

Laboratorio Vivo de MIPaisaje



S E R I E
TÉCNICA
FUNDECOR

04

Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida

2014-2020

Manuel Guerrero Hernández
Roxana Chacón Hidalgo
Danny Córdoba Alvarado
Randy Herrera Miranda
Diana Cordero Zúñiga
Randall Carmona Solís

2022



551.49 R281r Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida [Libro digital] Manuel Guerrero Hernández, Roxana Chacón Hidalgo, Danny Córdoba Alvarado, Randy Herrera Miranda, Diana Cordero Zuñiga, Randall Carmona Solís. San José, Costa Rica: Fundacion para el Desarrollo de la Cordillera Volcanica Central, FUNDECOR, 2022.
60 MB : 1 PDF (Colección: Laboratorio vivo de mi paisaje, No. 4)

ISBN 978-9968-501-05-7
Un libro digital

1. AGUA - REABASTECIMIENTO. 2. AGUA - REGENERACIÓN - COSTA RICA
3. BOSQUES - PROTECCIÓN. I. Título.

Acerca de esta publicación:

Laboratorio Vivo de Mi Paisaje, de FUNDECOR, es una serie técnica que desarrolla publicaciones en temáticas afines a nuestras áreas de trabajo, entre ellas: manejo de ecosistemas forestales y gestión integrada de paisajes y gestión integral del recurso hídrico. Los estudios se basan en información científica y son promovidos con el propósito de mejorar el conocimiento en el manejo y conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos para contribuir a incidir, de manera positiva, en la toma de decisiones e incrementar la participación efectiva de los diferentes grupos y actores claves mediante la disponibilidad y acceso a la información. Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en la que aparecen presentados los datos, no implican de parte de FUNDECOR ni de sus socios, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

Coordinador serie técnica: Manuel Guerrero-Hernández

Revisión y edición técnica: Manuel Guerrero-Hernández

Edición filológica y estilo: Lorena Orozco Vilchez

Diagramación: William Chavarría Camacho

Impresión digital: William Chavarría Camacho

Fotografía de portada: Yannina Cordero Aguilar

Citar como:

Guerrero, M; Chacón R; Córdoba D; Herrera R; Cordero D; Carmona R. 2022. **Reabasteciendo de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque, regeneración natural y asistida 2014-2020**. San José, Costa Rica, FUNDECOR. 84 p. (Serie Técnica no. 4: Laboratorio Vivo de Mi Paisaje).

Se permite la reproducción parcial o total de este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

AGRADECIMIENTOS

Este documento no hubiera sido posible sin el apoyo y la dirección de The Nature Conservancy (TNC) y Coca Cola FEMSA. Queremos agradecer también a todos los dueños de fincas que participaron del Proyecto con sus áreas de bosque y las áreas a regenerar, así como por el apoyo constante de los trabajadores en campo en los recorridos por las fincas y en la toma de muestras. A todos los miembros del equipo de TNC que nos acompañaron durante todo el proceso de ejecución del Proyecto y a los colaboradores de Coca Cola FEMSA y Coca Cola Latin Center que cada año se sumaron para aportar con su tiempo y esfuerzo al Proyecto mediante los procesos de regeneración asistida.

RESUMEN

Desde el 2014 el Proyecto de Reabastecimiento ha venido implementando una serie de actividades entre las cuales podemos citar la protección de bosques, regeneración natural y asistida en un total de 607 ha, durante 7 años se ha desarrollado un proceso de monitoreo robusto, que ha permitido no solo definir las áreas de priorización para desarrollar estas actividades, sino ver el impacto del proyecto a través del tiempo. Se escogieron 8 fincas con el mejor reabastecimiento y que contarán con los aspectos legales para poder elaborar los contratos, y empezar con las actividades de campo, se levantaron las áreas a incluir bajo proyecto mediante visitas de campo, se firmaron los contratos con los propietarios, se realizaron los respectivos informes del estado de los sitios bajo convenio, se instalaron rótulos para identificar las áreas bajo convenio. Mediante el monitoreo con drones se pudo comprobar el estado del bosque haciendo vuelos programados y generando ortofotos, su conservación o recuperación a través de los años, además se implementó un proceso de regeneración asistida en un total de 4 ha. Se logró contabilizar un total de 631 700 m³ cúbicos de agua reabastecida por año en el periodo 2014 al 2020. A nivel de monitoreo de agua se obtuvieron valores de la calidad asociados a los análisis físicos-químicos obtenidos y fueron comparados con los valores incluidos en el decreto N° 33903-MINAE-S, que define los parámetros de calidad de agua superficial para los cuerpos de agua del país. Sin embargo, los resultados obtenidos de los análisis de coliformes fecales totales en todas las fincas y sitios de muestro, presentaron valores extremos que van desde los 11 coliformes NMP/100ml y los 2400 NMP/100ml y valores de *E. coli* que van desde los 2 coliformes NMP/100ml y los 2400 NMP/100ml, los parámetros físico-químicos y bacteriológicos cumplen con los requerimientos para ubicar los cuerpos de agua evaluados entre las clases 1 y 4, que corresponde a un tratamiento simple con desinfección o con algunos tratamientos más elaborados si fuese necesario utilizar esas fuentes de agua para consumo humano. Las muestras de textura, y composición asociados al monitoreo de suelos permitieron elaborar mapas de pérdida de suelo para cada una de las fincas incluidas en el proyecto en donde se pudieron identificar que las áreas de bosque presentan una pérdida de suelo muy baja por hectárea por año, y áreas que no tienen cobertura de bosque como pastos, caminos y otros que logran superar hasta las 300 toneladas por hectárea por año. A nivel del proceso de difusión de los logros del proyecto se realizaron un total de 10 talleres con las comunidades aledañas y con grupos específicos como son asociaciones comunales, asadas, estudiantes escolares y universitarios entre otros, y alcanzar a mas de 150 personas. Dentro de las principales conclusiones se puede resaltar que el Proyecto logró pasar de un esquema de protección tradicional y reconocimiento de pago de servicio ambiental, a un esquema donde se puede traducir cada colón invertido en hectáreas de bosque protegidas y en metros cúbicos de agua reabastecidos anualmente a la naturaleza mediante la protección y regeneración de áreas críticas dentro de su área de influencia, además, el agua reabastecida bajo estos esquemas, está muy ligada al cambio de uso de suelo debido a las amenazas inmediatas al bosque, como por ejemplo la ganadería y la urbanización, entre otros. Por esta razón, es de gran importancia seguir implementando este tipo de proyectos para reconocer a los dueños de fincas con bosque los servicios ecosistémicos que brindan y valorar su implementación en usos de la tierra como la ganadería y la agricultura, incentivando actividades más amigables con el ambiente y que sean reconocidas por los servicios ecosistémicos que brindan.

ABSTRACT

Since 2014 the Replenishment Project has been implementing a series of activities among which we can mention the forests protection, natural and assisted regeneration in a total of 607 ha, 7 years a robust monitoring process has been developed, which has allowed not only to define the prioritization areas to develop these activities, but to see the impact of the project over time. Eight properties were chosen with the best replenishment per hectare and the legal aspects to be able to draw up contracts and begin field activities. The areas to be included under the project were surveyed through field visits, contracts were signed with the owners, the respective reports on the status of the sites under agreement were prepared, and signs were installed to identify the areas under protection. Drone monitoring made possible to check the condition of the forest by making scheduled flights and generating orthophotos, its conservation or recovery over the years, an assisted regeneration process was implemented in a total of 4 ha. A total of 631,700 cubic m³ of water replenished per year in the period 2014 to 2020. At the water monitoring level, quality values associated with the physical-chemical analyses were obtained and compared with the values included in Decree No. 33903-MINAE-S, which defines the surface water quality parameters for the country's water bodies. However, the results obtained from the analysis of total fecal coliforms in all properties sampling sites, showed extreme values ranging from 11 coliforms NMP/100ml and 2400 NMP/100ml and values of *E. coli* ranging from 2 coliforms NMP/100ml and 2400 NMP/100ml, the physicochemical and bacteriological parameters meet the requirements to place the evaluated water bodies between classes 1 and 4, which corresponds to a simple treatment with disinfection or with some more elaborate treatments if it is necessary to use these water sources for human consumption. The texture and composition samples associated with soil monitoring made it possible to draw up soil loss maps for each of the properties included in the project, where it was possible to identify that the forest areas show a very low soil loss per hectare per year, and areas without forest cover such as pastures, roads exceed 300 tons per hectare per year. In terms of dissemination of the project's achievements, a total of 10 workshops were held with neighboring communities and specific groups such as community associations, school and university students, among others, reaching more than 150 people. Among the main conclusions we can highlight that the Project was able to move from a traditional protection scheme and recognition of payment for environmental services, to a scheme where each colon invested can be translated into hectares of protected forest and cubic meters of water replenished annually to nature through the protection and regeneration of critical areas within its area of influence, in addition, the water replenished under these schemes, is closely linked to land use change due to the immediate threats to the forest, such as livestock and urbanization, among others. For this reason, it is of great importance to continue implementing this type of project to recognize the ecosystem services provided by properties with forests and to value their implementation in land uses such as cattle ranching and agriculture, encouraging more environmentally friendly activities that are recognized for the ecosystem services they provide.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUCCIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVO	14
3.1 Objetivos específicos	14
4. METODOLOGÍA	15
4.1 Área de influencia	15
4.2 Selección de los sitios	15
4.3. Monitoreo y seguimiento	17
Visitas de campo y uso de drones para el control de la cobertura boscosa	17
Metodología propuesta para la contabilización del reabastecimiento de agua en las áreas bajo protección de bosque y de regeneración natural y asistida	17
Monitoreo de la calidad del agua	18
Análisis fisicoquímicos	18
Análisis bacteriológicos.....	20
Monitoreo de los isótopos estables	20
Monitoreo de los suelos.....	21
Difusión de los logros del Proyecto	23
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1 Visitas de campo para el control de la cobertura boscosa y uso de drones	26
5.2 Monitoreo de las áreas de bosque y regeneración natural y asistida mediante tecnología VANT	29
5.3 Procesos de regeneración asistida en el campus de la Universidad Para la Paz.....	34
5.4 Contabilización del reabastecimiento de agua en las áreas de protección de bosque y regeneración natural y asistida.....	37
5.5 Calidad del agua y determinación de su procedencia.....	38
Isótopos estables	58
5.6 Monitoreo de los suelos.....	59
5.7 Difusión de los logros del Proyecto.....	68
6. CONCLUSIONES.....	72
7. RECOMENDACIONES	74
8. BIBLIOGRAFÍA	75
9. ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica	15
Figura 2. Mapa de ubicación de las fincas bajo convenio con el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica	16
Figura 3. Multiparámetros HI9811-5 de la marca HANNA	19
Figura 4. Medidores de nitritos y fosfatos de la marca HANNA	19
Figura 5. Muestreo de parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e isotópicos llevados a cabo para determinar la calidad del agua	20
Figura 6. Muestras isotópicas colectadas durante las giras campo	21
Figura 7. Entrega de muestras de suelo en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica	22
Figura 8. Objetivos de desarrollo sostenible a los que aporta el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosques y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica.....	25
Figura 9. Mapa de la cobertura boscosa en fincas de la microcuenca del río Poás, Alajuelita.....	26
Figura 10. Registro de recorrido de campo por el bosque de una de las fincas según levantamiento con GPS.....	27
Figura 11. Ejemplo de una ficha de información correspondiente a un propietario participante en el proyecto de reabastecimiento de agua	28
Figura 12. Ortofoto de las fincas de CODECE, Escazú, Costa Rica.....	29
Figura 13. Ortofoto de la finca Robles del Campanario, Las Nubes de Coronado, Costa Rica	30
Figura 14. Ortofoto del campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica	30
Figura 15. Ortofoto parcial del área de bosque de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica.....	31
Figura 16. Ortofoto parcial de finca Condesa, Sector Los Cartagos, Costa Rica	31
Figura 17. Modelo de elevación del terreno derivado de la ortofoto de la finca CODECE, Escazú, Costa Rica	32
Figura 18. Modelo 3d derivado de la ortofoto de la finca CODECE, Escazú, Costa Rica.....	32
Figura 19. Cerca sustituida en el área bajo regeneración natural en la Finca Lajas, Poás de Aserri, Costa Rica	33
Figura 20. Área susceptible a derrumbes en la finca Robles del Campanario, Coronado, Costa Rica	33

Figura 21. Área de bosque e identificación de zonas donde poner cercas de la finca Colinas Vertical, Grecia, Costa Rica	34
Figura 22. Proceso de regeneración asistida llevado a cabo por colaboradores de Coca Cola Company y Coca Cola FEMSA entre el 2015-2016 en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica	35
Figura 23. Proceso de regeneración asistida llevado a cabo por colaboradores de Coca Cola Company y Coca Cola FEMSA en el 2019 en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica	35
Figura 24. Área de regeneración asistida establecida en el <i>campus</i> de la Universidad para la Paz en el 2015, foto del 2020	36
Figura 25. Área de regeneración asistida establecida en el <i>campus</i> de la Universidad para la Paz en el 2016, foto del 2020	36
Figura 26. Revisión del estado de los árboles plantados en el 2016 en el <i>campus</i> de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica	37
Figura 27. Cantidad de agua reabastecida en las fincas bajo protección de bosques y regeneración natural y asistida por sector durante el periodo 2014-2020	38
Figura 28. Resultados fisicoquímicos de las muestras de agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector El Rodeo, Ciudad Colón, Costa Rica	39
Figura 29. Cantidad de fosfatos presente en las muestras de agua analizadas por sitio y fecha de muestreo en las fincas correspondientes al sector de El Rodeo, Ciudad Colón, Costa Rica	40
Figura 30. Cantidad de coliformes fecales y E. coli por fecha y sitio de muestreo en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector del El Rodeo, Mora, Costa Rica	40
Figura 31. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de El Rodeo, Mora, Costa Rica	41
Figura 32. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica	42
Figura 33. Cantidad de coliformes fecales y E. coli de las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica	43
Figura 34. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica	43
Figura 35. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica	44
Figura 36. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas de las fincas de los sitios del sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica	45

Figura 37. Cantidad de coliformes totales y E. coli en las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes a los sitios del sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica.....	45
Figura 38. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica	46
Figura 39. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes a Las Nubes de Coronado, Costa Rica	46
Figura 40. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes al sector de Las Nubes de Coronado, Costa Rica	47
Figura 41. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Las Nubes de Coronado; Costa Rica	47
Figura 42. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes a las fincas del sector Patio de Agua de Coronado, Costa Rica.....	48
Figura 43. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en las fincas de los sitios del sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica.....	49
Figura 44. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en las muestras de agua analizadas en las fincas correspondientes al sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica.....	49
Figura 45. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica.....	50
Figura 46. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica.....	51
Figura 47. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica	52
Figura 48. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en la finca del sector de Los Cartagos, Costa Rica	53
Figura 49. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica.....	53
Figura 50. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica	54
Figura 51. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica	54
Figura 52. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica	55
Figura 53. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica	55

Figura 54. Mapa isotópico del área de influencia del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosques y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica.....	59
Figura 55. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Coronado, Costa Rica.....	60
Figura 56. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Escazú, Costa Rica	60
Figura 57. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Santa Bárbara, Costa Rica.....	61
Figura 58. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Grecia, Costa Rica.....	61
Figura 59. Tipos de suelos según los análisis de textura y granulometría en los distintos usos de suelo de las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Costa Rica	62
Figura 60. Resultados del análisis textural de los suelos de las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Costa Rica.....	63
Figura 61. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Lajas y Mirador, Poás de Aserrí, Costa Rica	65
Figura 62. Mapa de pérdida de suelo de las fincas de CODECE, San Antonio de Escazú, Costa Rica	65
Figura 63. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Condesa y Lácteos Romero, Los Cartagos, Costa Rica.....	66
Figura 64. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Robles del Campanario y Garlope, Coronado, Costa Rica	67
Figura 65. Mapa de pérdida de suelo de las fincas ubicadas en el sector de Mora, Costa Rica.....	67
Figura 66. Actividad realizada con estudiantes de la UPAZ para compartir el trabajo realizado como parte del Proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica	69
Figura 67. Taller virtual realizado con <i>boy scouts</i> de Escazú para compartir el trabajo realizado como parte del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica	69
Figura 68. Taller realizado con estudiantes de la Escuela El Carmen para compartir el trabajo realizado como parte del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fincas incluidas en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica.....	16
Cuadro 2. Valores de los factores C y P para el cálculo de la fórmula universal de pérdida del suelo.....	23
Cuadro 3. Fincas incluidas en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica.....	28
Cuadro 4. Lista de las especies plantadas en la regeneración asistida llevada a cabo en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica	34
Cuadro 5. Clases de tratamiento necesarios para la desinfección de los cuerpos de agua según el decreto N° 33903-MINAE-S (MINAE 2007), Costa Rica	56
Cuadro 6. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del análisis de agua permitidos por clase según el decreto N° 33903-MINAE-S (MINAE 2007), Costa Rica	57
Cuadro 7. Datos necesarios para calcular el factor K, o factor de erodabilidad de los suelos.....	64
Cuadro 8. Resumen de los actores que participaron en los talleres realizados con socios claves del Proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”	68
Cuadro 9. Análisis de los objetivos de desarrollo sostenible a los que contribuye el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de calidad de agua de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica	76
Anexo 2. Resultados del monitoreo de suelos de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica	79
Anexo 3. Resultados de textura y granulometría de suelos de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica	81
Anexo 4. Listas de participantes en talleres de capacitación impartidos en el marco del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosques y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica	83

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección del bosque y regeneración natural y asistida 2014-2022”, pretende balancear el uso de agua resultante de actividades productivas en una cuenca mediante acciones de conservación y restauración del paisaje que se traducen en m³ de agua infiltrados por hectárea por año. FUNDECOR, en alianza con The Nature Conservancy y Coca-Cola FEMSA Costa Rica, implementaron este proyecto piloto desde el año 2014 con un total de 607 ha bajo esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida.

Los propietarios de las fincas que protegieron sus bosques asumieron el compromiso de mantener la cobertura boscosa por un período de cinco años. La cobertura boscosa protegida redujo de forma importante los procesos erosivos y de escorrentía superficial que hubieran ocurrido al momento de la lluvia. Bajo este esquema de protección del bosque, el propietario recibió una remuneración de 35 840 colones por hectárea por año. Los esfuerzos de protección se vieron traducidos en una infiltración de agua constante por el efecto de deforestación evitada, que hubiera sido mayor a la infiltración que ocurriría bajo un uso alternativo del suelo como el agropecuario, y, por consiguiente, se asegura una mayor cantidad de agua para los procesos productivos. FUNDECOR, por su parte, brindó asesoría y acompañamiento técnico durante todo el proceso para que la actividad de protección generara los mayores réditos ambientales posibles, sin perturbar la integralidad del ecosistema y del paisaje.

Los propietarios de las fincas que se comprometieron a dejar que los terrenos degradados o aquellos que fueron utilizados para pastoreo se recuperaran naturalmente durante un periodo de cinco años, asumieron el compromiso de que la sucesión natural avanzara a estados cercanos al bosque secundario. Esta actividad permitió incrementar los procesos de infiltración y disminuir la escorrentía superficial y minimizar los procesos de erosión y arrastre de materiales a las fuentes de agua superficial, contribuyendo así al manejo integral del paisaje y de los ecosistemas circundantes.

Estos propietarios también recibieron un reconocimiento monetario de 35 840 colones por ha/año por los servicios ecosistémicos que brindaron sus tierras, así como la asistencia y el acompañamiento técnicos por parte de FUNDECOR para velar por una adecuada ejecución de las actividades que se realizaron en sus fincas.

En ambos casos, The Nature Conservancy (TNC), acompañó a la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), socio local implementador, facilitándole herramientas técnicas e intercambio de conocimiento, así como buenas prácticas adquiridas en otros sitios que fortalecen su desempeño en campo. Vale la pena recalcar que esta relación de cooperación es potenciada por los esfuerzos de la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua que propicia el ambiente habilitante para que esto se logre.

2. JUSTIFICACIÓN

El Proyecto surgió como parte de la responsabilidad ambiental del grupo Coca Cola FEMSA por devolverle a la naturaleza el agua que utiliza en su proceso de producción y así poder neutralizar su huella hídrica. Además, esta iniciativa se inserta en la realidad mundial del problema del abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades de la población y la responsabilidad de hacer un uso eficiente de los recursos naturales con el fin de asegurarlos en cantidad y calidad para las futuras generaciones.

3. OBJETIVO

El reabastecimiento procura impactar de manera positiva y directa las fuentes de producción del recurso hídrico en las zonas altas, mediante actividades de protección de bosque y regeneración natural y asistida y que a su vez el reabastecimiento de agua permita a Coca Cola FEMSA devolver el 100% del agua utilizada para su producción al sistema natural.

3.1 Objetivos específicos

- Estimar la cantidad de agua que se incorpora a sistemas boscosos y en procesos de regeneración natural.
- Monitorear el estado de las áreas de protección mediante visitas de campo y tecnologías como los vehículos aéreos no tripulados (VANT).
- Establecer el estado de la calidad de los cuerpos de agua dentro de las áreas de protección.
- Levantar datos de campo mediante muestreos de suelos con el fin de poder establecer los tipos de suelo que se encuentra en la AOI y realizar estimaciones de su pérdida.
- Realizar una serie de talleres para difundir los resultados del Proyecto.

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de influencia

El área de influencia del proyecto (AOI) de reabastecimiento es la misma que la de la iniciativa Agua Tica (Figura 1). Reabastecimiento es un proyecto piloto de esta iniciativa con el fin de asegurar mayor cantidad y calidad del recurso hídrico a los habitantes del gran área metropolitana (GAM) de Costa Rica.

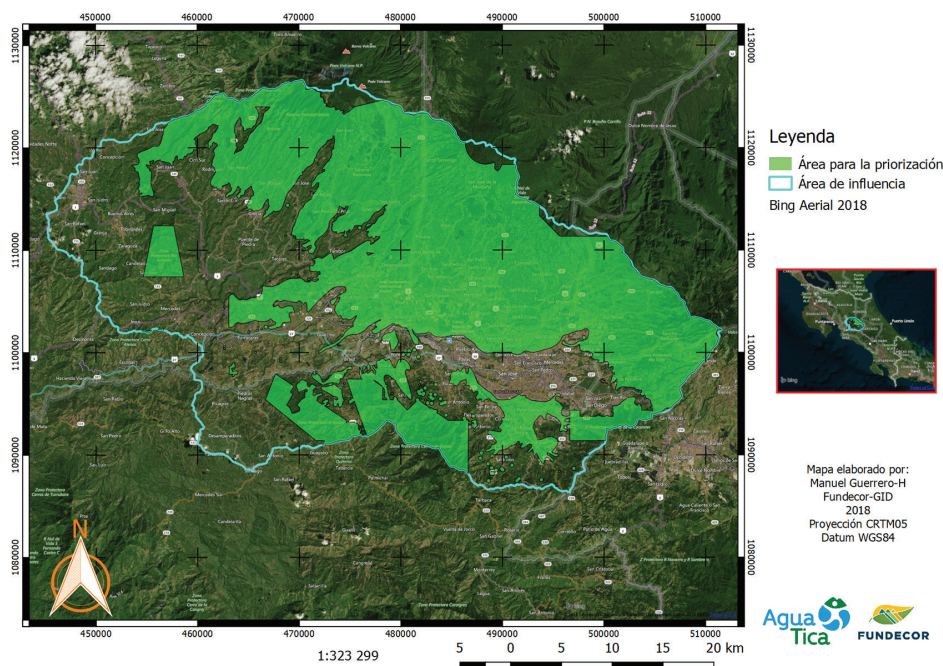


Figura 1. Mapa de ubicación del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica

Esta región corresponde a un área de 164 000 ha aproximadamente y está inmersa en cuatro provincias del país: Alajuela (48%), San José (31%), Heredia (16%) y Cartago (5%), las cuales conforman el GAM y se ubica en las subcuencas de los ríos Grande y Virilla. Alberga al 54% de la población y el 75% de la industria nacional, razón por la cual existe una gran demanda de recursos para poder suplir las necesidades tanto de la población como de las actividades empresariales.

4.2 Selección de los sitios

Para la selección de las fincas con potencial para ser consideradas en el Proyecto, se utilizó la información contenida en la geobase del catastro forestal elaborada por FUNDECOR. Estas fincas fueron filtradas por ubicación y extensión con el fin de asegurar que estuvieran bajo el área de influencia del Proyecto y cada una fue visitada para evaluar la factibilidad y el cumplimiento de los requisitos para ingresar al Proyecto y su cumplimiento de la extensión necesaria para neutralizar la huella hídrica de Coca Cola FEMSA en Costa Rica. Además de la ubicación geográfica, condición del bosque o regeneración natural, interés de los propietarios de conservar los recursos y participar del programa, cumplimiento de requisitos legales según la normativa nacional, se seleccionaron las fincas que no tenían contratos de pago por servicios ambientales vigentes con el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal para garantizar que no hubiera duplicidad del pago por reconocimiento de diferentes servicios ambientales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fincas incluidas en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica

Esquema de protección y acción realizada	Protección de Bosque (ha)	Regeneración natural y asistida (ha)	Área total (ha)	Contacto con propietario	Visita al predio	Ubicación espacial (shp)	Anuencia para pertenecer al Proyecto	Firma de contratos
Periodo (años)								
2018-2020	153,4	1	154,4	Realizado	Realizado	Existente	Realizado	Realizado
2016	23	2	25	Realizado	Realizado	Existente	Realizado	Realizado
2015	393,1	16,25	409,35	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
2014	160,2	9,5	169,7	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
Total Proyecto	729,7	28,75	758,45					

Nota: en el cuadro anterior se presenta el área total abarcada dentro del Proyecto; se incluyen las áreas que ingresaron al Proyecto en cada uno de los años detallados. De igual forma, se contabilizan las áreas que salieron en el año 2019 y que fueron inmediatamente sustituidas por nuevas áreas (ver detalle en Cuadro 3).

Las fincas comprometidas con el Proyecto están en un proceso de revisión por parte del equipo de FUNDECOR y TNC con el fin de ajustar tanto los contratos, *shapes* y fichas y, a la vez, ajustar cualquier cambio que ocurriera en los contratos y áreas incluidas (Figura 2).

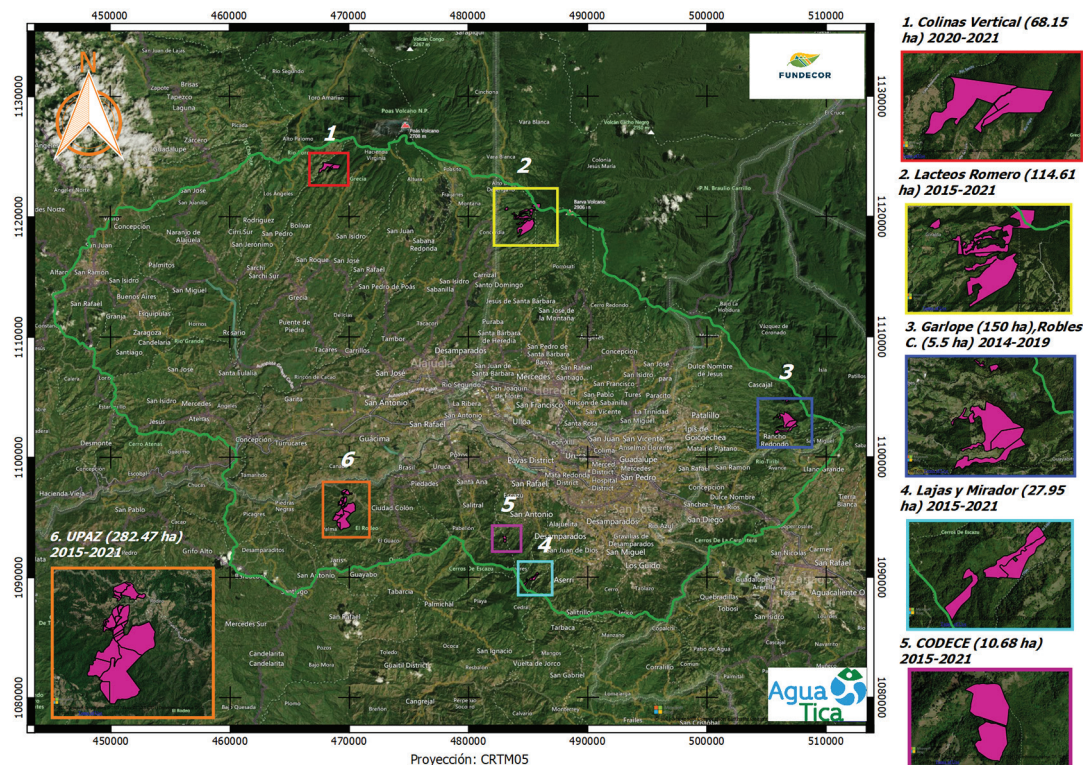


Figura 2. Mapa de ubicación de las fincas bajo convenio con el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica

Se seleccionaron originalmente ocho sitios o fincas para participar en el Proyecto. El plazo de ejecución fue de cinco años a partir del año 2014 cuando se inscribieron los primeros sitios. Este periodo se extendió hasta diciembre del 2020 con la consideración de las ampliaciones correspondientes de los primeros contratos firmados. Un propietario indicó que no ampliaría dos contratos de 150 ha de una finca ubicada en el sector de Coronado. Por lo tanto, se sustituyó por dos sitios nuevos, uno en el sector de Heredia y otro en Grecia y se aumentó el área de bosque contratado con el sitio Universidad para la Paz, para un total de 9 sitios.

4.3. Monitoreo y seguimiento

Visitas de campo y uso de drones para el control de la cobertura boscosa

Desde el inicio del Proyecto en el 2014, se estableció un protocolo de monitoreo y seguimiento para las áreas cubiertas de bosque y bajo regeneración natural. En esta guía se planificaron visitas de campo periódicas con el fin de comprobar que las áreas boscosas y bajo regeneración se encontraran en un proceso natural de recuperación y mantenimiento y que no estaban siendo degradadas por actividades circundantes a las áreas de bosque, como la ganadería, la agricultura u otras actividades.

Estas visitas fueron realizadas por el equipo técnico de FUNDECOR. Dos ingenieros forestales y un técnico de campo fueron los encargados de visitar todas las fincas y revisar el estado del bosque. Se levantó la información usando un aparato receptor de señal del sistema de posicionamiento global (GPS), que registraba el recorrido o *track* y los puntos de interés marcados por el observador. Además, se completó un registro fotográfico de algunas estaciones seleccionadas previamente para comparar el estado de los bosques. También se registraron hallazgos o alteraciones que hubiesen en los sitios de interés. Aparte del control anterior, se utilizó tecnología VANT para vuelos programados que tomaron un *set* de fotografías georreferenciadas con las cuales se generaron fotos ortorectificadas a partir de programas como Agisoft, Dronedeploy y PIX4D, con el fin de tener imágenes de alta resolución del uso del suelo que fueron utilizadas en el *software* de sistemas de información geográfica (SIG) para determinar el estado y/o cambios de cobertura en las fincas. Esta información complementó los recorridos periódicos en las fincas y permitió medir riesgos de las áreas circundantes y documentar gráficamente los efectos de la protección del bosque.

En cada visita se elaboró un informe descriptivo y detallado de los hallazgos en el campo y se hicieron las recomendaciones pertinentes para que las áreas de bosque se mantuvieran y las de regeneración natural y asistida avanzaran de acuerdo con lo planificado. Algunas recomendaciones dadas fueron la construcción de cercas, instalación y mantenimiento de rotulación y mantenimiento de colindancias. En las áreas de regeneración asistida se recomendó labores culturales para los árboles plantados tales como deshierbas, podas, fertilización y control fitosanitario.

De acuerdo con los riesgos posibles sobre el bosque y el agua que resultaron en cada finca y a la programación presupuestaria anual, el Proyecto asignó recursos extraordinarios para apoyar a los finqueros en la compra de materiales para hacer las cercas, mejorar el abastecimiento de agua para el ganado, instalación de sistemas para la adecuada disposición y ahorro en el consumo de agua potable de las fincas tales como bombas y tanques e infraestructura sanitaria. Esta asignación de recursos se formalizó en adendas al contrato y las obras se supervisaron en visitas posteriores.

Metodología propuesta para la contabilización del reabastecimiento de agua en las áreas bajo protección de bosque y de regeneración natural y asistida

La empresa consultora Limnotech cuantificó la cantidad de hectáreas bajo protección de bosque y regeneración natural y asistida, la cual se traduce en una estimación de la cantidad de agua (m³) reabastecida por hectárea por año.

Los valores obtenidos, conjuntamente con información meteorológica y biofísica recolectada y analizada, se modelaron con el fin de cuantificar la cantidad de agua que se incorpora al sistema. Los datos analizados incluyeron factores edafológicos y meteorológicos como: i) textura, ii) composición del suelo, iii) tipo de suelo y su pendiente, iv) temperatura diaria (por un período no menor a 10 años de registro) y v) cantidad de lluvia diaria (por un período no menor a 10 años), con el fin de tener un registro espacial del reabastecimiento y estimar cuáles fueron las áreas que más reabastecen de agua a la naturaleza.

Los beneficios hídricos volumétricos se pudieron estimar utilizando un conjunto de métodos estándar de gestión de cuencas empíricos y basados en procesos que permitieron estimar la disminución de la escorrentía debido a la implementación de las actividades del Proyecto que implicaron cambios en el uso de la tierra relacionados con la conservación y la protección de los bosques, la regeneración natural y la reforestación. Se utilizó el método del Número de la Curva de Escorrentía del NRCS (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos 1986), tal como se implementa en el modelo de Evaluación de Suelos y Aguas (SWAT) (Neitsch *et al.* 2005, TAMU, 2017). Este método también se utilizó para estimar otros tipos de métricas, incluyendo los cambios en el almacenamiento y las pérdidas de agua a través de procesos como la evapotranspiración. Los cálculos de la cantidad de agua infiltrada se centraron en la estimación del cambio en el volumen de escorrentía porque: 1) la escorrentía sirve como un indicador útil tanto de las mejoras hidrológicas (por ejemplo, el aumento del flujo de base), como de las reducciones en la erosión/rendimiento de sedimentos; y 2) las predicciones de la escorrentía son más seguras que las predicciones de los cambios en el flujo de base para áreas de tierra relativamente pequeñas. El beneficio hídrico volumétrico del proyecto de reabastecimiento se contabilizó como un equilibrio del uso consuntivo del volumen anualizado de agua que se reestablece a una condición más natural dentro de la cuenca después del Proyecto en comparación con la condición anterior al mismo (Rozza *et al.* 2013).

