

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 21-095 (264 de 2021 ANH) ENTRE LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT - INSTITUTO HUMBOLDT

Producto 3. Informe con los resultados del evento de muestreo de aguas altas-medias de: plantas, mamíferos, anfibios, reptiles, aves, colémbolos, himenópteros terrestres, lepidópteros diurnos, coleópteros escarabeidos y melolóntidos, e insectos estridulantes, microorganismos, ictiofauna, macrófitas, macroinvertebrados, perifiton, fitoplancton y zooplancton en el área denominada Guane-Kalypso y Platero.



Marzo de 2022

TABLA DE CONTENIDO

1	42			53
	73.1			113.2
	143.3			174
	205			266
	¡Error! Marcador no definido.7		¡Error! Marcador no definido.7.1	
	317.1.1			Collembola
	23			
7.1.2	Hormigas			23
7.1.3	Escarabajos coprófagos			23
7.1.4	Larvas de Melolonthidos			24
7.1.5	Mariposas			24
7.2	337.3	¡Error! Marcador no definido.7.4	¡Error! Marcador no definido.7.5	¡Error!
	Marcador no definido.8	36		

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL IAVH, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.	8
FIGURA 2. MAPA DE LAS UNIDADES BIÓTICAS PRESENTES EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.	9
FIGURA 3. CAMBIO DEL ÍNDICE DE HUELLA ESPACIAL HUMANA ENTRE 1970 - 2018 EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.	10
FIGURA 4. MAPA DEL ÍNDICE DE HUELLA ESPACIAL HUMANA ENTRE 1970 - 2018 EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.	10
FIGURA 5. POLÍGONO Y ÁREA DE TRABAJO DEFINIDOS POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPI	11
FIGURA 6. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA KALÉ.	11
FIGURA 7. ZONA KALÉ DEFINIDA POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPI	12
FIGURA 8. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA PLATERO.	13
FIGURA 9. ZONA DE ESTUDIO PLATERO.	14
FIGURA 10. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA DE CARACTERIZACIÓN.	15
FIGURA 11. ZONA DE ESTUDIO CARACTERIZACIÓN.	16
FIGURA 12. DISEÑO DEL MUESTREO IMPLEMENTADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII.	17
FIGURA 13. LLUVIA PROMEDIO MENSUAL EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE BARRANCABERMEJA ENTRE LOS AÑOS 1981 Y 2010.	18
FIGURA 14. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MES DE JULIO DE 2021 E ÍNDICE DE LA PRECIPITACIÓN DEL MES DE JULIO	18

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ÁREA POR MUNICIPIO INCLUIDA EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.	8
TABLA 2. ÁREA POR MUNICIPIO INCLUIDA EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.	8
TABLA 3. COBERTURAS DE LA TIERRA MÁS REPRESENTATIVAS, PRESENTES EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.	10
TABLA 4. COBERTURAS DE LA TIERRA QUE SE ENCUENTRAN EN LA ZONA KALÉ.	13
TABLA 5. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA PLATERO.	15
TABLA 6. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA CARACTERIZACIÓN.	17
TABLA 7. VARIABLES AMBIENTALES INCLUIDAS EN LOS ANÁLISIS	22

1 Contexto

El decreto 328 de 2020 “Por el cual se fijan lineamientos para adelantar Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII sobre Yacimientos No Convencionales - YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH, y se dictan otras disposiciones” estableció que en el marco de estos proyectos piloto se debería generar una Línea Base General, realizada por diferentes entidades estatales y una Línea Base Local, realizada por los Contratistas de los PPII, en el marco del licenciamiento ambiental. Este requerimiento surge de las recomendaciones realizadas por el Comité de Expertos consultado por el Gobierno Nacional, el cual concluyó que se debía construir una línea base en aspectos sociales, ambientales y económicos del área de influencia del PPII.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Decreto 328 establece que la Línea Base General, definida como las condiciones iniciales ambientales, sociales, económicas y de salud, previas a las intervenciones que se originen de los PPII, permitirá medir los posibles impactos de las actividades relacionadas con los PPII y estará conformada por cuatro componentes:

1. Línea Base de Sismicidad, a cargo del Instituto Geológico Colombiano.
2. Línea Base de Salud, a cargo de la Secretaría Municipal de Salud según los lineamientos del Ministerio de Salud y Protección Social
3. Línea Base Social, a cargo del Ministerio del Interior en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional Hidrocarburos.
4. Línea Base Ambiental.
 - A. Línea Base de Aguas Superficiales, a cargo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
 - B. Línea Base de Aguas Subterráneas, a cargo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales con base en la información hidrogeológica que suministre el Geológico Colombiano.
 - C. Línea Base de Ecosistemas y Biodiversidad, a cargo del Instituto Alexander von Humboldt y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Finalmente, el Decreto 328 establece que son estas mismas instituciones quienes deberán definir las variables a monitorear durante la etapa concomitante, estableciendo la forma y periodicidad para su monitoreo.

En respuesta a lo anterior, el Instituto Alexander von Humboldt presenta en este documento la información obtenida durante la caracterización de la biodiversidad presente en un polígono de 178.950 ha definido por el Instituto, durante la temporada de aguas altas, como insumo para el levantamiento de la Línea Base General de Ecosistemas y Biodiversidad. La necesidad de esta caracterización parte de la premisa de que conocer la biodiversidad de un territorio es requisito fundamental para su adecuada planeación y gestión y es el primer paso para proponer indicadores que permitan evaluar los potenciales impactos sobre la biodiversidad producto de los PPII.

Esta caracterización responde igualmente a lo expuesto en el documento generado por la Comisión de Expertos, en el apartado de Ecosistemas y Biodiversidad, donde se establece que el estado del conocimiento de los ecosistemas y la biodiversidad presente en los alrededores del área del Magdalena Medio es deficiente, pero resalta que el área del Magdalena Medio es una de las más biodiversas del territorio colombiano. En este documento se establece igualmente que los ecosistemas presentes en el Valle del Magdalena han sufrido una alta concentración de impactos históricos y se establece que los hidrocarburos son una de las principales amenazas tanto para las áreas originales como para las áreas remanentes de estos ecosistemas (Andradre et al. 2019).

2 ÁREA DE ESTUDIO

Para la caracterización de la biodiversidad se delimitó un polígono de 178.958 ha (FIGURA 1) entre los 25 y los 216 msnm, valores obtenidos a partir del modelo digital de elevación descargado del servicio geológico de los estados unidos (USGS), en los departamentos de Santander (municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja y Sabana de Torres), Bolívar (municipios de Cantagallo y San Pablo) y Antioquia (municipio de Yondó; TABLA 1). Esta área de estudio se estableció con el fin de tener un contexto espacial amplio, que incluyera áreas aguas arriba y aguas abajo de las zonas donde se realizarán los PPII Kalé y Platero y que incluyera áreas con diferentes niveles de transformación.

TABLA 1. ÁREA POR MUNICIPIO INCLUIDA EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.

Departamento	Municipio	Área (Ha)	Área (%)
Bolívar	Cantagallo	19.996	11,17%
Santander	Puerto Wilches	85.866	47,98%
	Sabana de Torres	15.080	8,43%
	Barrancabermeja	20.192	11,28%
Antioquia	Yondó	19.291	10,78%
Bolívar	San Pablo	18.530	10,35%
Total		178.958	100%

Esta área incluye los biomas Zonobioma húmedo tropical (40,5%) y el Helobioma (39,3%) de la unidad biogeográfica del Magdalena Medio y Depresión Momposina (TABLA 2, FIGURA 2).

TABLA 2. ÁREA POR MUNICIPIO INCLUIDA EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.

Bioma IAvH	Área (Ha)	Área (%)
Zonobioma Húmedo Tropical Magdalena Medio y Depresión Momposina	72.510	40,52
Helobioma Magdalena Medio y Depresión Momposina	70.297	39,28
Hidrobioma Magdalena Medio y Depresión Momposina	32.977	18,43
Peinobioma Magdalena Medio y Depresión Momposina	2.856	1,60
Zonobioma Húmedo Tropical Nechí-San Lucas	312	0,17
Hidrobioma Nechí-San Lucas	1	0,00

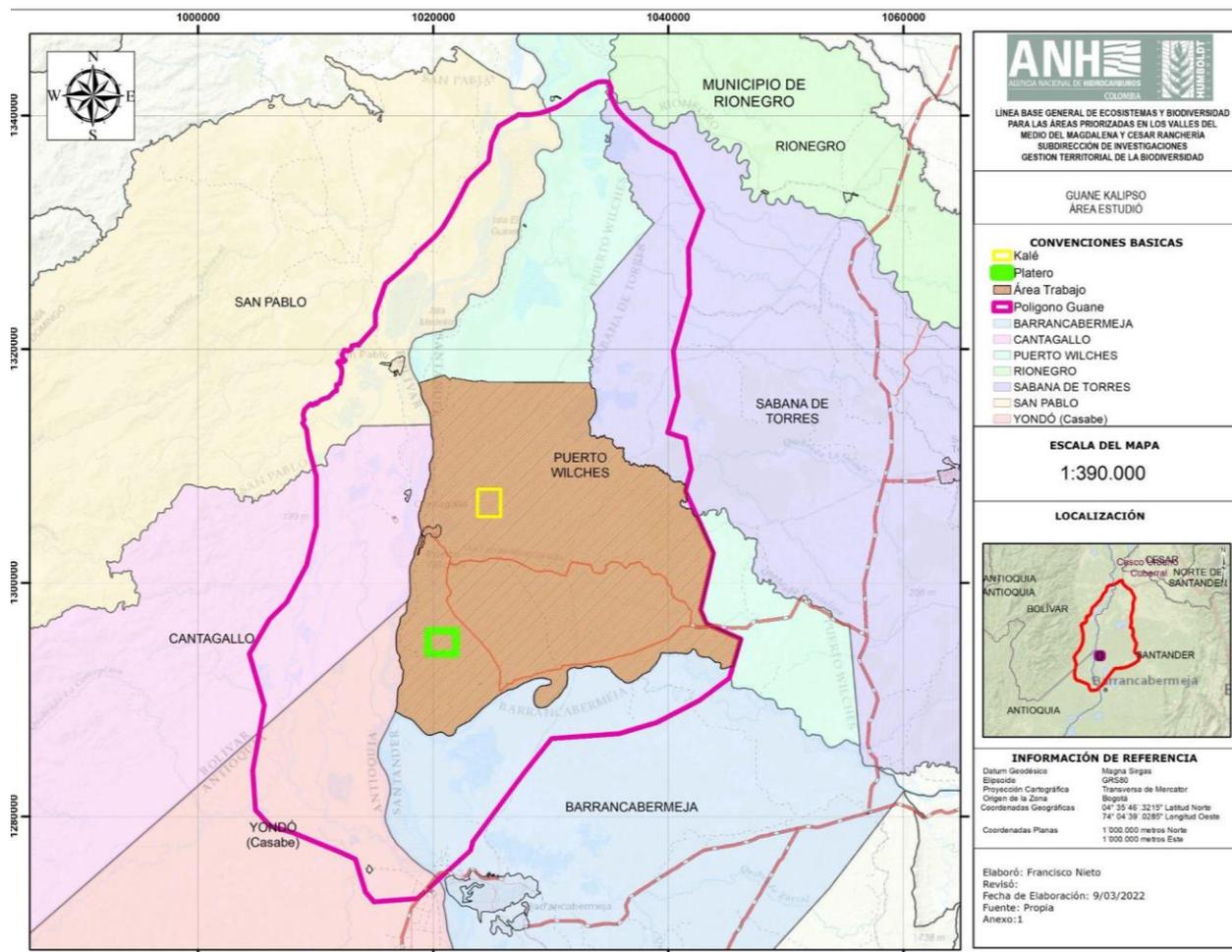


FIGURA 1. POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL IAVH, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.

A partir de imágenes satelitales de 2020 se identificaron 42 coberturas de la tierra (según metodología Corine Land Cover, escala 1:10.000) entre las que sobresalen los cultivos de palma con el 21,5% del área del proyecto, seguida por las áreas de herbazal denso inundable no arbolado asociado a las zonas de ciénaga con el 11,6% y los pastos limpios con el 10,8% (TABLA 3).

Según los valores del Índice de Huella Espacial Humana (IHEH) durante los años 1970-2015 se observó una reducción de los remanentes de áreas naturales de la zona, así como un incremento de las áreas con IHEH alto y medio en este mismo período de tiempo. Es decir, tanto las áreas naturales transformadas como aquellas que tenían un IHEH bajo pasaron a tener valores de transformación medio y alto. De la misma forma, entre 2015-2018 las áreas con un IHEH medio fueron reemplazadas por áreas con IHEH alto (FIGURA 3, FIGURA 4).

TABLA 3. COBERTURAS DE LA TIERRA MÁS REPRESENTATIVAS, PRESENTES EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.

