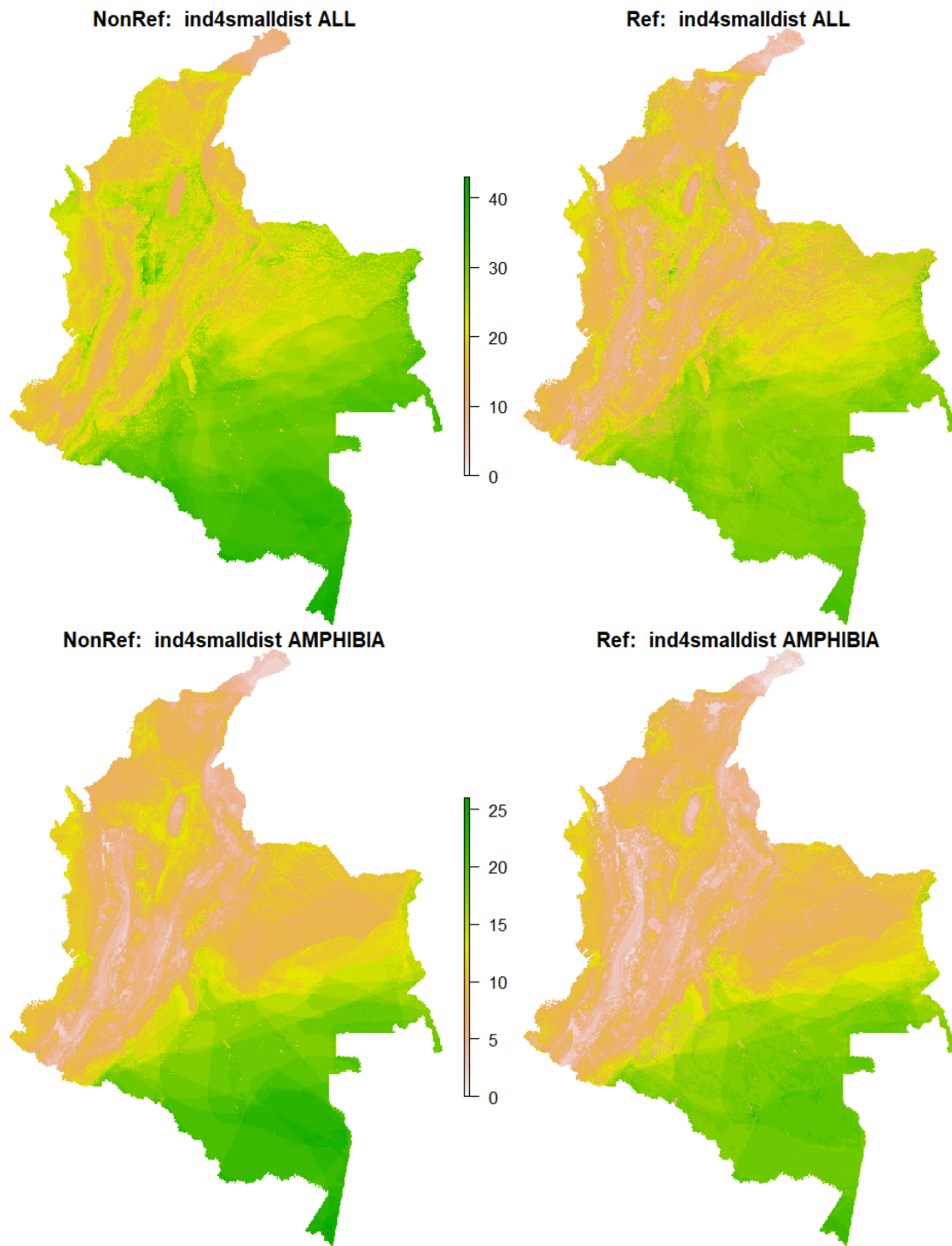
- A) Plan de trabajo y presentaciones del proyecto
- B) Base de datos en tablas de especies presentes en Colombia con datos de hábitat y alturas
- C) Base de datos en tablas en formato Darwin Core de especies que responden favorablemente a sistemas silvopastoriles
- D) Informe de respuestas de la biodiversidad a sistemas silvopastoriles
- E) Mapas refinados de especies, y tablas en formato R con distribución original y refinada; mapas de respuestas de biodiversidad a las rutas
- F) Tablas de valores de cobeneficios en biodiversidad a las rutas de soluciones naturales
- G) Informe de resumen del análisis de respuesta de las especies a rutas de soluciones naturales