Monitoreo de la calidad del agua

Análisis físicoquímicos

Se realizó el análisis del pH, conductividad, sólidos disueltos, temperatura, medición de fosfatos y nitritos. Estos análisis se realizaron *in situ* mediante la utilización de tres equipos de la marca HANNA, el multiparámetro HI9811-5, el medidor de nitritos HI764 (ppb) y el medidor de fosfatos HI774 (ppm) (figuras 3 y 4).

Los frascos utilizados para la medición de nitritos e isótopos se enjuagaron una vez que se llegó a la naciente, quebrada o río y se llenaron de agua hasta donde se indica en el frasco; posteriormente se agregó el reactivo HI764-25 en nitritos y el HI717-25 en fosfatos. A este último se le agregó además 10 gotas de solución HI717 AS. Antes de analizar la prueba fue muy importante batir o agitar bien los frascos durante varios segundos (30 o 40). El tiempo requerido para obtener las lecturas de los fosfatos y nitritos del agua analizada tardaron entre 5-6 minutos.

La medición del pH, conductividad, sólidos disueltos y temperatura, se obtuvieron introduciendo la sonda en el cuerpo de agua por al menos 5 minutos para que se normalizaran los valores. En la libreta de campo se anotaron todos los valores registrados, así como la ubicación geográfica indicada por un GPS (Figura 5). Además, se anotó la hora, el día, el sitio de colecta y el nombre del colector de los datos; se registró si se tomaron muestras bacteriológicas e isotópicas y los datos se ingresaron a un formulario de toma de datos *offline* en la plataforma Epicollect5



Figura 3. Multiparámetros HI9811-5 de la marca HANNA



Figura 4. Medidores de nitritos y fosfatos de la marca HANNA



Figura 5. Muestreo de parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e isotópicos llevados a cabo para determinar la calidad del agua

Análisis bacteriológicos

Para determinar los análisis bacteriológicos se tomaron muestras *in situ* en recipientes esterilizados y se almacenaron en un recipiente refrigerado mientras eran transportadas al Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA-UCR). Estos muestreos se realizaron a nivel de nacientes, quebradas y ríos dos veces al año, una en temporada seca y otra en la lluviosa, con las excepciones del caso de acuerdo con alguna contrariedad que no permitiera realizar el muestreo. El laboratorio CIA-UCR se encargó de analizar la cantidad de coliformes totales y de *Escherichia coli* (E. coli) y emitir un reporte para cada muestra tomada en campo.

Todos los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos se realizaron con el fin de establecer la calidad del agua dentro de las fincas del Proyecto y se analizaron a la luz de los decretos N° 33903-MINAE-S y el 38924-S, que determinan los parámetros para la utilización del agua y si es apta para consumo humano.

Monitoreo de los isótopos estables

Según la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), los isótopos estables son formas no radiactivas de átomos. Aunque no emiten radiación, gracias a sus propiedades únicas pueden utilizarse en una gran variedad de aplicaciones, como la gestión del agua y del suelo, estudios medioambientales y evaluaciones de la nutrición y la ciencia forense.

Los isótopos O18 (oxígeno) e H2 (hidrógeno), pueden formar parte de la molécula de agua (H_2O) de igual manera que los átomos normales O16 e H1. La única diferencia en cuanto a las moléculas de agua compuestas por oxígeno e hidrógeno normal y las compuestas por estas variantes isotópicas, es el peso molecular, siendo las moléculas más pesadas las que contienen isótopos presentes.

Por esta razón es que las moléculas más pesadas, son las primeras en precipitar cuando el agua está en estado gaseoso y, conforme el cuerpo de agua (nube) se va acercando al continente, la presencia de O18 e H2 se va haciendo cada vez más negativa. Por tal razón, las mediciones a través de cuerpos de agua superficiales, subterráneas y de precipitación nos permiten tener una idea muy certera de la procedencia del agua, a nivel de zonas de recarga y cuerpos de agua superficial en la superficie terrestre.

Al igual que los monitoreos fisicoquímicos y bacteriológicos, el muestreo de isótopos estables se realizó en sitios escogidos de las fincas que participaron en el Proyecto. Las muestras fueron tomadas en recipientes de vidrio que se llenaron totalmente con el fin de no dejar ningún espacio de aire para que los átomos de O18 e H2 no se perdieran y, con ellos, la huella isotópica de las muestras. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad Nacional (UNA-SIL), quienes emitieron los reportes respectivos (Figura 6).

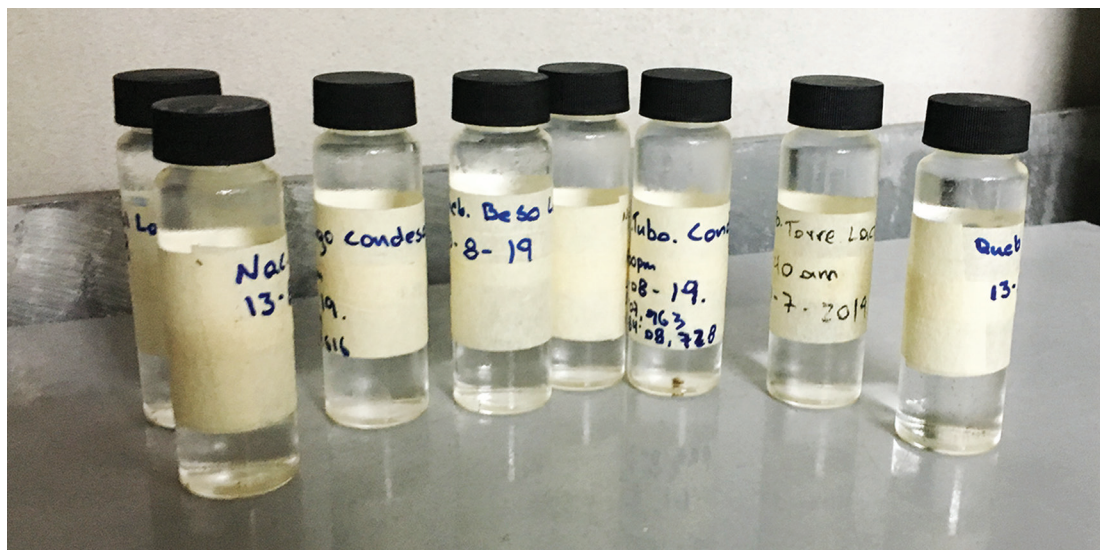


Figura 6. Muestras isotópicas colectadas durante las giras campo

Los análisis realizados brindaron información sobre la huella isotópica del agua a nivel del 18O y 2H en distintos momentos y conocer así factores hidroclimatológicos exclusivos de momentos específicos y así poder determinar la procedencia del agua y trazar su comportamiento a niveles superficial y subterráneo con estudios bien sustentados y prolongados en el tiempo.

Monitoreo de los suelos

Como parte del sistema de monitoreo del Proyecto, también se tomaron muestras de suelo en los distintos usos del suelo de las fincas que participaron del Proyecto, con el fin de hacer comparaciones entre los usos del suelo, su composición y calcular su pérdida por su uso a partir de la fórmula universal de pérdida de suelo (RUSLE). Las muestras tomadas *in situ* fueron llevadas al laboratorio del CIA-UCR para que se realizaran los análisis de composición del suelo, humedad y granulometría. Con los resultados obtenidos se elaboró el mapa de pérdida de suelo (Figura 7).



Figura 7. Entrega de muestras de suelo en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica

La fórmula universal de pérdida del suelo , se establece a partir de cinco factores:

$R \times K \times L \times S \times C \times P$ = toneladas de suelo perdidas/hectárea/año

El factor R o factor de erosividad, es la capacidad del agua de erosionar el suelo. Para su cálculo se consideran datos de precipitación del mes más lluvioso y el promedio anual; esta capa fue suministrada por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Este factor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = (4.17 \cdot (p^2/P) - 152) \cdot 17.02$$

Donde:

p: es la precipitación del mes más lluvioso del año

P: es la precipitación anual promedio

El factor K, o factor de erodabilidad, es la capacidad del suelo de erodarse ante los embates climáticos; expresa la vulnerabilidad por erosión hídrica de un suelo. Para esta capa se utilizaron los datos obtenidos a partir de las muestras de suelo que se tomaron en campo y datos de suelos del CIA-UCR y se generó un *ráster* de 10x10. De acuerdo con Wischmeier (1978), las características que tienen un impacto importante en la disposición erosiva de un suelo son:

El contenido [%] limo + arena muy fina (0,002-0,1 mm)

El contenido [%] de arena + arena fina (0,1-2 mm)

El contenido de materia orgánica [%]

La clase de agregación

La permeabilidad

Con este principio, el cálculo del factor K se determinó utilizando el algoritmo:

$$100k = 2.1M^{1.14}(10^{-4})(12-a)+3.25(b-2)+2.5(c-3)$$

Donde:

K: factor K

M: (% limo + % arena muy fina) * (% limo + % arena - % arena fina)

a: contenido de materia orgánica (%)

b: clase de agregación según la clasificación de suelos

c: clase de permeabilidad

Para obtener el factor LS (largo y porcentaje de pendiente), se utilizó el modelo de elevación digital elaborado por FUNDECOR y mediante un complemento de SAGA GIS, llamado LS Factor, se derivó una capa *ráster* de 10x10. Para los factores C (uso del suelo) y P (práctica de manejo), se realizó una reclasificación del uso del suelo de cada finca, basado en Lianes *et al.* (2009) y Guerrero (2011) (Cuadro 2), del cual se derivaron dos *ráster* de 10x10.

Cuadro 2. Valores de los factores C y P para el cálculo de la fórmula universal de pérdida del suelo

Uso del Suelo	Factor C	Factor P
Bosque	0.001	0.01
Reforestación (en aprovechamiento)	0.7	0.5
Pasto	0.015	1
Servidumbre	1	1
Camino	1	1
Regeneración natural	0.007	0.5

Difusión de los logros del Proyecto

Como parte de la estrategia de divulgación de los resultados del Proyecto, se realizó un acercamiento inicial con instituciones o actores claves (organizaciones no gubernamentales, centros educativos, universidades, asociaciones de desarrollo, ASADAS, entre otras), que realizaran actividades de proyección comunitaria o de educación ambiental localmente. Esta estrategia buscó apoyarse en esfuerzos y espacios ya existentes *in situ*, lo cual fue clave para que el Proyecto tuviera una imagen positiva y colaborativa con estos escenarios sociales que son parte de las áreas de impacto y que presentan condiciones diversas.

Una vez realizado el mapeo de los actores, se procedió a establecer un acercamiento formal con estos actores claves. Se tuvo reuniones unilaterales con el fin de darles a conocer el Proyecto, sus características y saber si tenían interés de desarrollar labores conjuntas.

Además, se identificaron los actores-aliados con los cuales se estableció un acuerdo verbal y se procedió a elaborar una propuesta de trabajo que incluyó una programación de actividades con los diferentes públicos con los que estas organizaciones trabajan: niños, estudiantes, vecinos, miembros de organizaciones comunales, etc.

La planificación de las actividades incluyó varias técnicas que permitieron la comunicación efectiva de la información, la construcción de conocimiento, el aprendizaje activo y vivencial, así como la construcción de valores y actitudes positivas, todas relacionadas con el recurso hídrico y en el marco del paisaje en el que viven. Dentro de estas técnicas están:

El juego

Hay autores que consideran el juego como un ejercicio para tener una nueva forma de pensar y que incluso tiene un contexto espiritual, pues expone elementos instintivos. En general, el juego es considerado una “expresión original que responde al deseo y a la elección subjetiva del individuo y nadie puede dirigirlo desde afuera (Bernabeu y Goldstein 2009).

Entonces, consideramos que es natural aprender jugando y, desde ahí, se consideró la necesidad de incluir juegos como una metodología motivadora, muy social e interactiva que permitiera valorar el proceso llevado a cabo por el Proyecto y brindar un espacio libre que mejorar el ambiente de participación creativa, principalmente en temas como el recurso hídrico que requieren de la participación de todos los involucrados.

Metaacción

Esta metodología de capacitación activa, desarrollada en Alemania, es una gran herramienta que se basa en la construcción del conocimiento, pues busca que el diálogo entre personas y grupos sea eficiente, eficaz, integrador, productivo y significativo. Permite desarrollar competencias sociales y orientar acuerdos y decisiones consensuadas hacia acciones necesarias, con el punto de vista de todas las partes, inclusive el apoyo especializado cuando se requiere (Carnap 2012). Esta metodología permitió planificar de manera eficiente las sesiones realizadas, así como las actividades y otras dinámicas a integrar.

Juegos wet

Según este juego, “la educación proporciona una de las mejores vías para asegurar un comportamiento responsable hacia el agua” (IMTA 2000). Por tanto, los juegos wet constituyen una serie de herramientas pedagógicas de experimentación que abarcan solamente conceptos relacionados al recurso hídrico, que en algunas ocasiones son difíciles de compartir con solamente una explicación porque son algo abstractos. Otro aspecto importante de este juego es que sus actividades se adaptan al nivel de conocimiento o de los intereses de los públicos a tratar y que permite contextualizar los conceptos a comunicar y construir a nivel de paisaje.

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Como parte de la nueva agenda de desarrollo sostenible adoptada a nivel mundial, se consideró importante que el Proyecto identificara los temas y la manera en que inciden o suman a estos objetivos globales, pues, al igual que se visualizaron desde el Proyecto, “los ODS son integrales ... conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental” (Gobierno de Costa Rica y Naciones Unidas 2020). Consideramos que las acciones y los resultados obtenidos aportan a los objetivos, directa e indirectamente, Bienestar y salud (no. 3), Educación de calidad (no. 4), Agua limpia y saneamiento (no. 6), Reducción de las desigualdades (no. 10), Ciudades y comunidades sostenibles (no. 11), Acción por el clima (no. 13) y Alianzas para lograr los objetivos (no. 17) (Figura 8).



Figura 8. Objetivos de desarrollo sostenible a los que aporta el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosques y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Agua Tica, Costa Rica

Este Proyecto busca científicamente, comprobar el proceso del ciclo del agua en el paisaje y dotar de información e insumos a los habitantes y propietarios de terrenos importantes para el reabastecimiento de agua en la gran área metropolitana. En este sentido brinda un aporte directo al ODS no. 6 que busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (Gobierno de Costa Rica y Naciones Unidas 2020).

Por todo lo anterior, consideramos valiosa e interesante la propuesta metodológica del Proyecto ya que la mezcla de distintas técnicas comunicativas permitió realizar actividades muy variadas, así como el desarrollo y el descubrimiento de habilidades personales que se pusieron al servicio de la sociedad. La combinación de estas herramientas se dio en función de las condiciones de los grupos meta, por ejemplo, si eran niños, jóvenes o adultos; o el grado de escolaridad, entre otros.

Como paso metodológico final, y conjuntamente con socios aliados, se realizó una planificación de las actividades de difusión y talleres, que se compartió vía correo electrónico para darla por aprobada. Lo anterior permitió la programación y ejecución de las actividades y la sistematización de las experiencias.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Visitas de campo para el control de la cobertura boscosa y uso de drones

Se realizaron, al menos, tres visitas de control al año: una ordinaria de revisión y recolección de datos y calendarizada para el trámite del pago, una de preparación para la auditoría externa anual y otra con el auditor. En algunas ocasiones se hicieron otras visitas en compañía con socios del TNC que cumplían con visitas periódicas a las fincas.

La visita de control tenía como punto de partida revisar la información recopilada al inicio del Proyecto; y que los parámetros a revisar estaban en función del contrato suscrito entre las partes (Coca Cola FEMSA, el propietario, FUNDECOR y TNC). Los elementos principales que se consideraron son los siguientes:

1. Contrato de asesoría técnica y desglose de fechas y montos de pago por el servicio ambiental de reabastecimiento de agua.
2. Mapa base de uso del suelo con los correspondientes linderos y puntos de referencia (figuras 9 y 10).
3. Área de bosque o regeneración contratada.
4. Plan general de manejo de la propiedad.
5. Requisitos del sistema de monitoreo elegido para el Proyecto: fotografías, verificación del área de bosque con control GPS, revisión de colindancias, identificación de efectos externos y su impacto. En las áreas de regeneración activa, se hicieron mediciones de diámetro a la altura del pecho (DAP) para determinar el crecimiento de los árboles y se valoró su estado fitosanitario.
6. Se elaboró un informe de visita, se actualizó la ficha de seguimiento del proyecto y se procedió a aprobar el pago correspondiente.

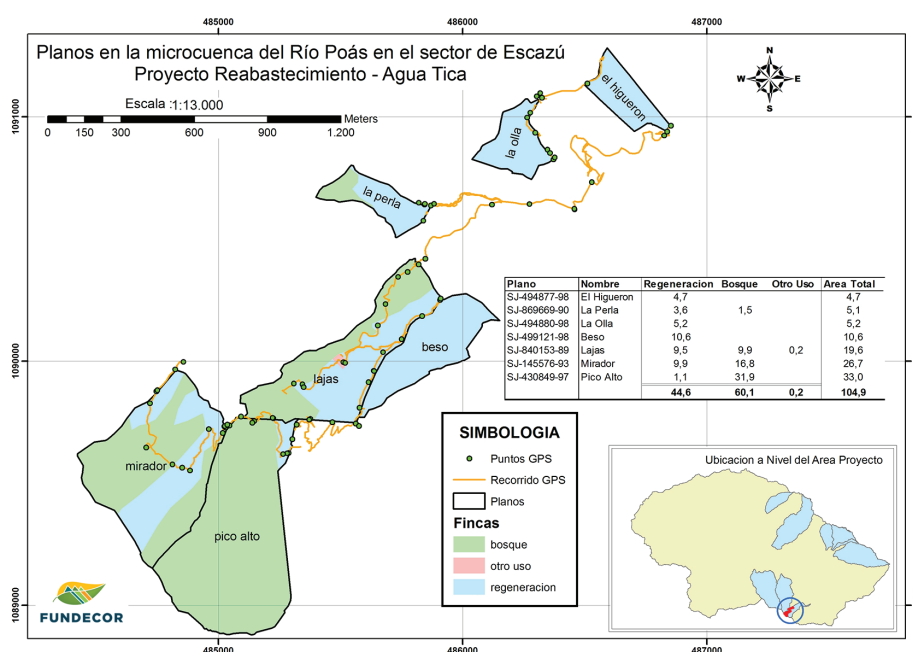


Figura 9. Mapa de la cobertura boscosa en fincas de la microcuenca del río Poás, Alajuelita

Los recorridos de campo se planificaron y registraron con un aparato receptor GPS como se señala en la Figura 10.

Contorno de finca

Recorrido con puntos de ubicación

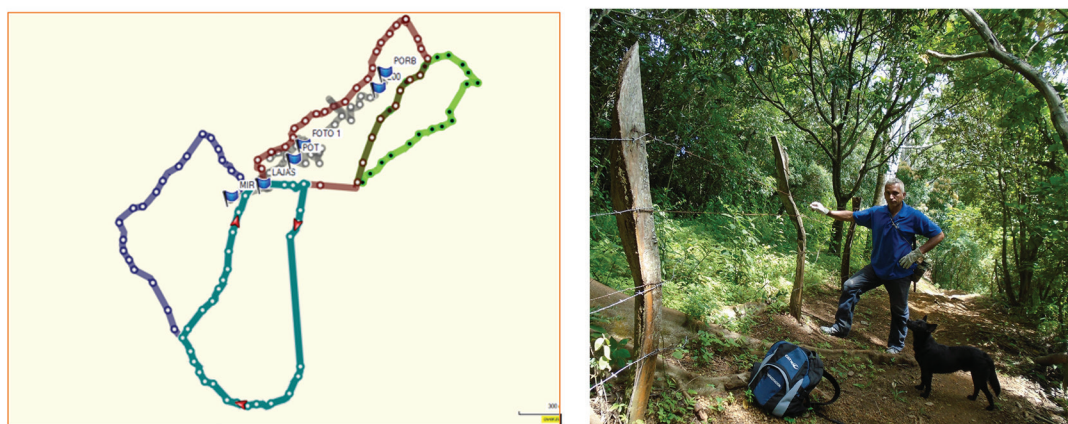


Figura 10. Registro de recorrido de campo por el bosque de una de las fincas según levantamiento con GPS

Según la imagen cargada con el GPS y los puntos de identificación del terreno, se revisó que el área permaneciera sin alterar. Se observó situaciones específicas como corta de árboles, senderos o caminos nuevos, presencia de basura o marcas de personas que indicaran alguna alteración. También se revisó efectos de eventos como quemas, deslizamientos o caída de árboles por vientos. Si estas situaciones ocurrieron, se cuantificó el daño y el efecto sobre el área de bosque o bajo regeneración.

Se tomaron fotografías en los puntos previamente identificados y se hicieron los registros respectivos en los informes de visita. Además, se revisó el estado de las cercas, rótulos y cualquier otra situación que afectara la conservación del bosque y el agua.

Las visitas se aprovecharon para intercambiar información y capacitar informalmente a los empleados y propietarios presentes. Esta actividad mostró resultados positivos porque la mayoría de los propietarios se identificaron con los objetivos del Proyecto y del manejo del bosque y estuvieron dispuestos a ejecutar de buena forma las recomendaciones resultantes de la inspección de campo.

Con la información completa de las visitas de campo se elaboró el informe de cada una y se enviaron a los propietarios para su conocimiento y el seguimiento y cumplimiento de las recomendaciones indicadas.

Posteriormente a las visitas de campo, se procedió a completar y revisar la ficha de finca que conllevaba la actualización del plan de manejo con la información de las revisiones anuales, tanto legales como técnicas. Se procedía a realizar las consultas a las bases de datos del registro nacional y del catastro nacional para verificar que la propiedad estuviera en las mismas condiciones que al momento de la firma del contrato: el mismo propietario, que no tuviera segregaciones o reducciones de área y no presentara embargos o anotaciones que afectaran la tenencia de la propiedad. Posteriormente a estas verificaciones, se elaboraba la orden de desembolso para el pago del servicio ecosistémico de reabastecimiento de agua correspondiente al año evaluado y se realizaba el depósito del monto correspondiente (Figura 11).

Proyecto de Reabastecimiento de Agua a la Naturaleza, acuerdo FUNDECOR -TNC					
Finca	Universidad para la PAZ				
Responsable TNC	Mauricio Echeverri	Mail	mguerrero@fundecor.org	Teléfono	506 22908818
Socio Responsable:	FUNDECOR	Mail		Teléfono	
FONDO DE AGUA:	AGUATICA				
UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PREDIO					
Provincia	San José				
Cantón y Distrito	Ciudad Colón, Mora	Cuenca:	Río Uruca		
Comunidades a las que abastece	El Rodeo	Precipitación promedio de la zona	1500-3000 mm		
Descripción de la tenencia de la propiedad:	Propiedad privada, inscrita en el Registro Público de la propiedad de Costa Rica				
Limnotech	FICHA LIMNOTECH 2014	189	Reabastecimiento 2014	22.2 ML/yr	
	FICHA LIMNOTECH 2015	189	Reabastecimiento 2015	261.9 ML/yr	
Coordenadas		Sistema de Coordenadas		CRTM05	
X		Y		Altura msnm:	
486 972,00000		1090563		1 431	

Figura 11. Ejemplo de una ficha de información correspondiente a un propietario participante en el proyecto de reabastecimiento de agua

Cuadro 3. Fincas incluidas en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica

Número	Número de Contrato de Asistencia Técnica	Modalidad de conservación	Área (ha)	Ubicación geográfica
1	CAT-2015-036	Bosque	4,57	Bebedero, Escazú
2	CAT-2015-041	Regeneración natural	6,25	Bebedero, Escazú
3	CFC-2014-018-E02-14	Regeneración natural	9,5	Poás, Aserri
4	CFC-2014-018-E01-14	Bosque	9,9	Poás, Aserri
5	CAT-2015-047	Regeneración	8	Poás, Aserri
6	CFC-2004-011-E01-14	Bosque	33,1	Coronado
7	CFC-2004-011-E01-15A	Bosque	117,2	Coronado
8	CAT-2015-006	Bosque	93,1	Los Cartagos, Heredia
9	CAT-2015-015, D01	Bosque	114,6	Carrizal, Heredia
10	CAT-2015-042	Bosque	5,5	Coronado
11	CAT-2015-016	Bosque	171,9	El Rodeo, Ciudad Colón
12	CAT-2015-039	Bosque	3,4	El Rodeo, Ciudad Colón
13	CAT-2015-040	Regeneración asistida	2	El Rodeo, Ciudad Colón
14	CAT-2016-080	Regeneración asistida	2	El Rodeo, Ciudad Colón
15	CAT-2016-081	Bosque	23	El Rodeo, Ciudad Colón
16	CAT-2019-011	Bosque	46,9662	El Rodeo, Ciudad Colón
17	CAT-2019-012	Bosque	33,1	El Rodeo, Ciudad Colón
18	CAT-2020-003	Reforestación	5,173	Getsemani, Heredia
19	CAT-2020-002	Bosque	65,06	San Luis, Grecia
20	CAT-2020-055	Bosque	3,081	San Luis, Grecia
Total			607	

Notas:

- Proyectos no renovados en el año 2020
- Proyectos que sustituyen las áreas no renovadas en el 2020

Fincas incluidas en el proyecto de reabastecimiento de agua a la naturaleza

En el Cuadro 3 se indican las fincas que participaron en el Proyecto desde su inicio (2014) y que se mantuvieron vigentes hasta diciembre del 2020, con un total de 25 beneficiarios directos. Como se observa, se alcanzó la meta de la superficie protegida bajo cobertura boscosa o regeneración natural o asistida establecida en el Proyecto. Cada propiedad cumplió los compromisos adquiridos en los contratos de muy buena forma, conservando el bosque o cuidando las áreas bajo regeneración forestal, protegiendo y mantenimiento los terrenos y participando activamente en todas las actividades. Como se indica en el cuadro, hubo dos proyectos, ubicados en una misma finca, que participaron cinco años, pero que decidieron no renovar el contrato para el año 2020.

5.2 Monitoreo de las áreas de bosque y regeneración natural y asistida mediante tecnología VANT

Dentro de las visitas anuales que se realizaron a las fincas, se coordinó con sus dueños y con un especialista en SIG y tecnología VANT con el fin de hacer visitas programadas y levantar datos de campo mediante el vuelo de los drones en las áreas de bosque. En un principio se pretendió poder levantar una ortofoto de todas las propiedades y así tener una fotografía anual de cada uno de ellas, sin embargo, debido a lo escarpado del terreno y a la dificultad de realizar vuelos, se obtuvieron ortofotos totales de las fincas pertenecientes a CODECE y a Robles del Campanario (figuras 12 y 13) y segmentos de las otras fincas (figuras 14, 15 y 16).

Los vuelos se planificaron adecuadamente a nivel de oficina, tomando en cuenta los cambios altitudinales de las fincas, ubicación geográfica, punto adecuado para el despegue tomando en cuenta la lejanía de las mismas y su altitud. Esta información permitió determinar la altura de vuelo segura para cada finca. El día del vuelo en cada sitio se valoraron los parámetros establecidos y, de ser necesario, fueron ajustados y se valoraron las condiciones climáticas para determinar si era posible o no realizar el vuelo en ese momento.

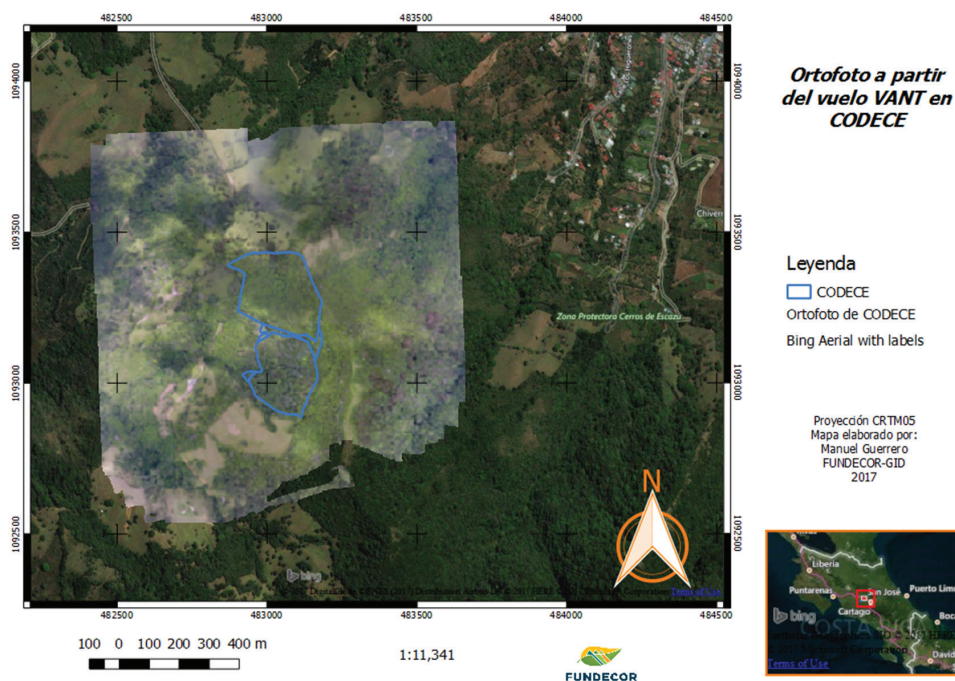


Figura 12. Ortofoto de las fincas de CODECE, Escazú, Costa Rica

Con cada vuelo se generaron archivos *ráster* georreferenciados con alta resolución (en algunos casos con resoluciones de 5 cm por pixel), que permitieron determinar cambios en áreas muy pequeñas que hicieron posible un monitoreo exhaustivo de las áreas bajo contrato.