Coberturas de la tierra	Área (ha)	Área (%)
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	41.634	23,26
Palma de aceite	38.542	21,54
Superficies de agua	33.766	18,87
Pastos	29.065	16,24
Bosque abierto	17.875	9,98
Bosque denso	10.554	5,90
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.286	1,84
Territorios artificializados	2.543	1,42
Cultivos (sin incluir Palma de aceite)	1.669	0,93
Plantación forestal	49,9	0,03

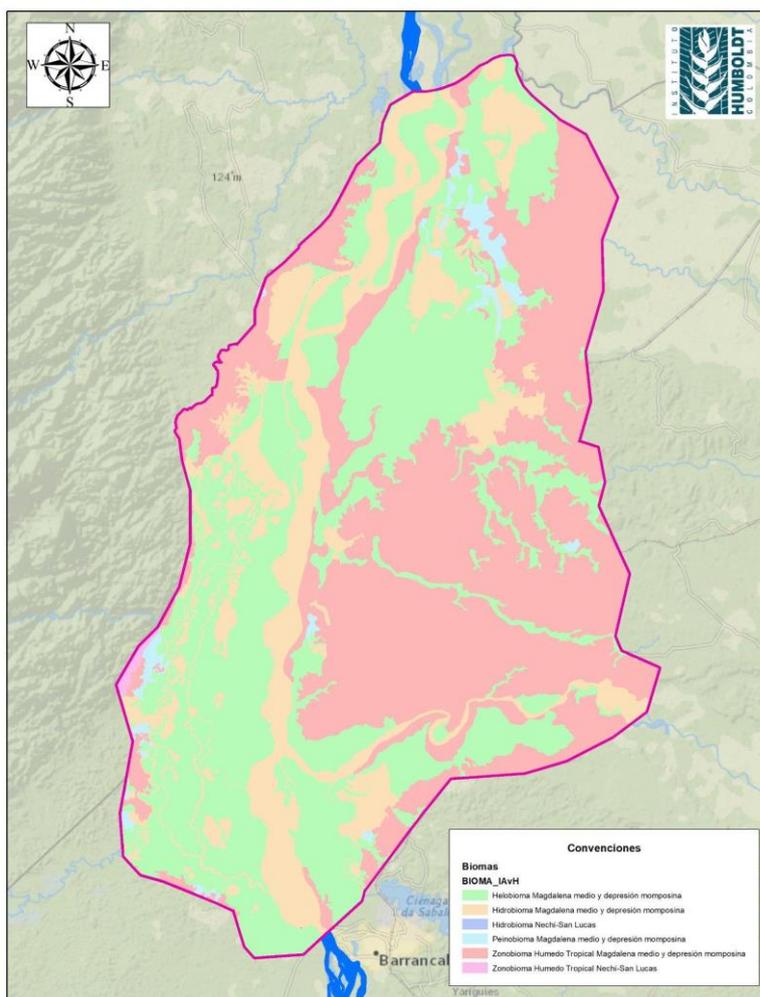


FIGURA 2. MAPA DE LAS UNIDADES BIÓTICAS PRESENTES EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA, DELIMITADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT, PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD.

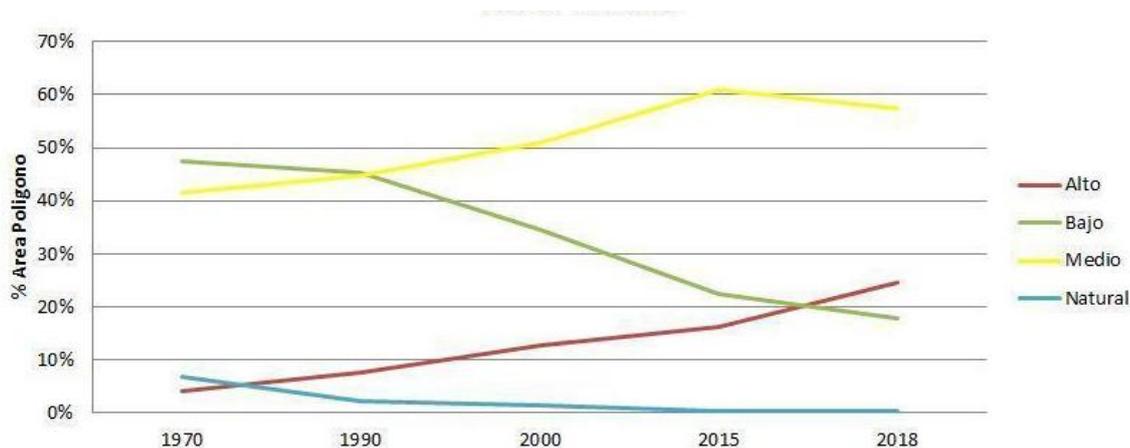


FIGURA 3. CAMBIO DEL ÍNDICE DE HUELLA ESPACIAL HUMANA ENTRE 1970 - 2018 EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.

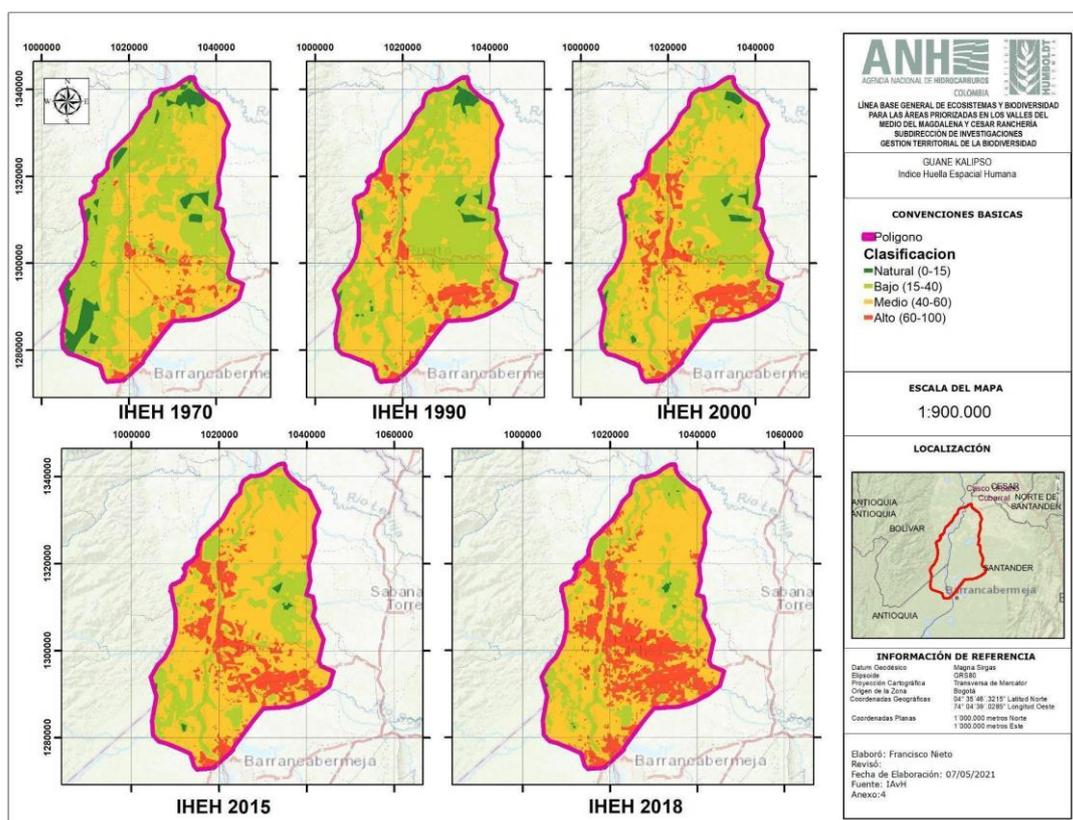


FIGURA 4. MAPA DEL ÍNDICE DE HUELLA ESPACIAL HUMANA ENTRE 1970 - 2018 EN EL POLÍGONO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA.

Dentro del polígono originalmente descrito se seleccionó un área de trabajo de 58.545 Ha entre los 40 y los 157 msnm, valores obtenidos del modelo digital de elevación descargado del servicio geológico de los estados unidos (USGS) donde se concentraron las actividades en campo. Esta área fue dividida en tres zonas: La zona asociada a la plataforma **Kalé**, la zona asociada a la plataforma **Platero** y una zona denominada **Caracterización**, ubicada en la región oriental del polígono, que conserva una mayor proporción de coberturas boscosas (FIGURA 5 Y FIGURA 6). El Río Magdalena y el Río Sogamoso son los principales cuerpos de agua presentes en esta zona.

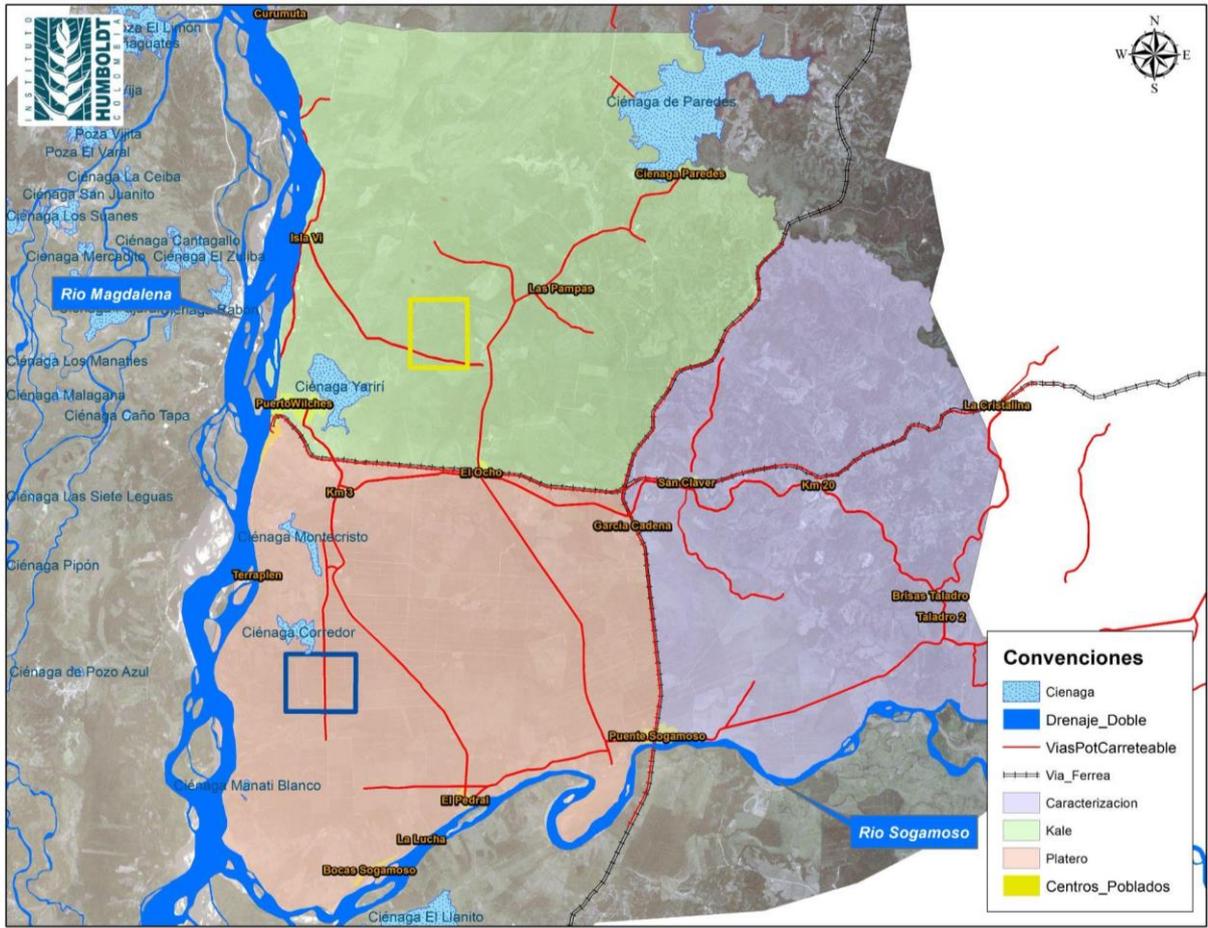


FIGURA 5. POLÍGONO Y ÁREA DE TRABAJO DEFINIDOS POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPI

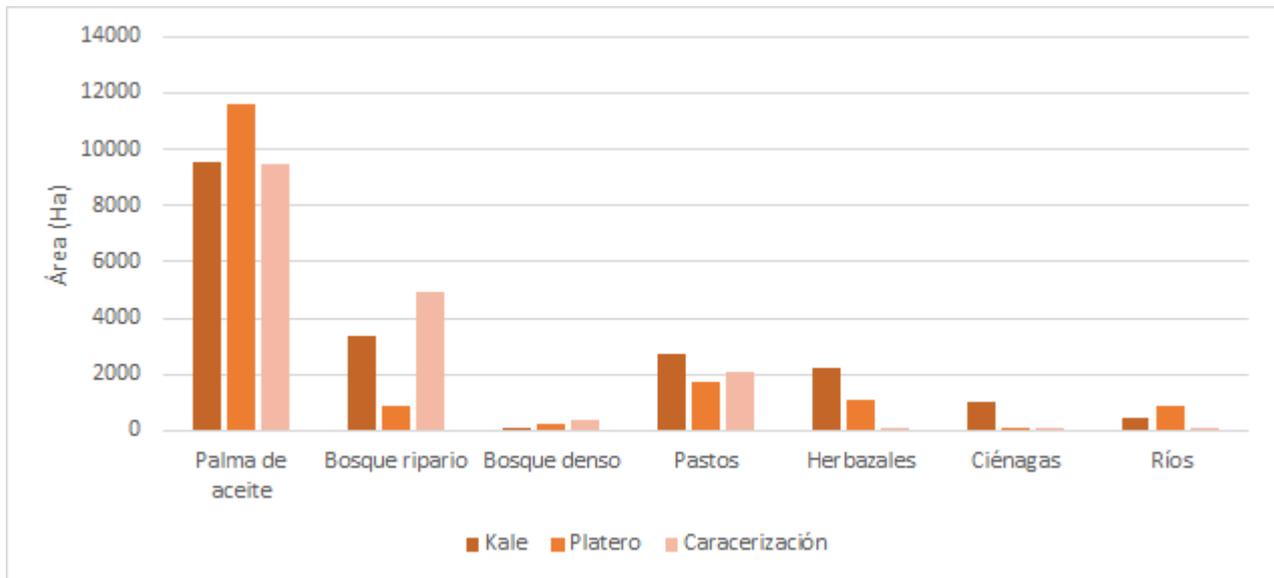


FIGURA 6. ÁREA (Ha) OCUPADA POR LAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETALES PRESENTES EN LAS ZONAS KALÉ, PLATERO Y CARACTERIZACIÓN.

