

**Autores:**  
**Randall Carmona, Ing.<sup>1</sup>**  
**Manuel Guerrero, M.Sc.<sup>2</sup>**  
**Randy Herrera.<sup>3</sup>**  
**Danny Córdoba, Ing.<sup>4</sup>**

# Proyecto de Restauración de Agua en coberturas boscosas en la parte alta de la cuenca del Río Virilla, Coronado, Costa Rica

## Introducción

La restauración de agua es un proceso que consiste en devolver dicho recurso utilizado en actividades productivas al medio ambiente, en este caso, se realiza a través de la conservación de reductos de bosque ubicados en las zonas altas de la Cordillera Volcánica Central, específicamente en la localidad de Patio de Agua de Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

La Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), en alianza con Intel-Costa Rica, implementan el proyecto “Restauración de Agua” (Intel Water Restoration Project) desde el año 2021 y por un período de 11 años en un bosque de 150 hectáreas de extensión. Además, esta iniciativa se enmarca dentro del área de acción del primer fondo público-privado de agua y sociedad civil en Costa Rica conocido como “Agua Tica” y que va acorde a su portafolio de inversión.

El objetivo de esta iniciativa es mitigar el consumo de agua y conseguir un balance positivo por la restauración de 183,592.5 m<sup>3</sup> (48.5 millones de galones) anuales obtenidos como resultado de la conservación del bosque en zonas con alta capacidad para la recarga acuífera.

En este caso, los propietarios se han comprometido a conservar el bosque y mantener o aumentar la cobertura forestal, de forma tal que la prestación de los servicios ecosistémicos, en especial la recarga hídrica, será garantizada por el período de vigencia del proyecto. Este compromiso de protección es relevante, ya que, con esto se reducen los procesos erosivos y la escorrentía superficial en la zona, a su vez, los propietarios reciben anualmente un incentivo por conservación por cada hectárea de bosque protegido que poseen dentro del proyecto.





**FUNDECOR**

Esta iniciativa, al conservar el bosque, además de generar una serie de beneficios ambientales y de servicios ecosistémicos a la sociedad en general, resulta de gran importancia para el propietario del bosque, ya que los esfuerzos de protección se ven reflejados en una mayor infiltración y disponibilidad de agua para actividades agropecuarias, aunado a ello, a través del apoyo técnico de FUNDECOR e Intel-Costa Rica, los propietarios han venido implementado mejores técnicas para hacer un óptimo uso del recurso hídrico y el objetivo es desarrollar un proceso de mejora continua para alcanzar una actividad productiva agropecuaria más eficiente en cuanto al consumo de agua.