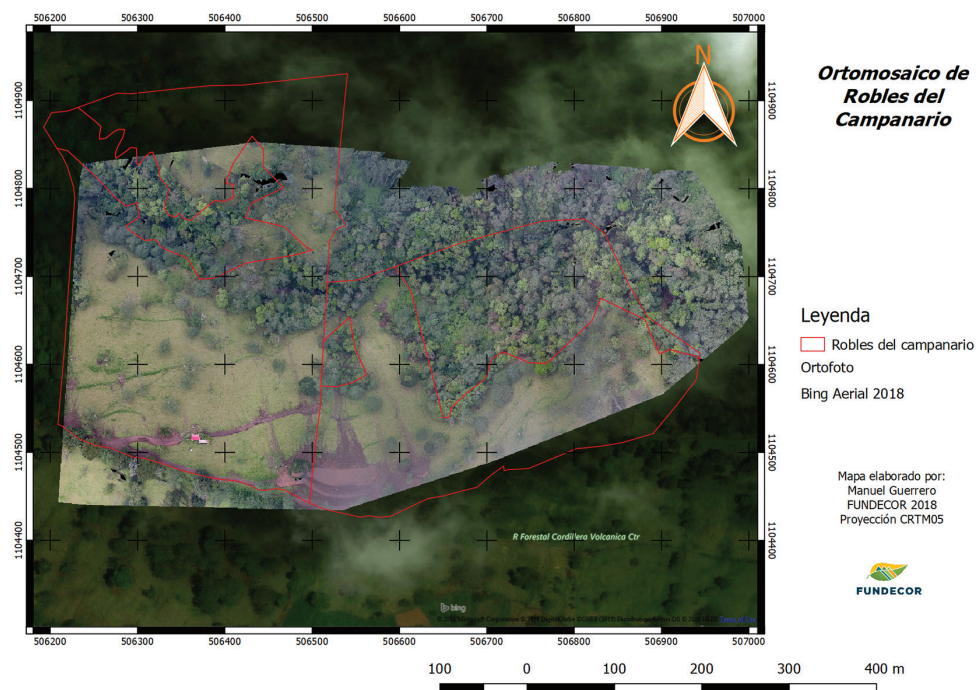


Figura 13. Ortofoto de la finca Robles del Campanario, Las Nubes de Coronado, Costa Rica

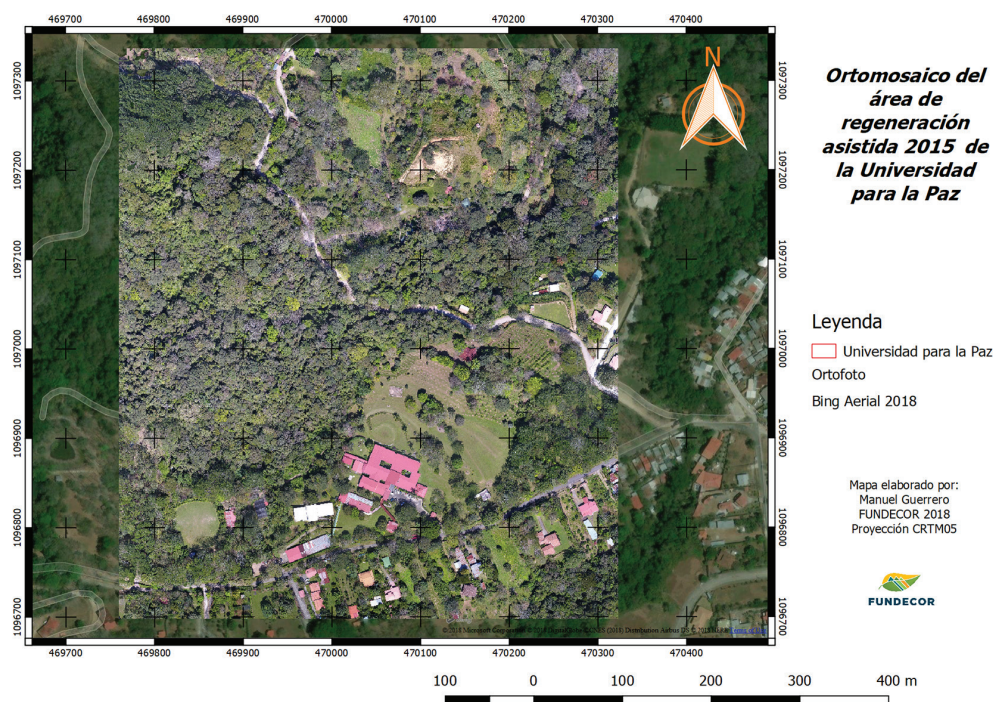


Figura 14. Ortofoto del campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica

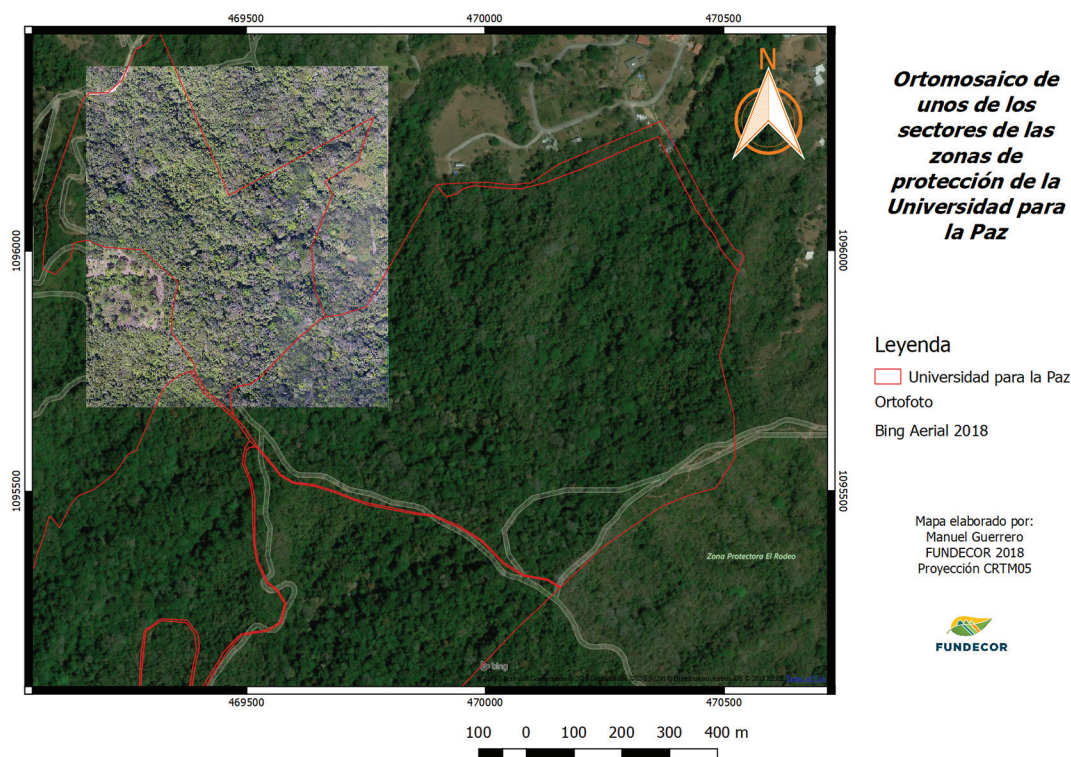


Figura 15. Ortofoto parcial del área de bosque de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica

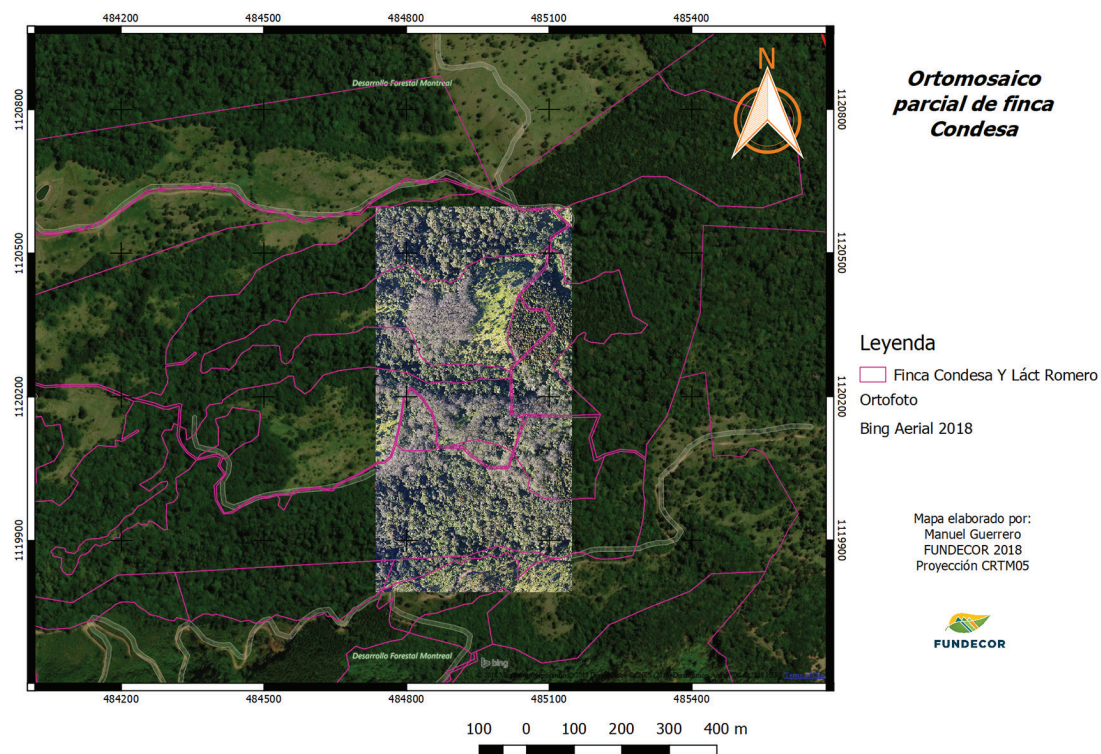


Figura 16. Ortofoto parcial de finca Condesa, Sector Los Cartagos, Costa Rica

Además de las ortofotos total o parcial de cada finca, se pudo derivar un modelo de elevación digital y otro 3d de la cobertura (figuras 17 y 18). Con los modelos 3d, fue posible generar curvas de nivel de la superficie según la cobertura abarcada en el vuelo.

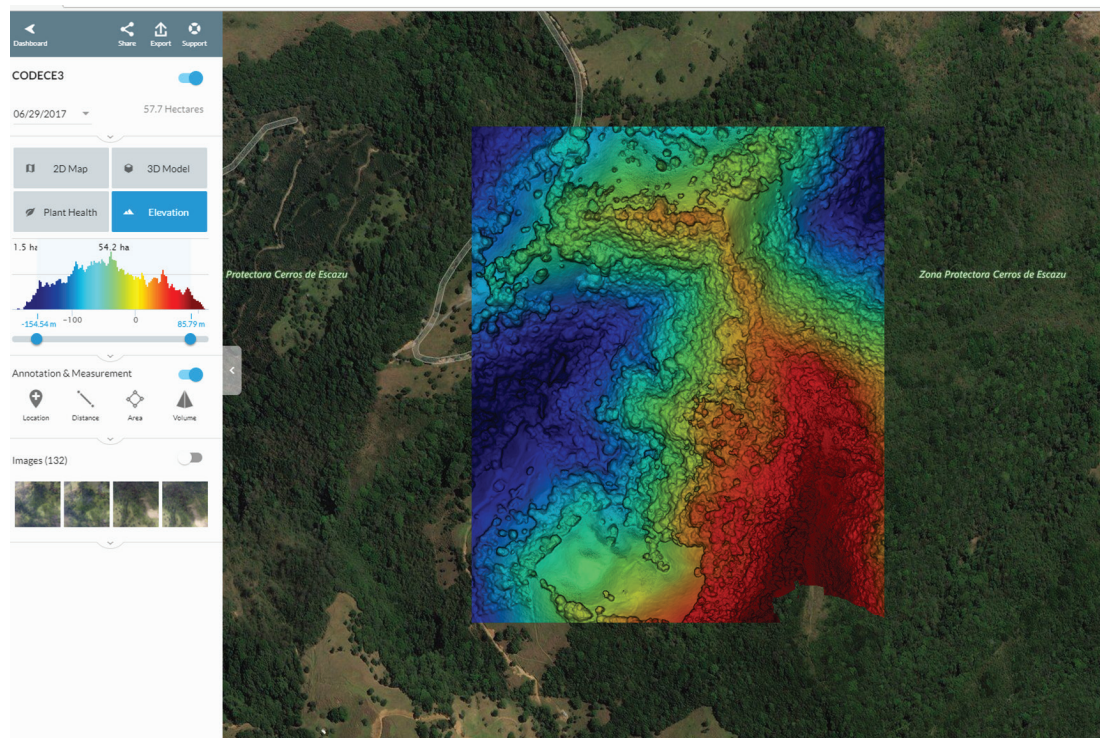


Figura 17. Modelo de elevación del terreno derivado de la ortofoto de la finca CODECE, Escazú, Costa Rica

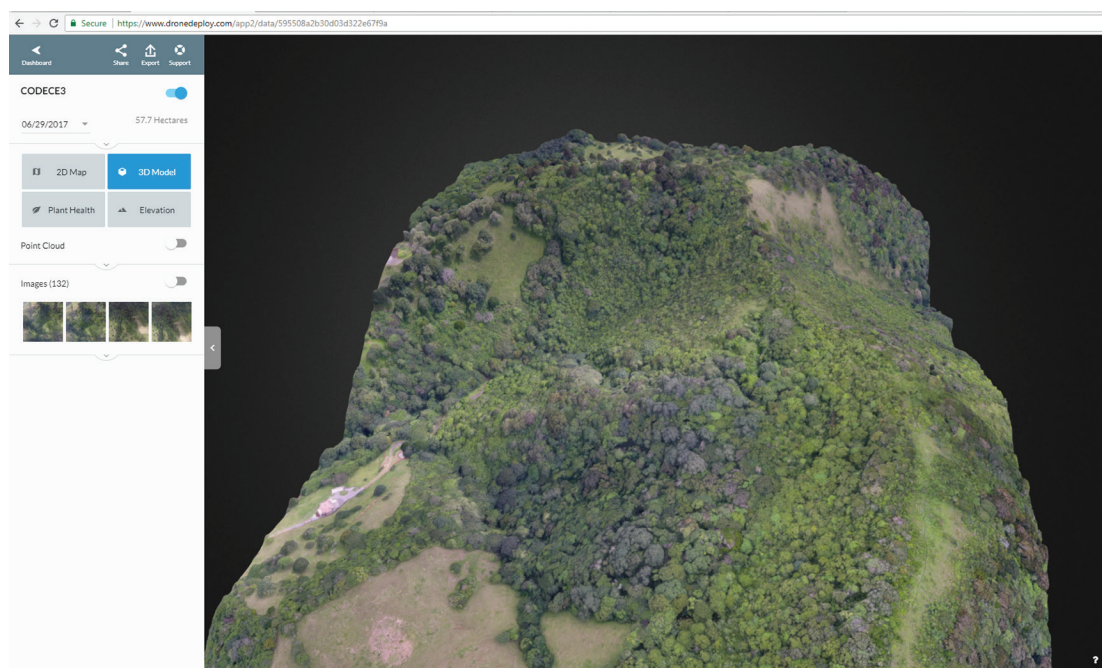


Figura 18. Modelo 3d derivado de la ortofoto de la finca CODECE, Escazú, Costa Rica

A través de las visitas de campo para el monitoreo de la cobertura boscosa (técnicas o levantamiento de coberturas por medio de SIG y tecnología VANT), se pudo comprobar la integridad de las áreas de bosque, la recuperación de las áreas bajo regeneración natural y asistida, así como la identificación de sitios vulnerables ya fuera por falta de cercas que podrían permitir el acceso de ganado o sitios con alguna condición especial como altas pendientes propicias a derrumbes (figuras 19, 20 y 21).



Figura 19. Cerca sustituida en el área bajo regeneración natural en la Finca Lajas, Poás de Aserrí, Costa Rica



Figura 20. Área susceptible a derrumbes en la finca Robles del Campanario, Coronado, Costa Rica



Figura 21. Área de bosque e identificación de zonas donde poner cercas de la finca Colinas Vertical, Grecia, Costa Rica

En general, según el control y seguimiento por parte de FUNDECOR, las fincas participantes no tuvieron impactos negativos asociados a procesos de deforestación o degradación, debido al compromiso serio de los propietarios con el ambiente y el Proyecto. Por el contrario, a través de los años se pudo comprobar un aumento en la cobertura boscosa que evidencia que las prácticas implementadas en las fincas tienen resultados positivos sobre la cobertura y los servicios ecosistémicos que se generan a partir de las mismas.

5.3 Procesos de regeneración asistida en el campus de la Universidad Para la Paz

Durante el periodo 2015-2016, al menos 100 colaboradores de Coca Cola Company y Coca Cola FEMSA realizaron dos actividades de siembra de plántones de árboles, con el fin de llevar a cabo una regeneración asistida, en 2 ha cubiertas de pasto de la Universidad para la PAZ en donde se logró sembrar un total de 1000 árboles (Cuadro 4). En mayo del 2018 se realizó, en conjunto con 75 colaboradores de estas empresas, otra jornada de regeneración asistida en la cual se sustituyeron árboles enfermos y muertos de las siembras realizadas en el 2015 y 2016 (figuras 22 y 23) y se intervino una nueva área de más o menos 1 ha. En el 2019 se realizó otra actividad similar que, conjuntamente con las anteriores, permitieron la siembra de un total de 4000 árboles en 4 ha del 2015 al 2019.

Cuadro 4. Lista de las especies plantadas en la regeneración asistida llevada a cabo en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica

Nombre común	Nombre científico	Arbolitos plantados en 2015-2016
Laurel muñeco	<i>Cordia eriostigma</i>	200
Cristóbal	<i>Platysmicium pinatum</i>	200
Acerola	<i>Malphigia emarginata</i>	100
Madroño	<i>Calycophyllum candissimum</i>	100
Lorito	<i>Cojoba arborea</i>	50
Senna	<i>Senna sp.</i>	200
Llama del bosque	<i>Spatodea campanulata</i>	50
Candelillo	<i>Cassia moschata</i>	25
Caoba	<i>Swietenia macrophilla</i>	70
Hormigo	<i>Triplaris melaenodendrum</i>	5
Total		1000



Figura 22. Proceso de regeneración asistida llevado a cabo por colaboradores de Coca Cola Company y Coca Cola FEMSA entre el 2015-2016 en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica



Figura 23. Proceso de regeneración asistida llevado a cabo por colaboradores de Coca Cola Company y Coca Cola FEMSA en el 2019 en el campus de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica

Según el seguimiento realizado en el periodo de los 5 años evaluados, se pudo evidenciar un buen crecimiento de los árboles plantados que empezaron a cubrir las áreas de pasto y bambusales migrando hacia una estructura más similar a un tacotal o bosque secundario (figuras 24, 25 y 26), la cual fue posible evidenciar mediante fotografías aéreas.



Figura 24. Área de regeneración asistida establecida en el *campus* de la Universidad para la Paz en el 2015, foto del 2020



Figura 25. Área de regeneración asistida establecida en el *campus* de la Universidad para la Paz en el 2016, foto del 2020



Figura 26. Revisión del estado de los árboles plantados en el 2016 en el *campus* de la Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica

El éxito de la regeneración asistida (20% de mortalidad), llevada a cabo en la Universidad para La Paz, se debió al trabajo y aporte de todas las partes, tanto de los colaboradores de Coca Cola FEMSA y Coca Cola Company, de los funcionarios de FUNDECOR que brindaron su asesoría técnica y de la Universidad para la Paz y sus colaboradores que apoyaron el proceso de escogencia, la preparación de los sitios y el mantenimiento y cuidado de los árboles plantados desde el 2016 y hasta el 2020.

5.4 Contabilización del reabastecimiento de agua en las áreas de protección de bosque y regeneración natural y asistida

Según los resultados obtenidos, desde el 2014 y hasta el 2020, se reabastecieron un total de 631 700 m³ de agua en 607 ha bajo esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida para un promedio de 1040,7 m³/ha/año. Según los sectores establecidos por el Proyecto, en el de Coronado se reabastecieron 197 400 m³/año, en el de Escazú-El Rodeo 290 400 m³/año y en el de Los Cartagos 143 900 m³/año (Figura 27).

Las diferencias en la cantidad de agua reabastecida en los distintos sitios (Figura 27), se debe básicamente a los tipos de suelos y su textura, la precipitación, la pendiente y la amenaza de degradación inmediata de los bosques evaluados. A pesar de las diferencias mostradas, el reabastecimiento de todo el conjunto de fincas es importante pues están ubicadas en las zonas de recarga acuífera que abastece a los habitantes e industrias del GAM de Costa Rica.

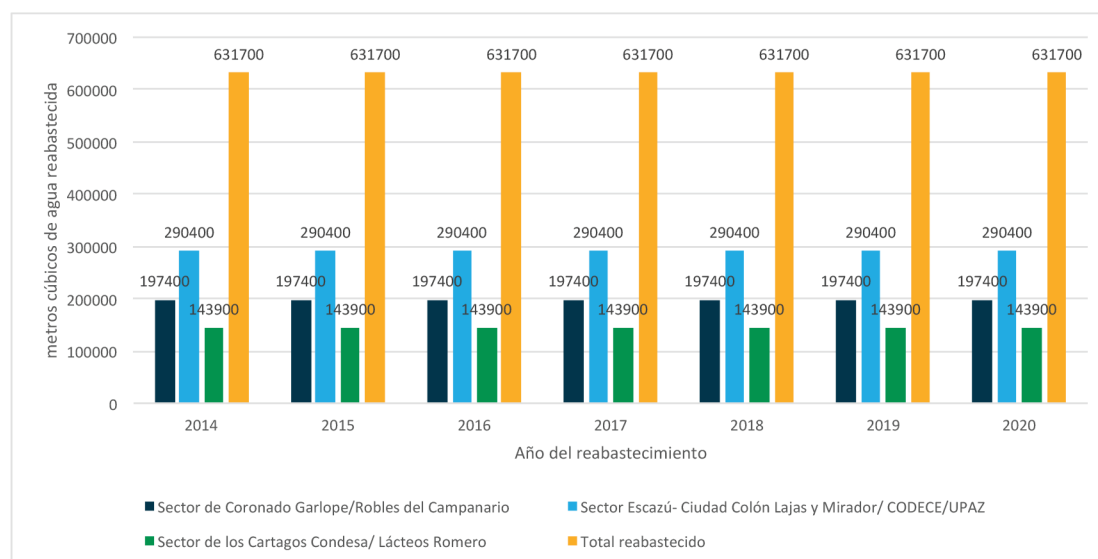


Figura 27. Cantidad de agua reabastecida en las fincas bajo protección de bosques y regeneración natural y asistida por sector durante el periodo 2014-2020

Los resultados aportados (Figura 27), permiten establecer proyecciones en el tiempo para cuantificar la disponibilidad hídrica de las microcuencas de las zonas evaluadas.

El poder cuantificar la cantidad de agua reabastecida como consecuencia de la protección de la cobertura boscosa y el establecimiento de nuevas áreas forestales establecidas a través de regeneración natural y asistida promovidas por el Proyecto, lo convierten en un proyecto muy innovador y le brinda a Agua Tica, y a los socios implementadores, una base técnica-científica para dar a conocer las compensación de su huella hídrica relacionada a su proceso de producción.

El Proyecto también representa un nuevo enfoque para plantear nuevos proyectos que permitan reconocer los beneficios de los servicios ecosistémicos que no se han podido evaluar por falta de metodologías robustas técnica y científicamente para poder cuantificar sus impactos a nivel social, ecológico, ambiental y económico.

5.5 Calidad del agua y determinación de su procedencia

En las fincas que se encuentran en el Proyecto se realizó un monitoreo de los cuerpos de agua desde el 2016 y hasta finales del 2020 donde se midieron los parámetros físico-químicos de conductividad (EC), pH, temperatura, sólidos disueltos (TDS), nitritos, fosfatos, además del muestreo bacteriológico para determinar cantidad de coliformes fecales y E. coli, así como muestro isotópico para establecer la cantidad de ^{18}O y ^2H en el agua.

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua y la determinación de su procedencia en las zonas de recarga y cuerpos de agua superficial se presentan por sectores.

Sector El Rodeo

En el caso de las fincas ubicadas en El Rodeo con base en 21 muestreos distribuidos en seis sitios específicos, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 28 y Anexo 1.

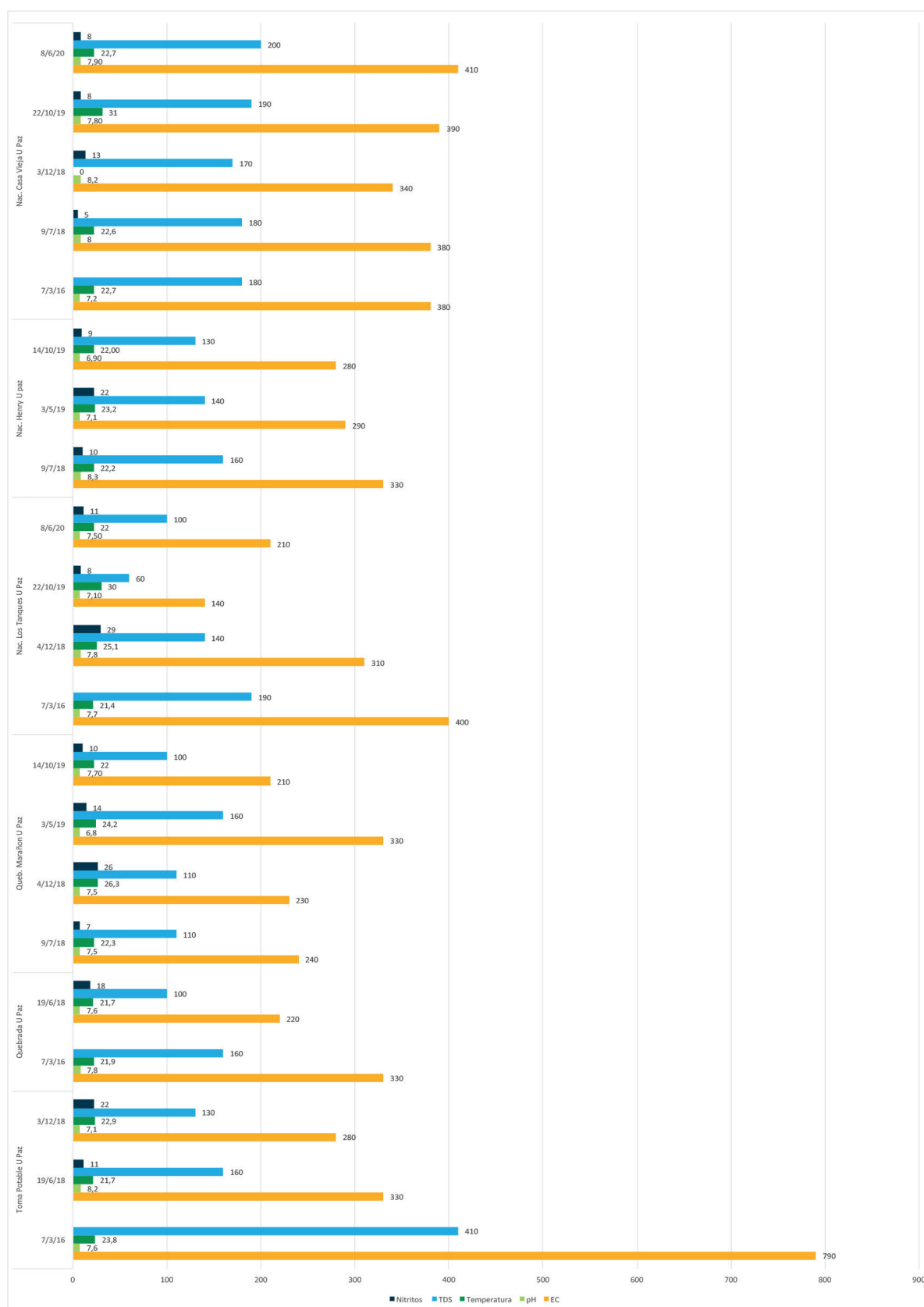


Figura 28. Resultados fisicoquímicos de las muestras de agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector El Rodeo, Ciudad Colón, Costa Rica

Se puede observar que los resultados de EC van desde los 140 hasta los 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y corresponde al valor más alto registrado en todos los muestreos. El pH oscila entre 6,8 y 8,2; los sólidos disueltos entre 60 y 410 mg/L y la temperatura entre 21,7°C y 31°C. Los nitritos oscilan entre 5 y 29 ppb (Figura 28) y los fosfatos entre 0 hasta 4,6 ppm (Figura 29, Anexo 1).

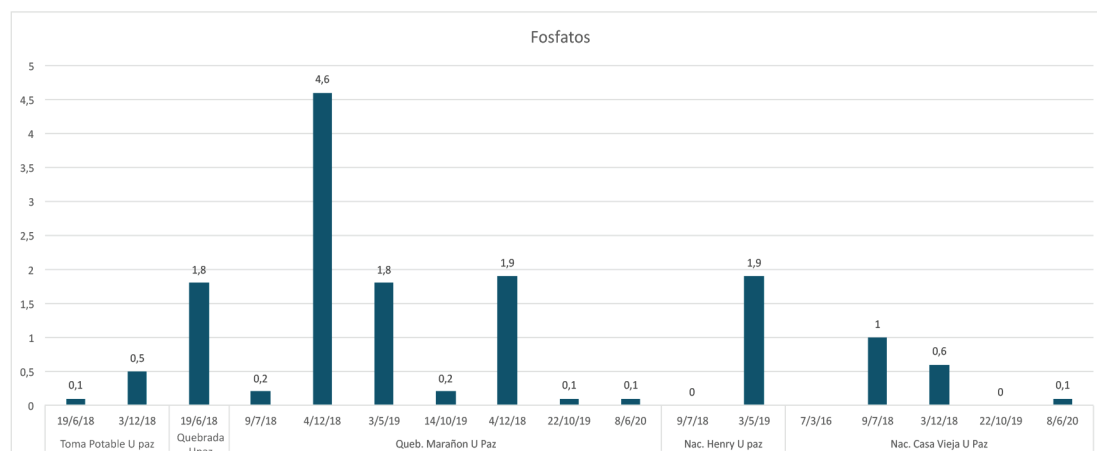


Figura 29. Cantidad de fosfatos presente en las muestras de agua analizadas por sitio y fecha de muestreo en las fincas correspondientes al sector de El Rodeo, Ciudad Colón, Costa Rica

La cantidad de coliformes totales y E. coli varió de acuerdo con la temporada de muestreo desde 2 hasta 2400 NPM/100 ml (Figura 30, Anexo 1).

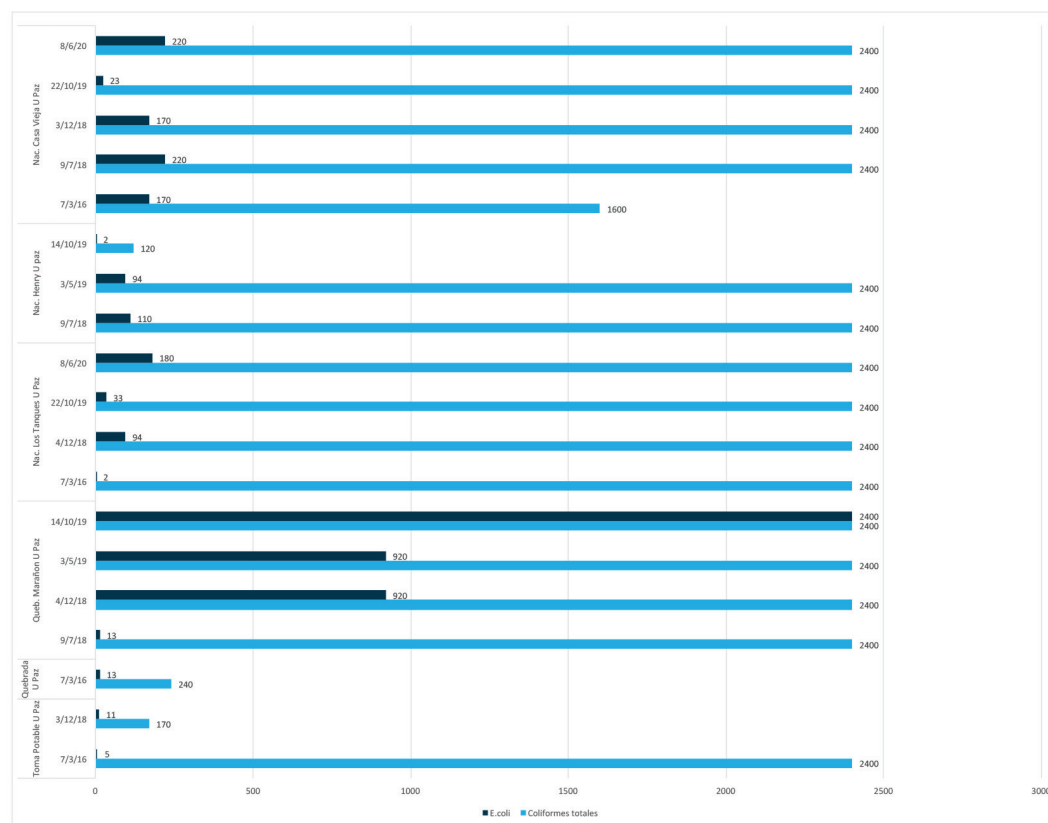


Figura 30. Cantidad de coliformes fecales y E. coli por fecha y sitio de muestreo en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector del El Rodeo, Mora, Costa Rica

El muestreo isotópico mostró resultados negativos ya que la línea base es cero y las mediciones indican la pérdida de los isótopos evaluados a partir del nivel del mar y como se van perdiendo conforme se acercan al continente. Los valores encontrados oscilan entre -8,07 y -9,84 (18O) y entre -56,73 y -61,22 (2H) (Figura 31, Anexo 1).

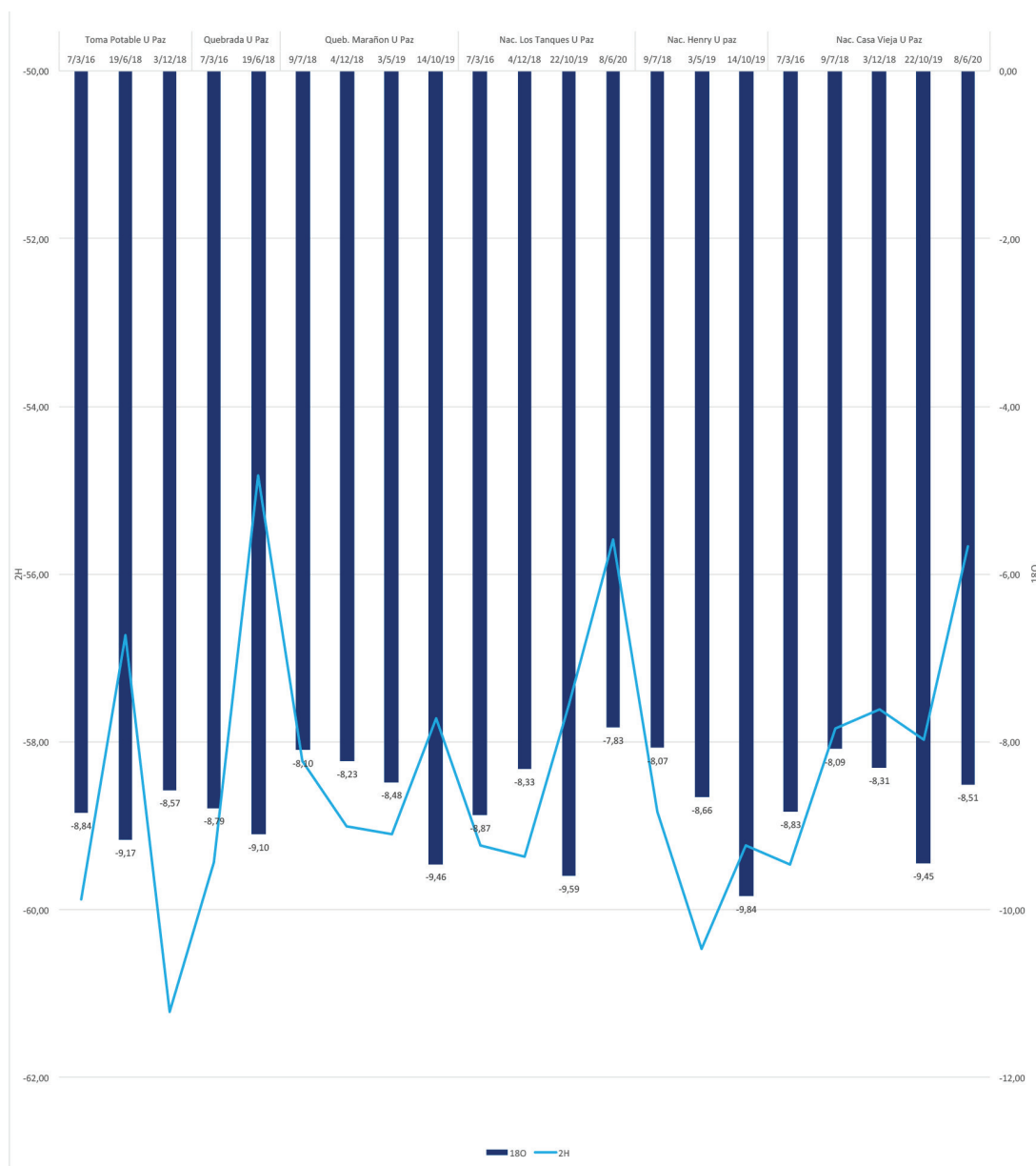


Figura 31. Presencia de isótopos estables 18O y 2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de El Rodeo, Mora, Costa Rica

Sector Poás de Aserri

En el sector de Poás de Aserri se muestrearon 13 sitios. Los valores de los análisis realizados a nivel físico-químico indican que la EC oscila entre 20 y 105 QS/cm; el pH entre los 7,3 y 8; la temperatura entre 13,3°C y 18,1°C y los sólidos disueltos entre 0 y 80 mg/L. En el caso de los nitritos y fosfatos (con dos muestras realizadas para dos sitios específicos), tenemos valores que van de 22 hasta 31 ppb y entre 0 y 0,4 ppm, respectivamente (Figura 32 y Anexo 1).