2.1 Kalé

En la zona norte el límite está dado por la Ciénaga de Paredes, al occidente el Río Magdalena, en el sur la vía pavimentada que comunica a Puerto Wilches con Sabana de Torres y al occidente con la vía férrea que conduce desde Puente Sogamoso a la Ciénaga de Paredes (FIGURA 7). En la zona Kale las principales coberturas de la tierra son Cultivo de Palma (43,3%), Bosque Ripario (15,1%) y Pastos (12,4%) que representan el 70,8% del territorio (TABLA 4, FIGURA 8). Los bosques riparios son franjas de bosque con no más de 15 m de ancho que se encuentran inmersos dentro de los cultivos de palma, bordeando cuerpos de agua.

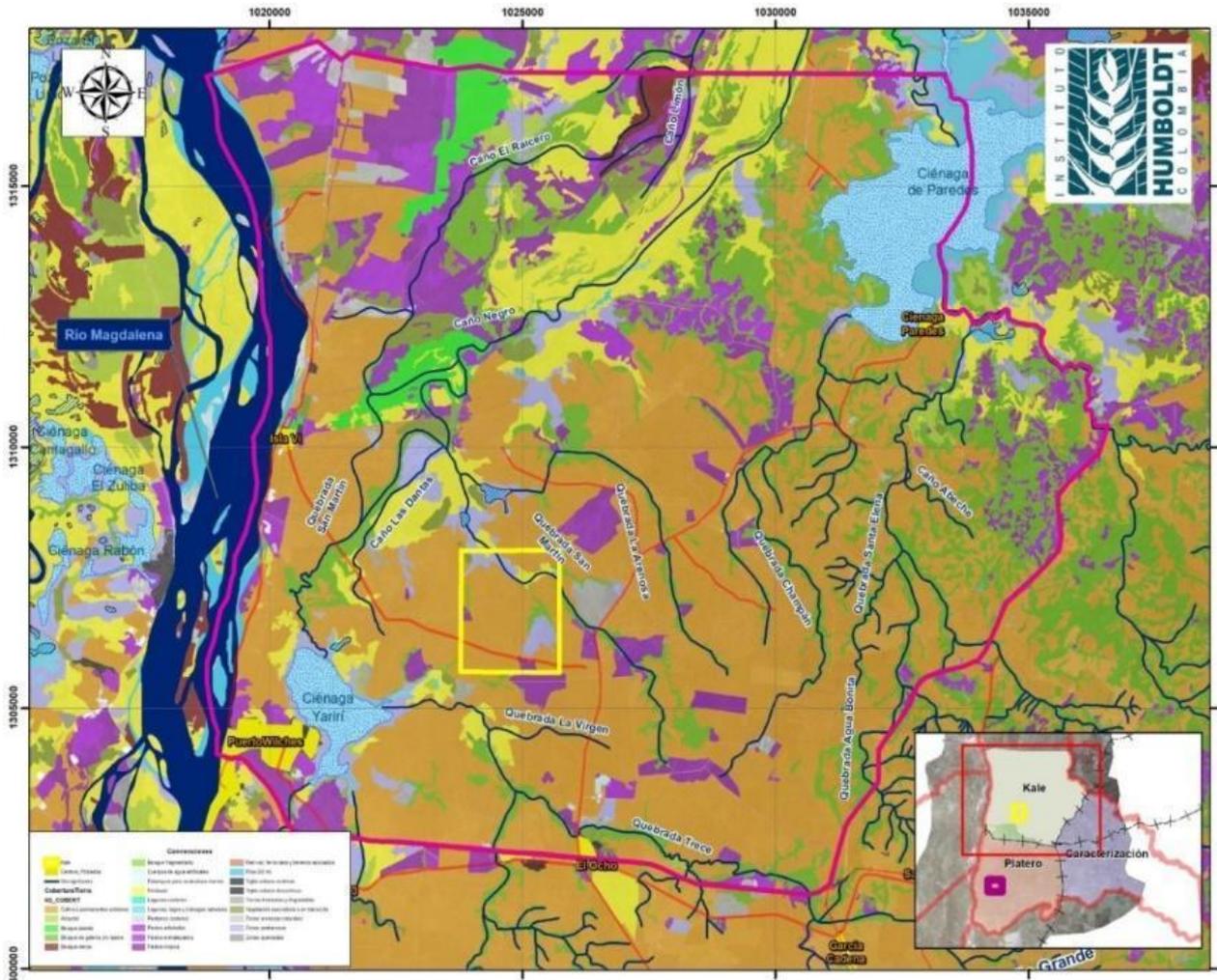


FIGURA 7. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA KALÉ.

TABLA 4. COBERTURAS DE LA TIERRA QUE SE ENCUENTRAN EN LA ZONA KALÉ.

Coberturas de la tierra	Área (ha)	Área (%)
Palma de aceite	9571,4	43,3
Bosque ripario	3345,9	15,2
Pastos	2733,2	12,4
Herbazales	2201	10,0
Ciénagas	1018,1	4,6
Zonas pantanosas	706,1	3,2
Zonas urbanas	503,9	2,3
Vegetación secundaria	488,6	2,2
Bosque abierto	427,3	1,9
Ríos	421	1,9
Cultivos	314,3	1,4
Zonas desnudas	234,7	1,1
Bosque denso	96,9	0,4
Otros cuerpos hídricos	17,2	0,1
Total	22.079,6	100

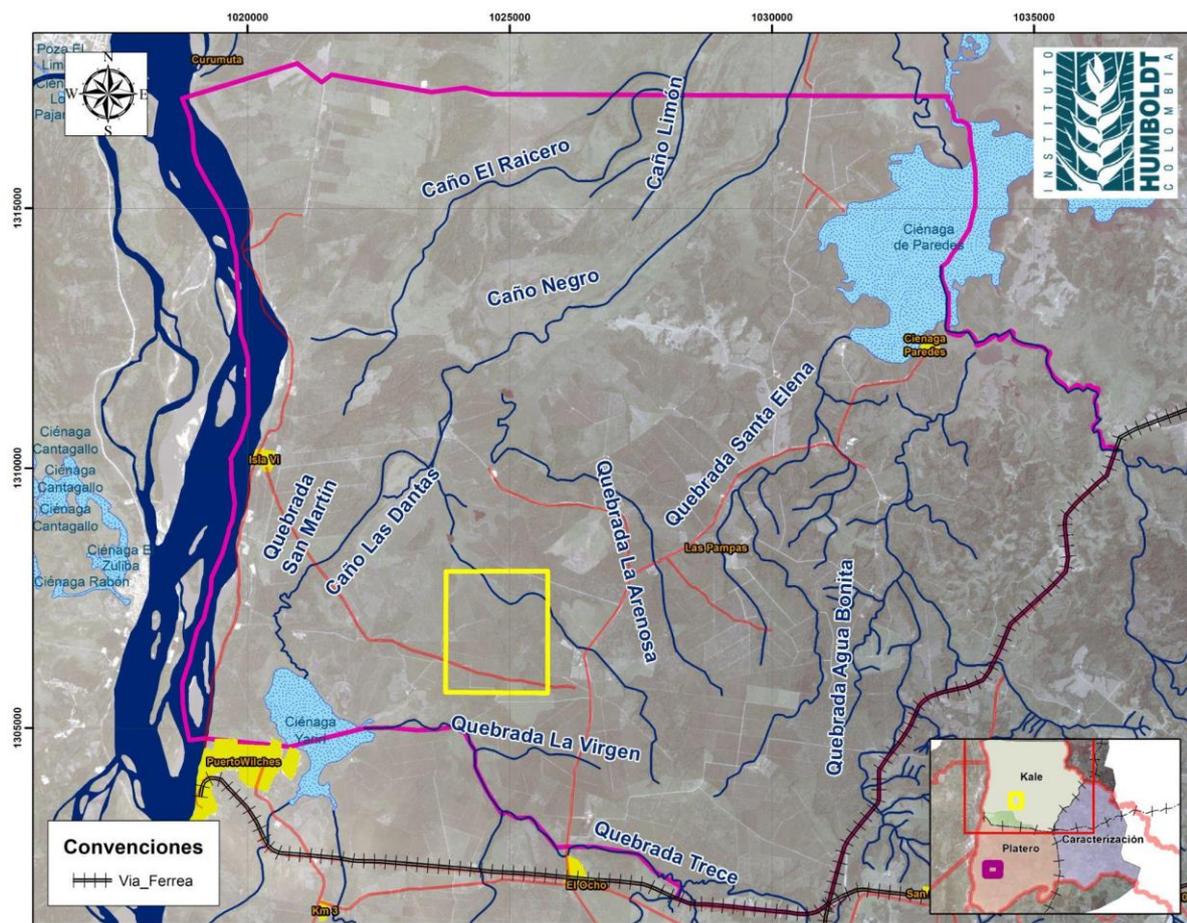


FIGURA 8. ZONA KALÉ DEFINIDA POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPI

Los cuerpos de agua presentes en la zona han sido altamente intervenidos y en algunos se han construido terraplenes para evitar su desbordamiento, lo que ha ocasionado la pérdida de conectividad entre caños y las ciénagas, principalmente en la zona norte. Es común el vertimiento de aguas negras sin ningún tipo de tratamiento, proceso que contribuye a la proliferación de macrófitas acuáticas en cuerpos lénticos, así como a la colmatación (acumulación de sedimento) de estos, además de los cambios que puede ocasionar en la estructura fisicoquímica de las aguas (Roldán y Ramírez, 2008). En la zona se identifican los siguientes cuerpos de agua: Quebrada Agua Bonita, Quebrada la Arenosa, Ciénaga la Poza de los Caimanes, Caño Las Dantas (Caño Negro), Quebrada San Martín (La Zainita), Ciénaga Aguas Negras, Quebrada San Martín, Caño Negro, Caño Raicero.

2.2 Platero

La zona de estudio Platero limita al norte con la vía pavimentada que comunica a Puerto Wilches y Sabana de Torres, en el occidente con el Río Magdalena, en el sur con el Río Sogamoso y en el occidente con la vía férrea que conduce desde Puente Sogamoso a la Ciénaga de Paredes (FIGURA 9). En la zona de Platero predomina la cobertura de Palma representando el 61,7% del territorio, seguido por los Pastos (9%) y Herbazales (5,8%). Se incluyeron unidades de muestreo en coberturas como herbazales y diferentes tipos de bosque presentes en la zona con el propósito de tener una muestra representativa del territorio (FIGURA 10, TABLA 5). Al igual que en el área Kalé los

bosques riparios son franjas de bosque con no más de 15 m de ancho que se encuentran inmersos dentro de los cultivos de palma, bordeando cuerpos de agua.