## Objetivos del proyecto

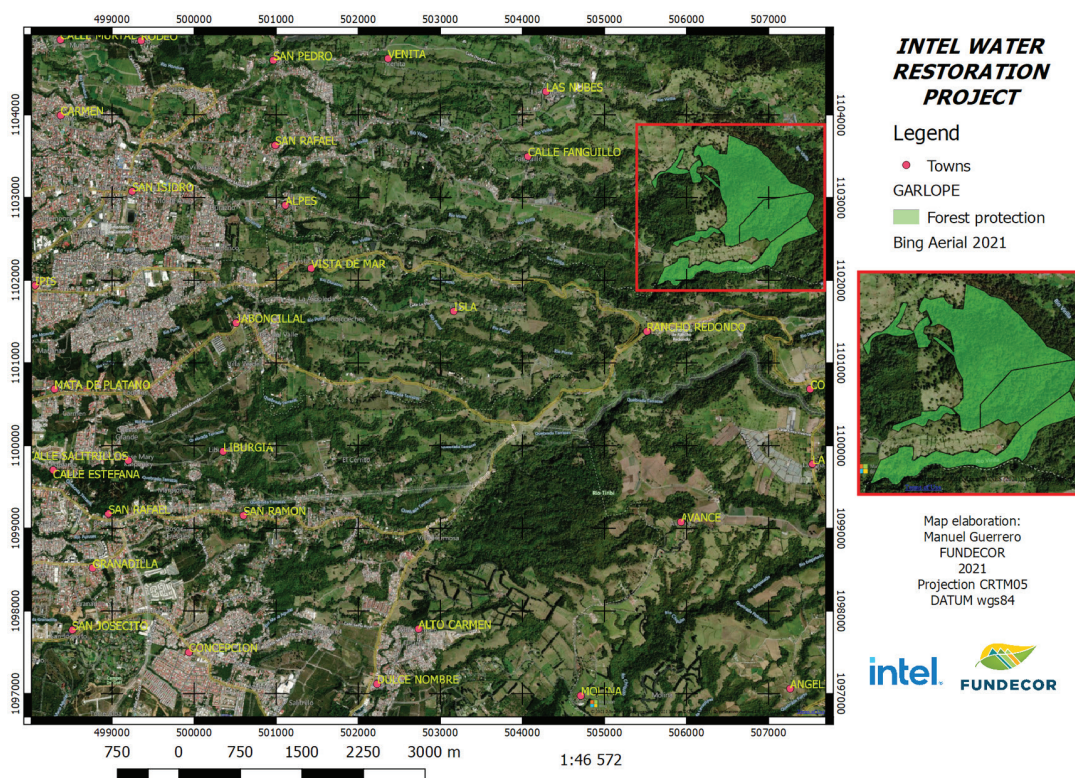
- Alcanzar la restauración del agua a través de la protección del bosque y la implementación de mejores prácticas en sistemas agropecuarios en terrenos localizados en la parte alta de la Cordillera Volcánica Central.
- Compensar el consumo de agua generado por las actividades que desarrolla Intel-Costa Rica, como parte de su compromiso con la sostenibilidad ambiental de sus acciones en el país y la neutralización de su huella hídrica.

## Metodología

Para lograr los objetivos del proyecto, se realizan una serie de acciones de monitoreo al menos dos veces al año, una en la estación seca y otra en la estación lluviosa, las siguientes actividades constituyen parte del seguimiento del proyecto:

1. Estimación de la restauración de agua en el paisaje

Este cálculo se realiza a través de la empresa consultora Limnotech, la cual define inicialmente la cantidad de hectáreas bajo protección de bosque (150 ha) (Figura 1), esto se traduce en una estimación de la cantidad de agua (m<sup>3</sup>) reabastecida por hectárea por año.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las áreas de protección de bosque, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

Fuente: elaboración propia.



Los valores obtenidos, en conjunto 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.

### 2. Monitoreo de la cobertura forestal

En las visitas de inspección al proyecto, se realizan revisiones de la cobertura forestal a través de recorridos en las zonas donde pueda haber alguna alteración por actividades antropogénicas (como por ejemplo, corta de árboles, pisoteo del sotobosque por entrada de ganado, contaminación con residuos sólidos o líquidos, entre otras), se realizan las recomendaciones de mejora en caso de requerirse, así mismo, de estas visitas se desprenden recomendaciones que resultan de utilidad para implementar en la actividad productiva del sitio para mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

De igual forma, es de gran utilidad la implementación de monitoreos de la cobertura a través de vehículos aéreos no tripulados (drones), que permiten evaluar el estado del bosque en sitios donde el acceso es complicado por la pendiente u otras características del sitio. El uso de esta tecnología permite monitorear áreas extensas de bosque a un menor costo, ya que en poco tiempo se pueden evaluar estas zonas, por lo que es un buen complemento a las visitas de inspección.

Para cada visita se elabora un informe descriptivo y detallado de los hallazgos en el campo (en caso de que existan) y se hacen las recomendaciones pertinentes para que las áreas de bosque se mantengan en óptimo estado.