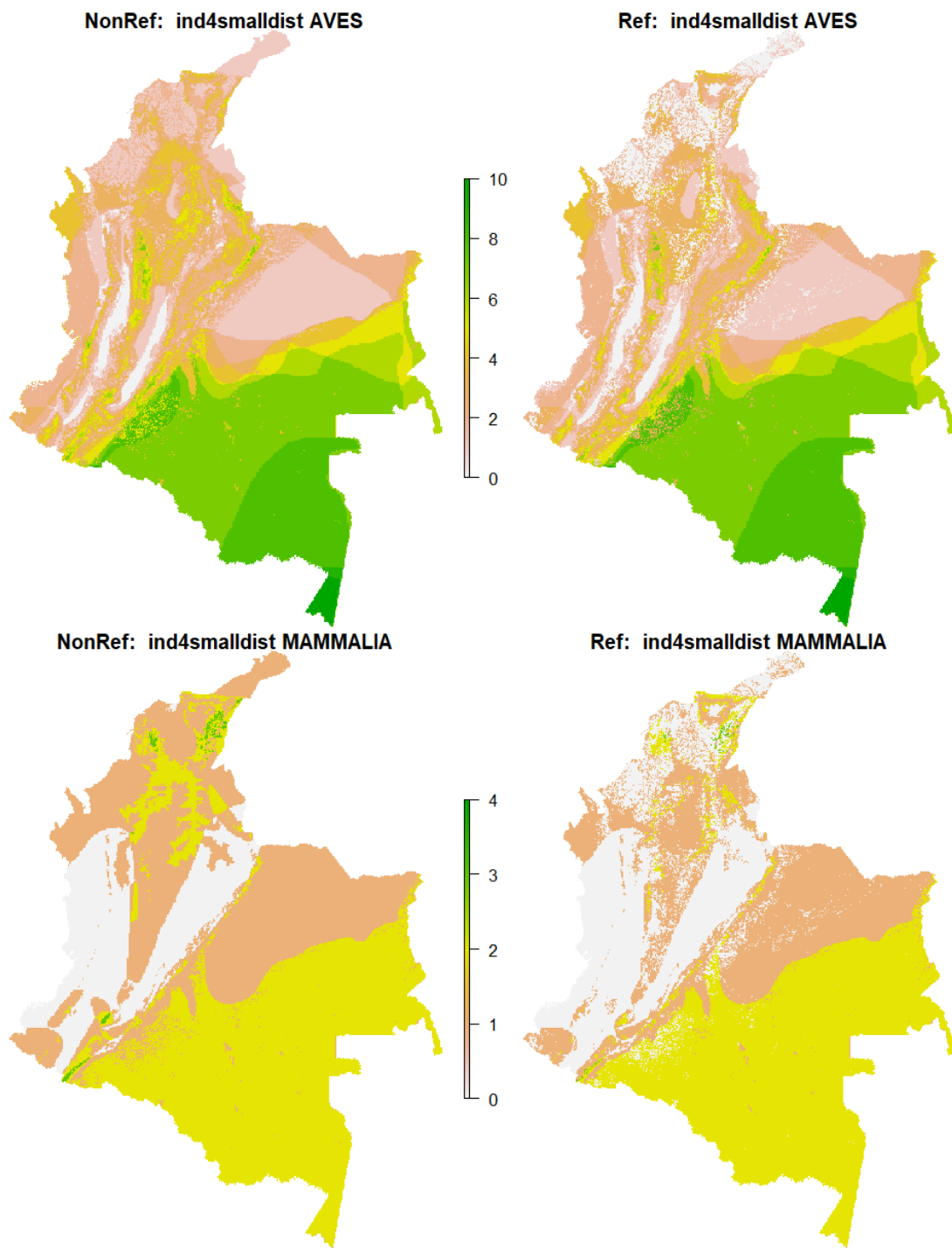
### Listado de criterios de desagregación del análisis presente en la tabla de cobeneficios:

- Tipo de insumo de datos de especies (spGroup):
  - o Refinados por hábitat y elevación
  - o No refinados
- Grupos taxonómicos (Group):
  - o Todas. Abreviación: ALL
  - o Aves. Abreviación: AVES
  - o Anfibios. Abreviación: AMPHIBIA
  - o Mamíferos. Abreviación: MAMMALIA
  - o Reptiles. Abreviación: REPTILIA.
- Índice de biodiversidad (Index):
  - o Riqueza total: incluye todas las especies. Abreviación: Ind0.
  - o Especies amenazadas: Aquellas que según la UICN tuvieran las categorías “críticamente amenazadas” (CR), “amenazadas” (EN) y “vulnerable” (VU). Abreviación: Ind1.
  - o Especies endémicas. Abreviación: Ind2.
  - o Especies endémicas y amenazadas. Abreviación: Ind3.
  - o Especies con rango de distribución limitado (más detalle a continuación). Abreviación: Ind4.
- Región natural de Colombia (Region):
  - o Amazonia (1)
  - o Andes (2)
  - o Caribe (3)
  - o Orinoquia (4)
  - o Pacífico (5)
- Ruta NCS (Route):
  - o Conservación / deforestación evitada, para valores anuales (anu) como acumulados para 10 años (acm). Abreviación: ceb.