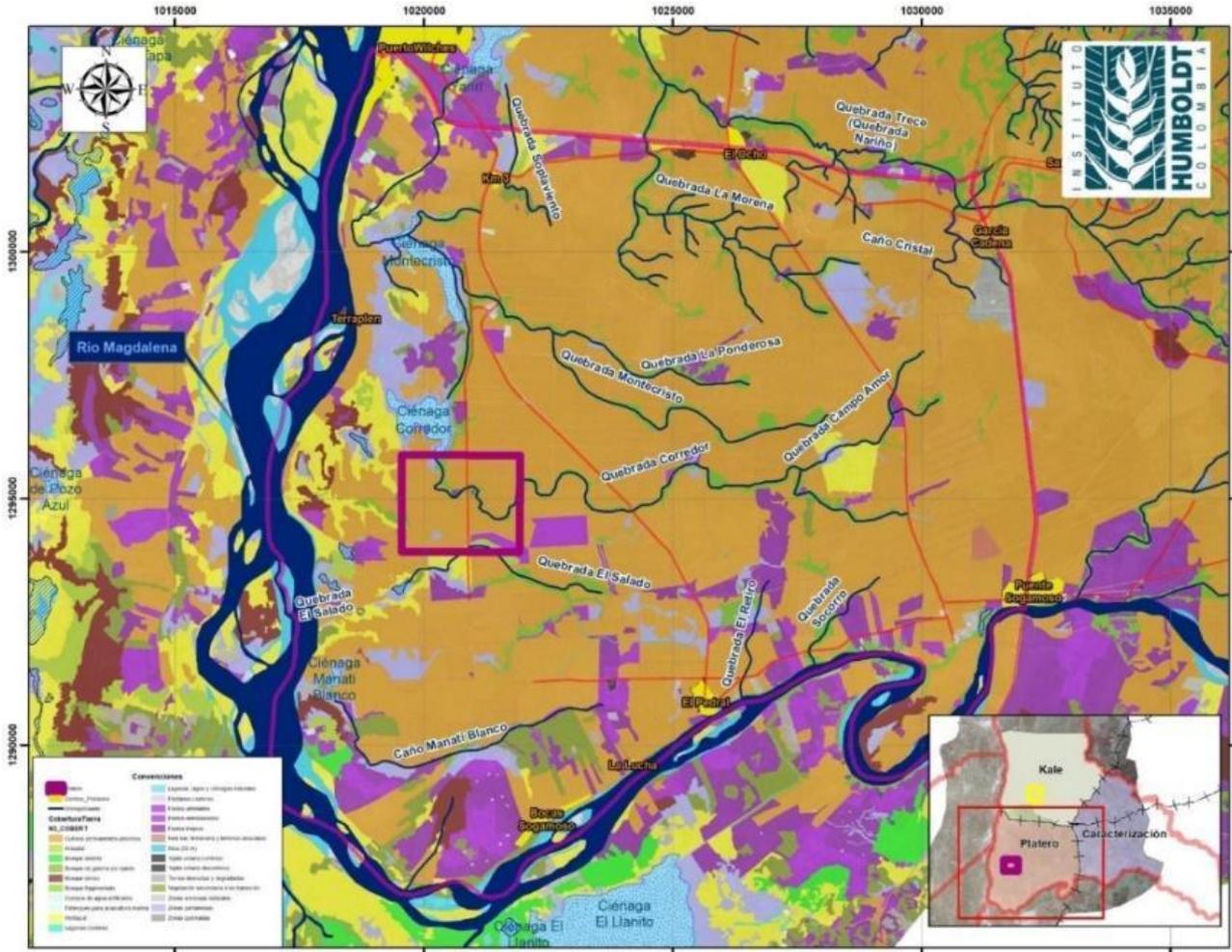


FIGURA 9. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA PLATERO.

En la zona se identifican los siguientes cuerpos de agua: Quebrada Corredor, Ciénaga corredor, Ciénaga Montecristo, Caño Angustias, Ciénaga Yarirí, Caño El Salado y Ciénaga El Salado.

TABLA 5. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA PLATERO.

Coberturas de la tierra	Área (ha)	Área (%)
-------------------------	-----------	----------

Palma de aceite	11605,9	61,8
Bosque ripario	905,5	4,8
Pastos	1716,0	9,1
Herbazales	1088,4	5,8
Ciénagas	124,4	0,7
Zonas pantanosas	851,7	4,5
Zonas urbanas	512,0	2,7
Vegetación secundaria	475,3	2,5
Bosque abierto	28,6	0,2
Ríos	889,3	4,7
Cultivos	147,3	0,8
Zonas desnudas	125,6	0,7
Bosque denso	238,3	1,3
Otros cuerpos hídricos	84,7	0,5
Total	18793,0	100,0

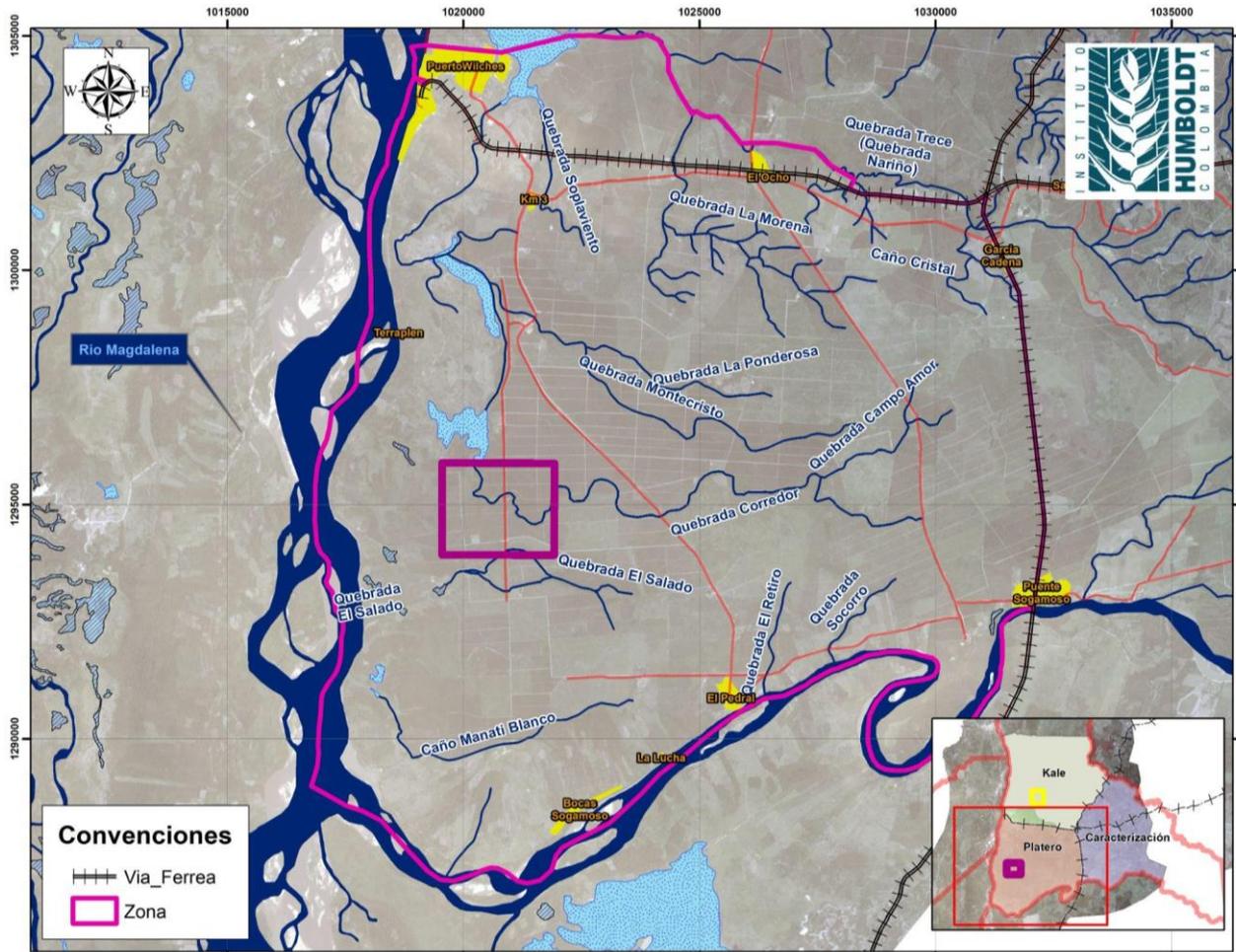


FIGURA 10. ZONA DE ESTUDIO PLATERO.

2.3 Caracterización

La zona de caracterización limita al norte con la quebrada La Gómez, en el occidente con la red férrea, en el sur con el Río Sogamoso y en el oriente con el límite municipal entre Puerto Wilches y Sabana de Torres (FIGURA 11). En esta zona la palma representa el 53,5% del área y el bosque ripario un 28%. Con el propósito de tener una muestra representativa del territorio, en la ubicación de las unidades muestrales, incluimos otras coberturas como Bosques densos y vegetación secundaria (FIGURA 12, TABLA 6). Los bosques riparios y densos asociados al área Caracterización, comprenden franjas de vegetación secundaria, ubicadas en topografías mayormente pendientes, escarpadas a levemente onduladas. Alrededor de los fragmentos de vegetación boscosa, las matrices de cultivos de palma de aceite no son tan evidentes y en cambio se encuentran pasturas de extensiones variadas para el desarrollo de actividades agrícolas de baja extensión y de ganadería (ganado vacuno).

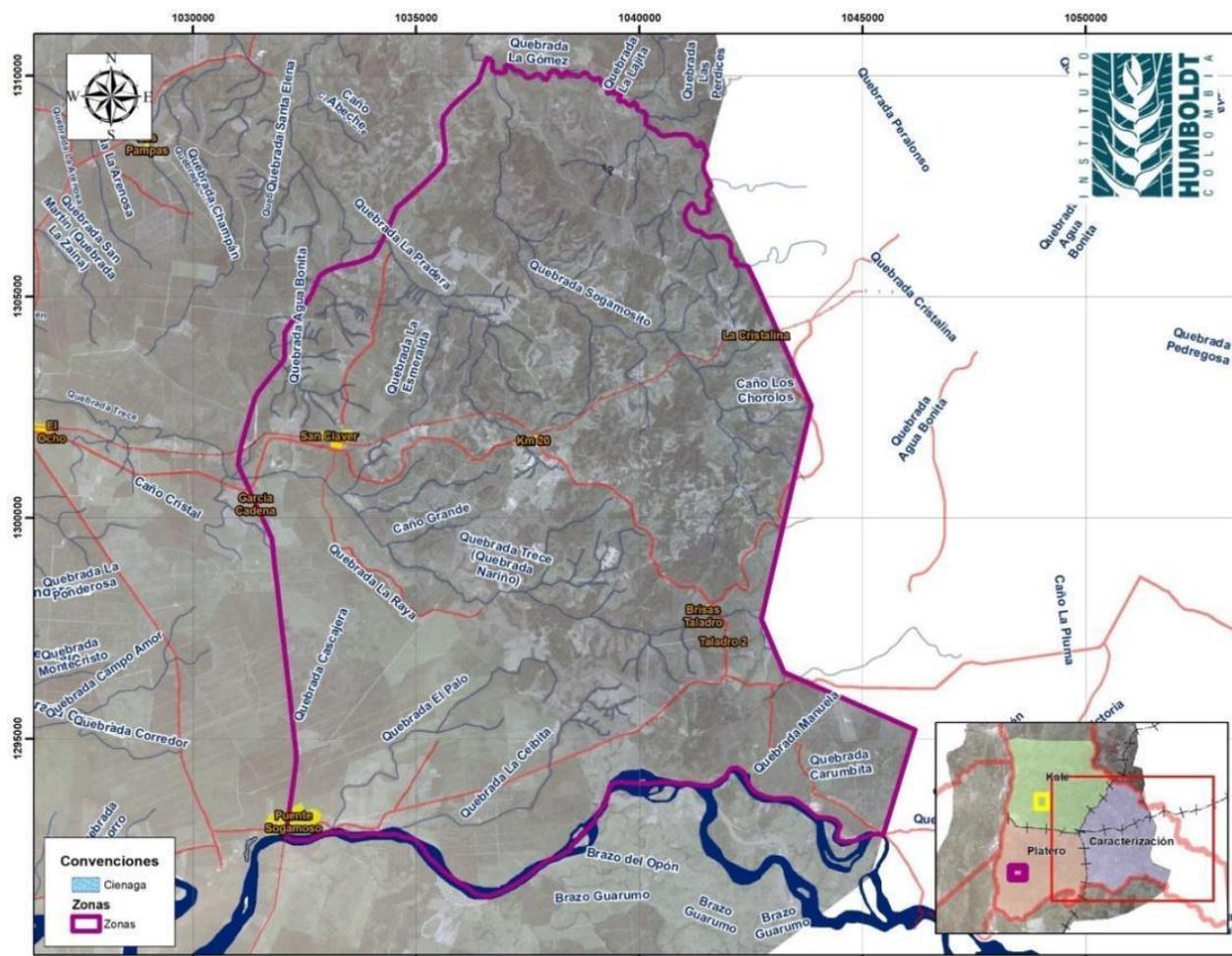


FIGURA 12. ZONA DE ESTUDIO CARACTERIZACIÓN.

TABLA 6. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL ÁREA CARACTERIZACIÓN.

Coberturas de la tierra	Área (ha)	Área (%)
Palma de aceite	9467,0	53,6
Bosque ripario	4943,4	28,0
Pastos	2062,6	11,7
Herbazales	60,7	0,3
Ciénagas	12,7	0,1
Zonas pantanosas	27,5	0,2
Zonas urbanas	283,3	1,6
Vegetación secundaria	272,0	1,5
Bosque abierto		
Ríos	116,5	0,7
Cultivos	46,5	0,3

Coberturas de la tierra	Área (ha)	Área (%)
Zonas desnudas	21,2	0,1
Bosque denso	355,9	2,0
Otros cuerpos hídricos	2,8	0,0
Total	17672,1	100,0

3 Diseño del muestreo

Para establecer el diseño del muestreo el **primer paso** fue establecer el factor que podría tener una mayor influencia en la composición y abundancia de las especies en el área de estudio. Para los organismos terrestres se seleccionó la cobertura vegetal, para los organismos acuáticos el orden del drenaje y para los microorganismos la cobertura vegetal y el tipo suelo.