### 3. Monitoreo de parámetros físico - químicos en las fuentes de agua

Como parte de este sistema de monitoreo, se registra la calidad del agua superficial de los ríos y quebradas comprendidos en las áreas de bosque en protección. En cada punto de muestreo se realiza la georreferenciación del sitio para darle seguimiento a lo largo de la vigencia del proyecto.

Los parámetros físico-químicos que se monitorean son: temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos, fosfatos y nitritos, estos análisis se realizan *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).

Para el análisis de muestras por contaminación bacteriológica como *Escherichia coli* (*E.coli*) y coliformes totales, las muestras fueron colectadas y llevadas el mismo día al Laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica (CIA-UCR).

Como se ha indicado, estos monitoreos de la calidad del agua se realizan tanto en la época seca como en la estación lluviosa y coinciden con las visitas de monitoreo de la cobertura forestal.

### 4. Monitoreo de la textura y composición química de suelos

En este sistema de monitoreo de suelos, se pretende obtener información acerca de la composición química del suelo, su contenido de materia orgánica, textura y conductividad hidráulica del suelo, entre otros. Las muestras tomadas in situ fueron llevadas al laboratorio del CIA-UCR para que se realizaran los análisis correspondientes.

Estos muestreos se realizan en los distintos usos del suelo en el área del proyecto, como sitios de bosque, en los terrenos de pasto, reforestación o caminos del predio. Este análisis permite realizar comparaciones entre los distintos usos del suelo y evaluar los cambios que se van presentado como resultado de las acciones desarrolladas como parte del proyecto.



## 5. Isótopos estables

En conjunto con la Universidad Nacional a través del Laboratorio de Isótopos Estables de la Escuela de Química, se ha articulado una metodología de monitoreo, la cual permite estimar la composición del agua a nivel subterráneo, superficial y de lluvia precipitada, con el fin de determinar si existe una relación directa entre el agua precipitada y la que se encuentra en el sistema hídrico (superficial u subterránea). A través de este análisis se espera determinar el grado de dependencia entre los procesos de infiltración y la cobertura boscosa mediante el mapeo de isótopos estables como es el caso del oxígeno 18 ( $^{18}O$ )

## 6. Monitoreo biológico en las zonas de bosque

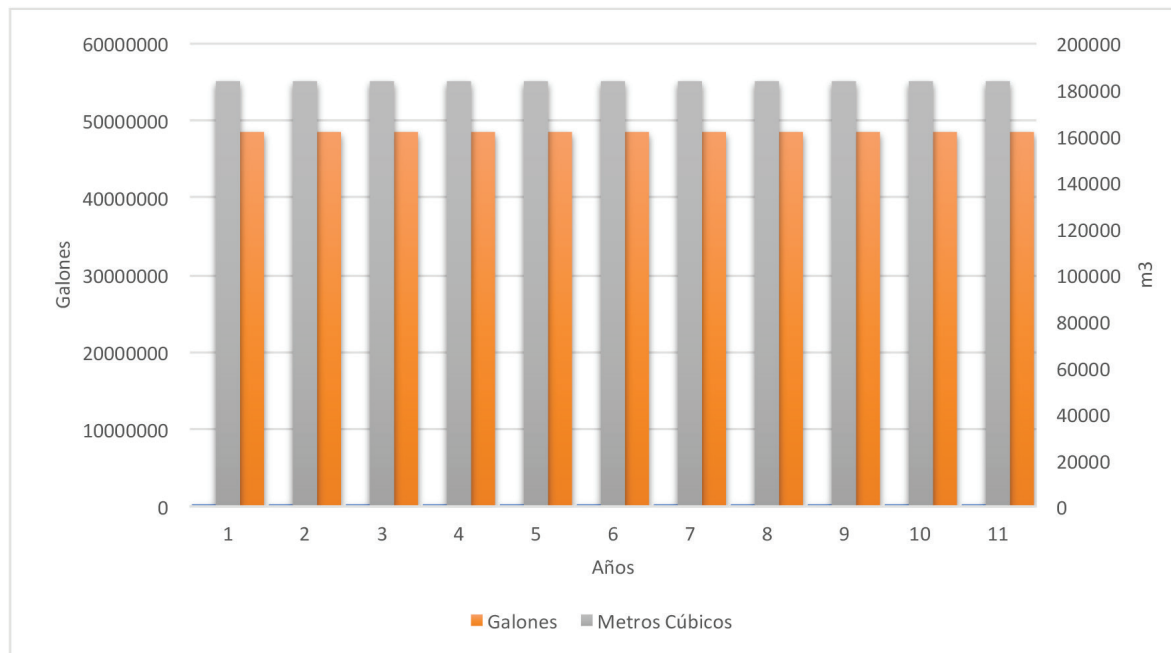
De forma complementaria, la actividad de protección del bosque con énfasis en la recarga hídrica ha generado una serie de servicios ecosistémicos como los es la protección de vida silvestre, favorecidos por la vigilancia del sitio realizada por los propietarios, donde se ha notado una importante presencia de animales silvestres que convergen en esta zona.