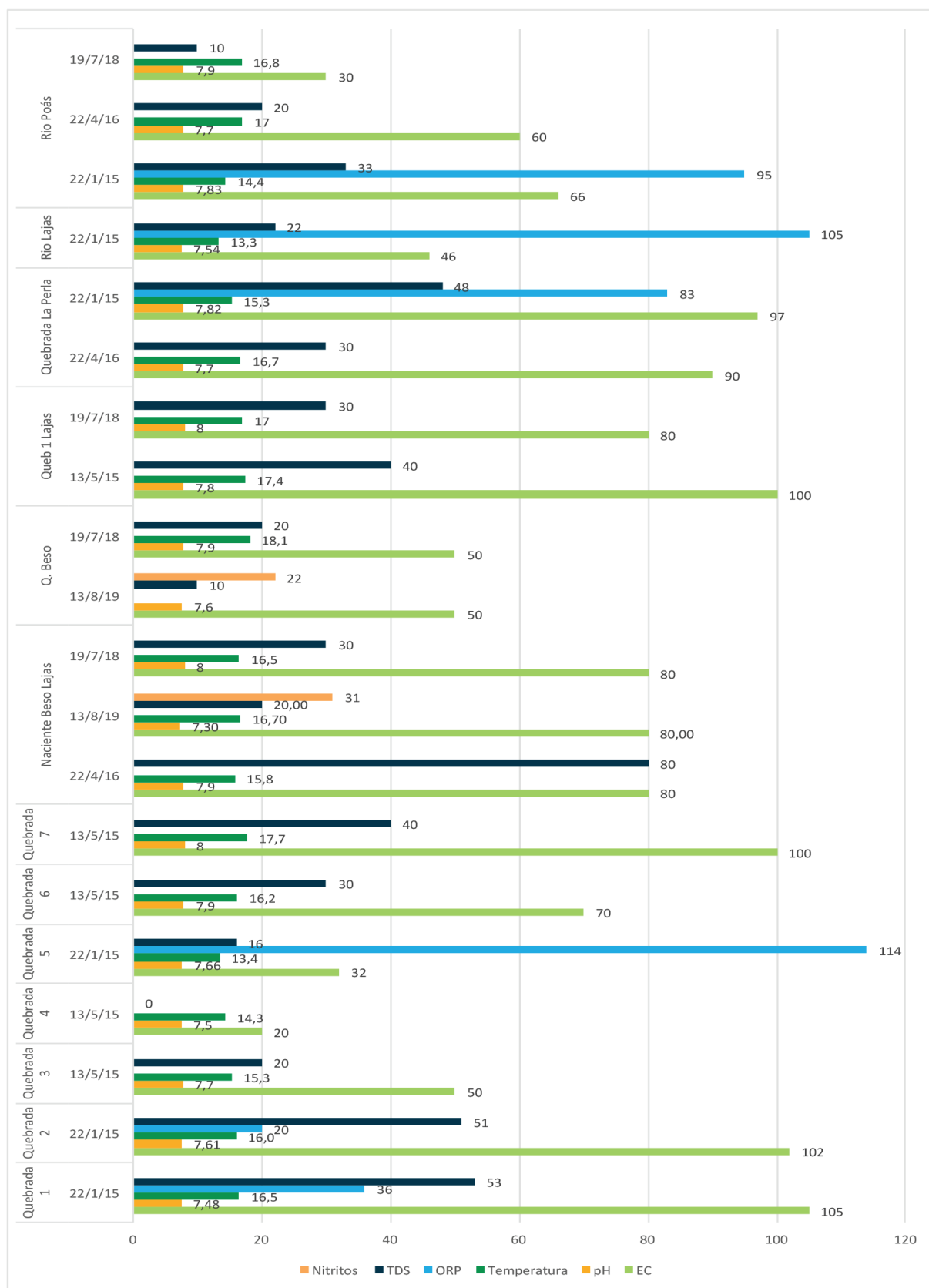


Figura 32. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica

Los resultados del análisis de coliformes fecales y *E. coli* osciló entre los 110 y los 2400 NPM/100 ml (Figura 33), según muestras tomadas en cuatro sitios y en una misma fecha de muestreo.

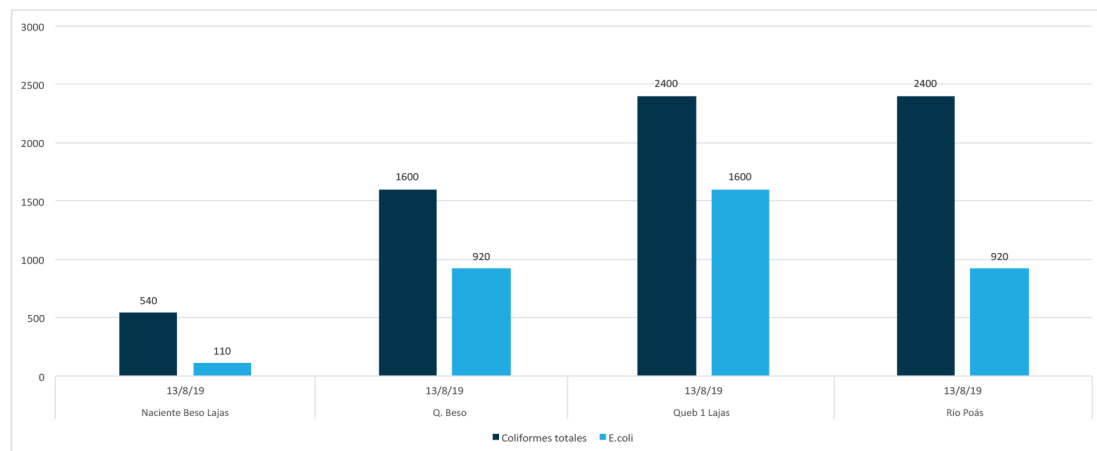


Figura 33. Cantidad de coliformes fecales y *E. coli* de las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica

Los resultados obtenidos por el muestro isotópico se resumen en la Figura 34 y el Anexo 1. Podemos ver que los valores para el isótopo ^{18}O van de -8,29 hasta -11,97 y de -55,56 a -71,57 para el isótopo ^2H .

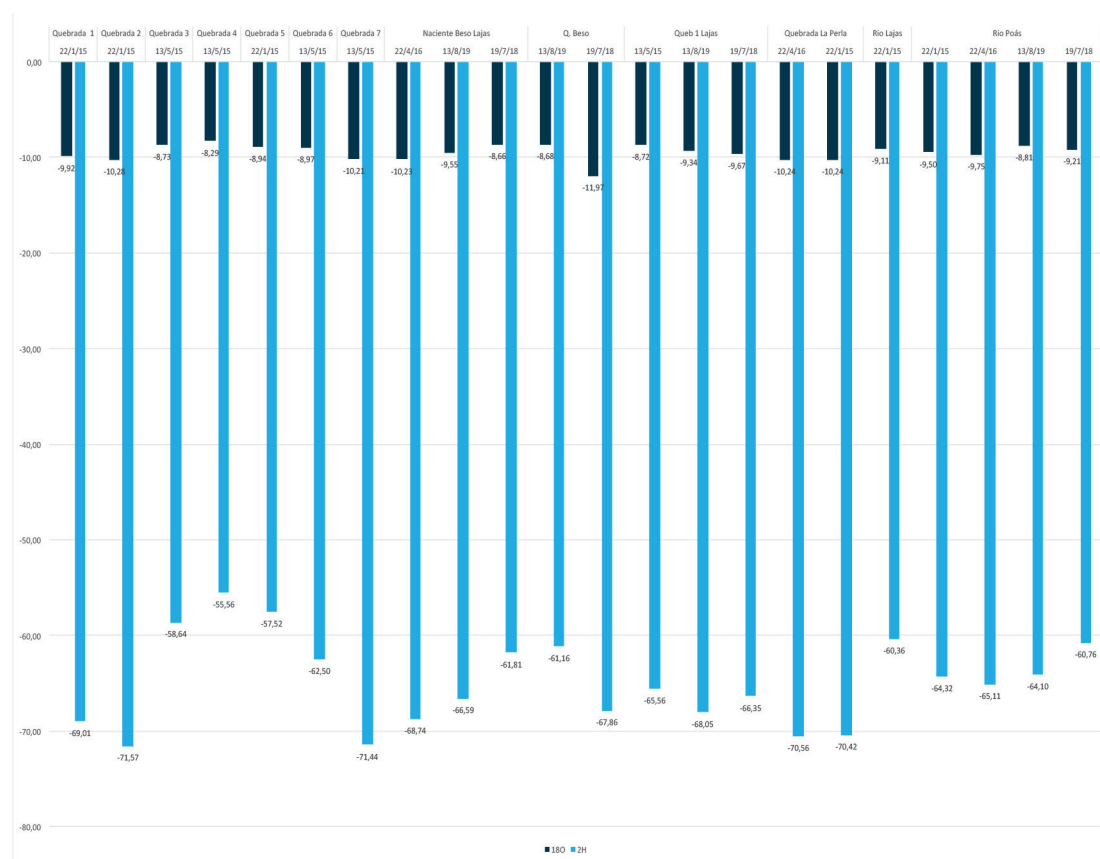


Figura 34. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Poás de Aserrí, Costa Rica

Sector Bebedero de San Antonio de Escazú

En este sector se muestrearon dos sitios en el periodo entre 2016-2020; en el caso de los factores físico-químicos se realizaron tres muestreos por sitio. Los resultados obtenidos indican que la EC oscila entre 20 QS/cm y 100 QS/cm, el pH entre 7,0 y 7,9, la temperatura entre 16°C y 18,9°C, los sólidos disueltos (TDS) oscilaron entre 0 mg/L y 40 mg/L, los nitritos entre 8 t 44 ppb y los fosfatos entre 0,1 hasta 1,7 ppm (figuras 35 y 36 y Anexo 1).

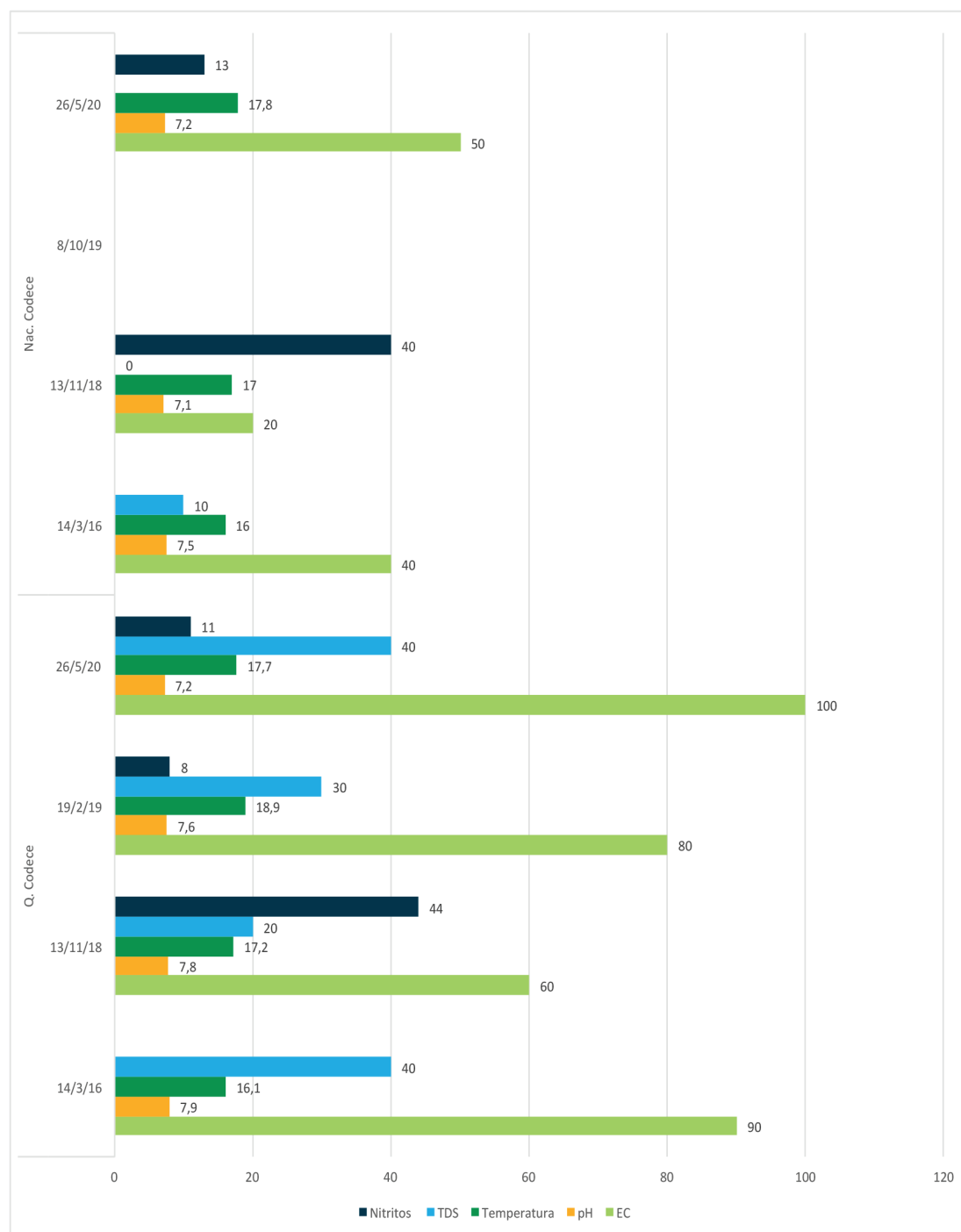


Figura 35. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes al sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica

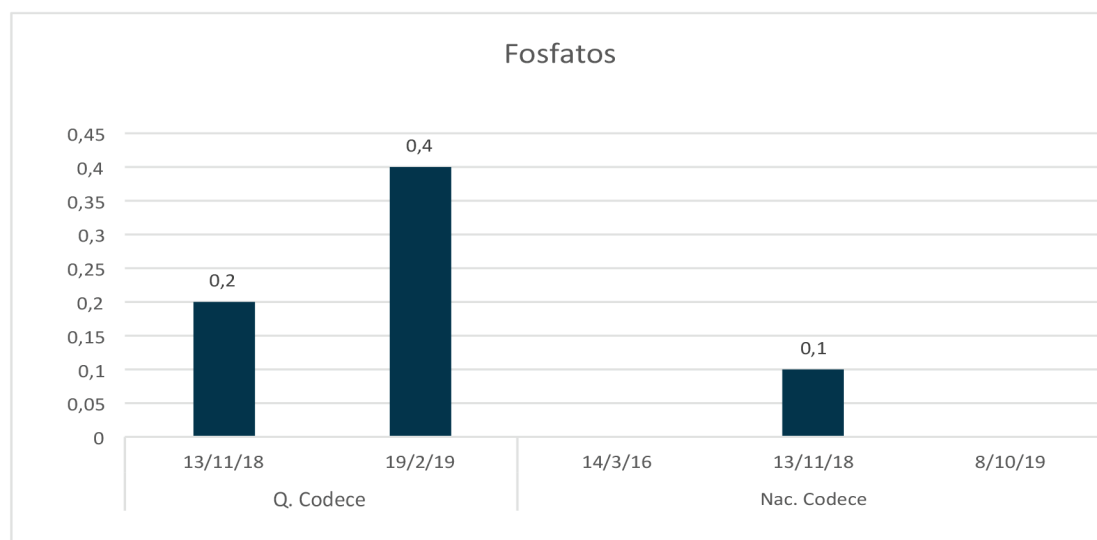


Figura 36. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas de las fincas de los sitios del sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica

Los coliformes totales y E. coli que fueron encontrados en dos sitios de muestro y cuatro fechas distintas, alcanzaron valores entre 11 y 2400 NPM/100ml (Figura 37 y Anexo 1).

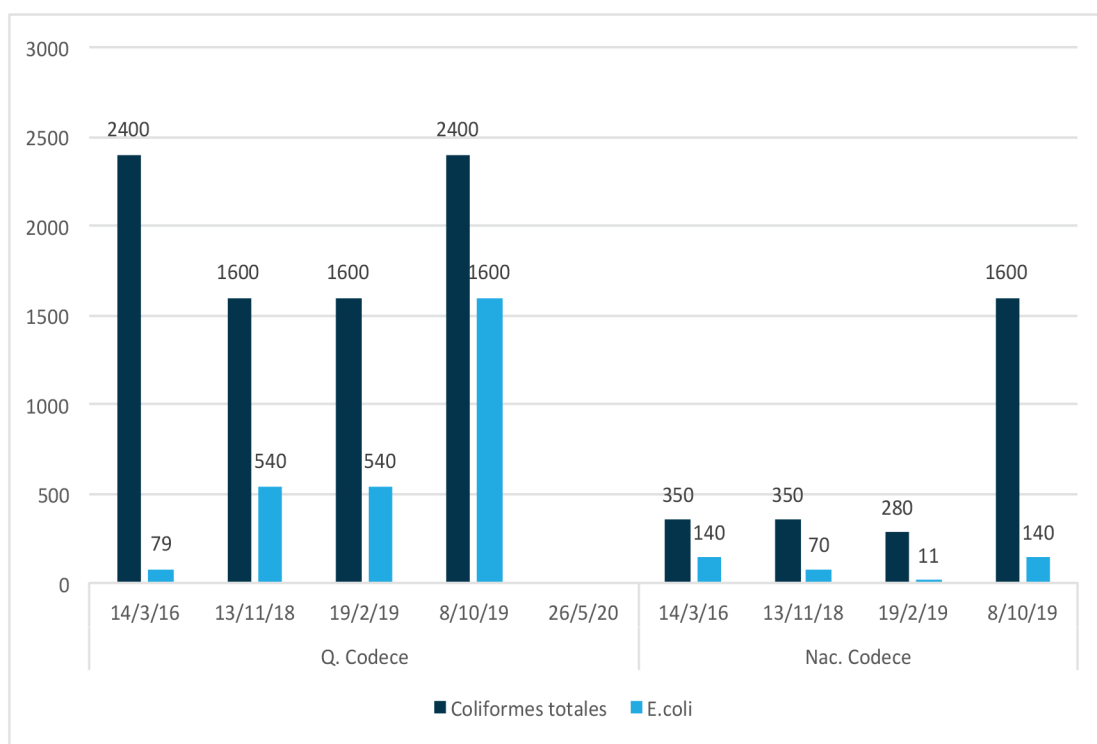


Figura 37. Cantidad de coliformes totales y E. coli en las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes a los sitios del sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica

Según los resultados obtenidos respecto a la cantidad de isótopos estables ^{18}O y ^2H presentes en las muestras de agua analizadas, en la Figura 38 y Anexo 1 se observa que los valores oscilaron entre -9,86 y -11,04 y -68,55 y -73,49, respectivamente

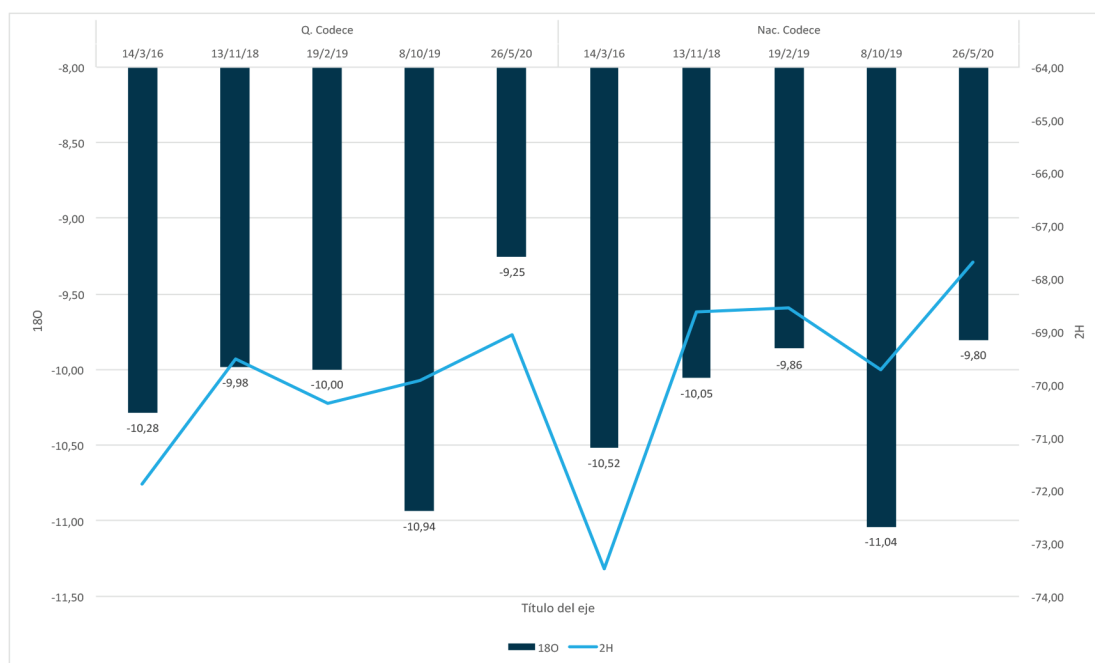


Figura 38. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Bebedero, San Antonio de Escazú, Costa Rica

Sector de Las Nubes de Coronado

En este sector se monitoreó un solo sitio en el cauce del río. Los resultados de los análisis fisicoquímicos se resumen en la Figura 39 y en el Anexo 1; los valores de EC oscilan entre los 70 y 90 QS/cm; los del pH se mantuvieron en 7,3 y la temperatura entre $12,6^{\circ}\text{C}$ y $16,7^{\circ}\text{C}$; los sólidos disueltos (TDS) entre 20 y 30 mg/L, para dos de los muestreos, y los nitritos entre 12 y 31 ppb.

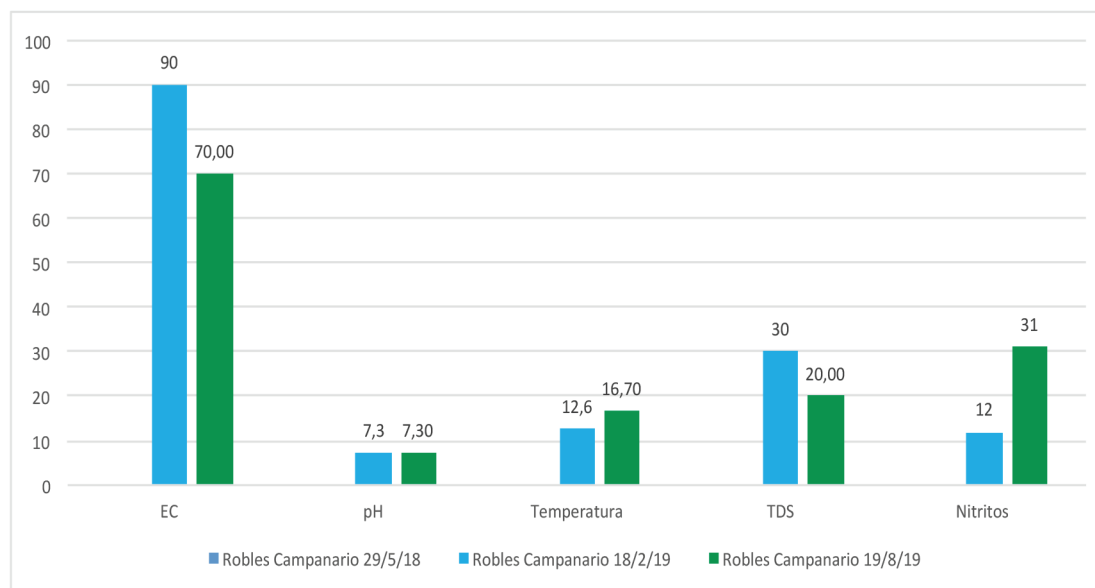


Figura 39. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes a Las Nubes de Coronado, Costa Rica

El análisis de coliformes fecales y *E. coli*, resumidos en la Figura 40 y el Anexo 1, indica que sus valores oscilaron entre 2 y 2400 NPM/100ml.

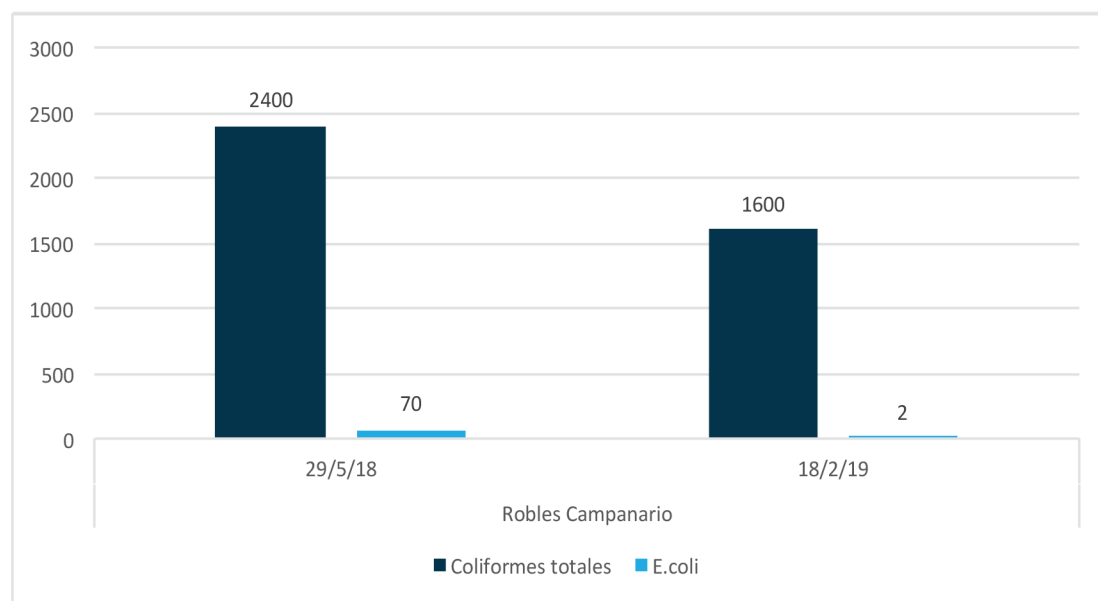


Figura 40. Cantidad de coliformes fecales y *E. coli* en las muestras de agua analizadas de las fincas correspondientes al sector de Las Nubes de Coronado, Costa Rica

Los isótopos estables ^{18}O alcanzaron valores entre $-8,16$ y $-10,54$ y el ^2H entre $-53,89$ y $-66,46$ (Figura 41).

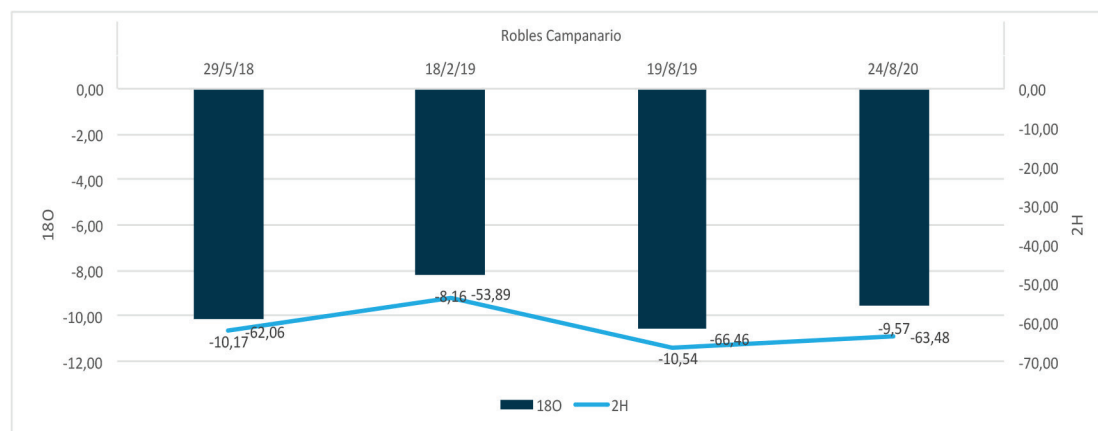


Figura 41. Presencia de isotópicos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Las Nubes de Coronado; Costa Rica

Sector Patio de Agua de Coronado

En este sector se monitorearon varios sitios en una finca hasta el 2019; los resultados fisicoquímicos se resumen en las figuras 42 y 43 y en el Anexo 1. Como se observa, los valores de EC oscilan entre 70 y 270 QS/cm; el pH se mantuvo entre 7,4 y 8,3; la temperatura entre $12,9^{\circ}\text{C}$ y $16,6^{\circ}\text{C}$; los sólidos disueltos o TDS entre 40 y 180 mg/L; los nitritos entre 0 y 39 ppb y los fosfatos de 0 a 4,5 ppm.

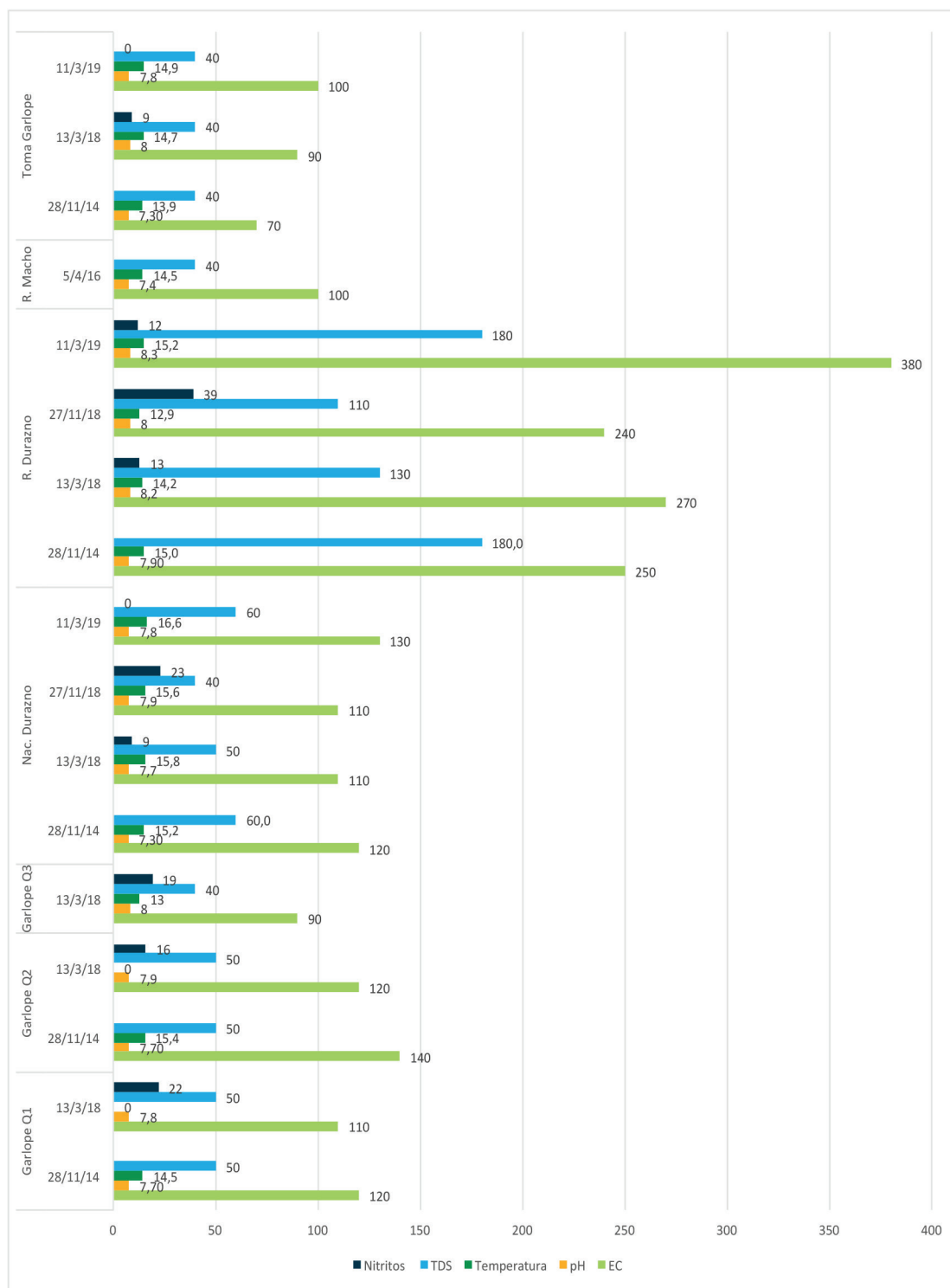


Figura 42. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en las fincas de los sitios correspondientes a las fincas del sector Patio de Agua de Coronado, Costa Rica

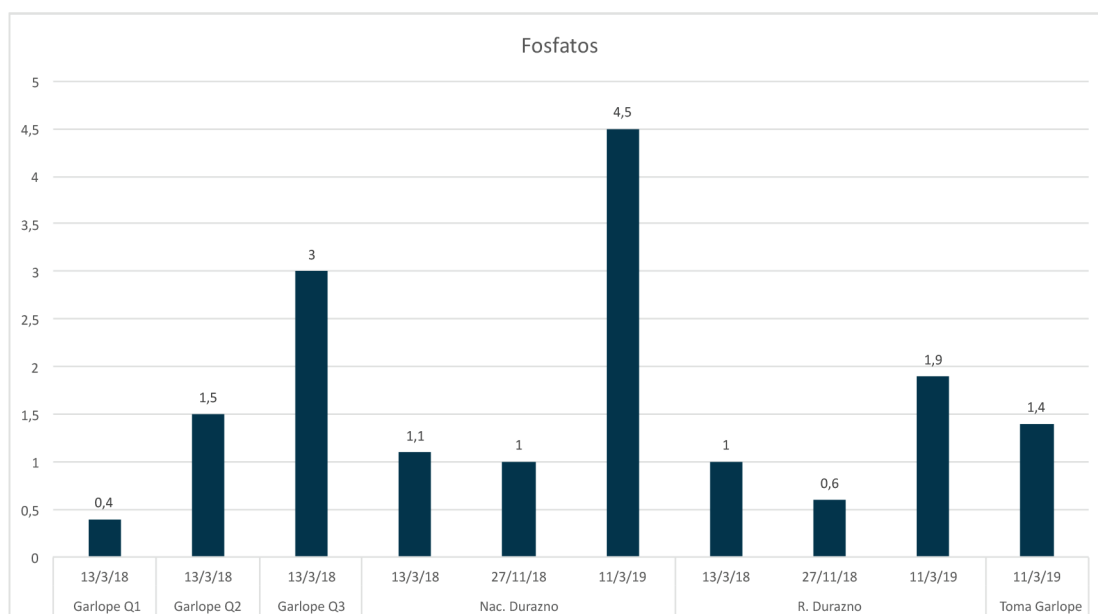


Figura 43. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en las fincas de los sitios del sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica

Los resultados de coliformes fecales y E. coli oscilan entre 2 hasta 2400 NPM/100ml (Figura 44 y Anexo 1).