El **segundo paso** fue generar anillos concéntricos, partiendo de la zona potencial dónde se construirá la plataforma de exploración, teniendo en cuenta 3 niveles de distancia: cerca, media y distante (sin impacto). Los valores de distancia fueron específicos para cada grupo biológico.

El **tercer paso** fue establecer la distancia mínima, para cada grupo biológico, en la que dos unidades de muestreo (UM) se podrían considerar unidades independientes. Para ciertos grupos se tuvieron en cuenta aspectos como cercanía a centros poblados o presencia a vías a la hora de seleccionar las UM. Con esta información se seleccionaron de manera aleatoria entre 20 y 100 UM por grupo biológico, teniendo en cuenta que se cubrieran las 3 zonas en las que fue dividida la zona de estudio (Kalé, Platero y Caracterización; FIGURA 13 Y FIGURA 14, TABLA 7).

En total se seleccionaron 296 unidades de muestreo para todos los grupos biológicos. Una misma unidad de muestreo pudo ser visitada por un o varios grupos biológicos, dependiendo del diseño de muestreo específico implementado para cada grupo. En total para los 22 grupos biológicos se realizaron 924 muestreos.

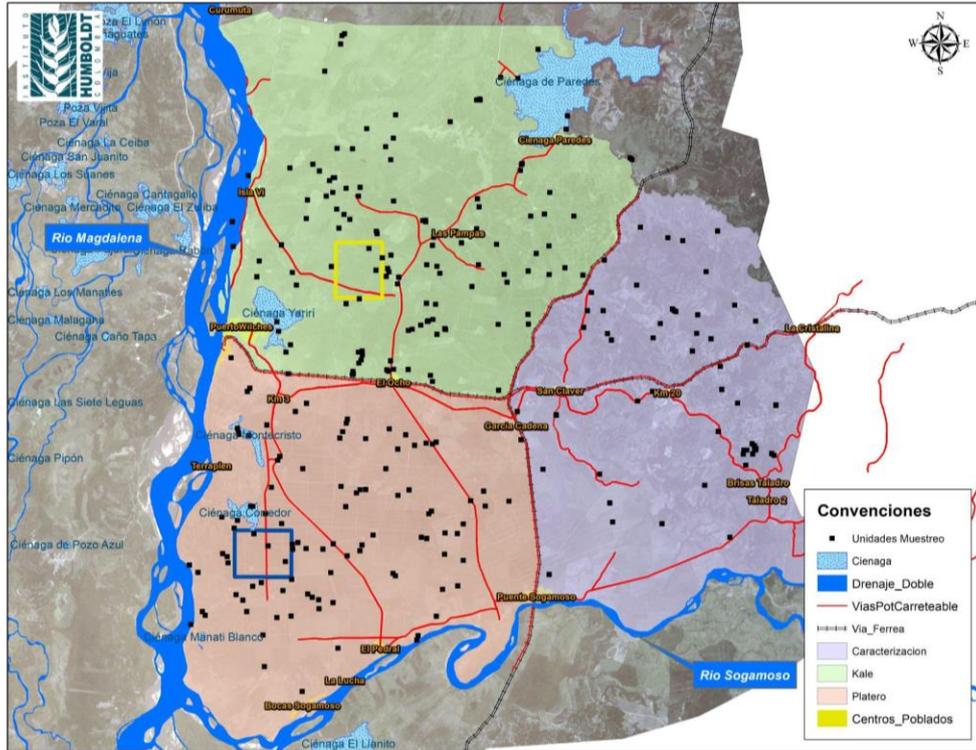


FIGURA 13. UNIDADES DE MUESTREO IMPLEMENTADAS POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII.

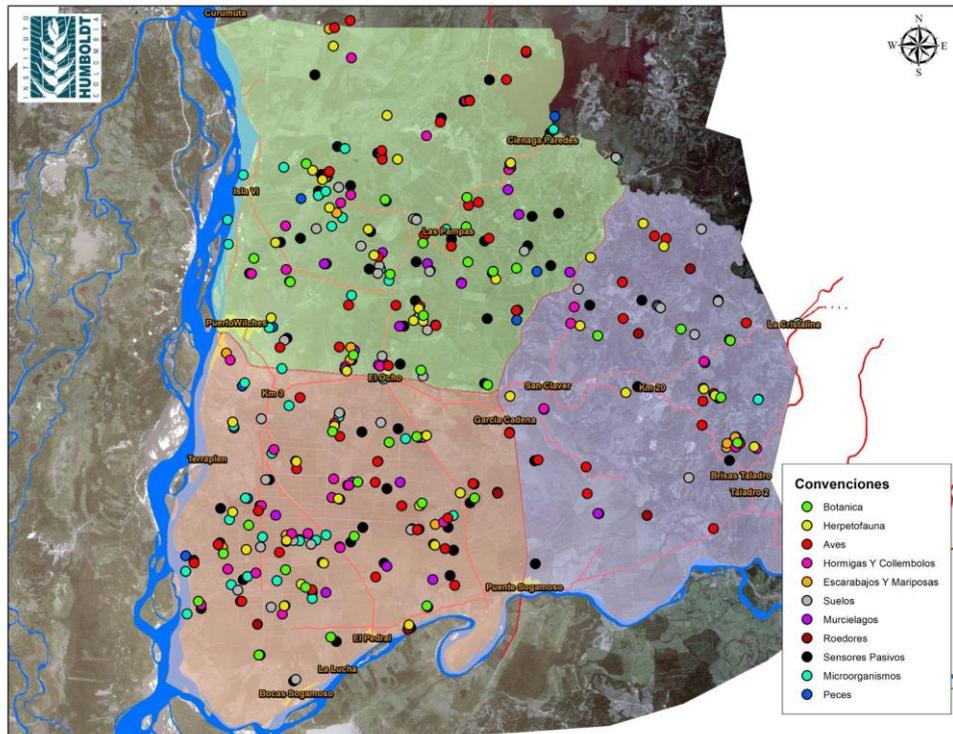


FIGURA 14. DISEÑO DEL MUESTREO IMPLEMENTADO POR EL INSTITUTO HUMBOLDT PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE GENERAL EN BIODIVERSIDAD EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII.

TABLA 7. NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO (UM), TÉCNICA DE MUESTREO, ESFUERZO DE MUESTREO POR UNIDAD DE MUESTREO, COBERTURAS VEGETALES INCLUIDAS (CV), FACTORES DE VARIACIÓN CONTROLADOS Y ESCALA DEL GRADIENTE POR GRUPO BIOLÓGICO.

GRUPO BIOLÓGICO	NÚMERO DE UM	TÉCNICA DE MUESTREO	ESFUERZO POR UM	CV, OD, TS	Factores controlados	Escala del gradiente
Paisajes sonoros	100	Grabadoras Audiomoth	1 grabadora, configurada a una tasa de muestreo 192 kHz, activa durante 20 días grabando 1 minuto cada 29 minutos.	CV: H, Br, Bi, Bdtf, C, Vs, P	Distancia a vías	1 km de independencia entre puntos 12km escala de muestreo
Himenópteros terrestres (hormigas)	40	Trampas de caída, Trampas de caída cebadas, técnica sacos mini-Winkle captura manual	10 trampas de caída por 2 días (5 de las trampas con cebo de atún), 5 muestras de hojarasca de 1x1 m para técnica mini-Winkler, captura manual en 10 parcelas de 2x2 m durante 12 minutos.	CV: P, Br, H, Pa, Bdtf, Ba	Buffer para evitar efecto de borde de 100 m Ancho del bosque 170 m mínimo puntos alejados de carreteras	3 km
Lepidópteros diurnos (mariposas)	40	Trampas van Someren Rydon	6 trampas cebadas con pescado y fruta por dos días	CV: P, Br, H, Pa, Bdtf, Ba	Buffer para evitar efecto de borde de 500 m Ancho del bosque 170 m mínimo puntos alejados de carreteras	6 km
Coleópteros de la subfamilia Scarabaeinae y larvas de la familia	40	Trampas de caída cebadas y parcelas	7 trampas de caída cebadas por 2 días, búsqueda en	CV: P, Br, H, Pa, Bdtf, Ba	Buffer para evitar efecto de borde de	3 km

Melolonthidae			4 parcelas de 1x1 m		100 m Ancho del bosque 170 m mínimo puntos alejados de carreteras	
Collembola	40	Embudos de Berlese-Tullgren y trampas de caída	6 muestras de suelo (354 cm ³) para Berlese por 7 días, 6 trampas de caída por 2 días.	CV: P, Br, H, Pa,Bdtf,Ba	Buffer para evitar efecto de borde de 50 m Ancho del bosque 170 m mínimo puntos alejados de carreteras	3km
Microorganismos (bacterias, hongos y otros microeucariotas asociados al agua)	41	Transecto	3 muestras simples de 1 litro de agua a lo largo de un transecto de al menos 150 metros de longitud.	Orden del drenaje	Áreas de mayor actividad:Fracturamiento, almacenamiento, captura	1 km independencia
Microorganismos (bacterias, hongos y otros microeucariotas asociados al sedimentos)	41	Transecto	3 muestras simples de sedimento a lo largo de un transecto de al menos 150 metros de longitud.	Orden del drenaje	distancia a centros urbanos nivel de impacto humano en cuerpos de agua	1 km para independencia
Microorganismos (bacterias, hongos y otros microeucariotas asociados al suelo)	39	Cuadrante	3 muestras compuestas tomadas en un cuadrante de aproximadamente 1 ha.	Tipo de suelo/ CV: H, P, Br, Bdtf	Distancia a carreteras	1 km para independencia

Microorganismos (bacterias, hongos y otros microeucariotas asociados aguas subterráneas)	9		3 muestras simples de 1 litro de agua en cada sitio de muestreo		Tipo de roca y distancia a potenciales plataformas	1 km para independencia
Reptiles	38 (40)	VES	Tres transectos de 200x4m	CV: Bd, Ba, Br, H, L, Pl, V	Exclusión hábitat Palma	1 km de independencia entre puntos
Anfibios	38 (40)	VES	Tres transectos de 200x4m	CV: Bd, Ba, Br, H, L, Pl, V	Exclusión hábitat Palma	1 km de independencia entre puntos
Aves	55 (60)	Censos, Redes y Recorridos.	Tres puntos de conteo con 3 réplicas c/u 5 estaciones de redes 435 hr/red. Recorridos libres ciénaga: 9,11 km en 4 hrs.	CV: Br, H, P, Bd, Pl, Ba, Ciénaga.	Hábitat	1 km aprox de independencia entre ANH y distancia mínima de 150 m entre puntos de conteo para censos.
Murciélagos	20	Redes de niebla	10 redes de 12x2.5m por 6 horas: 1800 m ² red x hora Tres transectos con tres puntos de muestreo acústico	CV: Br, Bd y Cp	Distancia a las plataformas, Distancia a vías, distancia a centros poblados.	Distancia de 1km entre unidades de muestreo
Pequeños roedores	16	Trampas Sherman	70 trampas x 5 noches: 350 trampas por noche	CV: Br, Bd y Cp	Distancia a las plataformas, Distancia a vías, distancia a centros poblados.	Distancia de 1km entre unidades de muestreo
Cámaras trampa	92 (100)	Cámaras trampa	Una cámara trampa por UM instalada a mínimo 1 km	CV: H, Br, Bi, Bd, C, Vs, P	Distancia a vías	1 km de independencia entre puntos

			de distancia una de otra			12km escala de muestreo
Plantas (Vegetación arbórea incluyendo palmas e individuos leñosos de plantas con semillas, herbáceas y epífitas vasculares y no vasculares)	35	Parcelas	10 parcelas de 50 x 2 m para la vegetación arbórea, 30 parcelas de 1 m ² para vegetación herbácea, parcela de 50 x 2 m (máximo 8 árboles) para epífitas	CV: Bi, Bdtf, H, Pa		
Perifiton	40	Raspados	Toma de 3 muestras multihabitat compuestas a lo largo de un tramo de 100 m	Orden del drenaje		
Zooplancton	40	Botella Van Dorn - Red de 23 μm y 63 μm	Toma de 3 muestras compuestas a lo largo de un tramo de 100 m	Orden del drenaje		
Fitoplancton	40	Botella Van Dorn - Red de 23 μm y 63 μm	Toma de 3 muestras compuestas a lo largo de un tramo de 100 m	Orden del drenaje		
Macrófitas	40	Cuadrante de 1m x 1m.	Tramo de 100 m	Orden del drenaje		
Macroinvertebrados acuáticos	40	Muestreo con red tipo D, Corer o Draga	Toma de 3 muestras multihabitat compuestas a lo largo de un tramo de 100 m	Orden del drenaje		
Peces	41	Electropesca, Red de arrastre,	Electropesca: 100 metros o	Orden del drenaje	distancia a centros poblados,	

		Atarraya, Trasmallo.	una hora de recorrido, Red de arrastre: máximo una hora y puede variar entre 2 y 12 arrastres. Atarraya: máximo una hora y entre 10 y 20 lances efectivos, dependiendo de los microhábitats. Trasmallo: mínimo una hora y máximo dos horas.		camino principales y zonas de actividad petrolera	
--	--	----------------------	---	--	---	--

4 Estación climática

La toma de datos en campo se realizó principalmente entre los meses de julio y agosto de 2021. De acuerdo a los promedios de lluvia mensuales acumulados, estos meses corresponderían a una transición entre el veranillo de San Juan a una temporada de mayores lluvias (FIGURA 15). Sin embargo, revisando los reportes del IDEAM del mes de julio se observa que las lluvias durante este mes fueron mayores a las esperadas (FIGURA 16).