Para poder registrar la presencia de estos animales, se han instalado tres cámaras trampa en las áreas de bosque aledañas a los sitios de pastos y cercanos a las fuentes de agua que son visitadas por estas especies, en este caso se utilizan algunos cebos para atraer la vida silvestre presente en el sitio.

La revisión de las cámaras trampa se realiza cada tres meses aproximadamente, de acuerdo con la frecuencia de visitas al proyecto.

## Resultados

De acuerdo con los datos obtenidos para la restauración de agua, la empresa Limnotech ha estimado que alrededor de  $1,223.95 \text{ m}^3$  por hectárea de agua se han reabastecido anualmente como consecuencia de la protección del bosque y el mantenimiento de la cobertura forestal sobre el terreno, esto representa alrededor de  $2,022.817 \text{ m}^3$  de agua en los 11 años de vigencia del proyecto (Figura 2).



**Figura 2.** Cantidad de galones y metros cúbicos restaurados por año en las zonas de protección de bosque, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

Fuente: elaboración propia.





Respecto a la cobertura forestal, el bosque se ha mantenido protegido y no ha sufrido alteraciones que pongan en riesgo su continuidad. En estos años del proyecto se ha trabajado en mejorar las condiciones de las cercas que protegen las áreas de bosque de la entrada del ganado, así mismo, en los caminos internos que atraviesan las zonas de protección, se han instalado cercas en ambos lados para evitar el ingreso del ganado a estos sitios cuando se realizan los movimientos de los animales entre los diversos sectores de la propiedad (Figura 3) y se ha instalado rotulación referente al proyecto a lo largo del área en protección.



**Figura 3.** Ortofoto de una de las áreas bajo esquema de protección de bosque, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.  
Fuente: elaboración propia.

Se está trabajando, además, en mejorar el sistema de abastecimiento de agua interno de la finca y las tuberías que llevan agua a los distintos potreros, con esto se reduce el ingreso del ganado a las quebradas o ríos, de igual forma, se instalan bebederos para el ganado fuera de las áreas de protección, con sistemas de boyas para mejorar la eficiencia en el uso del agua y así evitar el desperdicio del recurso (Figura 4)



**Figura 4.** Mejoras en las áreas de potreros, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.  
Fuente: Silvia Gargollo.