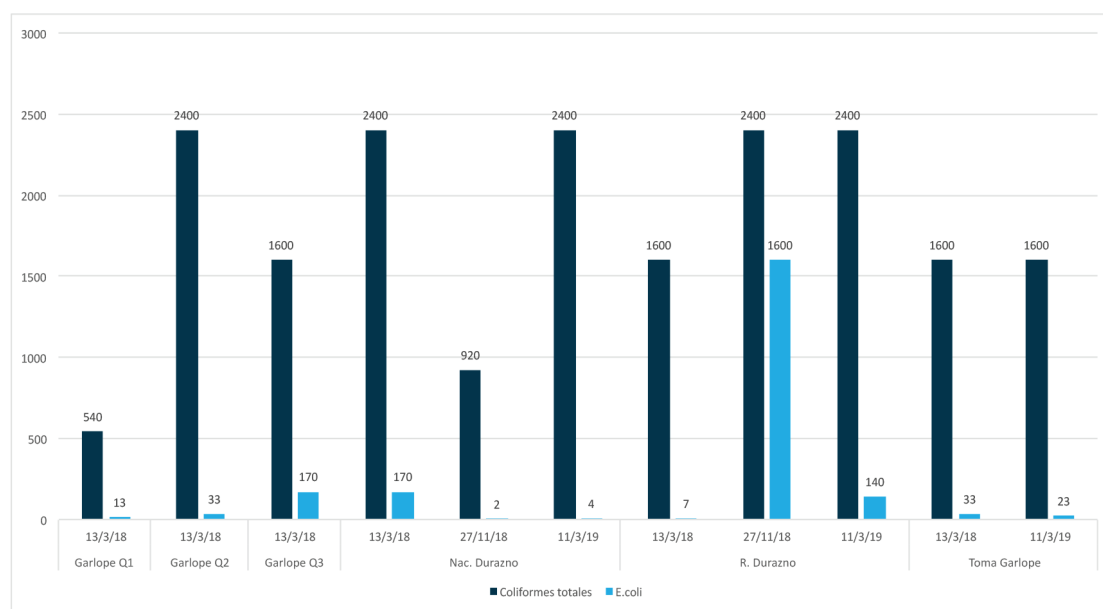


Figura 44. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en las muestras de agua analizadas en las fincas correspondientes al sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica

Según se muestra en la Figura 45, los isótopos estables ^{18}O oscilan entre $-8,24$ y $-10,41$ y los del 2H entre $-53,57$ y $-74,11$ (Figura 45)

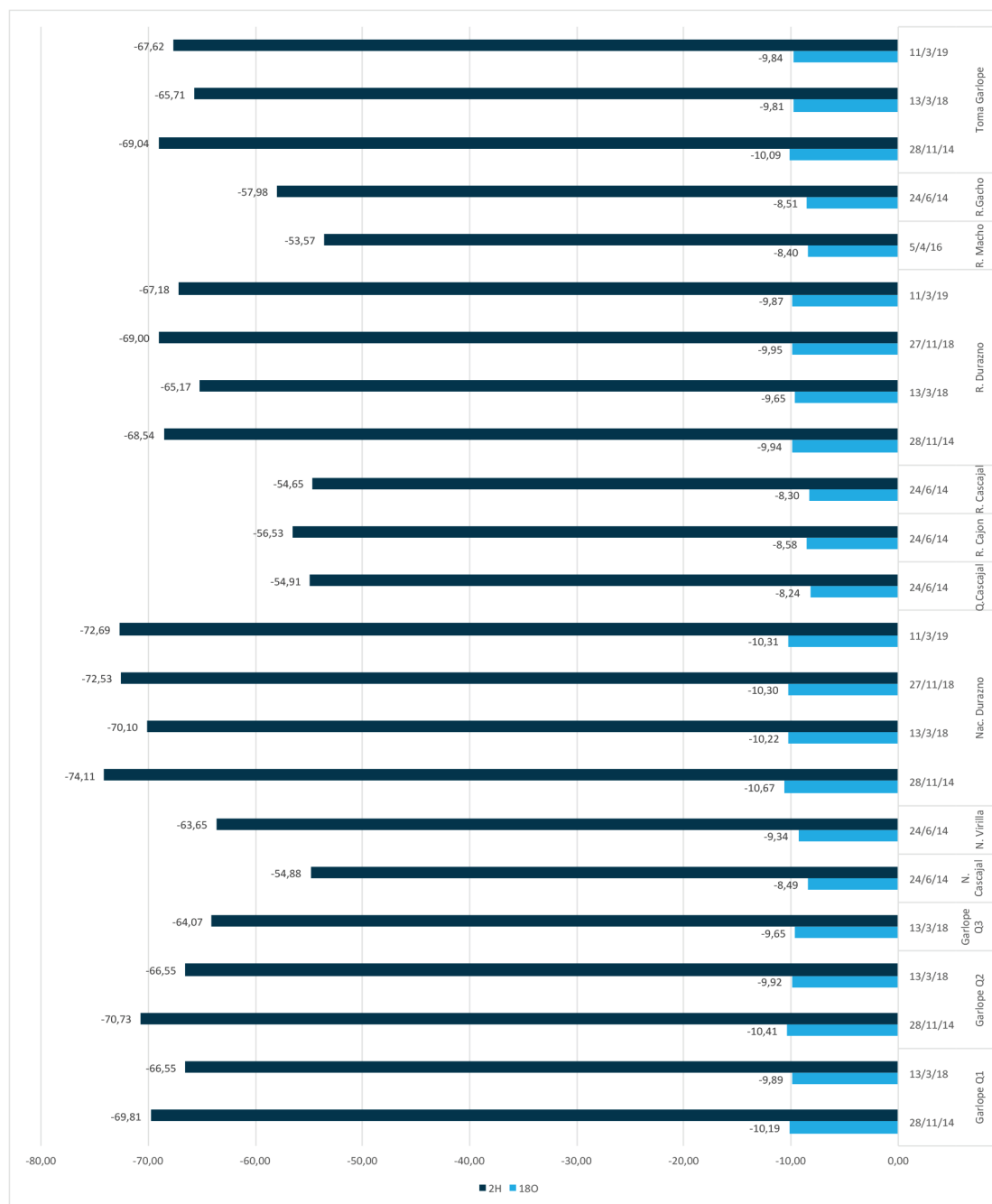


Figura 45. Presencia de isótopos estables ^{18}O y ^2H en las muestras de agua de las fincas correspondientes al sector de Patio de Agua de Coronado, Costa Rica

Sector Los Cartagos

En el sector de Los Cartagos se monitorearon varios sitios en dos fincas. En el caso de Lácteos Romero los valores de conductividad o EC, oscilaron entre los 10 y 100 QS/cm; el pH se mantuvo entre 6,4 y 7,4; la temperatura alcanzó valores entre 14,3°C y 16,3°C, los TDS o sólidos disueltos variaron entre 10 y 40 mg/L; los nitritos entre 2 y 20 ppb y los fosfatos entre 0 y 2,2 ppm (figuras 46 y 47 y Anexo 1).

Los resultados del sitio Condesa indican valores de EC que oscilan entre 50 y 100 QS/cm; el pH osciló entre 6,2 y 6,9; la temperatura entre 14°C y 18,7°C, el TDS entre 0 y 40 mg/L y los nitritos y fosfatos alcanzaron valores entre 8 y 25 ppb y 0 a 1,7 ppm, respectivamente (figuras 48 y 49 y Anexo 1).

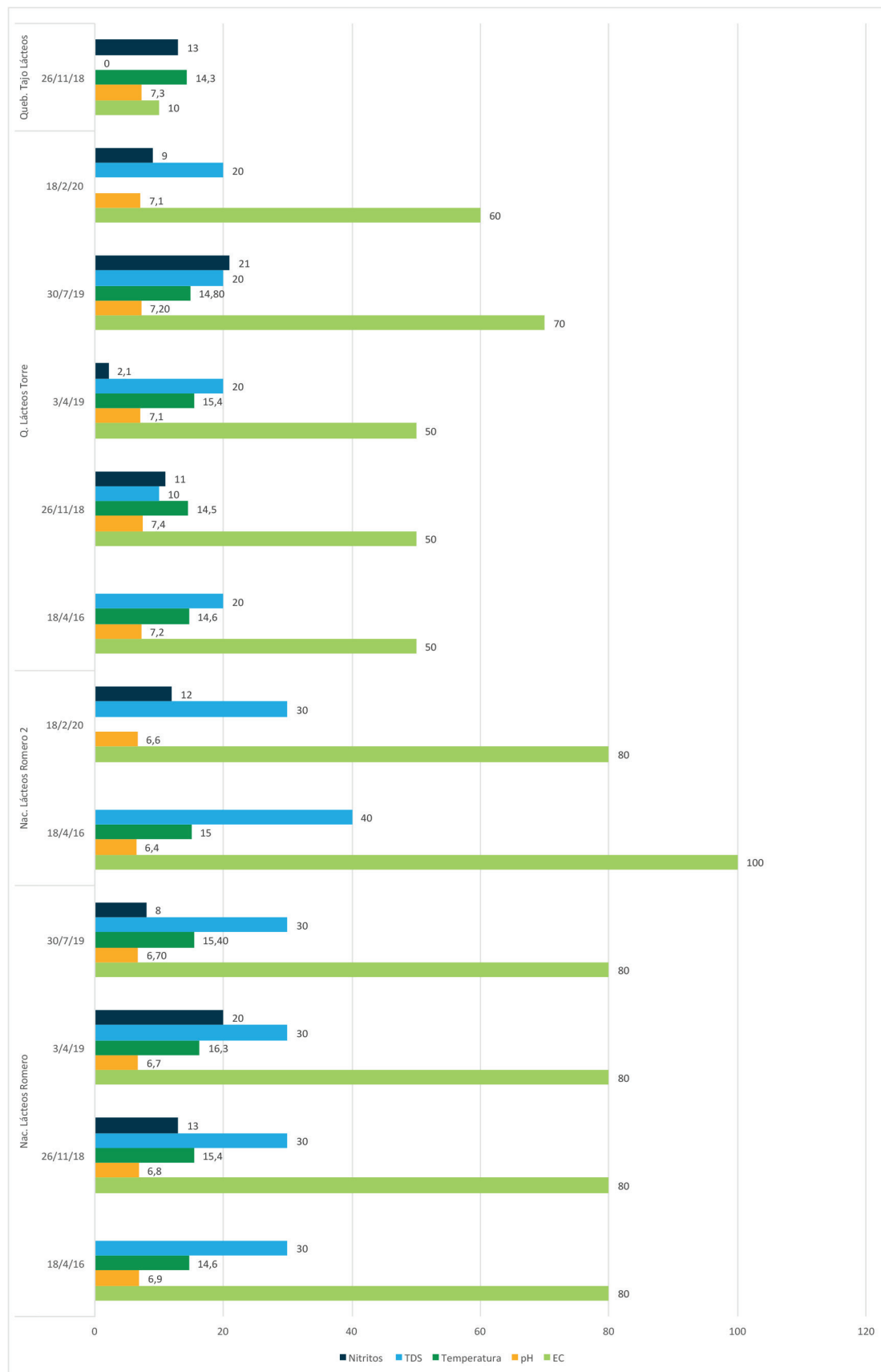


Figura 46. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

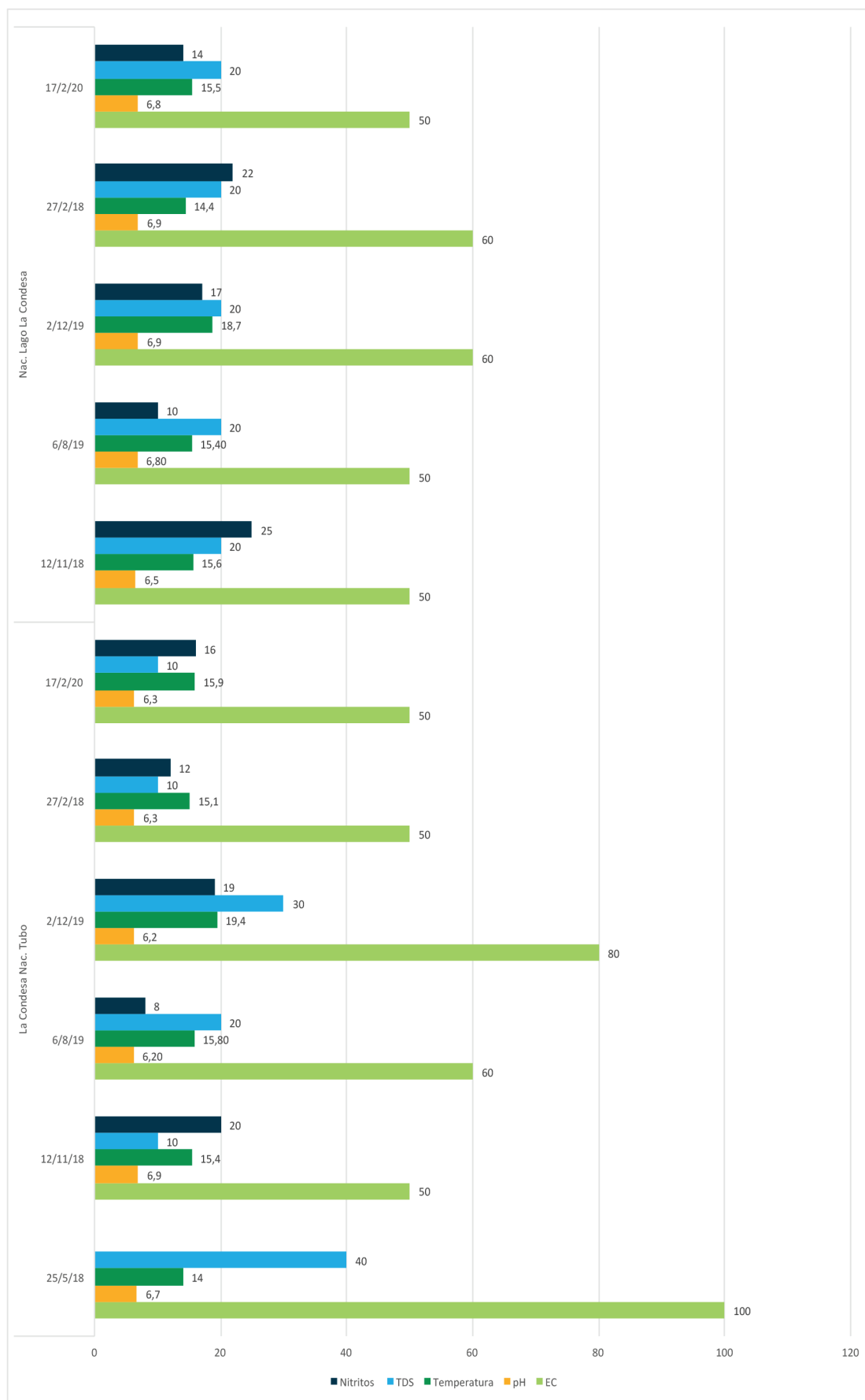


Figura 47. Resultados fisicoquímicos del agua analizada en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

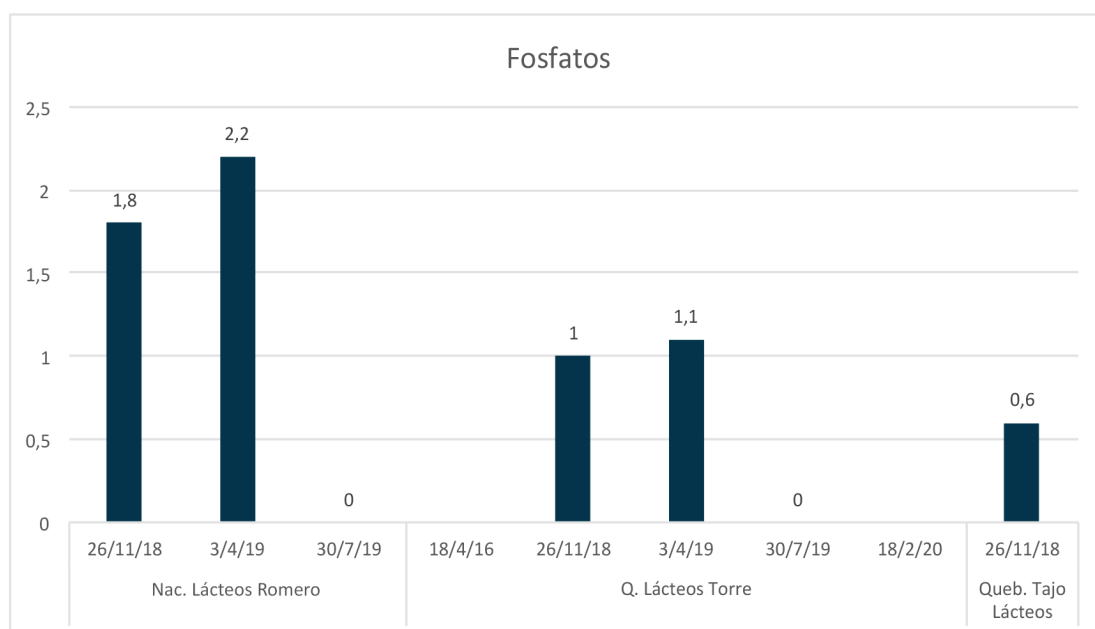


Figura 48. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en la finca del sector de Los Cartagos, Costa Rica

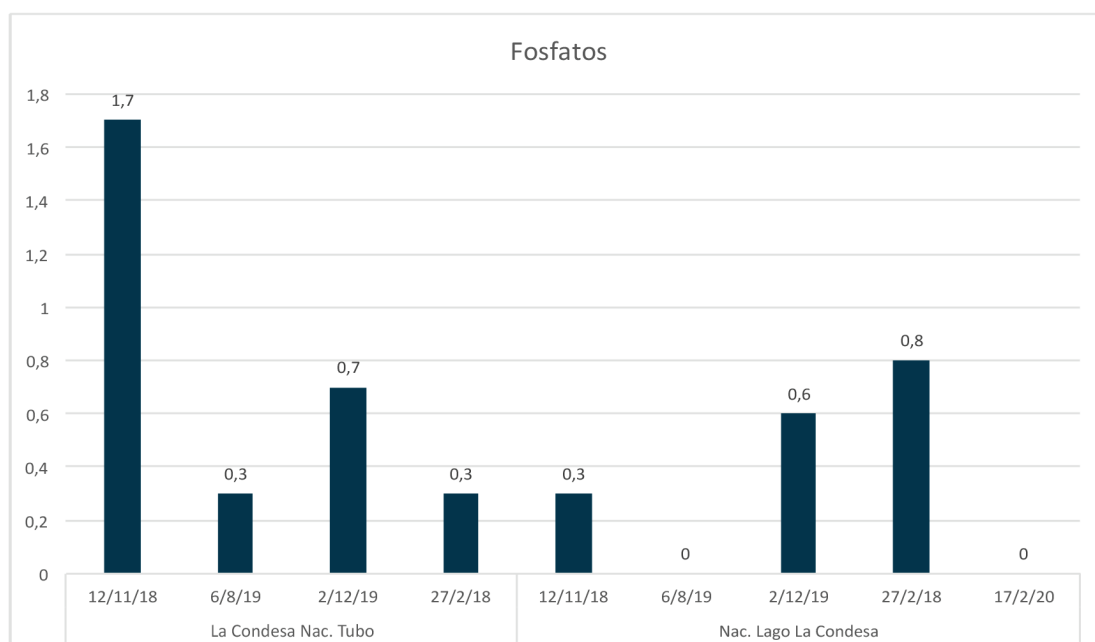


Figura 49. Fosfatos presentes en las muestras de agua analizadas en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

Los datos de coliformes fecales y E. coli se resumen en las figuras 50 y 51 y el Anexo 1; como se observa, los valores oscilan entre 2 y 2400 NPM/100ml.

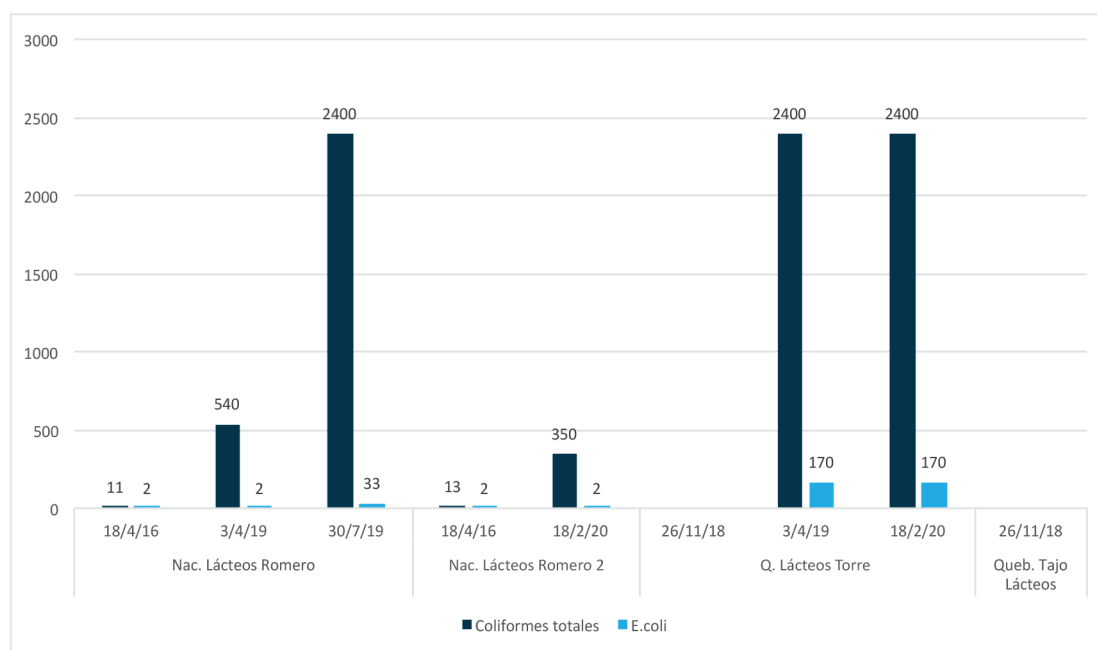


Figura 50. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

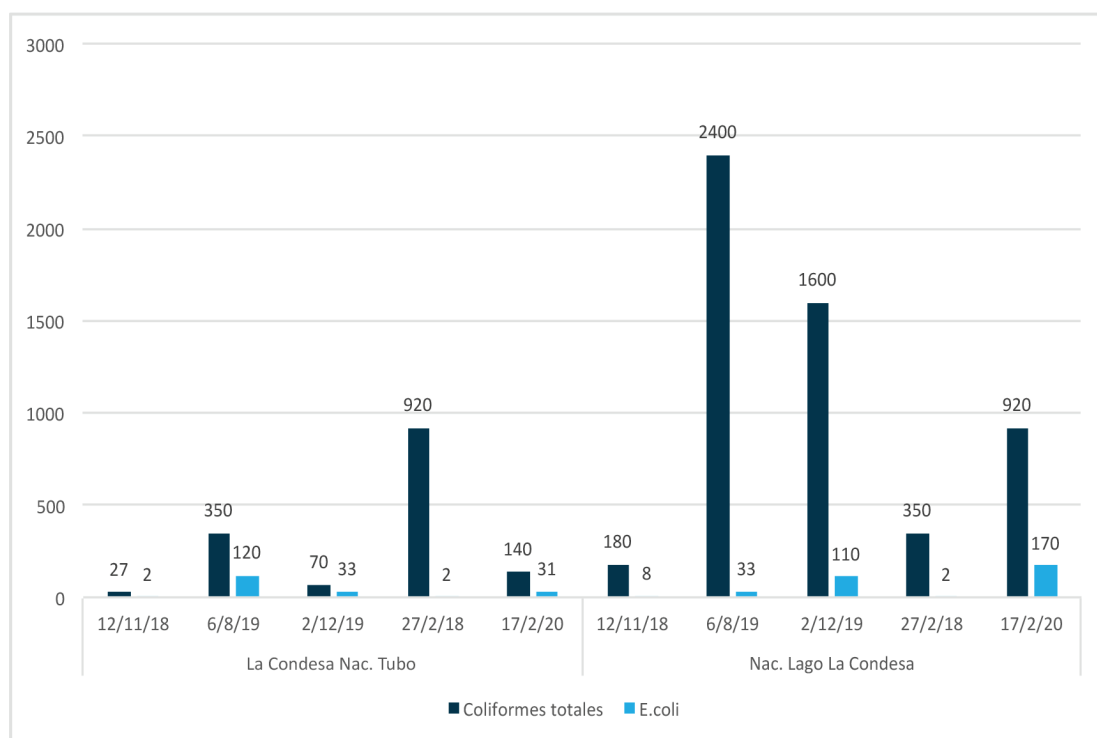


Figura 51. Cantidad de coliformes fecales y E. coli en la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

Los isótopos estables registrados en los muestreos del sitio Lácteos Romero indicaron que el 18O oscila entre -9,10 y -10,40 y el 2H entre -65,36 y -71,33. En el sitio Condesa, por su parte, el isótopo 18O osciló entre -8,60 y -9,23 y el 2H entre -56,26 y -61,56 (figuras 52 y 53, Anexo 1).

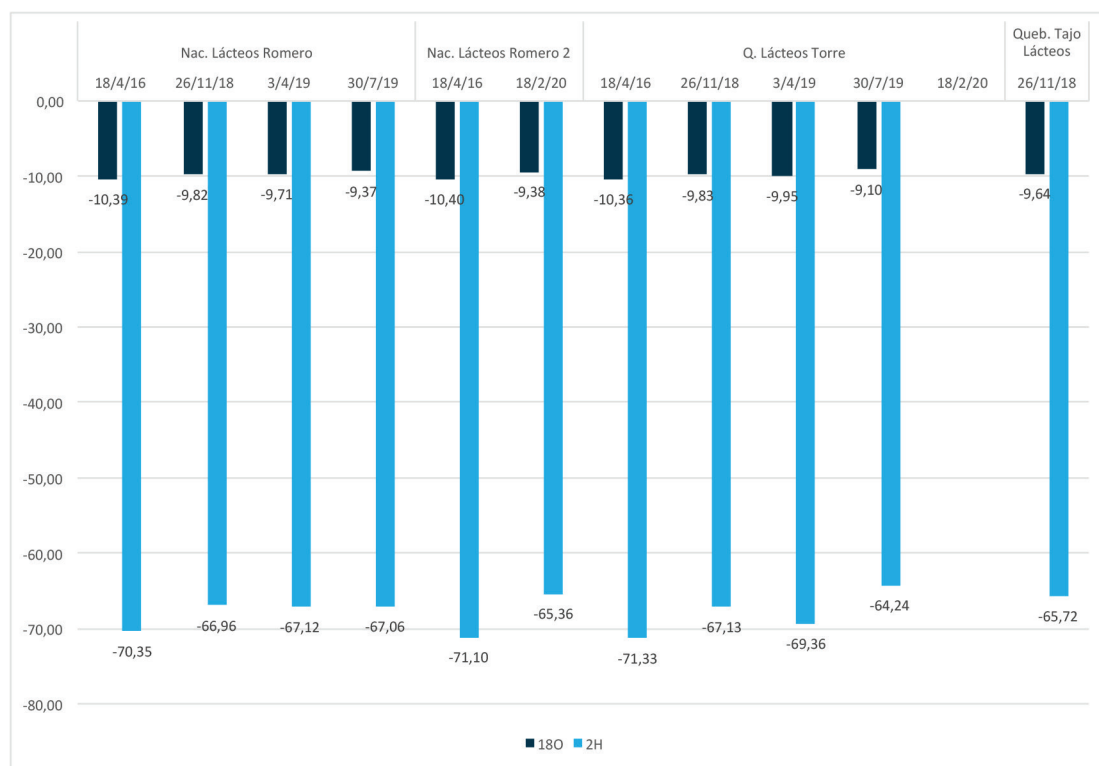


Figura 52. Presencia de isótopos estables 18O y 2H en las muestras de agua de la finca 1 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

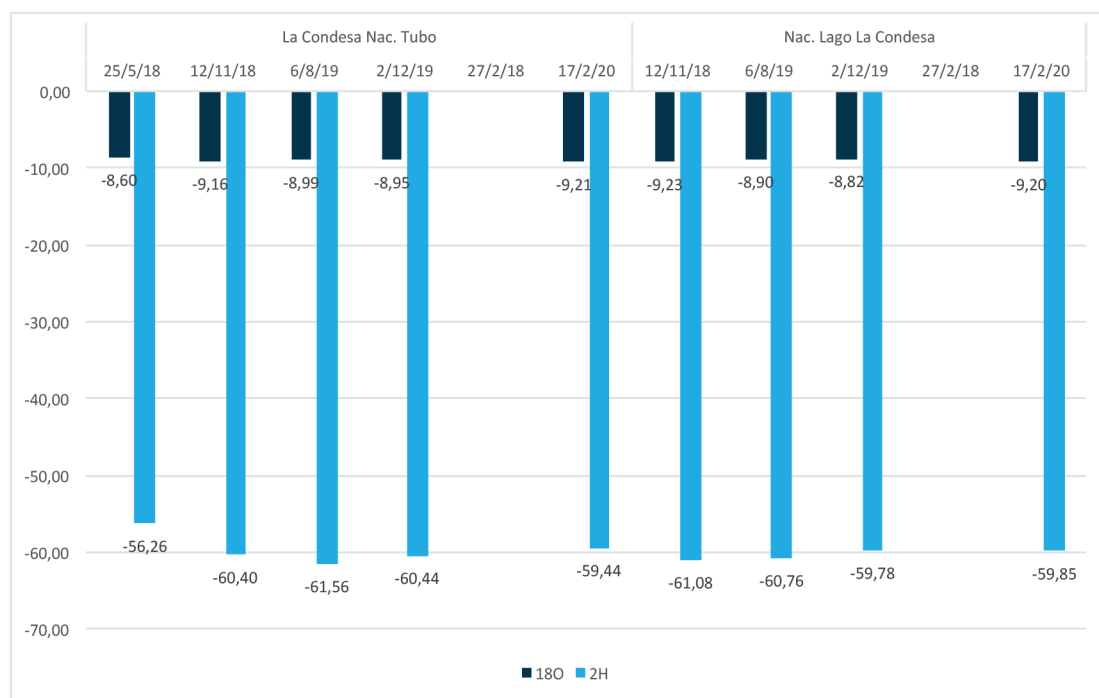


Figura 53. Presencia de isótopos estables 18O y 2H en las muestras de agua de la finca 2 del sector de Los Cartagos, Costa Rica

Los resultados de los análisis físico-químicos obtenidos fueron comparados con los valores incluidos en el decreto N° 33903-MINAE-S (MINAE 2007), que define los parámetros de calidad de agua superficial para los cuerpos de agua del país (cuadros 5 y 6). De acuerdo a estos parámetros y a los resultados obtenidos en todas las muestras, podemos ver que los resultados de los parámetros físico-químicos cumplen con los requerimientos para ubicar los cuerpos de agua evaluados en la clase 1, que corresponde a un tratamiento simple con desinfección (cuadro 5). Sin embargo, los resultados obtenidos de los análisis de coliformes fecales totales en todas las fincas y sitios de muestro, presentaron valores extremos que van desde los 11 coliformes NMP/100ml y los 2400 NMP/100ml y valores de E. coli que van desde los 2 coliformes NMP/100ml y los 2400 NMP/100ml, lo cual presenta una variación muy grande entre ambos parámetros.

Solo los resultados de dos muestras de la naciente en la finca Lácteos Romero se ubican en la clase 1 (cuadros 5 y 6), lo cual quiere decir que únicamente requieren de una desinfección simple; este proceso de desinfección se utiliza como parte de una serie de operaciones y procesos de tratamiento unitario en una planta. En su forma más simple se aplica como único tratamiento de aguas naturales de excelente calidad (aguas subterráneas o de manantial), para garantizar ausencia de indicadores de contaminación fecal entre el punto de aplicación y el punto de entrega al usuario. La desinfección deberá aplicarse además para mantener un nivel residual, que garantice la calidad del agua de contaminaciones eventuales a través de todo el sistema de distribución y que, por consiguiente, podría ser utilizado hasta para consumo humano.

Cuadro 5. Clases de tratamiento necesarios para la desinfección de los cuerpos de agua según el decreto N° 33903-MINAE-S (MINAE 2007), Costa Rica

Usos	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Abastecimiento de agua para uso y consumo humano	Con tratamiento simple con desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano	Sin tratamiento previo o con tratamiento simple de desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones	No utilizable
Actividades recreativas de contacto primario	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Acuicultura	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la protección de las comunidades acuáticas	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Generación hidroeléctrica	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable con limitaciones	Utilizable con limitaciones
Navegación	No utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable
Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras	Utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable
Riego de plantas sin limitación irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

Existen 22 muestras de agua cuyos análisis arrojaron resultados que van desde los 27 hasta los 920 NMP/100ml, lo cual incluye a estos cuerpos de agua en la clase 2 (cuadros 5 y 6) y que también las clasifica como aptas para el consumo humano una vez que sean sometidas a un tratamiento convencional que consiste en una desinfección utilizando, principalmente, cloro como agente desinfectante, debido a su capacidad para inactivar organismos patógenos y a su poder desinfectante residual. Sin embargo, el cloro también reacciona con la materia orgánica natural (MON) presente en el agua generando subproductos de desinfección (DBPs, por sus siglas en inglés) (Jimenez *et al.* 2022). Es necesario resaltar que estos sitios, ubicados en las fincas de CODECE, UPAZ, Lácteos Romero, Garlope y Lajas, en su mayoría, están asociados a nacientes con captaciones sencillas y/o cuerpos de agua con buena cobertura boscosa.

Cuadro 6. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del análisis de agua permitidos por clase según el decreto N° 33903-MINAE-S (MINAE 2007), Costa Rica

Parámetros Complementarios (Unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Turbiedad (UNT)	<25	25 a <100	100 a 300	(1)	(1)
Temperatura (°C)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Nitratos, (NO ₃)-(mg N/L)	<5	5 a <10	10 a <15	15 a <20	>20
Demanda química de oxígeno (mg/L)	<20	20 a <25	25 a <50	50 a <100	100 a 300
Cloruros (como Cl) (mg/L)	<100	100 a 200	NA	NA	NA
Fluoruros (como F) (mg/L)	<1,0	1 a 1,5	NA	NA	NA
Color (Pt-Co)	2,5 a 10	10 a 100	(1)	(1)	(1)
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	<10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	>300
Sólidos disueltos (mg/L)	<250	250 a <500	500 a 1000	>1 000	>1 000
Grasas y aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	15 a 25
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	ND	ND	ND a 1	1 a 2	2 a 5
Arsénico (mg/L)	<0,01	<0,01	0,01 a 0,05	>0,05	>0,05
Boro (mg/L)	0,1	0,2	0,5	1	1
Cadmio (mg/L)	<0,005	0,005	0,01	0,02	0,02
Cianuro (mg CN-/L)	<0,1	0,1 a <0,2	0,2	>0,2	>0,2
Cobre (mg/L)	<0,5	0,5 a <1	1,0 a 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 2,5
Cromo total (mg/L)	<0,05	0,05	0,20	0,50	>0,5
Magnesio (mg MgCO ₃ / L)	<30	30 a 50	>50	>50	>50
Mercurio (mg/L)	<0,001	0,001	0,002	0,004	0,005
Níquel (mg/L)	<0,05	0,05	0,1	0,2	0,3
Plomo (mg/L)	<0,03	0,03 a <0,05	0,05 a <0,10	0,10 a <0,20	0,20
Selenio (mg/L)	<0,005	0,005 a <0,010	0,010 a <0,020	0,020 a <0,050	0,050
Sulfatos (SO ₄) ⁻² (mg/L)	<150	150 a 250	>250	>250	>250
Parámetro orgánicos					
Sumatoria de los compuestos organoclorados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Sumatoria de los compuestos organofosforados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Biológicos					
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	<20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	>5000

ND: No detectable por el método utilizado

NA: No aplicable

(1) Natural o que no afecte el uso indicado

Existen 9 muestras de agua con valores de coliformes totales de 1600 NMP/100ml, lo cual las ubica en la clase de tratamiento 3 (cuadros 5 y 6). Según se desprende de los cuadros, el agua de estas fuentes podría ser utilizada hasta para consumo humano, pero sería necesario realizarle un tratamiento avanzado que incluye tecnologías más intensivas a la hora de tratar el agua, así como para riego y uso en abrevaderos. Los análisis de las 30 muestras restantes alcanzaron valores entre 2400 NMP/100ml o más, lo cual las clasifica en la clase 4, y no las hace aptas para consumo humano ni para actividades de riego o en abrevaderos debido a su alto grado de contaminación.