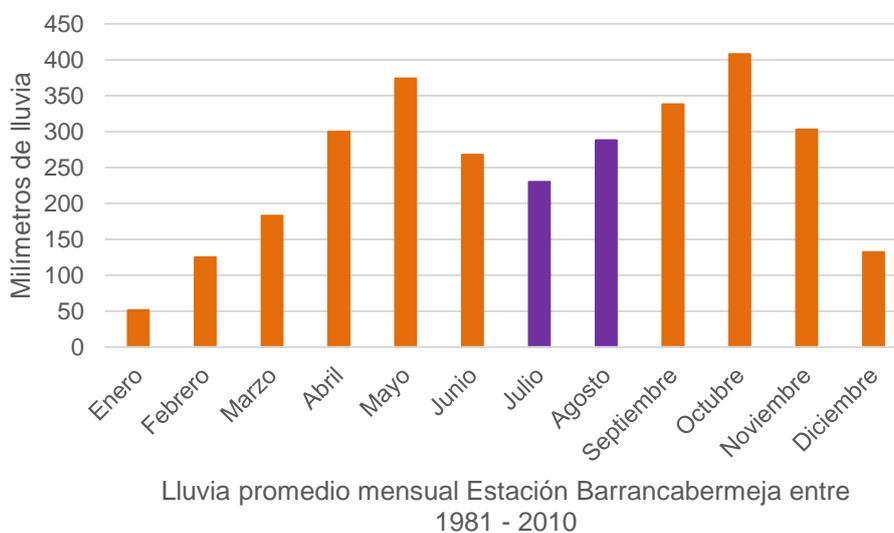


FIGURA 15. LLUVIA PROMEDIO MENSUAL EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE BARRANCABERMEJA ENTRE LOS AÑOS 1981 Y 2010.

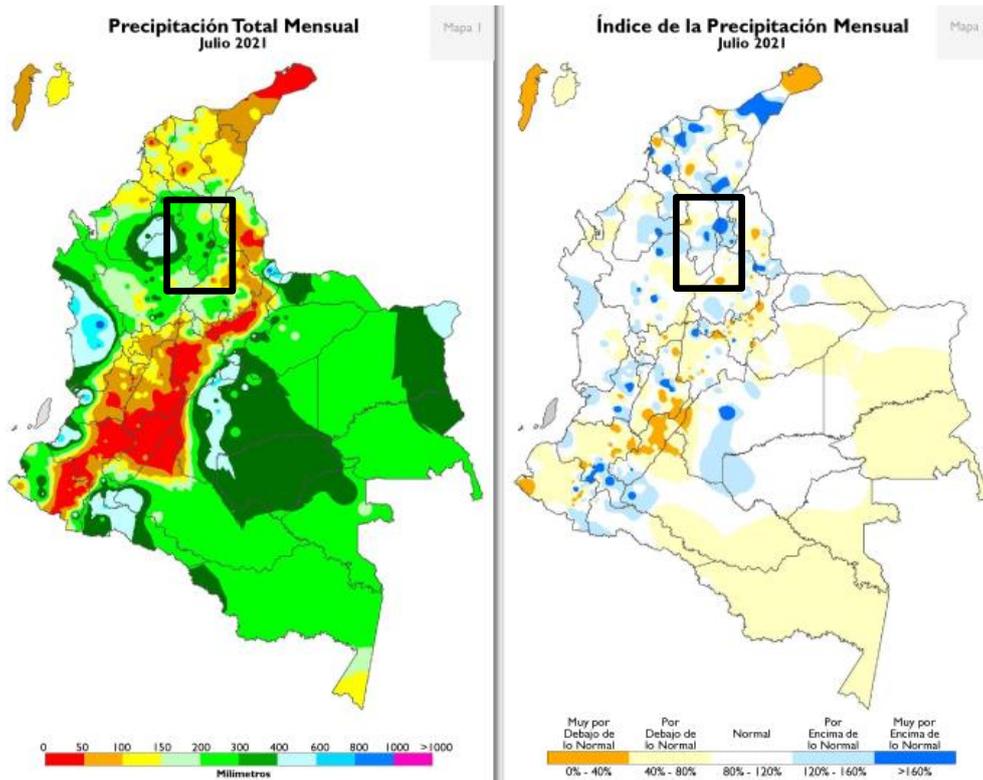


FIGURA 16. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MES DE JULIO DE 2021 E ÍNDICE DE LA PRECIPITACIÓN DEL MES DE JULIO

5 Análisis de la información

En esta sección se describen de forma general los análisis utilizados durante la fase de aguas altas para la caracterización de la biodiversidad en el área regional del proyecto. Estos flujos comienzan con los registros biológicos, los archivos de eventos de muestreo y las variables ambientales por unidad muestral. La validación de los dos primeros es realizada por la infraestructura institucional de datos (I2D) siguiendo los protocolos establecidos para registros biológicos en formato DarwinCore y los protocolos institucionales.

Los procedimientos acá descritos fueron implementados de acuerdo a las recomendaciones y flujos analíticos descritos en Legendre y Legendre (2012) que son implementados en el software R (R Core Team -2020- versión 4.0.0) según Borcard et al. (2018) y se encuentran en el repositorio institucional en GitHub.

El proceso comienza con la curaduría adicional de los tres archivos básicos: los archivos de eventos de muestreo, los de registros de muestreo y las variables ambientales. Esta curaduría básicamente verifica que los nombres de las columnas estén homologadas entre archivos, especialmente las columnas que describen los eventos de muestreo, las unidades muestrales, el esfuerzo de muestreo, los protocolos de muestreo y la identidad de las especies o grupos taxonómicos focales. Una vez los tres archivos estén curados se genera una “dataframe” para cada tipo de información y comienza el flujo analítico. Con las dataframe de registros se estiman las matrices de abundancia y presencia/ausencia. Todos los análisis que se describen a continuación se hacen tanto con matrices de abundancia como con matrices de presencia/ausencia (exceptuando las curvas de Rank-

abundancia). Las funciones incluidas en el script tienen la posibilidad de estimar matrices con base en la suma de los individuos detectados, o en caso que el muestreo no garantice la independencia de los conteos de individuos, el máximo del número de individuos detectados.

Paso 1: Determinación de las unidades muestrales sin registros. Este procedimiento identifica las unidades muestrales y los eventos de muestreo que las componen en donde no se encontraron registros biológicos. En pasos posteriores del análisis estos puntos se consideran ceros estructurales y se incorporan en las gráficas de diversidad versus variables ambientales.

Paso 2. Determinación del esfuerzo de muestreo por unidad muestral, estandarizado por protocolo de muestreo. Para cada uno de los protocolos de muestreo usado en los análisis, se estima el valor estandarizado (entre 0 y 1) del esfuerzo de muestreo para cada una de las unidades muestrales. Estos valores entran posteriormente en los modelos lineales con variables continuas. Las estimaciones de diversidad usualmente se corrigen por esfuerzo de muestreo dado los eventos de muestreo en cada unidad muestreada o el número de individuos muestreados, pero no necesariamente por el tiempo o la distancia recorrida en cada unidad de muestreo.

Paso 3. Estimación de diversidad por factor determinante utilizando técnicas de interpolación y extrapolación del paquete iNEXT. Las estimaciones de diversidad utilizaron la estimación de diversidad verdadera general. Primero se hicieron las estimaciones por método de muestreo y dentro de cada método de muestreo por alguna categoría involucrada en el diseño (Orden del drenaje o Cobertura) y por área de influencia de cada una de las plataformas. Para estas estimaciones se siguió la aproximación de Chao et al. (2014) y el paquete iNEXT (Hsieh et al. 2020) en R (R Core Team -2020- versión 4.0.0). Dependiendo de la estimación se utilizaron los datos de incidencia de especies, o los datos de abundancia. Cada una de estas estimaciones presenta tres tipos de curvas: 1) curva tipo 1 que presenta la diversidad estimada en función del tamaño muestral. 2) curva tipo 2 que presenta la cobertura de muestreo con respecto al tamaño muestral. 3) curva tipo 3 que presenta las estimaciones de diversidad en función de la cobertura del muestreo. En todos los casos se estimaron la riqueza ($q=0$), el índice de Shannon ($q=1$) y el índice de Simpson ($q=2$). Estas estimaciones se hicieron a escala regional, por área de cada plataforma, o para cada uno de los niveles de alguna variable determinada (Orden del drenaje, cobertura, tipo de suelo etc.). Las salidas de este paso incluyen las curvas de acumulación de cada indicador de diversidad, las tablas correspondientes a las estimaciones asintóticas, las gráficas resumen por unidad muestral o evento de muestreo o por variable categórica

Paso 4. Con las matrices de diversidad se estiman las curvas de Rank-Abundancia para variables categóricas de interés (áreas de la plataforma, cobertura, tipo de suelo, etc). La salida de este paso incluye curvas de rank-abundancia por categoría y tablas con la jerarquía de cada especie usando su abundancia relativa.

Paso 5. Con las tablas de registros se realiza un análisis de ordenamiento no paramétrico. Este componente contiene varios análisis que buscan describir la relación entre la estructura de las comunidades entre ellas y la correlación entre esta ubicación y la abundancia de algunas especies o algunas variables ambientales. A continuación se describen las diferentes salidas gráficas generadas NMDS por método. Corresponde a un análisis de ordenamiento no paramétrico en donde se representan las unidades muestrales agrupadas por el factor de variación usado en el diseño y por el método de muestreo. En las gráficas se indica el nivel de estrés alcanzado en el análisis lo

que indica qué tan bien la ordenación refleja las relaciones originales entre las unidades muestrales. Los valores bajos son mejores

Paso 6. Estimación de la importancia de las especies en el ordenamiento. Relación post-hoc de la abundancia de las especies en la ordenación. Este análisis ayuda a evaluar qué especies pueden estar contribuyendo a la diferenciación entre unidades muestrales. Las salidas gráficas adicionan al NMDS anterior los vectores de correlación de las especies. Solo se muestran las especies con una correlación superior al 0,05. Este valor de p se indica en el título de la gráfica, así como el método y el grupo biológico. Como salida también se incluyen las tablas completas de la correlación entre el vector de abundancia de las especies y los vectores de la ordenación.

Paso 7. Estimación de la correspondencia entre la variabilidad ambiental y la variabilidad biótica. En esta serie de análisis se exploran las diferencias ambientales entre las unidades de muestreo y la importancia de algunas variables para estructurar las comunidades (TABLA 8). Se priorizaron variables representando presiones antrópicas o variables que reflejen un recurso para las comunidades. Estos análisis comienzan con un análisis de componentes principales sobre las variables ambientales en las unidades muestrales, seguido de un *hierarchical clustering* para determinar los grupos ambientales. Posteriormente estos grupos se grafican en las gráficas de NMDS anteriormente estimadas. De igual forma se corre un análisis post-hoc para evaluar la correlación de variables ambientales con la ordenación de las comunidades bióticas. Las salidas de este análisis incluyen los NMDS anteriores con vectores de variables ambientales significativos, las tablas de correlación de variables ambientales, las gráficas de PCA así como el resumen del análisis, y la gráfica del *hierarchical clustering*.

Paso 8. Con la información obtenida en el paso 3, riqueza ($q=0$) y la abundancia o frecuencia (dependiendo del grupo biológico) por especie se generan mapas de calor mediante la técnica de inferencia espacial (Kriging). Esta técnica permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados utilizando la información proporcionada por una muestra. En todos los casos se tuvo en cuenta que los datos presentaran una distribución normal, que fueran estacionarios y no presentaran una tendencia. Si bien este procedimiento proporciona una medida de confianza sobre la probabilidad de que la predicción sea cierta, solo lo consideramos un análisis exploratorio de los datos.

Paso 9. El último paso es un análisis de redundancia donde se incorporan en el análisis de ordenamiento las variables importantes detectadas en el paso anterior con el fin de determinar la importancia de forma cuantitativa y comparar sus importancias relativas. Para esto se hace un análisis de redundancia que parte de seleccionar las variables ambientales a incluir. Las salidas de este paso incluyen las gráficas de RDA con los vectores ambientales incluidos, y un archivo con el resumen del procedimiento estadístico.