En las áreas de potreros, los propietarios han realizado esfuerzos importantes para la implementación de cercas vivas a la orilla de caminos y en las divisiones entre potreros, la especie más utilizada ha sido el poró (*Erythrina sp.*) por su importancia en la fijación de nitrógeno y su aporte de materia orgánica al suelo, todo esto favorece la disminución de la escorrentía superficial y una mayor infiltración del agua en el suelo. Con el fin de monitorear estos impactos positivos se han venido tomando muestras de suelo en los diferentes usos que luego serán utilizados para elaborar un mapa de pérdida de suelo de los distintos usos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Porcentajes de arena, limo y arcilla en los distintos usos, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

Uso del suelo	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	Clase Textural
REFORESTACIÓN	77	21	2	ARENA FRANCA
BOSQUE	72	26	2	FRANCO ARENOSO
BOSQUE	75	18	7	FRANCO ARENOSO
REFORESTACIÓN	72	23	5	FRANCO ARENOSO
CAMINO	65	25	10	FRANCO ARENOSO
CAMINO	67	26	7	FRANCO ARENOSO

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al monitoreo de la calidad de los parámetros físico - químicos y bacteriológicos del agua, se han venido monitoreando los cuerpos de agua dentro de las áreas de protección para ver cómo se comportan a través del tiempo (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Monitoreo de los cuerpos de agua superficial, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

Sitio de muestreo	Fecha	pH (0-14)	TDS mg/L	EC $\mu$ S/cm	Temperatura °C	Fosfatos ppm	Nitritos ppb	Coliformes Totales NMP/100 ml	E.coli NMP/ml
Toma de agua	15/03/21	7.8	30	90	12.5	S.D	0	920	13
Rio Durazno	15/03/21	8.1	150	320	13.8	S.D	15	1600	1600
Naciente Rio Durazno	15/03/21	7.6	60	140	16.5	S.D	S.D	S.D	S.D
Quebrada 1	26/08/21	7.7	40	100	14.7	0.8	2	S.D	S.D
Quebrada 2	26/08/21	7.7	50	120	15.4	0.9	3	S.D	S.D
Quebrada 3	26/08/21	7.6	40	90	14.8	0.7	1	S.D	S.D
Naciente Rio Durazno	28/02/22	7.8	60	140	15.1	0.6	2	7	7
Rio Durazno	28/02/22	8.1	160	340	13.5	0.6	5	1600	1600
Toma de agua	28/02/22	7.9	40	100	12.9	0.7	4	4	4
Quebrada 1	08/03/22	7.9	50	120	14.2	0.5	2	>2400	8
Quebrada 2	08/03/22	7.7	50	120	12.7	0.1	2	>2400	140
Quebrada 3	08/03/22	7.7	40	100	12.4	0.5	1	1600	33
Quebrada 1	06/06/22	7.7	50	120	15.1	0.6	S.D	>2400	540
Quebrada 3	06/06/22	7.6	40	100	14.5	1.3	0	>2400	1600

Fuente: elaboración propia.





De acuerdo con el monitoreo de agua (Cuadro 2) 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 todos los sitios de muestreo, presentaron valores extremos que van desde los 4 NMP/100ml y los 2400 NMP/100ml y valores de *E. coli* que van desde los 4 NMP/100ml y los 1600 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.

Se ha realizado un muestreo de agua con el fin de medir la cantidad de isótopos estables ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) presentes en los cuerpos de agua superficial con el fin de ver si es posible generar un mapa que permita visualizar la procedencia del agua de estos cuerpos de agua (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Cantidad de Isótopos estables en los cuerpos de agua, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.