La variación extrema entre los valores de coliformes en un mismo sitio de muestreo, por ejemplo en la naciente de Lácteos Romero, tiene valores que van desde los 11 NMP/ml y hasta 2400 NMP/ml en distintos años. Las razones de esta variación son varias y podrían darse en todos los sitios de muestreo. La primera razón es que los sitios muestreados corresponden a áreas abiertas que, aunque tengan cobertura boscosa a su alrededor, pueden albergar animales silvestres de sangre caliente que podrían depositar sus excretas directamente en el cuerpo de agua o en sus cercanías y que puedan contaminarlas por medio de la escorrentía superficial. Se ha llegado a demostrar que en terrenos que en algún momento fueron utilizados para pastoreo y que luego fueron abandonados, el *E. coli* ha persistido en el suelo (Oliver *et al.* 2005). Evans y Owens (1972), determinaron que *E. coli* podía estar hasta por 120 días sobre el pasto. Otra razón es que, a pesar de que estas áreas de bosque están protegidas, no quiere decir que cuenca arriba no se estén desarrollando actividades productivas o haya asentamientos humanos que producen contaminación coliforme que pueden ser liberados en estos cuerpos de agua debido a una falta de tratamiento de aguas negras o por escorrentía superficial. Una tercera razón puede estar relacionada a la temporada del muestreo realizado, pues si se hace en temporada seca, el caudal de los cuerpos de agua es bajo y, por consiguiente, se podría dar una mayor concentración de coliformes por falta de circulación del agua; mientras que en la temporada lluviosa, al haber una mayor cantidad de agua superficial, hay un arrastre mayor de coliformes y, consecuentemente, una disminución de la cantidad de coliformes presentes en los sitios de muestreo.

Isótopos estables

Los datos isotópicos muestreados en aguas superficiales y analizados entre el 2015-2020 se indican en las figuras 31, 34, 38, 41, 45, 52 y 53. Con los resultados obtenidos en el muestreo del 2016 se realizó un mapa isotópico del área de influencia del proyecto (Figura 54); donde se observan, tendencias muy claras de la procedencia del agua en los diferentes sitios de muestreo. Los sitios con valores de -10 tienen, una influencia más caribe, ya sea porque las nubes pasaron por encima de la Cordillera Volcánica Central cargadas de más O₁₈ o porque la lluvia precipitó en el lado caribe y se infiltró y afloró del lado pacífico de la Cordillera; los valores de -8, por su parte, tienden a tener una procedencia del pacífico.

El levantamiento de la información y su mapeo espacial nos permite conocer de manera certera el comportamiento del ciclo hidrológico en el sistema y poder hacer una gestión eficiente e inteligente del mismo, con el fin de asegurar el recurso hídrico en cantidad a lo largo de los años, minimizando el impacto de los periodos secos mediante una gestión planificada del recurso.

Además, nos permite identificar áreas, como por ejemplo en sector de Coronado (Figura 54), en donde las aguas superficiales y subterráneas tienen una clara influencia Caribe, lo cual nos lleva a la interrogante de dónde y bajo qué esquema procede esta agua (precipitación, infiltración) y, si es posible comprobar esto, deberíamos de migrar del enfoque de manejo y gestión de la cuenca hidrográfica (delimitada superficialmente), a hacer una gestión de cuenca hidrológica que involucra las

partes superficial, subsuperficial y subterránea, ya que si la recarga se está dando del lado de la vertiente caribe, lo que se realice de ese lado de la cordillera afectaría directamente la recarga del lado pacífico, positiva o negativamente.

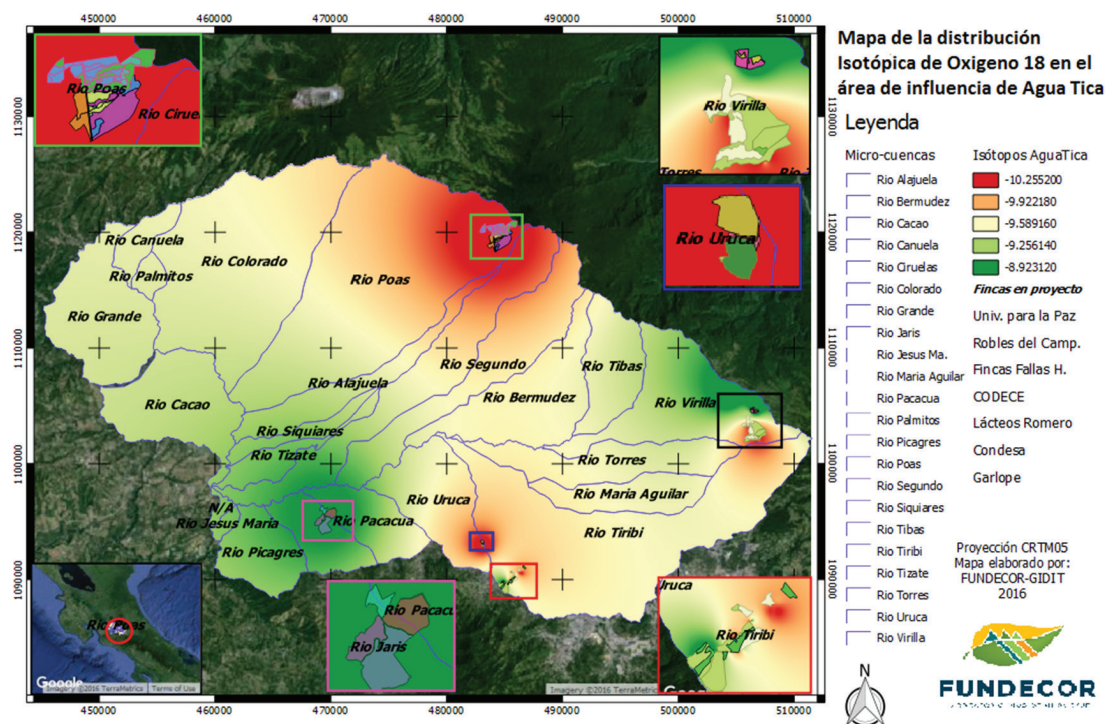


Figura 54. Mapa isotópico del área de influencia del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosques y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica

5.6 Monitoreo de los suelos

Como parte del monitoreo, se realizó la toma de muestras de suelo sobre los distintos usos de las fincas (bosque, pasto, regeneración, reforestación, caminos). Los análisis realizados incluyeron los aspectos químicos y de textura-granulometría con el fin de obtener información relevante para establecer la pérdida del suelo de cada finca en toneladas métricas por año. Los muestreos se realizaron del 2015 y hasta el 2020 en todas las fincas.

El sector de Coronado (Robles del Campanario y Garlope), presentó resultados muy uniformes a nivel químico en todos los usos presentes y durante todos los años de muestreo, a excepción de algunos resultados de fósforo (P) e hierro (Fe) de muestras tomadas en zonas de pastos de Robles del Campanario que aumentaron conforme pasaron los años con valores de 8, 11 y 14 mg/L para el P y de 252, 437 y 262 mg/L para el Fe, y una muestra en el bosque de Garlope proveniente de una toma de agua que obtuvo los valores más altos de P (11 mg/L) y Fe (289 mg/L) y la muestra de Bosque 2 Garlope que alcanzó 21,2 mg/L de calcio (Ca) (Figura 55 y Anexo 2).

En el sector de Escazú (CODECE, Lajas-Mirador), podemos ver que los valores químicos del suelo se mantuvieron bastante uniformes, a excepción de los valores de FE en dos muestreos realizados en bosque cuyos valores bajaron a 63, 54 y 49 mg/L respectivamente y los valores del manganeso (Mn) cuyas muestras de regeneración alcanzaron valores de 36, 35 y 21 mg/L respectivamente (Figura 56 y Anexo 2)

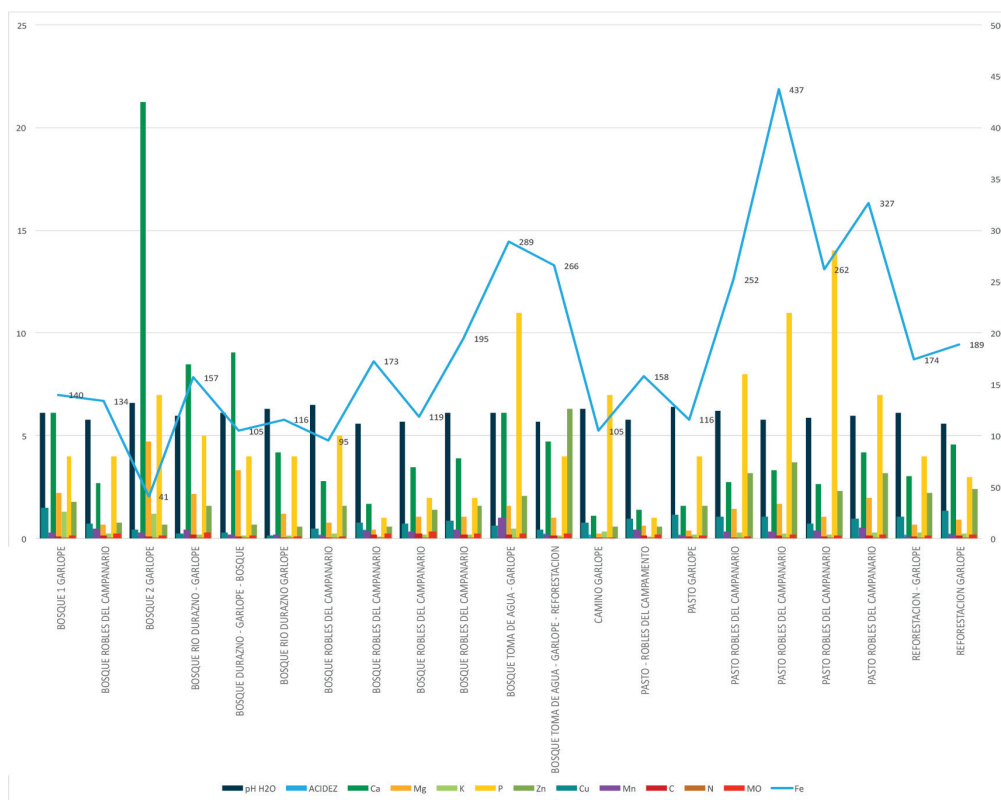


Figura 55. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Coronado, Costa Rica

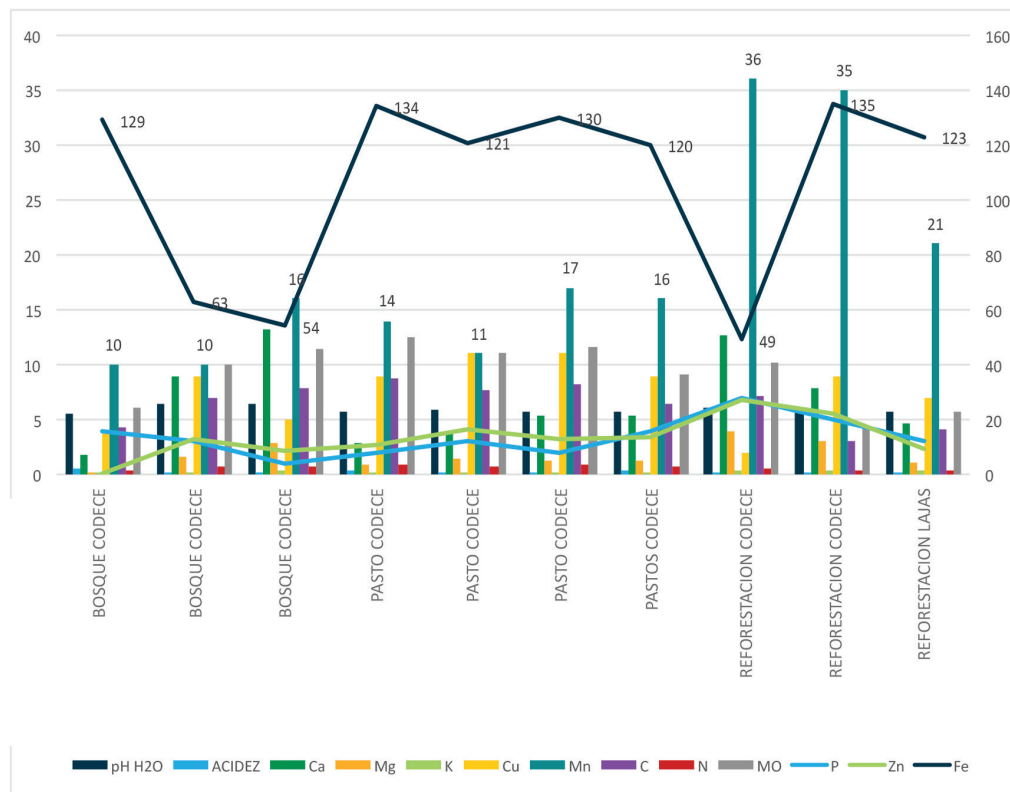


Figura 56. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Escazú, Costa Rica

Los resultados de los muestreos de las fincas ubicadas en el sector de Santa Bárbara - Los Cartagos (Condesa y Lácteos Romero), indican que los parámetros químicos se mantienen bastante uniformes, aunque con variaciones en el Fe y el Mn, al igual que con las fincas del sector de Escazú. En el caso del Fe, hay una muestra de suelo en bosque que alcanzó 379 mg/L y otra 90 mg/L; en el caso del Mn, dos muestras en Bosque de Lácteos Romero alcanzan los 34 mg/L y 27 mg/L, respectivamente y en reforestación 29 mg/L (Figura 57 y Anexo 2).

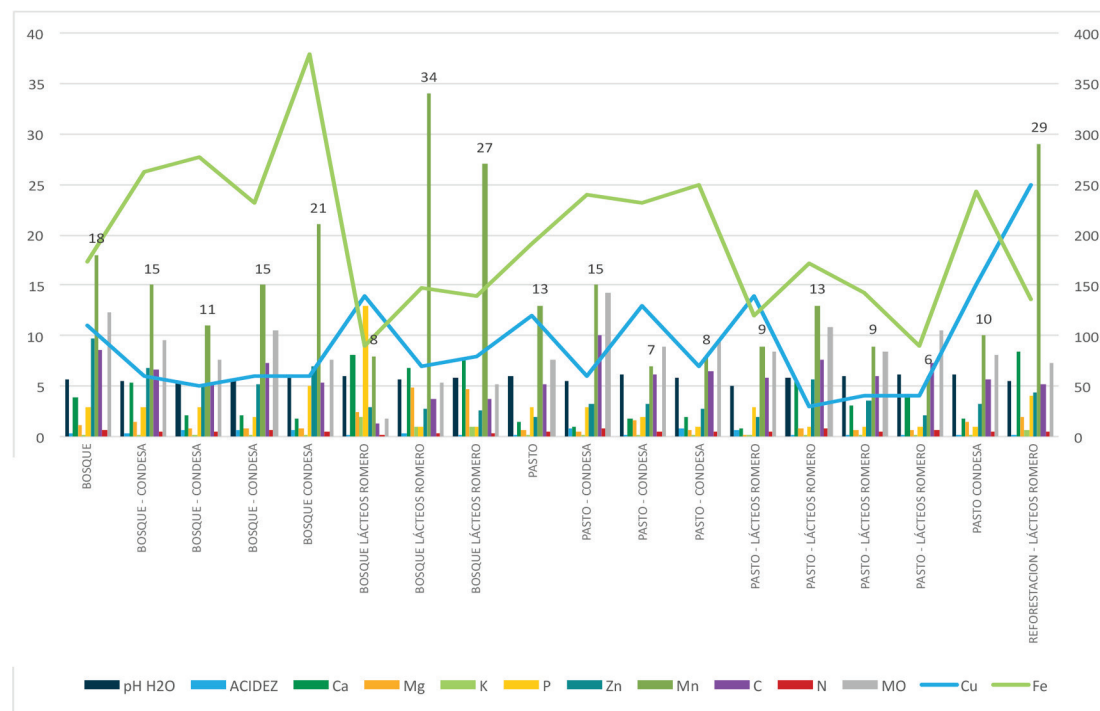


Figura 57. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Santa Bárbara, Costa Rica

En la finca Colinas Vertical, ubicada en Grecia de Alajuela, solo se tomó una muestra de suelo, cuyos resultados son bastante uniformes; solamente el Fe sobresale con 150 mg/L (Figura 58 y Anexo 2).

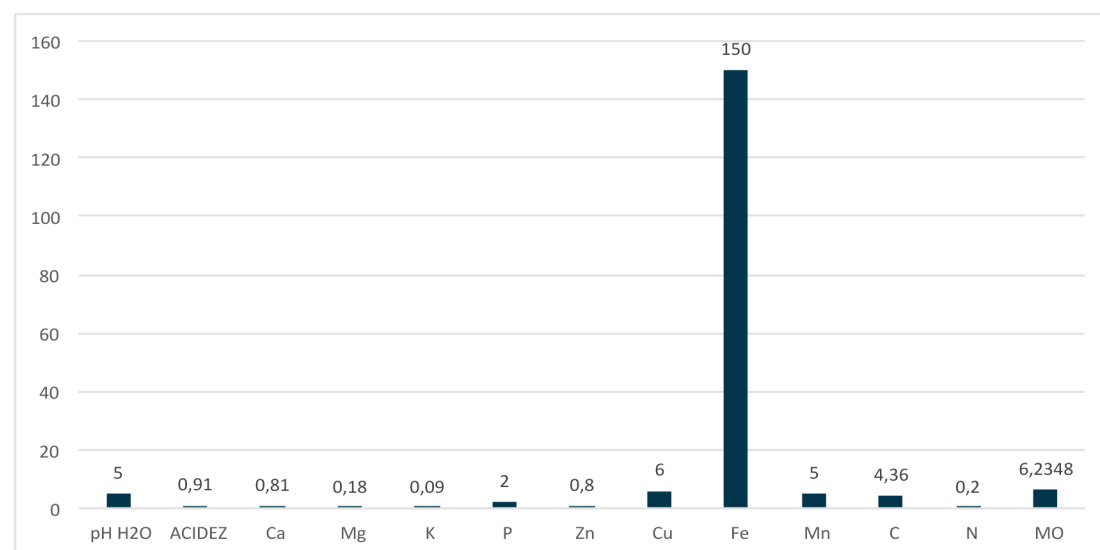


Figura 58. Resultados del muestreo químico de suelos en el sector de Grecia, Costa Rica

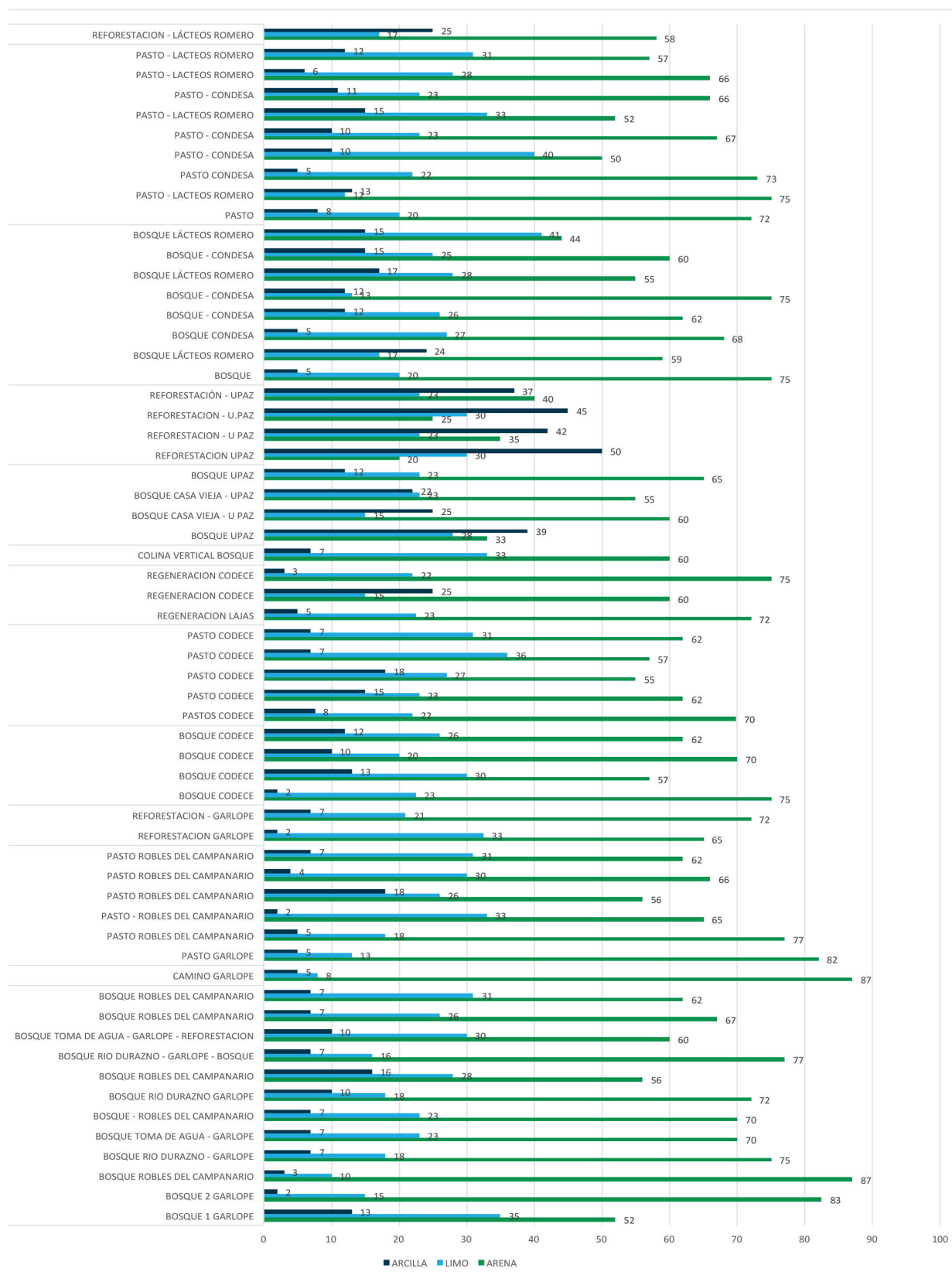


Figura 60. Resultados del análisis textural de los suelos de las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Costa Rica

Con los resultados de materia orgánica (MO) y de textura y granulometría, se elaboraron mapas de pérdida de suelo en las fincas con usos que podían propiciar la pérdida debido a la exposición por falta de cobertura. En el Cuadro 7 se muestra la información necesaria para calcular el factor K que mide la vulnerabilidad de los suelos a causa de la erosión hídrica

Cuadro 7. Datos necesarios para calcular el factor K, o factor de erodabilidad de los suelos

	Clase	Arena fina y muy fina (%),			(%)			Materia orgánica
SITIO	Textura	> 125 μ m	125-63 μ m	<63 μ m	Arena	Limo	Arcilla	MO (%)
GARLOPE								
CAMINO	ARENA FRANCA	51	23	26	87	8	5	1.32
PASTO	ARENA FRANCA	46	29	25	82	13	5	3.03
BOSQUE1	FRANCO ARENOSA	81	11	8	52	35	13	2.63
BOSQUE2	ARENA FRANCA	56	30	14	83	15	2	3.47
REFORESTACIÓN	FRANCO ARENOSA	77	14	9	65	33	2	4.34
ROBLES DEL CAMPANARIO								
BOSQUE	ARENOSO	70	21	9	87	10	3	1.58
PASTO	ARENA FRANCA	53	25	22	77	18	5	1.91
UPAZ								
BOSQUE	FRANCO ARCILLOSO	80	10	10	33	28	39	7.45
REFORESTACION	ARCILLOSO	82	8	10	20	30	50	4.219
LÁCTEOS ROMERO								
BOSQUE	FRANCO ARENOSO	59	17	24	57	30	13	1.845
REFORESTACION	FRANCO ARENOSO	75	12	13	55	30	15	7.365
PASTO	FRANCO ARENOSO	58	17	25	59	33	8	8.366
CODECE								
PASTO	FRANCO ARENOSO	60	19	21	57	30	13	12.56
BOSQUE	FRANCO ARENOSO	66	17	17	62	23	15	9.953
REGENERACION	FRANCO ARCILLO ARENOSO	85	9	6	60	15	25	10.12
CONDESA								
BOSQUE	FRANCO ARENOSO	78	11	11	75	20	5	12.27
PASTO	FRANCO ARENOSO	67	14	19	72	20	8	7.55
LAJAS								
REGENERACION	FRANCO ARENOSO	80	13	7	72	23	5	5.82
PASTOS	ARENA FRANCA	73	17	10	75	23	2	9.166
BOSQUE	FRANCO ARENOSO	66	20	14	70	22	8	6.078

La multiplicación de las capas RxKxLSxCxP con la calculadora Ráster del QGIS 2.14, permitió obtener el mapa de pérdida de suelo en toneladas métricas por hectárea por año para cada una de las fincas. El mapa permite identificar las áreas de más atención para futuras intervenciones.

En el caso de las fincas de la familia Fallas Herrera (Figura 61), podemos observar que según el modelo RUSLE, las fincas no superan pérdidas de 0,2 t/ha/año en ninguno de los usos asociados (pastos, regeneración natural y protección de bosque), lo cual es bueno, ya que a pesar de que hay pendientes asociadas al terreno, los otros factores como erodabilidad y erosividad, así como el de prácticas de manejo, no marcan diferencia en el aumento de pérdida del suelo.

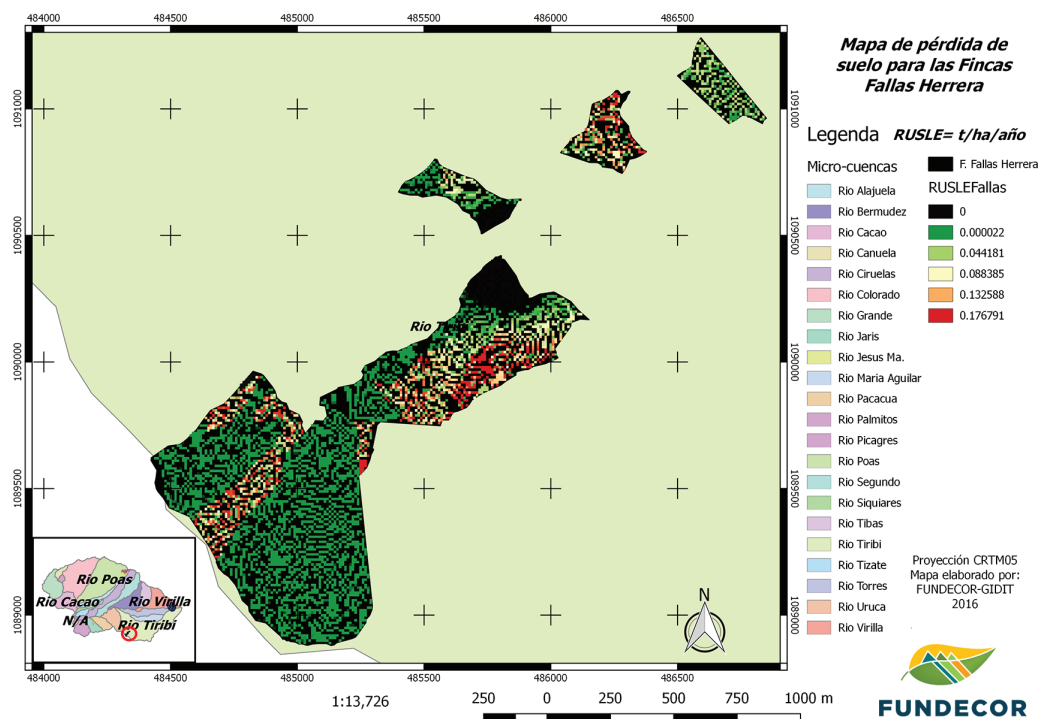


Figura 61. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Lajas y Mirador, Poás de Aserrí, Costa Rica

Las fincas de la asociación CODECE presentan un comportamiento similar pues existen pendientes pronunciadas (factor LS), pero al no existir un aporte de peso de los otros factores, las tasas de pérdida del suelo son casi nulas o insignificantes cuando se comparan con los otros sitios de estudio (Figura 62).

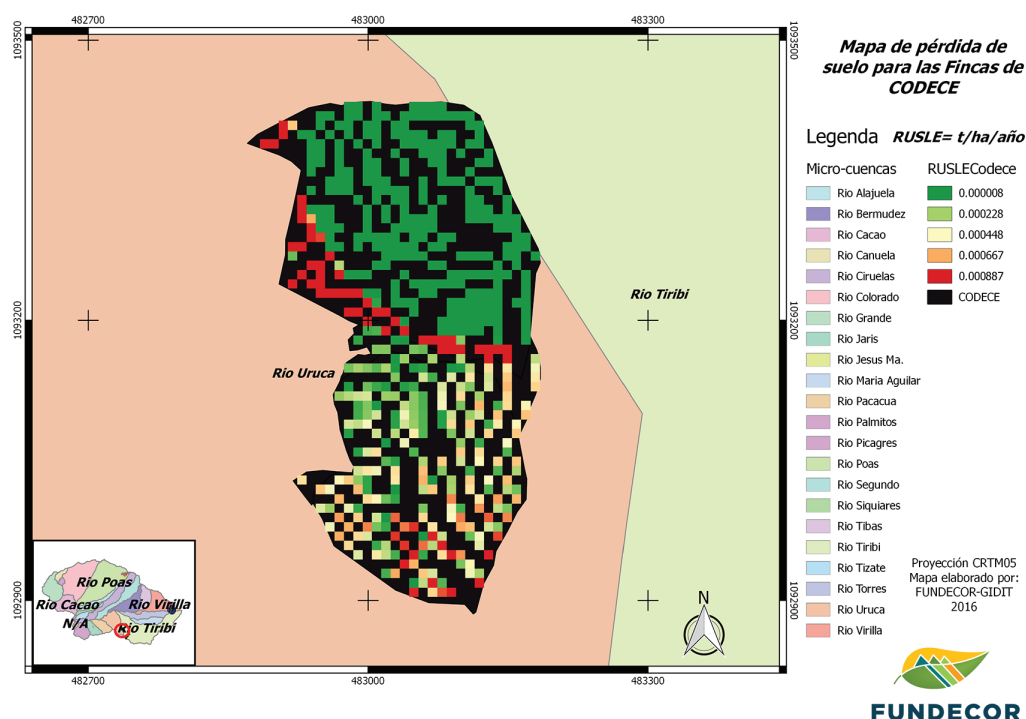


Figura 62. Mapa de pérdida de suelo de las fincas de CODECE, San Antonio de Escazú, Costa Rica

Las fincas Condesa y Lácteos Romero (Figura 63), sí muestran áreas cuyos suelos superan pérdidas de 13 t/ha/año y 156 t/ha/año, respectivamente, sobre todo en zonas con suelo desnudo (factor C) y donde no hay prácticas de manejo (factor P), como lo son las áreas de reforestación aprovechadas en Lácteos Romero, las servidumbres y los caminos y algunos sitios de pastos para la actividad láctea, en donde se obtuvieron pérdidas entre 39 y 78 t/ha/año, mientras que en las áreas bajo bosque los valores con valores casi de cero.

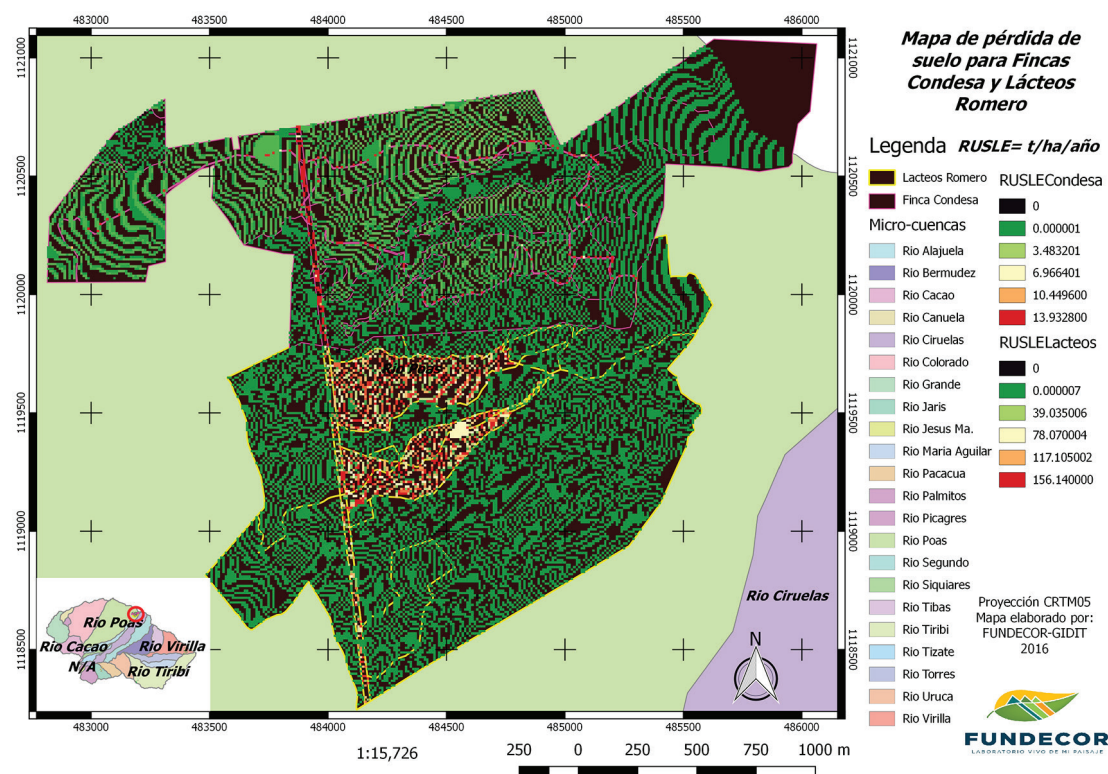


Figura 63. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Condesa y Lácteos Romero, Los Cartagos, Costa Rica

Al analizar los resultados arrojados por el cálculo de la pérdida de suelo, evaluada por la fórmula universal RUSLE, las fincas Robles del Campanario y Garlope, se puede apreciar que, en el caso de la primera, a pesar de contar con los usos del suelo bosque y pastos en pendientes altas, no presenta problemas de erosión o pérdida de suelo pues no superan las 2 t/ha/año.