TABLA 8. VARIABLES AMBIENTALES INCLUIDAS EN LOS ANÁLISIS

Nomenclatura	Variable	Nomenclatura	Variable
--------------	----------	--------------	----------

Dis_CP	Distancia a centros poblados	Dis_Pozo	Distancia a pozo activo o inactivo
Dis_Pozoact	Distancia a pozo activo	Dis_Ferroc	Distancia a ferrocarril
Dist_Kale	Distancia al punto probable de instalación de la plataforma Kale	Dist_Plater	Distancia al punto probable de ubicación de la plataforma Platero
DisBosque	Distancia al parche de bosque más cercano	Dis_cobNat	Distancia al parche de cobertura natural más cercano
Dis_Oleodu	Distancia al oleoducto más cercano	Dis_Cienag	Distancia a ciénaga
Dis_MGSG	Distancia a grandes ríos, Magdalena o Sogamoso	Dis_Dre345	Distancia a drenajes con orden mayor a 3
UCSuelo	Unidad de Suelo	Cobertura	Cobertura según interpretación del 2020
Tam_Parch	Tamaño del parche	Plataf	Zona asignada por plataforma
Dist_PlataEf	Distancia a la plataforma asignada	Orden	Orden del drenaje
Dist_ViasPri	Distancia a vías primarias	Dist_ViaSec	Distancia a Vías secundarias

6 Grupos biológicos

En este documento se presenta el resumen de cada grupo biológico.

6.1 Entomofauna

6.1.1 Collembola

Se evaluaron un total de 40 unidades muestrales donde se implementaron dos métodos de captura: trampas de caída y embudos de Berlese-Tullgren, para analizar los colémbolos edáficos y epiedáficos encontrados en seis coberturas vegetales presentes en la zona (Cultivo de palma, Bosque ripario, Herbazal, Pastizal, Bosque denso, Bosque abierto). En cada unidad muestral se colectaron seis muestras de suelo para embudos de Berlese y se instalaron seis trampas de caída. Los colémbolos recolectados en embudos de Berlese se recogieron a los siete días y los recolectados en trampas de caída a las 48 horas, para un total de 240 muestras de suelo y 240 trampas de caída procesadas, que corresponden a 51.840 horas en total donde el esfuerzo de muestreo realizado tanto para Berlese como para trampas de caída fue del 80% y 99% de representatividad. En total se procesaron 38.950 individuos que corresponden a 2.698 registros de colémbolos, de los cuales se identificaron 3 registros a nivel de especies que corresponde a 0,11%; 301 registros a nivel de familia que corresponde a 11,15%; 1.522 registros a nivel de género que corresponden a 56,41%; 618 registros a nivel de orden que corresponden a 22,90%; 10 registros a nivel de subfamilia que corresponden al 0,37% y 244 registros a nivel de superfamilia que corresponde al 9,04%. Un registro corresponde a una línea del archivo de DarwinCore en donde se identificó un género o morfoespecie con uno o varios individuos colectados en una trampa o muestra analizada. De esta manera, la información colectada se clasificó en 4 órdenes, 15 familias, 39 géneros y 2 especies identificadas. Los órdenes de mayor abundancia fueron Symphypleona y Entomobryomorpha. Se obtuvo el primer registro del grupo Collembola para el departamento de Santander.

6.1.2 Hormigas

Se visitaron 40 unidades muestrales, clasificadas en siete coberturas vegetales (Cultivo de palma, Bosque ripario, Herbazal, Pastizal, Bosque denso, Bosque abierto). En cada unidad muestral se instalaron cinco trampas de caída cebadas con atún y cinco trampas de caída sin cebo por un periodo de 48 horas. Se realizó captura manual en 10 parcelas de 2x2 metros durante 12 minutos por parcela y se extrajeron cinco muestras de hojarasca que se procesaron por dos días a través de la técnica de sacos mini-Winkler. En total, se instalaron 200 trampas de caída cebadas y 200 trampas sin cebo. Además, se tomaron 200 muestras para sacos mini-Winkler y se realizó captura manual en 400 parcelas de 4 m², lo que equivale a 28.880 horas de recolecta y una representatividad del esfuerzo de muestreo superior al 95% para los cuatro protocolos. Se obtuvieron 4.166 registros. Un registro corresponde a una fila del Darwin Core, en donde se especifica la colecta de una especie con uno o varios individuos en una trampa o muestra determinada. El 78 % de los registros se identificó a nivel de especie. Se encontraron 224 especies en total, que equivalen al 15% de la riqueza de hormigas reportadas para Colombia, de las cuales 152 son nuevos registros para el departamento de Santander. Se recolectaron las especies invasoras *Monomorium floricola* (Jerdon, 1851), *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793) y *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802). Se registró una especie endémica de Colombia, *Dorymyrmex tuberosus* Cuzzo & Guerrero, 2012 y cinco especies legionarias, *Eciton burchellii* (Westwood, 1842), *Labidus coecus* (Latreille, 1802),

Labidus praedator (Smith, 1858), *Labidus spininodis* (Emery, 1890) y *Neivamyrmex* sp. 1 Borgmeier, 1940. Se reporta la ausencia de la “hormiga culona” *Atta laevigata* (Smith, 1858).

6.1.3 Escarabajos coprófagos

El muestreo se llevó a cabo en seis coberturas vegetales representativas de la zona (Bosque ripario, Bosque denso, Bosque abierto, Vegetación secundaria, Herbazal y Pastos limpios). En cada una de las 40 unidades de muestreo se instalaron siete trampas de caída cebadas con excremento humano, cada una de las trampas fue re-cebada a las 24 horas de la instalación y los especímenes fueron recolectados a las 24 y 48 horas, para un esfuerzo total de 280 trampas y 13.440 horas. En total se obtuvieron 1.642 registros correspondientes a 7.751 especímenes pertenecientes a 36 especies. Un registro corresponde a una línea del archivo de DarwinCore, es decir a una especie o morfoespecie (con uno o varios individuos) colectada en una trampa. El 59,78% de los especímenes pudieron ser identificados a nivel de especie, para los restantes especímenes se siguió la codificación de morfoespecie de la colección de referencia del Instituto Alexander von Humboldt (González-Alvarado *et al.* 2015; González-Alvarado & Medina 2015). Entre las especies colectadas se puede resaltar, *Dichotomius andresi* Sarmiento-Garcés & Amat-García, 2014, especie endémica de Colombia y *Digotonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) especie africana introducida en América.

6.1.4 Larvas de Melolonthidos

El muestreo se llevó a cabo en seis coberturas vegetales representativas de la zona (Bosque ripario, Bosque denso, Bosque abierto, Vegetación secundaria, Herbazal y Pastos limpios). Para la colecta de las larvas de estos escarabajos en cada una de las 40 unidades muestrales se realizaron cuatro muestreos al azar, cada uno consistió en una excavación en cuadrícula de 1 x 1m con una profundidad de 20 cms, para un esfuerzo total de 160 excavaciones. En total se obtuvieron 27 registros correspondientes a 58 especímenes pertenecientes a siete géneros.

6.1.5 Mariposas

Se seleccionaron 40 unidades muestrales en seis coberturas vegetales: Bosque ripario, Bosque denso, Bosque abierto, Vegetación secundaria, Herbazal y Pastos limpios. Para la detección de adultos de mariposas, se usaron seis trampas tipo Van Someren Rydon (VSR) con cebos atrayentes de fruta y camarón fermentado por cada punto de muestreo durante 48 horas consecutivas. Se obtuvieron 1.888 registros correspondientes a 1.973 individuos adultos de mariposas, pertenecientes a seis familias, 128 géneros, 173 especies y 57 subespecies. Un registro, corresponde a cada especie recolectada u observada en un punto de muestreo. El 95% de los ejemplares recolectados pudieron ser identificados a nivel de especies y subespecie. Se registraron especies como *Ypthimoides blanquita*, especie endémica de la región Andina colombiana y cinco subespecies propias de la región del río Magdalena: *Heliconius sara magdalena*, *Stalachtis magdalena*, *Consul fabius bogotanus*, *Hemiargus hanno bogotana* y *Eueides isabella arquata*. Para garantizar independencia de los registros entre cada trampa, estas estuvieron separadas por aproximadamente 50 m una de la otra cuando las condiciones del área de estudio así lo permitieron, siendo colgadas en la vegetación entre 2 a 4 m del suelo a lo largo de transectos de aproximadamente 300 m en cada punto, con un esfuerzo de muestreo de 48 horas por trampa.

6.2 Peces

El muestreo se llevó a cabo en 40 unidades de muestreo ubicadas en los diferentes cuerpos de agua de la zona. 33 unidades de muestreo fueron ubicadas en cuerpos de agua lóticos y 7 en cuerpos de agua lénticos. En la zona de estudio se reportan aproximadamente 137 especies, de las cuales capturamos 71, 40 de ellas endémicas, 45 con algún tipo de uso, doce son migratorias, quince están bajo algún grado de amenaza y otras diez están cerca de estarlo. En este estudio se obtuvieron 816 registros equivalentes a 4.766 individuos, distribuidos en siete órdenes, 29 familias, 58 géneros y 71 especies. Los órdenes más representativos fueron Characiformes, seguido de Blenniiformes y Siluriformes. Un registro corresponde a cada una de las especies colectadas en un punto de muestreo, la cual puede ser capturada con cualquier arte de pesca (trasmallo, arrastre, atarraya, electropesca). En cada uno de los puntos de muestreo se utilizaban todas o algunas de las artes de pesca, dependiendo de las condiciones ambientales como profundidad, ancho y velocidad del agua en una extensión lineal de 200 a 500 m, en dirección aguas arriba. El esfuerzo de pesca fue mayor a una hora para cada una de las artes de pesca activas (i.e. red de arrastre, atarraya) y mínimo una hora y media para las redes de pesca pasivas (trasmallo).

6.3 Anfibios

El muestreo se llevó a cabo en 39 unidades de muestreo en las cuales se invirtieron 201,96 horas/hombre en total. Se incluyeron siete hábitats en el análisis: Bosque ripario, Bosque abierto, Bosque denso, Pastos limpios, Herbazal, Ciénaga y Vías. Se registraron 1.341 individuos distribuidos en 30 especies, 23 géneros, trece familias y dos órdenes (Anura y caudata). El 100 % de los registros fueron identificados a nivel de especie. Cada individuo es considerado como un registro independiente, con excepción de los renacuajos donde se registra el lote de larvas completo como un único registro. Siete especies de anfibios son endémicas de Colombia (*Allobates niputidea*, *Craugastor metriosistus*, *Diasporus anthrax*, *Dendrobates truncatus*, *Agalychnis terranova*, *Phyllomedusa venusta* y una salamandra *Bolitoglossa lozano*) y una especie (*Diasporus anthrax*) se encuentra categorizada como Vulnerable (VU) según la UICN.

6.4 Reptiles

El muestreo se llevó a cabo en 39 unidades de muestreo, invirtiendo 201,96 horas/hombre en total. Se incluyeron siete hábitats en el análisis: Bosque ripario, Bosque abierto, Bosque denso, Pastos limpios, Herbazal, Ciénaga y Vías. En total se registraron 429 individuos pertenecientes a 33 especies, de 32 géneros y 17 familias taxonómicas, de los órdenes Crocodylia, Squamata y Testudines. El 94% de los registros fueron identificados a nivel de especie. Cada individuo es considerado como un registro independiente. Dos especímenes fueron identificados a nivel de género (*Mabuya* sp. y *Atractus* sp.); este último taxon posiblemente representa una especie aun no descrita para la ciencia y actualmente se encuentra en proceso de revisión. Tres especies de reptiles son endémicas de Colombia (*Podocnemis lewyana*, *Sphaerodactylus heliconiae* y *Thamnodynastes gambotensis*). Para esta fase de campo se resalta la ausencia de registros de serpientes coral, *Micrurus* spp., Mapaná, *Bothrops asper* (Garman, 1883), y tortugas en temporada de anidamiento (*Trachemys callirostris*, *P. lewyana*). De particular interés fue la ausencia de observaciones de *B. asper*, la cual es la serpiente que ocasiona la mayor cantidad de accidentes ofídicos en Colombia, y es muy abundante en diferentes localidades del Magdalena medio, incluso en áreas intervenidas. Ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de amenaza según la lista roja de la IUCN

6.5 Aves

El muestreo se llevó a cabo en 55 unidades de muestreo pertenecientes a siete coberturas vegetales (Bosque ripario, Herbazal, Pastizales, Bosque denso, Cultivo de palma, Bosque abierto, ciénaga). Se implementaron diversos métodos de muestreo: censos, capturas en redes y recorridos libres. Se registraron aproximadamente 8.462 individuos pertenecientes a 190 especies de aves, siendo los grupos más representativos los atrapamoscas, tangaras y afines y rapaces diurnos. Se destaca la presencia de dos aves endémicas (*Ortalis garrula* y *Ortalis columbiana*) y una en categoría de vulnerable (VU) para el país (*Chauna chavaria*). El esfuerzo de muestreo total fue de 22 días: 12 días en censos, 9 días efectivos de redes y un día efectivo de recorrido en ciénaga.

