

Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas

# Protocolo de Monitoreo del zorro de Darwin

(*Lycalopex fulvipes*)



Elaboración del protocolo de monitoreo de zorro de Darwin o chilote (*Lycalopex fulvipes*) para las regiones de Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.





Este documento es una versión preliminar del texto definitivo que está en proceso de validación por el sistema de publicaciones FAO



### **Protocolo de monitoreo zorro de Darwin**

**junio 2022**

Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas, instancia ejecutada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), implementada por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

#### **Coordinadora Macrozona Sur**

Fabiola Lara Salinas

#### **Edición General**

Victoria Valencia Andrade

#### **Autoría Técnica**

Darío Moreira Arce

#### **Análisis Geográfico y Cartografía**

Andrés Jacques Coper

#### **Diseño y Diagramación**

Rodolfo Hernández Delgado

#### **Fotografías Portada**

René Vega Rodríguez

El Comité Editorial advierte reconocimiento de la perspectiva de género en la escritura de este manual de protocolo. Sin embargo, durante el desarrollo del contenido pudiesen omitirse ocasionalmente los vocablos las y los con la intención de hacer más fluido el texto.

Reservados todos los derechos. Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento citando como fuente al Ministerio del Medio Ambiente y FAO

Concepción, Región del Biobío, Chile, 2022





|           |                                                                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Introducción</b>                                                                        | <b>11</b> |
| <b>2</b>  | <b>Antecedentes de la especie</b>                                                          | <b>13</b> |
| 2.1       | Estatus y distribución                                                                     | 13        |
| 2.2       | Tamaños poblacionales estimados                                                            | 16        |
| 2.3       | Historia natural y ecología                                                                | 16        |
| <b>3</b>  | <b>Lineamientos generales del monitoreo del zorro de Darwin o zorro chilote</b>            |           |
| <b>19</b> |                                                                                            |           |
| 3.1       | Objetivos                                                                                  | 19        |
| 3.1.1     | General                                                                                    | 19        |
| 3.1.2     | Específicos                                                                                | 19        |
| 3.2       | Aproximación metodológica: Modelos de ocupación y muestreos de<br>detección / no detección | 20        |
| 3.2.1     | Ocupación como una variable del monitoreo                                                  | 20        |
| 3.2.2     | Ocupación y probabilidad de detección reportados para el ZdeD                              | 21        |
| 3.3       | Alcance geográfico del monitoreo                                                           | 22        |
| 3.4       | Personal requerido para conducir el monitoreo                                              | 24        |
| 3.5       | Periodo de ejecución del monitoreo                                                         | 24        |
| 3.6       | Condiciones ambientales del monitoreo                                                      | 25        |
| 3.7       | Unidad de muestreo y esfuerzo de muestreo requerido para el monitoreo                      | 25        |
| 3.8       | Zonas prioritarias de monitoreo                                                            | 28        |
| 3.9       | Zonas prioritarias para el monitoreo de ZdeD en su distribución continental                | 28        |
| 3.10      | Zonas prioritarias para el monitoreo de ZdeD en su distribución insular                    | 29        |
| <b>4</b>  | <b>Métodos de muestreo</b>                                                                 | <b>33</b> |
| 4.1       | Técnicas de muestreo                                                                       | 33        |
| 4.1.1     | Detección de ZdeD usando cámaras-trampa                                                    | 34        |
| 4.1.1.1   | Condiciones de sitio para ubicación de cámaras-trampa                                      | 34        |
| 4.1.1.2   | Instalación y configuración de cámaras-trampa                                              | 34        |
| 4.1.1.3   | Uso de atractor                                                                            | 36        |
| 4.1.2     | Detección de ZdeD mediante colecta de fecas y detección de huellas                         | 34        |
| <b>5</b>  | <b>Sistematización de la información</b>                                                   | <b>39</b> |
| 5.1       | Construcción de matriz de detección/no detección                                           | 39        |
| 5.1.1     | Evaluación Tasa de registro fotográfico                                                    | 41        |
| <b>6</b>  | <b>Sociabilización de los resultados: construcción de base de datos</b>                    | <b>43</b> |
| <b>7</b>  | <b>Definiciones usadas en este protocolo</b>                                               | <b>45</b> |
| <b>8</b>  | <b>Referencias</b>                                                                         | <b>47</b> |
| <b>9</b>  | <b>Anexos</b>                                                                              | <b>51</b> |