En el caso de Garlope, los resultados presentan otra realidad, pues hay sitios con pérdidas de suelo de entre 75 y 300 t/ha/año asociadas, en su mayoría, a sitios sin cobertura como los que estaban bajo reforestación y que fueron aprovechados y estaban sin cobertura vegetal, el camino y algunos sitios de pastoreo.

Estos resultados dejan en evidencia que a pesar de que ambas fincas se ubican en una misma microcuenca y bajo un sistema hidro-climatológico casi igual, son los usos asociados al suelo y las prácticas de manejo asociadas los que influyen de manera importante sobre el suelo, su estructura y composición, no tanto así la erosividad o factor R y el factor LS (pendiente y largo de la pendiente) (Figura 64).

En el caso de la Universidad para la Paz, cuyas áreas en su mayoría corresponde a bosque (241 ha), caminos (1 ha) y pastos (1,7 ha), los promedios de pérdida del suelo no superan las 155 t/ha/año. Estos valores son relativamente altos para áreas de bosque y se pueden deber a los factores LS (largo y porcentaje de pendiente) y K (erodabilidad) y R (erosividad), y no tanto a los factores C (uso del suelo) y el P (prácticas de manejo) (Figura 65).

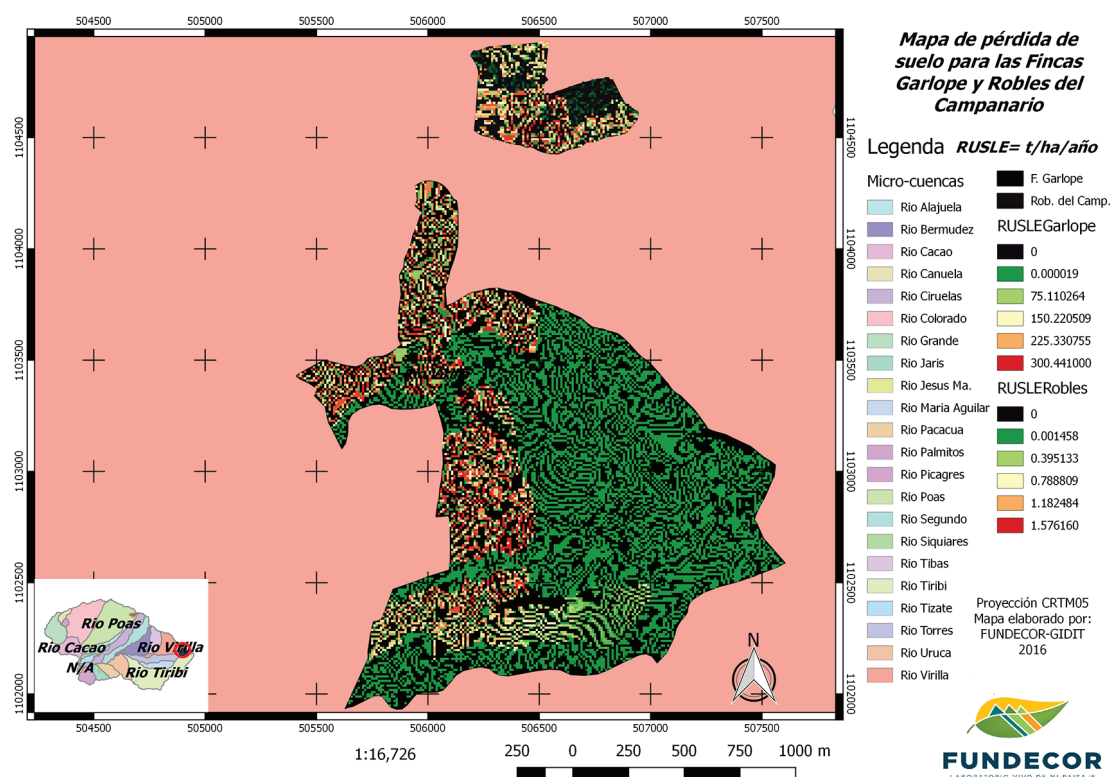


Figura 64. Mapa de pérdida de suelo de las fincas Robles del Campanario y Garlope, Coronado, Costa Rica

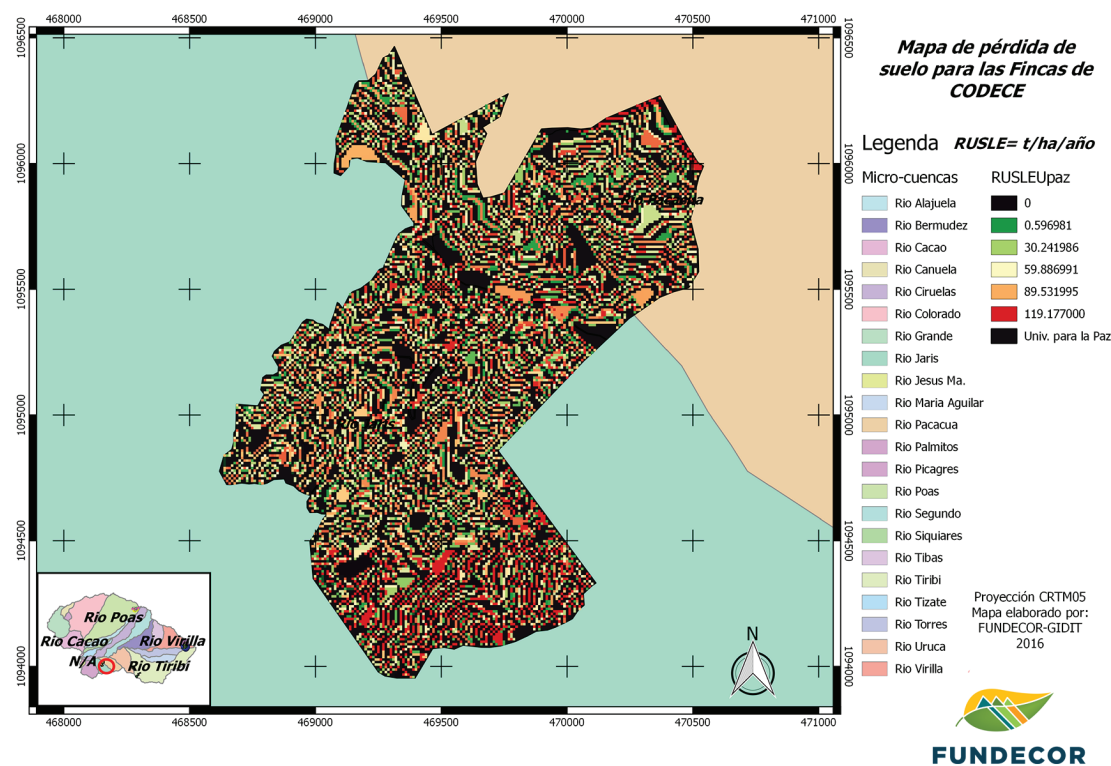


Figura 65. Mapa de pérdida de suelo de las fincas ubicadas en el sector de Mora, Costa Rica

Es más que evidente que las áreas donde más suelo se pierde son las de mayor pendiente y poca o nula cobertura boscosa, como es el caso de los caminos en la finca Garlope, que al estar desprovistos de cobertura y tener pendientes altas, presenta zonas cuyos suelos superan pérdidas de 300 t/ha/año (Figura 64). Los levantamientos edáficos y de uso de suelo realizados permiten identificar qué tipo de prácticas desarrolladas en las fincas no asociadas a los sitios con cobertura boscosa, están contribuyendo a la pérdida del suelo. Esta información permite tomar medidas de mitigación para disminuir el impacto de las prácticas agropecuarias desarrolladas en esas áreas, tales como prácticas agrícolas y pecuarias más amigables como por ejemplo, sistemas de terrazas, cunetas para captar las aguas superficiales, barreras rompeviento, sistemas de aparto, de riego eficiente, manejo de pasturas y mantenimiento de caminos, entre otros.

La implementación de estas prácticas hace posible generar servicios ecosistémicos a partir de sistemas productivos más eficientes que su vez pueden contribuir al reabastecimiento de agua en la finca, aumentado su capacidad de infiltración y disminución de la escorrentía superficial y de arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua superficial, disminuyendo así la pérdida del suelo.

5.7 Difusión de los logros del Proyecto

Como parte de la estrategia de difusión de los resultados del Proyecto, se trabajó con aliados clave que mostraron su disposición para apoyar esta labor y que pusieron al servicio del Proyecto su estructura organizativa (convocatoria, población activa e interesada, posicionamiento en sus comunidades, relaciones con otros aliados locales, etc.), que beneficiaron el trabajo de educación ambiental que desarrollamos conjuntamente.

Es así como pudimos realizar un total de 10 talleres, distribuidos a lo largo del periodo 2016-2020, con actores locales como ASADAS, centros educativos, asociaciones y *boy scouts* (Cuadro 8). El promedio de asistencia por taller fue de 15 personas para un total de más de 150 personas (Anexo 4).

Cuadro 8. Resumen de los actores que participaron en los talleres realizados con socios claves del Proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”

Sector	Actor local	Público meta	Año
Mora	Universidad para la Paz	Estudiantes de la Universidad	2016-2018-2019
Escazú	Asada de Poás de Aserri	Miembros de la comunidad	2016
Escazú	Asociación CODECE	Miembros de la comunidad y asociación	2016-2018
Escazú	Escuela de Bebedero (El Carmen)	Estudiantes del centro educativo	2019
Escazú	Asociación de Boy scouts	Miembros del squad	2020
Coronado	Colegio Oto Silesky	Estudiantes del centro educativo	2018
Coronado	Escuela de Patio de Agua	Estudiantes del centro educativo	2016

En los talleres se realizaron diferentes actividades lúdicas con los distintos actores que permitieron transmitirles la esencia del Proyecto de reabastecimiento (figuras 66, 67 y 68).



Figura 66. Actividad realizada con estudiantes de la UPAZ para compartir el trabajo realizado como parte del Proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica



Figura 67. Taller virtual realizado con *boy scouts* de Escazú para compartir el trabajo realizado como parte del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica



Figura 68. Taller realizado con estudiantes de la Escuela El Carmen para compartir el trabajo realizado como parte del proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica

A partir del 2020 implementamos los objetivos de desarrollo sostenible en la metodología de trabajo como un eje transversal a todas las actividades que realizamos dentro del Proyecto; esto fue importante porque nos permitió ubicar nuestras acciones dentro de esta agenda mundial. En el Cuadro 9 se indican los siete ODS a los que consideramos que las acciones y resultados del Proyecto contribuyen.

Todos los talleres realizados permitieron la interacción entre diferentes actores de las comunidades circunvecinas y los implementadores del Proyecto (equipo técnico de FUNDECOR), lo cual facilitó el poder dar a conocer los resultados del mismo a las comunidades y cómo estas se estaban beneficiando de sus resultados mediante el aseguramiento del agua en el sistema, lo cual beneficia a sus comunidades al contar con una mayor cantidad de agua en cantidad y calidad para el desarrollo de sus actividades cotidianas. Además, fue posible la habilitación de un espacio de intercambio entre el personal del Proyecto y estos actores con el fin de recopilar información sobre el estado actual del agua y su percepción en cuanto al recurso hídrico y al Proyecto en sí, y que conocieran todos los procesos que se implementaron como parte del monitoreo técnico-científico que permitió darle trazabilidad y capacidad de comprobación de los datos de campo y resultados generados.

Cuadro 9. Análisis de los objetivos de desarrollo sostenible a los que contribuye el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural 2014-2020”, Ciudad Colón, Costa Rica

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Público meta	Actividades	Acciones
	Centros educativos, grupos comunales	Reuniones y talleres	Promociona estilos de vida conscientes y saludables en los pobladores de las áreas beneficiadas por el Proyecto.
	Centros educativos, grupos comunales y propietarios de fincas beneficiados	Reuniones, talleres, visitas de campo, asistencia técnica	Educa para la toma de decisiones y acciones conscientes sobre los recursos que poseen comunidades locales.
	Propietarios de finca beneficiados, pobladores del Valle Central	Reuniones, talleres, visitas de campo, asistencia técnica	Realiza investigación técnico-científica para conocer y entender los procesos hidrológicos del Valle Central.
	Centros educativos, grupos comunales, propietarios de fincas beneficiados	Reuniones, talleres	Reconoce los sectores productores de agua en el paisaje y busca reconocerles ese servicio ambiental.
	Pobladores del Valle Central	Reuniones, talleres	Busca gestionar recursos de empresas privadas clave para el mejoramiento de la calidad de vida de todos los pobladores del Valle Central, en especial de los generadores del recurso hídrico.
	Propietarios de finca beneficiados, pobladores del Valle Central	Reuniones, talleres, visitas de campo, asistencia técnica	Invierte recursos en investigación, asesoría técnica e infraestructura verde para asegurar el mantenimiento de los procesos naturales, como lo es el ciclo del agua.
	Pobladores del Valle Central	Reuniones, talleres	Considera la construcción de alianzas público-privadas como un valor esencial para mejorar el impacto del Proyecto en las comunidades beneficiadas y en general para el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.

6. CONCLUSIONES

- El Proyecto logró pasar de un esquema de protección tradicional y reconocimiento de pago de servicio ambiental, a un esquema donde se puede traducir cada colón invertido en hectáreas de bosque protegidas y en metros cúbicos de agua reabastecidos anualmente a la naturaleza mediante la protección y regeneración de áreas críticas dentro de su área de influencia.
- El agua reabastecida bajo estos esquemas, está muy ligada al cambio de uso de suelo debido a las amenazas inmediatas al bosque, como por ejemplo la ganadería y la urbanización, entre otros. Por esta razón, es de gran importancia seguir implementando este tipo de proyectos para reconocer a los dueños de fincas con bosque los servicios ecosistémicos que brindan y valorar su implementación en usos de la tierra como la ganadería y la agricultura, incentivando actividades más amigables con el ambiente y que sean reconocidas por los servicios ecosistémicos que brindan.
- Las fincas dentro del Proyecto están escogidas estratégicamente con base en el portafolio de inversión de Agua Tica, lo cual genera un reabastecimiento alto por hectárea por año ($1040,7 \text{ m}^3/\text{año}$), siendo un proyecto con una inversión de rédito alto por cada colón invertido a nivel ambiental, económico y social.
- El monitoreo de las áreas de bosque y de regeneración es un factor esencial para el éxito del Proyecto. El uso de tecnología como los VANT facilitó estos procesos y los hizo mucho más robustos y confiables.
- El monitoreo de la calidad de agua es un factor que permite no solo determinar cómo influyen actividades como la protección del bosque y la regeneración natural y asistida sobre el estado del agua, sino que también ayudó a determinar que no solo el bosque y las áreas de protección determinan la calidad del agua, sino que hay factores externos como la fauna, la estacionalidad y las actividades circundantes que juegan un papel trascendental en la calidad del recurso hídrico y que es necesario abordar mediante un esquema más integral del paisaje.
- Los isótopos estables como el ^{18}O y el ^2H , son muy útiles para generar información robusta que permita determinar la procedencia del agua a través del monitoreo de aguas subterráneas, superficiales y de precipitación. Esto permitió generar esquemas de gestión del recurso hídrico a nivel de cuenca hidrológica, con datos científicos que permitieron no solo conocer aspectos importantes del ciclo hidrológico, sino que también planificar de manera ordena, eficiente y anticipada el manejo del recurso para asegurar la cantidad del mismo y así suplir las necesidades básicas de la población y las actividades productivas que se desarrollan dentro del área de influencia de Agua Tica.

- El monitoreo del suelo permitió conocer aspectos importantes como la textura del suelo y la cantidad de materia orgánica que sirvieron como base para determinar la pérdida de suelo de los sitios dentro del Proyecto, pero también los otros datos (análisis químico y permeabilidad), pueden ser muy importantes para futuros estudios que permitan determinar el grado de infiltración, y permeabilidad para determinar la escorrentía superficial. Los datos de erosión permitieron evidenciar que los valores más altos de pérdida del suelo están asociados a altas pendientes y suelos desprovistos de cobertura, lo cual da cabida a proponer acciones como buenas prácticas agrícolas y pecuarias para disminuir la pérdida de suelo, la escorrentía superficial y aumentar la infiltración y que estas actividades aporten al proceso de reabastecimiento a nivel de finca y genere otros servicios ecosistémicos.
- El componente de difusión fue esencial para dar a conocer los resultados del Proyecto e involucrar a las comunidades y otros actores a ser parte del mismo; sirvió también para que estos actores comprendieran los beneficios asociados a este tipo de proyectos y cómo tienen un beneficio directo en las comunidades, asegurando el recurso hídrico en cantidad y calidad a través del tiempo.

7. RECOMENDACIONES

- El Proyecto debe continuar a través de los años y de manera ininterrumpida con el fin de que la producción de empresas como Coca Cola FEMSA no se detenga, y que sea posible seguir compensado su huella hídrica a través de este tipo de esquemas que son innovadores y rigurosos científicamente y que permiten contabilizar los metros cúbicos de agua reabastecidos por año.
- Es necesario continuar con los esquemas de monitoreo de las áreas, agua y suelos e incorporar otros factores como la biodiversidad para generar más datos y asociarlos a la calidad del agua.
- Es muy importante tratar de transferir este tipo de experiencias a otros sectores productivos, como el agrícola o ganadero, y que se incorporen otras empresas en el proceso de reconocimiento de servicios ecosistémicos de este tipo de prácticas.
- Se recomienda incorporar en el monitoreo aspectos de cantidad de agua para realizar ensayos de correlación agua-bosque en términos de cantidad del recurso disponible.
- También es necesario incorporar otros servicios ecosistémicos dentro del esquema del Proyecto, que de por sí se generan de manera transversal al proteger el bosque, como lo son la belleza escénica, la fijación de carbono, la conservación de suelos, disminución de la sedimentación o pérdida de suelo, entre otros. Con esto se podría aumentar la remuneración que reciben los dueños de las fincas por los servicios ecosistémicos que se generan por las actividades de protección y hasta inclusive por los servicios generados por las buenas prácticas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bernabeu, N; Goldstein, A. 2009. Creatividad y aprendizaje: El juego como herramienta pedagógica. Madrid, España, Narcea. 142 p.
- Carnap, M. 2012. Aprendizaje activo: técnicas de facilitación y proyectos de aprendizaje. San José, Costa Rica, Neuland Alca S.A./Metaacción S.A. (Manual de facilitación).
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 1986. Hidrología urbana para pequeñas cuencas (PDF). Comunicado técnico 55 (TR-55) (Segunda ed.). Servicio de Conservación de Recursos Naturales, División de Ingeniería de Conservación
- Evans R. Owens J. 1972. Factors Affecting the Concentration of Faecal Bacteria in Land Drainage Water. J. of General Microbiology, 71:477-485. Escocia. Reino Unido.
- Gobierno de la República de Costa Rica. 2007. Decreto N° 33903-MINAE-S. San José, Costa Rica. 5 p.
- Gobierno de Costa Rica; Naciones Unidas. 2020. “Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030” (sitio Web). Disponible en <http://ods.cr/17-objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- Guerrero, M. 2011. Determinación Del Efecto Del Uso Del Suelo (Influencia Antropogénica) Sobre La Calidad De Agua De Las Fuentes De Abastecimiento De La Población En La Cuenca Del Río Sarapiquí. Tesis de grado Magíster Scientiae en Manejo de Recursos Naturales. UNED. San José, Costa Rica. 234p. Disponible en https://www.fundecor.org/_files/ugd/99e981_1787c83736ba45378ed9e4b633007c71.pdf
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2000. Encausemos el agua: currículo y guía de actividades para maestros. Morelos, México. 532 p.
- Jimenez, J; Delgado, S; Romero, L. 2022. Remoción de materia orgánica natural por tratamiento convencional de agua en un río tropical. Tecnología en Marcha 35(2):48-60. Disponible en https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5547/5909
- Lianes, E; Marchamalo, M; Roldán, M. 2009. Evaluación Del Factor C De La Rusle Para El Manejo De Coberturas Vegetales En El Control De La Erosión En La Cuenca Del Río Birris, Costa Rica. Agronomía Costarricense 33(2): 217-235. ISSN:0377-9424. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6722/6410>
- Neitsch, SL; Arnold, JG; Kiniry, JR; Williams, JR. 2005. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: Version 2005. Texas, United States of America, Grassland, Soil and Water Research Laboratory. 476 p.
- Oliver, D; Heathwaite, L; Haygarth, P. 2005. Transfer of Escherichia coli to water from drained and undrained grassland after grazing. J. Environ. Qual. 34:918-925.
- Rozza, J; Ritcher, B; Larson, W; Redder, T; Vigerstol, K; Bowen, P. 2013. Corporate Water Stewardship: Achieving a Sustainable Balance. Journal of Management and Sustainability 3(4):41-52. Disponible en <https://limno.sharefile.com/share/view/s2cfe601bf124ce4b>
- TAMU (Texas A&M University). 2017. SWAT. Soil, Water, Assessment Tools (en línea). Consultado 22 may. 2017. Disponible en http://swat.tamu.edu/media/69302/ch01_overview.pdf
- Wischmeier, W; Smith, D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. Washington, United States of America, USDA. 69 p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos de calidad de agua de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica

Finca	site	date	LONG	LAT	Elevation	180	SD	2H	SD	d-excess	EC	pH	temp	ORP	TDS	type	Coliformes totales	E.coli	Nitritos	Fosfatos
CODECE	codece nac 1	14/3/2016	-84,15361111	9,8844444	1861	-10,52	0,11	-73,49	0,42	10,64	40	7,5	16		10	GW	350	140		
CODECE	quebrada codece 1	14/3/2016	-84,15555555	9,8858333	1784	-10,28	0,08	-71,87	0,09	10,39	90	7,9	16,1		40	SW	2400	79		
CODECE	Nac. Codece	13/11/2018	-84,15361111	9,8844444	1861	-10,05	0,06	-68,62	0,60	11,82	20	7,1	17		0	GW	350	70	40	0,1
CODECE	Queb. Codece	13/11/2018	-84,15555555	9,8858333	1784	-9,98	0,06	-69,51	0,27	10,36	60	7,8	17,2		20	SW	1600	540	44	0,2
CODECE	Nac. Codece	19/2/19	-84,15370577	9,8860444	1861	-9,86	0,05	-68,55	0,21	10,35	40	7	18,2		10	GW	280	11	13	1,7
CODECE	Q. Codece	19/2/19	-84,15540645	9,884196	1784	-10,00	0,04	-70,35	0,38	9,62	80	7,6	18,9		30	SW	1600	540	8	0,4
CODECE	Nac. Codece	8/10/2019	-84,15370577	9,8860444	1861	-11,04	0,09	-69,71	0,12	18,58	30	7,1	17,1		10	GW	1600	140	10	0,4
CODECE	Q. Codece	8/10/2019	-84,15540645	9,884196	1784	-10,94	0,04	-69,93	0,26	17,56	60	7,7	17,3		20	SW	2400	1600	7	1,4
CODECE	Nac. Codece	26/5/2020	-84,15370577	9,8860444	1861	-9,80	0,06	-67,68	0,16	10,74	50	7,2	17,8		20	GW			13	
CODECE	Q. Codece	26/5/2020	-84,15540645	9,884196	1784	-9,25	0,11	-69,06	0,59	4,95	100	7,2	17,7		40	SW			11	
Colina	Nac. Colina Vertical	25/8/2020									110	7	17,2		50	GW			7	0
Condesa	Naciente Condesa	25/5/2018	-84,1438	10,1352	2304	-8,60	0,04	-56,26	0,15	12,54	100	6,7	14		40	GW				
Condesa	Lago Condesa	12/11/2018	-84,14530001	10,13263	2313	-9,23	0,09	-61,08	0,79	12,74	50	6,5	15,6		20	GW	180	8	25	0,3
Condesa	Nac. Tubo Condesa	12/11/2018	-84,143813	10,13529	2329	-9,16	0,06	-60,40	0,24	12,89	50	6,9	15,4		10	GW	27	2	20	1,7
Condesa	Naciente lago condesa	6/8/2019	-84,14530001	10,13263	2247	-8,90	0,09	-60,76	0,17	10,40	50,00	6,80	15,40		20	GW	2400	33	10	0
Condesa	Naciente tubo condesa	6/8/2019	-84,14549472	10,13277	2274	-8,99	0,09	-61,56	0,44	10,36	60,00	6,20	15,80		20	GW	350	120	8	0,3
Condesa	La Condesa Nac. Tubo	2/12/2019	-84,14549472	10,13277	2274	-8,95	0,04	-60,44	0,30	11,16	80	6,2	19,4		30	GW	70	33	19	0,7
Condesa	Nac. Lago La Condesa	2/12/2019	-84,14530001	10,13263	2247	-8,82	0,06	-59,78	0,22	10,78	60	6,9	18,7		20	GW	1600	110	17	0,6
Condesa	Naciente Tubo Condesa	27/2/2018	-84,143813	10,13529	2329						50	6,3	15,1		10	GW	920	2	12	0,3
Condesa	Naciente Lago Condesa	27/2/2018	-84,14530001	10,13263	2313						60	6,9	14,4		20	GW	350	2	22	0,8
Condesa	Nac. Lago La Condesa	17/2/2020	-84,14530001	10,13263	2313	-9,20	0,11	-59,85	0,30	13,77	50	6,8	15,5		20	GW	920	170	14	0
Condesa	Nac. Tubo La Condesa	17/2/2020	-84,143813	10,13529	2329	-9,21	0,04	-59,44	0,47	14,22	50	6,3	15,9		10	GW	140	31	16	0
Coronado	N. Cascajal	24/6/2014	-83,9352	10,0025	2055	-8,49	0,05	-54,88	0,21	13,02						GW				
Coronado	N. Virilla	24/6/2014	-83,9457	9,9869	2003	-9,34	0,05	-63,65	0,20	11,08						GW				
Coronado	Q. Cascajal	24/6/2014	-83,9545	10,0069	1640	-8,24	0,08	-54,91	0,56	11,02						SW				
Coronado	R. Cajon	24/6/2014	-83,9203	9,9999	1993	-8,58	0,05	-56,53	0,13	12,12						SW				
Coronado	R. Cascajal	24/6/2014	-83,9327	10,0017	2032	-8,30	0,05	-54,65	0,35	11,75						SW				
Coronado	R. Gacho	24/6/2014	-83,9598	9,9996	1626	-8,51	0,04	-57,98	0,21	10,12						SW				
Garlope	N. Garlope	28/11/2014	-83,9369	9,9680	2093	-10,67	0,04	-74,11	0,09	11,29	120	7,30	15,2		60,0	GW				
Garlope	Quebrada 1	28/11/2014	-83,9411	9,9712	2065	-10,19	0,13	-69,81	0,25	11,71	120	7,70	14,5		50	SW				
Garlope	Quebrada 2	28/11/2014	-83,9428	9,9773	2067	-10,41	0,04	-70,73	0,16	12,59	140	7,70	15,4		50	SW				
Garlope	R. Durazno	28/11/2014	-83,9366	9,9673	2099	-9,94	0,08	-68,54	0,34	10,97	250	7,90	15,0		180,0	SW				
Garlope	Toma agua Garlope	28/11/2014	-83,9359	9,9718	2212	-10,09	0,07	-69,04	0,27	11,68	70	7,30	13,9		40	DW				
Garlope	rio macho	5/4/2016	-83,94	9,990556	2020	-8,40	0,10	-53,57	0,38	13,66	100	7,4	14,5		40	SW	130	2		
Garlope	Garlope Q1	13/3/2018	-83,9411	9,9712	2040	-9,89	0,02	-66,55	0,22	12,59	110	7,8	NA		50	SW	540	13	22	0,4
Garlope	Garlope Q2	13/3/2018	-83,9428	9,9773	2139	-9,92	0,06	-66,55	0,31	12,78	120	7,9	NA		50	SW	2400	33	16	1,5
Garlope	Garlope Q3	13/3/2018	-83,9437	9,9801	2093	-9,65	0,07	-64,07	0,26	13,16	90	8	13		40	SW	1600	170	19	3
Garlope	NR Durazno	12/3/2018	-83,9369	9,9680	2178	-10,22	0,06	-70,10	0,29	11,63	110	7,7	15,8		50	GW	2400	170	9	1,1
Garlope	R Durazno	12/3/2018	-83,9366	9,9673	2075	-9,65	0,07	-65,17	0,08	12,03	270	8,2	14,2		130	SW	1600	7	13	1

Garlope	Toma Garlope	12/3/2018	-83,9359	9,9718	2204	-9,81	0,03	-65,71	0,32	12,79	90	8	14,7		40	SW	1600	33	9	0
Garlope	Nac. Durazno	27/11/2018	-83,936837	9,968834	1962	-10,30	0,07	-72,53	0,52	9,85	110	7,9	15,6		40	GW	920	2	23	1
Garlope	Rio Durazno	27/11/2018	-83,936681	9,967162	2174	-9,95	0,04	-69,00	0,19	10,60	240	8	12,9		110	SW	2400	1600	39	0,6
Garlope	Durazno	11/3/2019	-83,936681	9,967162	2174	-9,87	0,05	-67,18	0,36	11,74	380	8,3	15,2		180	SW	2400	140	12	1,9
Garlope	Nac. Durazno	11/3/2019	-83,936837	9,968834	1962	-10,31	0,06	-72,69	0,50	9,77	130	7,8	16,6		60	GW	2400	4	0	4,5
Garlope	Toma agua Garlope	11/3/2019	-83,9359	9,9718	2204	-9,84	0,03	-67,62	0,29	11,09	100	7,8	14,9		40	SW	1600	23	0	1,4
Lacteos	nac lacteos 1	18/4/2016	-84,1436111	10,12333	2066	-10,39	0,03	-70,35	0,32	12,74	80	6,9	14,6		30	GW	11	2		
Lacteos	nac lacteos 2	18/4/2016	-84,1458333	10,12361	2036	-10,40	0,045	-71,10	0,21	12,06	100	6,4	15		40	GW	13	2		
Lacteos	quebrada 1 lacteos	18/4/2016	-84,14583333	10,11917	1921	-10,36	0,06	-71,33	0,21	11,59	50	7,2	14,6		20	SW	920	8		
Lacteos	Nac. Lacteos	26/11/2018	-84,1457042	10,1235	2050	-9,82	0,04	-66,96	0,65	11,62	80	6,8	15,4		30	GW			13	1,8
Lacteos	Queb. Lacteos	26/11/2018	-84,14570015	10,11899	2002	-9,83	0,06	-67,13	0,68	11,52	50	7,4	14,5		10	SW			11	1
Lacteos	Queb. Tajo Lacteos	26/11/2018	-84,143999	10,12345	2149	-9,64	0,05	-65,72	0,67	11,43	10	7,3	14,3		0	SW			13	0,6
Lacteos	Nac. Lacteos Romero	3/4/2019	-84,145749	10,12328	2101	-9,71	0,04	-67,12	0,19	10,56	80	6,7	16,3		30	SW	540	2	20	2,2
Lacteos	Q. Lacteos Torre	3/4/2019	-84,14548088	10,11897	2029	-9,95	0,04	-69,36	0,27	10,25	50	7,1	15,4		20	SW	2400	170	2,1	1,1
Lacteos	Naciente lact Romero	30/7/2019	-84,145749	10,12328	2101	-9,37	0,05	-67,06	0,34	7,90	80,00	6,70	15,40		30	GW	2400	33	8	0
Lacteos	Q.Torre Lacteos	30/7/2019	-84,14578407	10,11899	2014,945	-9,10	0,07	-64,24	0,29	8,54	70,00	7,20	14,80		20	SW	2400	130	21	0
Lacteos	Nac. Lacteos Romero	18/2/2020	-84,145749	10,12328	2101	-9,38	0,05	-65,36	0,23	9,71	80	6,6			30	GW	350	2	12	
Lacteos	Queb. Torre Lacteos Romero	18/2/2020	-84,14548088	10,11897	2029						60	7,1			20	SW	2400	170	9	
Lajas	Finca La Laja	22/1/2015	-84,13216667	9,857667	1902	-10,47	0,07	-71,70	0,31	12,09						DW				
Lajas	Quebrada 1	22/1/2015	-84,12361111	9,865944	1721	-9,92	0,06	-69,01	0,23	10,33	105	7,48	16,5	36	53	SW				
Lajas	Quebrada 2	22/1/2015	-84,12352778	9,863333	1701	-10,28	0,07	-71,57	0,21	10,65	102	7,61	16,0	20	51	SW				
Lajas	Quebrada 5	22/1/2015	-84,13641667	9,855083	2001	-8,94	0,09	-57,52	0,17	14,00	32	7,66	13,4	114	16	SW				
Lajas	Quebrada La Perla	22/1/2015	-84,12930556	9,861472	1785	-10,24	0,07	-70,42	0,20	11,54	97	7,82	15,3	83	48	SW				
Lajas	Rio Lajas	22/1/2015	-84,13691667	9,855972	1986	-9,11	0,09	-60,36	0,21	12,56	46	7,54	13,3	105	22	SW				
Lajas	Rio Poas	22/1/2015	-84,13061111	9,856306	1897	-9,50	0,07	-64,32	0,23	11,64	66	7,83	14,4	95	33	SW				
Lajas	FUNDECOR1	13/5/2015	-84,136944	9,856	2003	-8,73	0,05	-58,64	0,23	11,18	50	7,7	15,3		20	SW				
Lajas	FUNDECOR2	13/5/2015	-84,137944	9,855111	2009	-8,29	0,09	-55,56	0,25	10,73	20	7,5	14,3		0	SW				
Lajas	FUNDECOR3	13/5/2015	-84,130556	9,856306	1913	-8,97	0,06	-62,50	0,19	9,26	70	7,9	16,2		30	SW				
Lajas	FUNDECOR4	13/5/2015	-84,129	9,861528	1839	-8,72	0,08	-65,56	0,27	4,24	100	7,8	17,4		40	SW				
Lajas	FUNDECOR5	13/5/2015	-84,125083	9,863444		-10,21	0,06	-71,44	0,19	10,25	100	8	17,7		40	SW				
Lajas	isotopo 1	22/4/2016	-84,1291666	9,861389	1792	-10,24	0,05	-70,56	0,29	11,39	90	7,7	16,7		30	SW				
Lajas	isotopo 2 rio poas	22/4/2016	-84,13055555	9,856389	1882	-9,75	0,06	-65,11	0,34	12,92	60	7,7	17		20	SW	ya			
Lajas	isotopo 3 nac	22/4/2016	-84,131888	9,855833	1924	-10,23	0,07	-68,74	0,32	13,13	80	7,9	15,8		80	GW				
Lajas	N. Beso	19/7/2018	-84,13172	9,85572		-8,66434	0,099404	-61,8186	0,526814	7,50	80	8	16,5		30	GW			8	0,1
Lajas	Q. 1 Lajas	19/7/2018	-84,12903	9,8615	1986	-9,67	0,11	-66,35	0,53	10,98	80	8	17		30	SW			6	0
Lajas	Q. Beso	19/7/2018	-84,13058	9,8563		-11,97	0,15	-67,86	0,69	27,88	50	7,9	18,1		20	SW			36	0
Lajas	Rio Poas	19/7/2018	-84,13061111	9,856306	1897	-9,21	0,07	-60,76	0,35	12,91	30	7,9	16,8		10	SW			10	0
Lajas	Naciente Beso Lajas	13/8/2019	-84,13172	9,85572	1970	-9,55	0,05	-66,59	0,55	9,82	80,00	7,30	16,70		20	GW	540	110	31	0
Lajas	Queb 1 lajas	13/8/2019	-84,12903	9,8615	1986	-9,34	0,04	-68,05	0,04	6,64						SW	2400	1600		
Lajas	Quebrada beso lajas	13/8/2019	-84,13058	9,8563		-8,68	0,06	-61,16	0,51	8,32	50	7,6			10	SW	1600	920	22	0,4
Lajas	Rio Principal	13/8/2019	-84,13061111	9,856306	1897	-8,81	0,05	-64,10	0,42	6,37						SW	2400	920		
Robles	Robles camp	29/5/2018	-83,94	9,990556	2020	-10,17	0,04	-62,06	0,31	19,28						SW	2400	70	10	0
Robles	Robles Campanario	18/2/19	-83,93989264	9,990403	2020	-8,16	0,07	-53,89	0,29	11,38	90	7,3	12,6		30	SW	1600	2	12	0,8
Robles	Quebrada 1 Robles	19/8/2019	-83,93991763	9,990401	2141,436	-10,547	0,033973	-66,4609	0,136942	17,91495	70,00	7,30	16,70		20,00	SW			31	na
Robles	Q. 1 Robles	24/8/2020	-83,93991763	9,990401	2141,436	-9,57	0,04	-63,48	0,30	13,08	50	7,4	14,2		10	SW			9	0,2
UPAZ	Nac 1 U paz	7/3/2016	-84,2794	9,905	797	-8,83	0,12	-59,47	0,37	11,16	380	7,2	22,7		180	GW	1600	170		
UPAZ	Nac 2 U paz	7/3/2016	-84,27166	9,9075	981	-8,87	0,06	-59,23	0,23	11,74	400	7,7	21,4		190	GW	2400	2		
UPAZ	Nac 3 U paz	7/3/2016	-84,2802777	9,9136	946	-8,84	0,11	-59,88	0,29	10,87	790	7,6	23,8		410	GW	2400	5		