6.6 Murciélagos

El muestreo se llevó a cabo en 20 unidades de muestreo ubicadas en tres coberturas vegetales: Bosque denso, Bosque ripario y Cultivo de palma. Se utilizaron redes de niebla y grabaciones de ultrasonido. Se registraron 1.785 individuos pertenecientes a 40 especies, de las cuales, 18 fueron detectadas a partir de cortes de audio y 30 a partir de capturas en redes de niebla. Cuatro especies son nuevos registros para el Magdalena Medio: *Artibeus phaeotis*, *Platyrrhinus angustirostris*, *Platyrrhinus brachycephalus* y *Sturnira giannae*. Para las 20 unidades de muestreo y 40 noches de campo efectivos, se obtuvo un esfuerzo de muestreo total de 36.000 m² red x hora, de los cuales 16.200 m² red x hora corresponden a bosque ripario, 18.000 m² red x hora a cultivo de palma, y 1.800 m² red x hora a bosque denso. Por cada unidad de muestreo se utilizó un esfuerzo de muestreo de 1800 m² red x hora

6.7 Roedores

El muestreo se llevó a cabo en 16 unidades de muestreo ubicadas en tres coberturas vegetales: Bosque denso, Bosque ripario y Cultivo de palma. Para el registro de mamíferos pequeños terrestres se usaron trampas Sherman y capturas manuales. Se registraron 55 individuos pertenecientes a dos órdenes (Rodentia y Didelphimorphia), y cuatro familias. Además, se registró una especie de rata espinosa (*Proechimys* sp.), poco conocida y solo asociada a coberturas vegetales de bosque. El esfuerzo de muestreo total fue de 5.600 trampas por noche, distribuidos de la siguiente manera, para el cultivo de palma 2.450 trampas por noche, 2.800 trampas por noche en bosque ripario y 350 trampas por noche en la cobertura de bosque denso. Por unidad de muestreo se utilizó un esfuerzo de muestreo de 350 trampas por noche.

1. 6.8 Flora

Se realizó la caracterización de árboles y arbustos, epífitas vasculares y no vasculares (líquenes y briófitos corticícolas) en 35 unidades de muestreo de 0,1 ha específicas para cada grupo biológico. En el componente arbóreo y arbustivo, se midieron 230 individuos muertos y 3.944 vivos (351 morfoespecies, 159 géneros y 58 familias). Se encontraron trece especies con alguna categoría de amenaza (*Cariniana pyriformis* Miers (CR), *Caryocar amygdaliferum* Cav. (CR), *Tapura bullata* Standl (CR), *Astrocaryum malybo* H.Karst. (EN), *Clathrotropis brunnea* Amshoff (EN), *Bactris gasipaes* var. *chichagui* (H. Karst.) A.J. Hend. (VU), *Gustavia dubia* (Kunth) O. Berg (VU), *Gustavia gentryi* S.A. Mori (VU), *Isidodendron tripterocarpum* Fern. Alonso *et al.* (VU), *Lecythis turyana* Pittier (VU), *Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels (NT), *Gustavia verticillata* Miers (NT) y *Podocarpus guatemalensis* Standl. (NT), de las cuales *A. malybo*, *I. tripterocarpum* y *T. bullata* son endémicas.

Tapirira guianensis, *Xylopia aromatica* y *Byrsonima spicata* presentaron los mayores valores de importancia, mientras que, a nivel de familias Anacardiaceae, Annonaceae y Fabaceae, presentaron los mayores valores de importancia. Las especies que presentaron los menores valores del IVI, son especies de baja importancia ecológica y muy vulnerables ante disturbios antrópicos y naturales. Las epífitas vasculares registraron 27 individuos pertenecientes únicamente a la familia Araceae, distribuidos en 5 géneros y 9 especies. Se registraron 355 individuos de briófitos, distribuidos en 18 especies, seis familias y once géneros; estos suman el 12% de cobertura total en los bosques evaluados y las cuatro especies más frecuentes alcanzaron los mayores valores de cobertura. Se registraron 2721 individuos de líquenes corticícolas, distribuidos en 142 morfoespecies, 18 familias y 54 géneros. Cinco especies presentaron categoría de amenaza. Graphidaceae, Arthoniaceae y Ramalinaceae fueron las familias más diversas. Los líquenes presentaron el 74% de cobertura total en los bosques; las tres especies más abundantes alcanzaron los mayores valores de cobertura en los forofitos.

2. 6.9 Sonidos

En este componente se usaron dos metodologías: a) grabaciones direccionales activas de fauna de grupos de especies tanto en espectro audible como en ultrasonido, y b) grabaciones a partir de sensores pasivos. En total se grabaron direccionalmente nueve taxa de insectos, siete especies de anuros, 80 de aves, cuatro de mamíferos no voladores y 26 de mamíferos voladores en 61 unidades de muestreo, las cuales se ingresaron a la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt. Usando sensores acústicos pasivos, se registraron en 97 unidades de muestreo 93.886 registros sonoros, equivalentes a 1.565 horas de grabación continua, cubriendo ocho tipos de cobertura (Bosque denso, Bosque abierto, Bosque ripario, Cultivo de palma, Herbazales, Ciénagas, Pastos arbolados y Pastos limpios). Las grabaciones pasivas se realizaron a una tasa de muestreo de 192 kHz, cubriendo así el espectro audible y el ultrasónico. A partir de las grabaciones direccionales se extrajeron rasgos acústicos temporales y espectrales de especies seleccionadas.

3. 6.10 Cámaras trampa

Se caracterizó la comunidad de mamíferos medianos y grandes registrados a través de cámaras trampa en 92 unidades de muestreo ubicadas en ocho coberturas vegetales: Bosque denso, Bosque abierto, Bosque ripario, Herbazal, Pastos limpios, Cultivo de Palma, Ciénaga y Pastos arbolados. Se registraron 19 especies de mamíferos, siendo *Dasyprocta punctata* la especie más abundante. Se registraron dos especies amenazadas según la IUCN: *Cebus versicolor* (EN) y *Myrmecophaga tridactyla* (VU). *Puma concolor*, *Pecari tajacu*, *Philander opossum* y *Cuniculus paca* se registraron exclusivamente en el Bosque. La distribución del número de individuos entre los diferentes gremios tróficos mostró un comportamiento piramidal, siendo los frugívoros los más abundantes. Es de resaltar la alta abundancia relativa en la zona de *Leopardus pardalis* y la baja o falta de representación de grandes carnívoros como *Puma concolor* y *Panthera onca*.

4. 6.11 Microorganismos

Se realizó la caracterización de la biodiversidad de comunidades de microorganismos presentes en suelos, sedimentos, aguas subterráneas y superficiales, a partir de ADN ambiental. Usando metabarcoding, se capturaron y secuenciaron regiones cortas de ADN que permitieron la identificación de cuatro grupos biológicos: bacterias, arqueas, hongos y otros micro-eucariotas. Se obtuvieron muestras en 85 unidades de muestreo: 36 en suelos, nueve en agua subterránea, 40 en

agua superficial y sedimentos. En cada unidad se tomaron tres muestras para un total de 375 muestras analizadas: 108 en suelos, 27 en aguas subterráneas, 120 en aguas superficiales, y 120 en sedimentos. Para cada muestra se realizó: extracción de ADN, cuantificación del mismo, amplificación de regiones genéticas, preparación de librerías y secuenciación masiva de alto rendimiento. Durante todo el proceso, se incluyeron controles que fueron tratados como muestras adicionales. Se realizó una depuración bioinformática de las secuencias genéticas obtenidas, generando ASVs (variantes de las secuencias amplificadas) de acuerdo con el flujo bioinformático de DADA2 en Qiime2. La asignación taxonómica se realiza con un clasificador Naïve Bayes entrenado en la base de datos SILVA. Los ASVs obtenidos por muestra fueron usados para estimar la diversidad alfa y beta de las unidades de muestreo incluidas. Para el grupo de Bacterias se obtuvieron un total de 1.580.960 secuencias que fueron agrupadas en 12.092 ASV. En aguas superficiales los phylum más abundantes fueron Proteobacteria, Actinobacteriota, y Bacteroidota, en suelos los phylum más abundantes fueron Acidobacteriota, Proteobacteria, Actinobacteriota, y Chloroflexi, en sedimentos los phylum más abundantes fueron Proteobacteria, Acidobacteriota, Chloroflexi, Myxococcota, y en aguas subterráneas los phylum más abundantes fueron: Proteobacteria y Acidobacteriota.

5. 6.12 Hidrobiológicos

Las comunidades hidrobiológicas fitoplancton, zooplancton, fitoperifiton, macroinvertebrados acuáticos y macrófitas acuáticas. Se reportó un total de 141 morfoespecies para la comunidad de Fitoplancton, con una densidad de 816106,15 cel/L. Para el Zooplancton se identificaron 42 morfoespecies con una densidad de 683,94 ind/L. Para la comunidad de Fitoperifiton se registraron 169 morfoespecies con una densidad de 2414954,10 cel/L. Para la comunidad de Macroinvertebrados se registraron 159 morfoespecies con una densidad de 9765,76 ind/m². Se registraron 64 morfoespecies de macrófitas con una cobertura total de 231,62 m².

6. 6.13 Atropellamiento

En los meses de noviembre y diciembre de 2021, se registraron los vertebrados atropellados en dos tramos de vías definidos en el área del proyecto (de 57 km cada uno). En cada mes se realizaron recorridos durante diez días consecutivos. Los recorridos se realizaron en una camioneta 4x4 a una velocidad constante de 20 km/h por dos observadores. En el mes de noviembre se registraron 10 atropellamientos (1 anfibio, 1 ave, 7 mamíferos y 1 reptil). En el mes de diciembre se registraron 55 atropellamientos (14 anfibios, 6 aves, 11 mamíferos y 24 reptiles).

7 BIBLIOGRAFÍA

Andrade, M.G., Donado L.D., Escobar J.F., González M.G., Muñoz M.R., Neslin D., Manzano O., Rosselli D.A., Ruiz J.P. Salazar N., Vargas C.A., Yoxtheimer D., Zamora J. A. (2019). Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal. Informe final.

Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2018). Numerical ecology with R (2nd ed.). Springer International Publishing.

- Borgmeier, T. (1940). *Duas notas myrmecologicas*. Rev. Entomol. (Rio J.) 11: 606 (page 606, *Neivamyrmex* replacement name for *Acamatus* Emery, 1894:181; as subgenus of *Eciton*; *Acamatus* Emery, 1894 junior homonym of *Acamatus* Schoenherr, 1833)
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. & Ellison, A.M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45–67.
- Cuezzo, F. & Guerrero, R.J. (2011). The ant genus *Dorymyrmex* Mayr in Colombia. *Psyche*. 2012:24 pp. Article ID 516058. [doi: 10.1155/2012/516058.]
- Emery, C. (1890). *Studii sulle formiche della fauna neotropica*. Bull. Soc. Entomol. Ital. 22: 38-80 (page 38, worker described).
- Fabricius, J.C. (1793). *Entomologia systematica emendata et aucta. Secundum classes, ordines, genera, species, adjectis synonymis, locis observationibus, descriptionibus*. Tome 2. Hafniae [= Copenhagen]: C. G. Proft, 519 pp. (page 353, worker described)
- Garman, S. (1884) [1883]. *The reptiles and batrachians of North America*. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Cambridge (Massachusetts)* (8):185.
- González-Alvarado, A. & Medina, C. (2015) Listado de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco de Colombia. *Biota Colombiana* 16, 36–44. <https://doi.org/10.21068/bc.v16i1.365>
- González-Alvarado, A., Torres, E. & Medina, C. (2015) Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosques secos colombianos en la Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt. *Biota Colombiana* 16, 88–95.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H., & Chao, A. (2020). *iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity*. R package version 2.0.20 URL: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.
- Jerdon, T.C. (1851). *A catalogue of the species of ants found in Southern India*. *Madras J. Lit. Sci.* 17: 103-127 (page 107, worker described)
- Latreille, P.A. (1802). *Histoire naturelle générale et particulière des Crustacés et des insectes*. Tome 3. *Familles naturelles des genres*. Paris: F. Dufart, xii + 467 pp. (page 113, worker described)
- Legendre, P., and Legendre, L. (2012), *Numerical Ecology* (3rd. English Ed.), Amsterdam: Elsevier.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia. Editorial de la Universidad de Antioquia. Segunda Edición.
- Smith, F. (1858). *Catalogue of hymenopterous insects in the collection of the British Museum*. Part VI. *Formicidae*. London: British Museum, 216 pp. (page 152, soldier, worker described)

Smith, F. (1858). Catalogue of hymenopterous insects in the collection of the British Museum. Part VI. Formicidae. London: British Museum, 216 pp. (page 182, pl. 10, fig. 24 soldier, worker described)

Westwood, J.O. (1842). Monograph of the hymenopterous group, Dorylides. Pp. 73-80 in: Westwood, J.O. *Arcana entomologica; or illustrations of new, rare, and interesting insects*. Volume 1, No. 5. London: W. Smith, pp. 65-80, pl. 17-20. (page 74, pl. 20, fig. 1 male described)