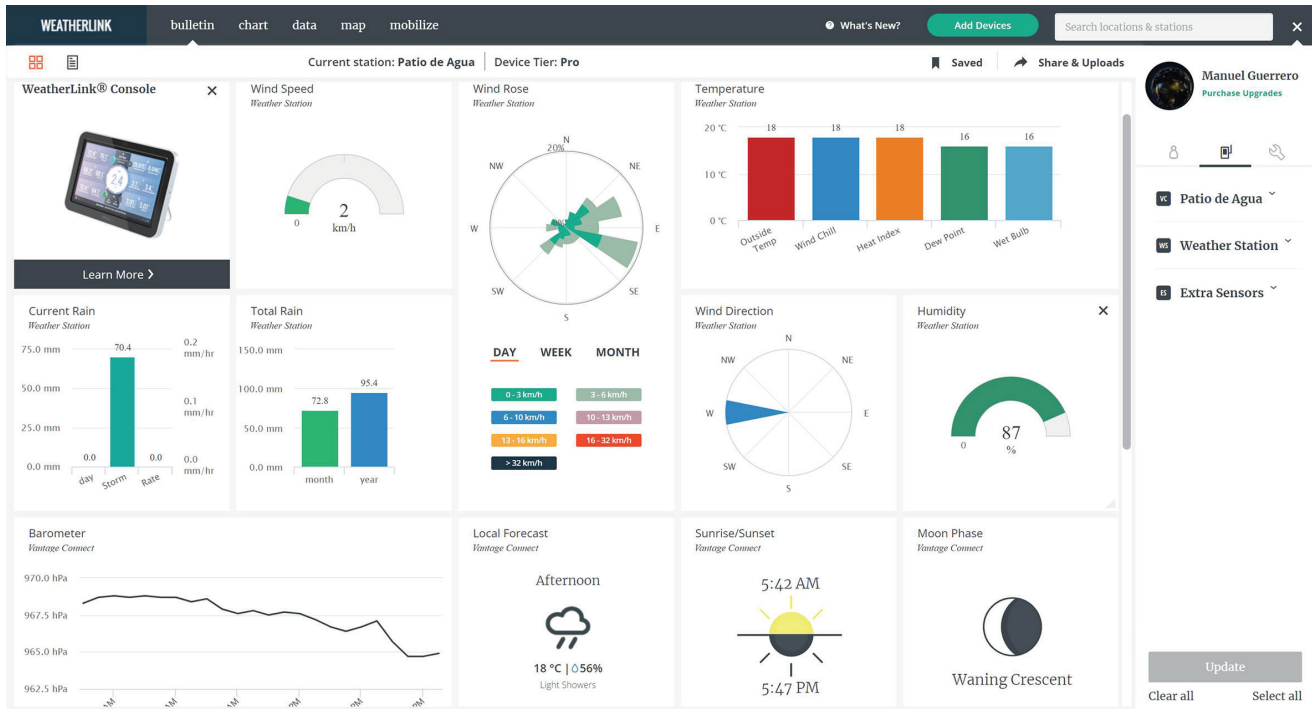
Sitio de muestreo	Fecha	$^{18}\text{O}$	$^2\text{H}$
Nac. Río Durazno	15/3/2021	-11,33	-73,053
Río Durazno	15/3/2021	-11,07	-68,731
Toma Agua	15/3/2021	-10,30	-67,82
Quebrada 1	26/8/2021	-9,00	-61,572
Quebrada 2	26/8/2021	-9,15	-60,931
Quebrada 3	26/8/2021	-9,44	-65,700
Toma Agua	28/2/2022	-11,02	-67,876
Río Durazno	28/2/2022	-10,39	-68,96
Nac. Río Durazno	28/2/2022	-10,68	-71,66
Quebrada 1	8/3/2022	-9,84	-68,449
Quebrada 2	8/3/2022	-9,51	-65,65
Quebrada 3	8/3/2022	-10,62	-67,506

Fuente: elaboración propia.

Paralelamente a los monitoreos de cobertura boscosa, suelos y agua se estableció una estación hidrometeorológica que permite levantar datos en tiempo real de precipitación, temperatura, evapotranspiración, velocidad y dirección de viento, radiación solar, entre otros (Figura 5).

Además, se han establecido cámaras trampa en distintos puntos de las áreas de protección de bosque que nos permite registrar la fauna presente en la zona (Figura 6).

Resultados preliminares han demostrado que la presencia de fauna en el sitio es importante, lo cual permite comprobar que el estado del bosque es apto para sostener especies de fauna que van desde los consumidores primarios hasta algunos depredadores tope. En 5 meses de monitoreo se han registrado 111 avistamientos de 13 especies distintas, algunas de ellas poco comunes como el tigrillo (*Leopardus tigrinus*) y cacomistle (*Bassariscus sumichrasti*) (Figura 6).