UPAZ	quebrada U paz	7/3/2016	-84,2752777	9,91111	894	-8,79	0,08	-59,44	0,16	10,88	330	7,8	21,9		160	SW	240	13		
UPAZ	U paz toma	19/6/2018	-84,2802777	9,9136	946	-9,17	0,04	-56,73	0,34	16,60	330	8,2	21,7		160	SW			11	0,1
UPAZ	U paz urb	19/6/2018	-84,2752777	9,91111	894	-9,10	0,03	-54,82	0,24	17,99	220	7,6	21,7		100	SW			18	1,8
UPAZ	Casa Vieja U Paz	9/7/2018	-84,27977	9,905084	873	-8,09	0,10	-57,84	0,67	6,84	380	8	22,6		180	GW	2400	220	5	1
UPAZ	Queb. Marañon U Paz	9/7/2018	-84,273257	9,915142	802	-8,10	0,04	-58,23	0,28	6,58	240	7,5	22,3		110	SW	2400	13	7	0,2
UPAZ	Queb. Henry U Paz	9/7/2018	-84,28024	9,91368	984	-8,07	0,07	-58,83	0,48	5,76	330	8,3	22,2		160	SW	2400	110	10	0
UPAZ	Casa Vieja U Paz	3/12/2018	-84,279639	9,905185	789	-8,31	0,10	-57,61	0,30	8,88	340	8,2	n/a		170	GW	2400	170	13	0,6
UPAZ	Toma Potable U Paz	3/12/2018	-84,28019	9,913672	959	-8,57	0,10	-61,22	0,60	7,36	280	7,1	22,9		130	GW	170	11	22	0,5
UPAZ	Nac. Tanque U Paz	4/12/2018	-84,27194	9,907351	928	-8,33	0,06	-59,36	0,80	7,24	310	7,8	25,1		140	GW	2400	94	29	1,9
UPAZ	Queb. Marañon U Paz	4/12/2018	-84,2735344	9,915171	851	-8,23	0,08	-59,00	0,67	6,82	230	7,5	26,3		110	SW	2400	920	26	4,6
UPAZ	Lac. Los Tanques U Paz	3/5/2019	-84,28019216	9,913613	945	-8,66	0,07	-60,47	0,35	8,80	290	7,1	23,2		140	GW	94	2400	22	1,9
UPAZ	Q. Marañon	3/5/2019	-84,27390648	9,915166	779	-8,48	0,03	-59,10	0,18	8,72	330	6,8	24,2		160	SW	2400	920	14	1,8
UPAZ	Nac. Henry U paz	14/10/2019	-84,28019401145005	9,913925	932	-9,84	0,01	-59,23	0,33	19,51	280,00	6,90	22,00		130,00	GW	120	2	9	0,3
UPAZ	Queb. Marañon	14/10/2019	-84,27351833	9,915453	881	-9,46	0,10	-57,73	0,22	17,94	210,00	7,70	22,00		100,00	SW	2400	2400	10	0,2
UPAZ	Nac. Casa Vieja U Paz	22/10/2019	-84,27969192	9,905033	831	-9,45	0,04	-57,97	0,34	17,62	390,00	7,80			190,00	GW	2400	23	8	0
UPAZ	Nac. Los Tanques U Paz	22/10/2019	-84,27178878984502	9,907536	1076	-9,59	0,07	-57,57	0,29	19,19	140,00	7,10			60,00	GW	2400	33	8	0,1
UPAZ	U Paz Toma Casa Vieja	26/3/2019	-84,279639	9,905185	789	-8,79	0,03	-58,47	0,26	11,83	330	7,6	24		160	SW	2400	23		0
UPAZ	Nac. Agua CV	28/5/2020				-9,60	0,11	-64,86	0,23	11,91										
UPAZ	Nac Toma Casa Vieja	8/6/2020	-84,27969192	9,905033	831	-8,51	0,03	-55,67	0,43	12,42	410	7,9	22,7		200	GW	2400	220	8	0,1
UPAZ	Nac. Los Tanques	8/6/2020	-84,27178878984502	9,907536	1076	-7,83	0,12	-55,59	0,31	7,03	210	7,5	22		100	GW	2400	180	11	0,1

Anexo 2. Resultados del monitoreo de suelos de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica

UBICACIÓN	TIPO DE USO	ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS																mS/ cm	%		Relación	MO
		Solución Extractora:				pH	cmol(+) / L					%	mg/L									
							KCI-Olsen Modificado				5,5		0,5	4	1	0,2	5	SA	10	3	1	
UBICACIÓN	TIPO DE USO	ID USUARIO	Fecha Recepción	Fecha emisión	ID LAB	pH H2O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE		C/N			
CORONADO	BOSQUE	BOSQUE 1 GARLOPE	21/7/2015	31/7/2015	S-15-07449	6,1	0,17	6,11	2,20	1,32	9,80	2	4	1,8	30	140	6	0,2	1,84	0,17	10,8	2,6312
		BOSQUE - ROBLES DEL CAMPANARIO	29/5/2018	8/6/2018	S-18-05350	5,8	0,38	2,68	0,69	0,23	3,98	10	4	0,8	15	134	10	0,1	3,25	0,32	10,2	4,6475
		BOSQUE 2 GARLOPE	21/7/2015	31/7/2015	S-15-07450	6,6	0,10	21,26	4,73	1,20	27,29	0,4	7	0,7	9	41	6	0,1	2,43	0,19	12,8	3,4749
		BOSQUE RIO DURAZNO - GARLOPE	12/3/2018	23/3/2018	S-18-01960	6,0	0,14	8,49	2,15	0,21	10,99	1	5	1,6	5	157	9	0,1	3,83	0,36	10,6	5,4769
		BOSQUE RIO DURAZNO - GARLOPE - BOSQUE	11/3/2019	21/3/2019	S-19-01716	6,1	0,14	9,08	3,34	0,15	12,71	1	4	0,7	6	105	4	0,1	2,23	0,22	10,1	3,1889
		BOSQUE RIO DURAZNO GARLOPE	27/11/2018	6/12/2018	S-18-10699	6,3	0,15	4,18	1,20	0,13	5,66	3	4	0,6	3	116	4	0,1	1,11	0,12	9,2	1,5873
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	5/4/2016	15/4/2016	S-16-03348	6,5	0,22	2,80	0,77	0,24	4,03	6	5	1,6	10	95	3	0,1	1,11	0,10	11,1	1,5873
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	18/2/2019	1/3/2019	S-19-01157	5,6	0,45	1,71	0,45	0,09	2,70	17	1	0,6	16	173	8	0,1	3,60	0,41	8,8	5,148
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	26/8/2020	3/9/2020	S-20-03663	5,7	0,27	3,46	1,05	0,18	4,96	5	2	1,4	15	119	7	0,1	4,95	0,48	10,3	7,0785
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	26/10/2020	5/11/2020	S-20-04438	6,1	0,19	3,89	1,07	0,18	5,33	4	2	1,6	17	195	9	0,1	3,56	0,33	10,8	5,0908
		BOSQUE TOMA DE AGUA - GARLOPE	12/3/2018	23/3/2018	S-18-01958	6,1	0,14	6,11	1,61	0,51	8,37	2	11	2,1	13	289	20	0,2	3,53	0,28	12,6	5,0479
		BOSQUE TOMA DE AGUA - GARLOPE - REFORESTACION	11/3/2019	21/3/2019	S-19-01715	5,7	0,26	4,72	1,04	0,14	6,16	4	4	6,3	9	266	4	0,1	3,13	0,30	10,4	4,4759
	CAMINO	CAMINO GARLOPE	8/9/2015	18/9/2015	S-15-09130	6,3	0,18	1,1	0,26	0,32	1,86	9,7	7	0,6	16	105	1	0,1	0,93	0,09	10,3	1,3299
	PASTO	PASTO - ROBLES DEL CAMPANARIO	29/5/2018	8/6/2018	S-18-05351	5,8	0,32	1,42	0,64	0,08	2,46	13	1	0,6	19	158	9	0,1	2,98	0,30	9,9	4,2614
		PASTO GARLOPE	8/9/2015	18/9/2015	S-15-09131	6,4	0,2	1,59	0,39	0,2	2,38	8,4	4	1,6	23	116	3	0,1	2,12	0,19	11,2	3,0316
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	5/4/2016	15/4/2016	S-16-03349	6,2	0,14	2,76	1,45	0,28	4,63	3	8	3,2	21	252	7	0,1	1,34	0,13	10,3	1,9162
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	18/2/2019	1/3/2019	S-19-01156	5,8	0,27	3,34	1,69	0,25	5,55	5	11	3,7	21	437	7	0,1	2,58	0,39	6,6	3,6894
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	26/8/2020	3/9/2020	S-20-03662	5,9	0,21	2,66	1,07	0,22	4,16	5	14	2,3	15	262	8	0,1	1,91	0,20	9,6	2,7313
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	26/10/2020	5/11/2020	S-20-04437	6,0	0,15	4,21	2,00	0,28	6,64	2	7	3,2	19	327	11	0,1	2,74	0,28	9,8	3,9182
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION - GARLOPE	12/3/2018	23/3/2018	S-18-01959	6,1	0,19	3,05	0,66	0,28	4,18	5	4	2,2	21	174	2	0,1	1,85	0,19	9,7	2,6455
		REFORESTACION GARLOPE	21/7/2015	31/7/2015	S-15-07451	5,6	0,23	4,60	0,90	0,25	5,98	4	3	2,4	27	189	4	0,2	3,04	0,24	12,7	4,3472

UBICACIÓN	TIPO DE USO	ID USUARIO	Fecha Recepción	Fecha emisión	ID LAB	pH H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE	C	N	C/N	MO
ESCAZÚ	BOSQUE	BOSQUE CODECE	14/5/2015	22/5/2015	S-15-05898	5,6	0,64	1,74	0,21	0,06	2,65	24	4	0,1	4	129	10	0,1	4,25	0,44	9,7	6,0775
		BOSQUE CODECE	14/3/2016	4/4/2016	S-16-02860	6,5	0,10	9,03	1,57	0,29	10,99	0,9	3	3,3	9	63	10	0,1	6,96	0,65	10,7	9,9528
		BOSQUE CODECE	19/2/2019	1/3/2019	S-19-01173	6,5	0,14	13,16	2,92	0,39	16,61	1	1	2,1	5	54	16	0,2	7,96	0,72	11,1	11,3828
	PASTO	PASTO CODECE	14/3/2016	4/4/2016	S-16-02859	5,7	0,33	2,79	0,96	0,13	4,21	8	2	2,7	9	134	14	0,1	8,78	0,90	9,8	12,5554
		PASTO CODECE	24/4/2017	8/5/2017	S-17-06990	5,9	0,23	3,80	1,44	0,14	5,61	4	3	4,2	11	121	11	0,1	7,71	0,78	9,9	11,0253
		PASTO CODECE	19/2/2019	1/3/2019	S-19-01174	5,8	0,21	5,38	1,33	0,14	7,06	3	2	3,3	11	130	17	0,1	8,16	0,91	9,0	11,6688
		PASTOS CODECE	14/5/2015	22/5/2015	S-15-05897	5,8	0,30	5,43	1,19	0,13	7,05	4	4	3,4	9	120	16	0,1	6,41	0,65	9,9	9,1663
	REGENERACIÓN	REGENERACION CODECE	14/3/2016	4/4/2016	S-16-02861	6,1	0,12	12,77	3,87	0,30	17,06	0,7	7	6,8	2	49	36	0,2	7,08	0,60	11,8	10,1244
		REGENERACION CODECE	24/4/2017	8/5/2017	S-17-06989	5,8	0,20	7,86	3,12	0,30	11,48	2	5	5,6	9	135	35	0,1	2,97	0,30	9,9	4,2471
		REGENERACION LAJAS	27/7/2015	7/8/2015	S-15-07525	5,8	0,27	4,68	1,06	0,35	6,36	4	3	2,3	7	123	21	0,1	4,07	0,46	8,8	5,8201
UBICACIÓN	TIPO DE USO	ID USUARIO	Fecha Recepción	Fecha emisión	ID LAB	pH H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE	C	N	C/N	MO
GRECIA	BOSQUE	COLINA VERTICAL BOSQUE	16/11/2020	26/11/2020	S-20-04737	5,0	0,91	0,81	0,18	0,09	1,99	46	2	0,8	6	150	5	0,2	4,36	0,20	21,8	6,2348
UBICACIÓN	TIPO DE USO	ID USUARIO	Fecha Recepción	Fecha emisión	ID LAB	pH H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE	C	N	C/N	MO
MORA	BOSQUE	BOSQUE CASA VIEJA - U PAZ	3/12/2018	14/12/2018	S-18-10836	6,4	0,12	35,27	8,75	0,65	44,79	0	1	1,4	4	19	11	0,1	1,91	0,21	9,1	2,7313
		BOSQUE CASA VIEJA - UPAZ	26/3/2019	4/4/2019	S-19-01983	6,8	0,11	32,87	6,96	0,70	40,64	0	1	1,4	3	32	24	0,1	3,37	0,36	9,4	4,8191
		BOSQUE UPAZ	8/3/2016	17/3/2016	S-16-02376	5,5	0,20	9,21	6,97	0,28	16,66	1	2	1,8	10	169	36	0,1	5,21	0,48	10,9	7,4503
		BOSQUE UPAZ	8/6/2020	18/6/2020	S-20-02843	6,6	0,10	32,93	8,01	0,66	41,70	0	2	1,5	2	36	13	0,1	2,91	0,27	10,8	4,1613
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION - U PAZ	4/12/2018	14/12/2018	S-18-10888	5,8	0,29	3,01	1,13	0,26	4,69	6	ND	0,5	11	81	3	0,1	6,86	0,53	12,9	9,8098
		REFORESTACION - UPAZ	5/3/2019	14/3/2019	S-19-01615	5,7	0,38	2,56	1,04	0,35	4,33	9	1	0,8	12	111	2	0,1	6,14	0,49	12,5	8,7802
		REFORESTACIÓN - UPAZ	19/10/2020	29/10/2020	S-20-04317	5,6	0,25	3,18	1,66	0,34	5,43	5	ND	0,2	14	133	4	0,1	5,20	0,39	13,3	7,436
		REFORESTACION UPAZ	8/3/2016	17/3/2016	S-16-02377	5,9	0,12	7,85	1,97	0,37	10,31	1	3	7,2	12	158	48	0,1	2,95	0,27	10,9	4,2185
UBICACIÓN	TIPO DE USO	ID USUARIO	Fecha Recepción	Fecha emisión	ID LAB	pH H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE	C	N	C/N	MO
SANTA BÁRBARA	BOSQUE	BOSQUE	1/3/2016	11/3/2016	S-16-02202	5,7	0,33	3,90	1,14	0,11	5,48	6	3	9,8	11	173	18	0,1	8,58	0,72	11,9	12,2694
		BOSQUE - CONDESA	27/2/2018	9/3/2018	S-18-01399	5,6	0,37	5,37	1,55	0,15	7,44	5	3	6,8	6	262	15	0,1	6,66	0,52	12,8	9,5238
		BOSQUE - CONDESA	12/2/2019	22/2/2019	S-19-00935	5,5	0,68	2,08	0,78	0,15	3,69	18	3	5,1	5	277	11	0,1	5,38	0,52	10,3	7,6934
		BOSQUE - CONDESA	17/02/2020	27/02/2020	S-20-00804	5,6	0,70	2,20	0,86	0,12	3,88	18	2	5,2	6	231	15	0,1	7,37	0,72	10,2	10,5391
		BOSQUE CONDESA	25/4/2017	8/5/2017	S-17-07028	5,8	0,64	1,77	0,80	0,07	3,28	20	5	7,0	6	379	21	0,1	5,35	0,51	10,5	7,6505
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	29/4/2016	S-16-03897	6,0	0,19	8,15	2,47	1,99	12,80	2	13	2,9	14	90	8	0,1	1,29	0,11	11,7	1,8447
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	4/3/2019	14/3/2019	S-19-01603	5,7	0,33	6,89	4,86	0,92	13,00	3	1	2,8	7	148	34	0,1	3,73	0,37	10,1	5,3339
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	18/02/2020	27/02/2020	S-20-00825	5,8	0,26	7,73	4,74	0,93	13,66	2	1	2,6	8	139	27	0,1	3,68	0,35	10,5	5,2624
	PASTO	PASTO	1/3/2016	11/3/2016	S-16-02203	6,0	0,25	1,52	0,61	0,23	2,61	10	3	2,0	12	192	13	0,1	5,28	0,43	12,3	7,5504
		PASTO - CONDESA	27/2/2018	9/3/2018	S-18-01400	5,6	0,87	1,05	0,50	0,14	2,56	34	3	3,2	6	240	15	0,1	10,01	0,80	12,5	14,3143
		PASTO - CONDESA	12/2/2019	22/2/2019	S-19-00936	6,1	0,20	1,87	1,56	0,08	3,71	5	2	3,2	13	232	7	0,1	6,23	0,55	11,3	8,9089
		PASTO - CONDESA	17/02/2020	27/02/2020	S-20-00803	5,8	0,84	1,89	0,69	0,18	3,60	23	1	2,8	7	249	8	0,1	6,53	0,49	13,3	9,3379
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	29/4/2016	S-16-03899	5,1	0,60	0,83	0,11	0,17	1,71	35	3	2,0	14	120	9	0,1	5,85	0,57	10,3	8,3655
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	4/3/2019	14/3/2019	S-19-01604	5,9	0,23	5,55	0,88	0,17	6,83	3	1	5,7	3	172	13	0,1	7,61	0,75	10,1	10,8823
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	18/02/2020	27/02/2020	S-20-00826	6,0	0,25	3,10	0,62	0,23	4,20	6	1	3,6	4	143	9	0,1	5,95	0,58	10,3	8,5085
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	3/11/2020	12/11/2020	S-20-04558	6,2	0,19	4,24	0,64	0,21	5,28	4	1	2,1	4	90	6	0,1	7,33	0,62	11,8	10,4819
		PASTO CONDESA	25/4/2017	8/5/2017	S-17-07027	6,2	0,23	1,76	1,47	0,01	3,47	7	1	3,2	15	243	10	0,1	5,67	0,50	11,3	8,1081
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION - LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	29/4/2016	S-16-03898	5,5	0,22	8,40	1,95	0,62	11,19	2	4	4,4	25	136	29	0,1	5,15	0,49	10,5	7,3645

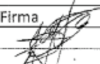
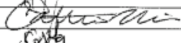
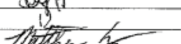
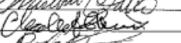
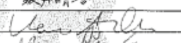
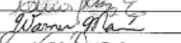
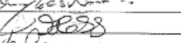
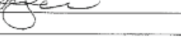
Anexo 3. Resultados de textura y granulometría de suelos de los sitios muestreados en las fincas participantes en el proyecto “Reabastecimiento de agua a la naturaleza mediante el reconocimiento del servicio ecosistémico en esquemas de protección de bosque y regeneración natural y asistida 2014-2020”, Costa Rica

UBICACIÓN	TIPO DE USO	ANÁLISIS DE TEXTURA EN SUELOS								ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN SUELOS						
		ID USUARIO			ID LAB	%			Clase	Grava	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina	
										%						
											1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	0,063 mm	
		Fecha recepción	Emisión reporte			ARENA	LIMO	ARCILLA	Textural	> 2mm	2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,125 mm	0,125-0,062 mm	<0,062 mm
CORONADO	BOSQUE	BOSQUE 1 GARLOPE	1/7/2015	30/7/2015	RN-802-15	52	35	13	FRANCO ARENOSO				81	11	8	
		BOSQUE 2 GARLOPE	1/7/2015	30/7/2015	RN-803-15	83	15	2	ARENA FRANCA				56	30	14	
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	5/4/2016	14/4/2016	RN-353-16	87	10	3	ARENOSO				70	21	9	
		BOSQUE RIO DURAZNO - GARLOPE	12/3/2018	13/4/2018	RN-18-00586	75	18	7	FRANCO ARENOSO		3,00	9	12	30	17	
		BOSQUE TOMA DE AGUA - GARLOPE	12/3/2018	13/4/2018	RN-18-00587	70	23	7	FRANCO ARENOSO		1,00	5	19	23	18	
		BOSQUE - ROBLES DEL CAMPANARIO	29/5/2018	11/6/2018	RN-18-02118	70	23	7	FRANCO ARENOSO		3	8	12	28	18	
		BOSQUE RIO DURAZNO - GARLOPE	27/11/2018	6/12/2018	RN-18-02972	72	18	10	FRANCO ARENOSO		2	2	24	13	20	
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	18/2/2019	25/2/2019	RN-19-00356	56	28	16	FRANCO ARENOSO							
		BOSQUE RIO DURAZNO - GARLOPE - BOSQUE	5/3/2019	15/3/2019	RN-19-00482	77	16	7	FRANCO ARENOSO		1	1	23	34	19	
		BOSQUE TOMA DE AGUA - GARLOPE - REFORESTACION	5/3/2019	15/3/2019	RN-19-00483	60	30	10	FRANCO ARENOSO		4	5	12	21	18	
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	26/8/2020	31/8/2020	RN-20-00925	67	26	7	FRANCO ARENOSO		0,1	4	8	23	32	
		BOSQUE ROBLES DEL CAMPANARIO	26/10/2020	29/10/2020	RN-20-01194	62	31	7	FRANCO ARENOSO		0,1	0,2	26	17	20	
	CAMINO	CAMINO GARLOPE	8/9/2015	11/9/2015	RN-1037-15	87	8	5	ARENA FRANCA				51	23	26	
	PASTO	PASTO GARLOPE	8/9/2015	11/9/2015	RN-1038-15	82	13	5	ARENA FRANCA				46	29	25	
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	5/4/2016	14/4/2016	RN-354-16	77	18	5	ARENA FRANCA				53	25	22	
		PASTO - ROBLES DEL CAMPANARIO	29/5/2018	11/6/2018	RN-18-02119	65	33	2	FRANCO ARENOSO		1	2	7	32	22	
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	18/2/2019	25/2/2019	RN-19-00357	56	26	18	FRANCO ARENOSO							
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	26/8/2020	31/8/2020	RN-20-00926	66	30	4	FRANCO ARENOSO		1	4	7	21	33	
		PASTO ROBLES DEL CAMPANARIO	26/10/2020	29/10/2020	RN-20-01195	62	31	7	FRANCO ARENOSO		0,4	2	10	31	19	
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION GARLOPE	1/7/2015	30/7/2015	RN-804-15	65	33	2	FRANCO ARENOSO				77	14	9	
		REFORESTACION - GARLOPE	12/3/2018	13/4/2018	RN-18-00588	72	21	7	FRANCO ARENOSO		1,00	2	17	30	19	

ESCAZÚ	BOSQUE	BOSQUE CODECE	14/5/2015	20/5/2015	RN-604-15	75	23	2	ARENA FRANCA				73	17	10	
		BOSQUE CODECE	14/3/2016	17/3/2016	RN-289-16	57	30	13	FRANCO ARENOSO				60	19	21	
		BOSQUE CODECE	19/2/2019	26/2/2019	RN-19-00369	70	20	10	FRANCO ARENOSO							
		BOSQUE CODECE	26/5/2020	2/6/2020	RN-20-00652	62	26	12	FRANCO ARENOSO		9	8	7	14	25	
	PASTO	PASTOS CODECE	14/5/2015	20/5/2015	RN-605-15	70	22	8	FRANCO ARENOSO				66	20	14	
		PASTO CODECE	14/3/2016	17/3/2016	RN-290-16	62	23	15	FRANCO ARENOSO				66	17	17	
		PASTO CODECE	24/4/2017	4/5/2017	RN-17-02089	55	27	18	FRANCO ARENOSO	0,64	32,9	30,8	20,82	8,2	4,5	2,1
		PASTO CODECE	19/2/2019	26/2/2019	RN-19-00370	57	36	7	FRANCO ARENOSO							
		PASTO CODECE	26/5/2020	2/6/2020	RN-20-00651	62	31	7	FRANCO ARENOSO		2	6	8	18	30	
	REGENERACIÓN	REGENERACION LAJAS	27/7/2015	6/8/2015	RN-873-15	72	23	5	FRANCO ARENOSO				80	13	7	
		REGENERACION CODECE	14/3/2016	17/3/2016	RN-291-16	60	15	25	FRANCO ARCILLO ARENOSO				85	9	6	
		REGENERACION CODECE	24/4/2017	4/5/2017	RN-17-02090	75	22	3	ARENA FRANCA	0,03	20,6	19,34	17,6	17,24	14,7	10,49
GRECIA	BOSQUE	COLINA VERTICAL BOSQUE	16/11/2020	25/11/2020	RN-20-01306	60	33	7	FRANCO ARENOSO		1	0,3	6	29	27	
MORA	BOSQUE	BOSQUE UPAZ	8/3/2016	14/3/2016	RN-264-16	33	28	39	FRANCO ARCILLOSO				80	10	10	
		BOSQUE CASA VIEJA - U PAZ	3/12/2018	7/12/2018	RN-18-03041	60	15	25	FRANCO ARCILLO ARENOSO		11	8	9	17	14	
		BOSQUE CASA VIEJA - UPAZ	26/3/2019	1/4/2019	RN-19-00572	55	23	22	FRANCO ARCILLO ARENOSO		8	10	10	10	12	
		BOSQUE UPAZ	8/6/2020	11/6/2020	RN-20-00690	65	23	12	FRANCO ARENOSO		16	16	11	10	7	
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION UPAZ	8/3/2016	14/3/2016	RN-265-16	20	30	50	ARCILLOSO				82	8	10	
		REFORESTACION - U PAZ	4/12/2018	7/12/2018	RN-18-03126	35	23	42	ARCILLOSO		2	5	5	10	12	
		REFORESTACION - U.PAZ	5/3/2019	12/3/2019	RN-19-00479	25	30	45	ARCILLOSO		1	1	2	9	10	
		REFORESTACIÓN - UPAZ	19/10/2020	22/10/2020	RN-20-01182	40	23	37	FRANCO ARCILLOSO		6	6	5	7	11	
SANTA BÁRBARA	BOSQUE	BOSQUE	1/3/2016	10/3/2016	RN-255-16	75	20	5	FRANCO ARENOSO				78	11	11	
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	2/5/2016	RN-421-16	59	17	24	FRANCO ARENOSO							
		BOSQUE CONDESA	25/4/2017	5/5/2017	RN-17-02109	68	27	5	FRANCO ARENOSO	0,15	20,01	20,44	20,06	18,37	11,91	9,06
		BOSQUE - CONDESA	27/2/2018	23/5/2018	RN-18-00379	62	26	12	FRANCO ARENOSO		14	10	10	13	12	
		BOSQUE - CONDESA	12/2/2019	26/2/2019	RN-19-00329	75	13	12	FRANCO ARENOSO		20	25	12	11	7	
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	4/3/2019	12/3/2019	RN-19-00474	55	28	17	FRANCO ARENOSO		6	9	12	15	10	
		BOSQUE - CONDESA	17-2-2020	2/3/2020	RN-20-00126	60	25	15	FRANCO ARENOSO							
		BOSQUE LÁCTEOS ROMERO	18/2/2020	2/3/2020	RN-20-00130	44	41	15	FRANCO		3	9	10	9	6	
	PASTO	PASTO	1/3/2016	10/3/2016	RN-256-16	72	20	8	FRANCO ARENOSO				67	14	19	
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	2/5/2016	RN-422-16	75	12	13	FRANCO ARENOSO							
		PASTO CONDESA	25/4/2017	5/5/2017	RN-17-02110	73	22	5	FRANCO ARENOSO	0,27	33,11	27,86	17,3	10,3	6	5,16
		PASTO - CONDESA	27/2/2018	23/5/2018	RN-18-00380	50	40	10	FRANCO		13	14	8	6	8	
		PASTO - CONDESA	12/2/2019	26/2/2019	RN-19-00330	67	23	10	FRANCO ARENOSO		11	9	12	16	19	
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	4/3/2019	12/3/2019	RN-19-00475	52	33	15	FRANCO		7	13	10	8	13	
		PASTO - CONDESA	17-2-2020	2/3/2020	RN-20-00127	66	23	11	FRANCO ARENOSO							
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	18/2/2020	2/3/2020	RN-20-00131	66	28	6	FRANCO ARENOSO		9	17	13	7	5	
		PASTO - LÁCTEOS ROMERO	3/11/2020	6/11/2020	RN-20-01253	57	31	12	FRANCO ARENOSO		1	6	12	13	25	
	REFORESTACIÓN	REFORESTACION - LÁCTEOS ROMERO	18/4/2016	2/5/2016	RN-423-16	58	17	25	FRANCO ARENOSO							

Registro de asistencia

Proyecto: Reabastecimiento de agua a la naturaleza

Actividad	Taller informativo de Proyecto			
Lugar	Universidad para la paz, Santa Ana			
Nombre	Organización	Correo electrónico	Teléfono	Firma
Alexa Morales Brenes	Fundecor	garcate3@fundecor.org	89988995	
Fiona STITFOLD	UPAZ	fstitfold@master.upaza.org		
Catherine Wiersma	UPAZ	Cawiersma@gmail.com	6456 6006	
Sofia Cortés Mesén	UPAZ	SofiaCortés@gmail.com	8844-1340	
Rodrigo DE SOUSA	UPAZ	rsousa@master.upaza.org	81043824	
Matthew Kent	UPAZ	mattkent41@gmail.com	8119-374	
Caterina Panszzyk	UPAZ	CattPanszzyk@gmail.com	5729-4848	
Maria Cecilia León	UPAZ	mariacecilialeon@gmail.com	8585-8158	
Elisa Farfán P.	UPAZ	elafarfan@upaza.org	2105-9005	
Christine Oatis	UPAZ	C.Oatis@upaza.org	2205-9069	
Charles Skinner	UPAZ	cskinner@upaza.org	2205-9018	
Kyla Peterson	UPAZ	kylapeterson11@gmail.com	52627775	
Rutham Palanhan	"	maricarmen_dream@hotmail.com	6042-1108	
Hanka Sahai	"	SahaiH1@gmail.com		
VERONICA ANDERSON	CHANGE SOLUTIONS INTERNATIONAL	VERONICA.TEAM2@GMAIL.COM		
Alicia Jimenez E.	Ecota (norte)	ajimenez@ecotaholm.com	8834-3094	
Warner Masís	UPAZ	wmasis@upaza.org	8301-0865	
Gregory Cassinelli	UPAZ	gcassinelli@upaza.org	84622717	
Lina Lorena Salazar	UPAZ	lsalazar@upaza.org	7169 3369	
KATIA MORAGA	UPAZ	KMORAGA@upaza.org	22059034	



FUNDECOR

LABORATORIO VIVO DE MI PAISAJE

www.fundecor.org

Más documentos de interés:



ISBN: 978-9968-501-05-7



9 789968 501057