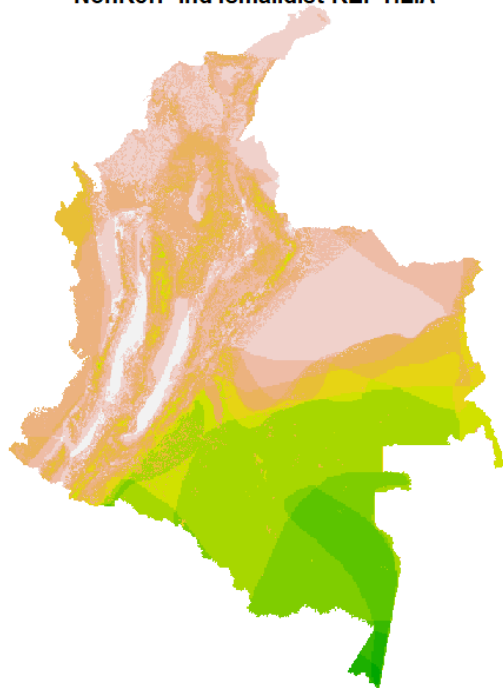
- Restauración de bosques, para valores anuales (anu) como acumulados para 10 años (acm). Abreviación: rb.
- Árboles en tierras agropecuarias, para valores anuales (anu) como acumulados para 10 años (acm). Abreviación: ata.
- Tipo de agregación espacial (Metric):
  - Regiones: Cinco regiones: Caribe y valle del Magdalena, Pacífico, Andes, Llanos, Amazonas. Abreviación: Region.
  - Rutas de soluciones: Deforestación evitada, restauración, árboles en tierras abiertas. Las tres rutas tienen dos capas: valor anual y valor acumulado en 10 años. Abreviación: Routes.
  - Rutas por región: Cuarenta y seis combinaciones entre regiones y rutas. Abreviación: RoutesByReg.
  - Valores de ruta: Treinta valores únicos de las diferentes rutas. Abreviación: RoutesVals.
  - Valores de ruta por región: Ciento cincuenta combinaciones entre región y valores de ruta. Abreviación: RoutesValByReg.

**Mapas comparativos entre índices derivados de distribuciones de especies refinadas y no refinadas:**

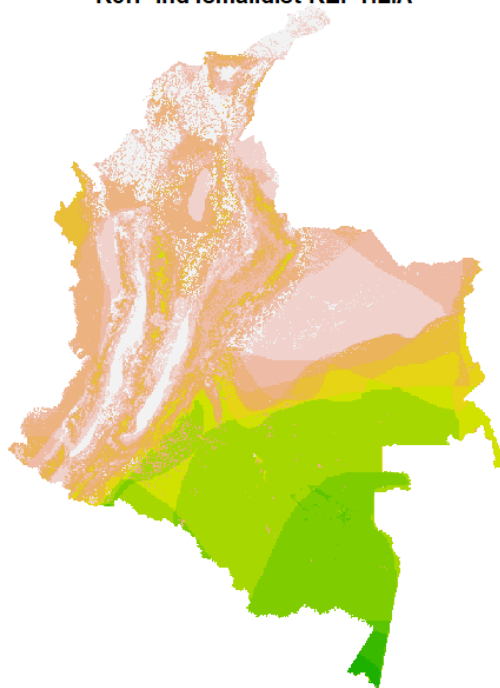




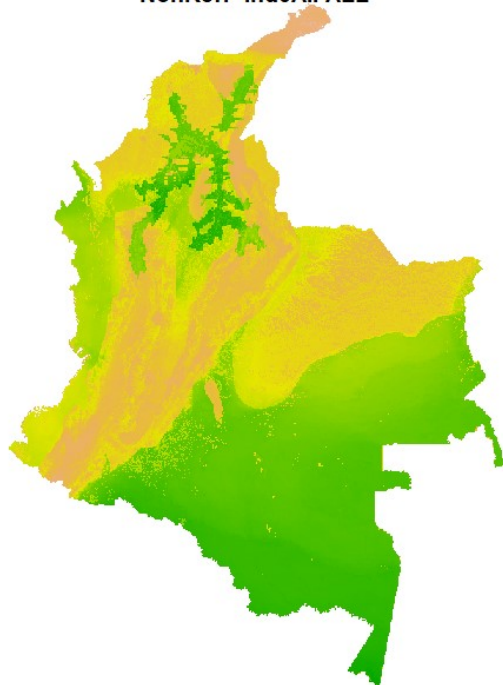
NonRef: ind4smalldist REPTILIA



Ref: ind4smalldist REPTILIA



NonRef: ind0All ALL



Ref: ind0All ALL