**Figura 5.** Datos de la estación meteorológica establecida en Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 6.** Mamíferos capturados por la cámara trampa en el sitio de monitoreo de fauna, Patio de Agua, Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica.  
Fuente: elaboración propia.





**FUNDECOR**

## Conclusiones

La ejecución de proyectos de este tipo, revisten de gran importancia, ya que se focalizan en la protección de reductos de bosque con importancia en la recarga hídrica en sitios con una presión importante por actividades agrícolas, ganaderas e incluso urbanísticas debido a su localización en zonas de gran plusvalía en la parte alta del Gran Área Metropolitana.

Por las condiciones propias del sitio (clima, suelos, relieve, vegetación, entre otros), la restauración de agua en estos bosques es alta (1 223.95 m<sup>3</sup>/ha/año), generándose en las zonas altas del Valle Central que es donde se concentra la mayor parte de la población y en donde se desarrolla la mayor actividad productiva del país, lo que a su vez demanda altas cantidades de agua que deben ser reabastecidas por proyectos de protección del bosque como este para garantizar la recarga acuífera y la disponibilidad del recurso.

De forma complementaria a la protección del bosque, es necesario tecnificar las actividades agropecuarias que se desarrollan en estas zonas, implementando mejores herramientas para el manejo y conservación de los suelos, en el caso de la actividad ganadera que se desarrolla en la propiedad es importante mantener la rotación de potreros y el establecimiento de cercas vivas, implementar el manejo de especies forrajeras, así mismo, es necesario continuar mejorando los sistemas de distribución de agua para un uso más eficiente del recurso hídrico y minimizar el impacto de la actividad sobre zonas de protección.

En tan solo 5 meses de monitoreo de fauna, se han registrado 2 especies escasas en Costa Rica, lo que indica que la protección de este bosque es de suma importancia también para la conservación de la biodiversidad, ya que funciona de hábitat de especies con poblaciones reducidas.

## Siguientes pasos

- Continuar con la protección de las áreas de bosque
- Mantener los esquemas de monitoreo de las áreas de bosque, fauna, agua, suelos
- Analizar la incorporación de nuevas áreas debido a la apertura de la nueva planta de INTEL en Costa Rica
- Elaboración de mapas a partir de los datos levantados en campo con el fin de medir el impacto de las actividades a través del tiempo

## Bibliografía

Limnotech. 2022. *Intel Corporation. Restore Water Goal. Anual Report. May 2022. Miami. USA.* 46p.

**Citar como: Carmona, R., Guerrero M., Herrera R., Córdoba D. 2023. Proyecto de Restauración de Agua en coberturas boscosas en la parte alta de la cuenca del Río Virilla, Coronado Costa Rica. FUNDECOR. San José, Costa Rica (ConSciencia, no. 9).**

**Más información: [info@fundecor.org](mailto:info@fundecor.org)**

**Fotografía de portada de: Randy Herrera Miranda.**

- <sup>1</sup> Especialista en Servicios Ecosistémicos y Reforestación, FUNDECOR [rcarmona@fundecor.org](mailto:rcarmona@fundecor.org)
- <sup>2</sup> Especialista en Servicios Ecosistémicos y Monitoreo, FUNDECOR, Secretario Técnico de Agua Tica [mguerrero@fundecor.org](mailto:mguerrero@fundecor.org)
- <sup>3</sup> Asistente Manejo Forestal y Monitoreo, FUNDECOR [randy.herrera@fundecor.org](mailto:randy.herrera@fundecor.org)
- <sup>4</sup> Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Manejo de Ecosistemas Forestales, FUNDECOR [dcordoba@fundecor.org](mailto:dcordoba@fundecor.org)