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Valores de ocupación sencilla (proporción de sitios con presencia de ZdeD no corregido por probabilidad de detección), Probabilidad de detección y Ocupación (corregida por probabilidad de detección) para el ZdeD en distintas localidades a través de su rango de distribución conocido.                                                                                                                                     | 9  |
| Tabla 2. | Esfuerzo de muestreo en número de celdas para conducir el monitoreo de ZdeD en la proporción continental de Extensión de la Ocurrencia (EOO). Valores obtenidos considerando una precisión en la estimación de ocupación de 0.0016, y la combinación de valores mínimos y máximos de ocasiones de muestreo, ocupación y probabilidad de detección reportados para las poblaciones continentales de la especie en el continente. | 12 |
| Tabla 3. | Esfuerzo de muestreo en número de celdas para conducir el monitoreo de ZdeD en la proporción continental de EOO. Valores obtenidos considerando una precisión en la estimación de ocupación de 0.0016, y la combinación de valores mínimos y máximos de ocasiones de muestreo, ocupación y probabilidad de detección reportados para las poblaciones continentales de la especie en la Isla de Chiloé.                          | 12 |
| Tabla 4. | Ejemplo de historial de detección / no detección de ZdeD en tres cámaras-trampa ubicadas al interior de 1 celda de 4 km <sup>2</sup> durante N días de monitoreo.                                                                                                                                                                                                                                                               | 19 |

|          |                                                                                                                                                       |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. | Ficha tipo para ser rellenada durante la instalación, revisión, retiro y configuración de cada cámara-trampa.                                         | 24 |
| Anexo 2. | Ficha tipo para ser rellenada durante la colecta de fecas y registro de huella para cada transecto de muestreo.                                       | 25 |
| Anexo 3. | Matriz de ocupación con las detecciones/no detecciones de ZdeD separados cada 24hrs en cada cámaras-trampas.                                          | 26 |
| Anexo 4. | Coordenadas (UTM WGS 84 – Huso 18 S) de los centroides asociadas a cada celda de monitoreo de 4 km <sup>2</sup> para la población continental de ZdeD | 28 |
| Anexo 5. | Coordenadas (UTM WGS 84 – Huso 18 S) de los centroides asociadas a cada celda de monitoreo de 4 km <sup>2</sup> para la población insular de ZdeD     | 29 |



# FIGURAS

- Figura 1. Distribución del ZdeD incluyendo su área con presencia confirmada (café claro) e inferida (marrón). 6
- Figura 2. Área de Extensión de la Ocurrencia (EEO) correspondiente al alcance geográfico donde se realizará el monitoreo de ZdeD. 10
- Figura 3. Criterios usados para priorizar las celdas de 4 km<sup>2</sup> del monitoreo de ZdeD. I) Presencia de ZdeD; ii) Idoneidad de hábitat basado en Escobar *et al.* (2018), iii) red vial y iv) bosque nativo adulto obtenido del catastro de bosque nativo para las Regiones IX, XIV y X (CONAF). 13
- Figura 4. Distribución espacial de las 66 celdas propuestas para el monitoreo de ZdeD en la porción de su EEO en el continente. 14
- Figura 5. Distribución espacial de las 50 celdas propuestas para el monitoreo de ZdeD en la porción de su EEO en la Isla de Chiloé. 15
- Figura 6. Huellas de ZdeD (izquierda) y heces de ZdeD (derecha) en la Isla de Chiloé. 18



# INTRODUC





# CCIÓN

# 1.

El presente protocolo de monitoreo proporciona el marco conceptual y lineamientos técnicos para el muestreo y sistematización de la presencia del zorro de Darwin (*Lycalopex fulvipes*) en el tiempo. Debido a que las técnicas invasivas para el monitoreo de poblaciones tales como la captura de individuos pueden provocar estrés y causar lesiones en los animales<sup>1</sup>, el presente método de monitoreo utilizará una combinación de métodos no invasivos incluyendo el uso de cámaras-trampa y el muestreo de heces y huellas. Estas técnicas han

sido frecuentemente utilizadas para el estudio de especies elusivas y/o raras (con bajas densidades), como muchos carnívoros nativos<sup>2</sup>. El monitoreo de parámetros ecológicos de especies raras requiere abordar al menos dos problemas críticos. El primero es establecer con qué frecuencia se sospecha que una población que habita un área que es demasiado extensa para muestrear completamente; es decir, no es posible muestrear la totalidad del área de interés. Se hace necesario que se muestree un área de una manera que permite realizar una inferencia inductiva (estadística) sobre unidades de muestreo que no son posibles de muestrear. El segundo problema es que el muestreo utilizado rara vez permite detectar a todos los individuos de una población. En cambio, los métodos usados producen recuentos de animales o evidencia indirecta (por ejemplo, rastros de material fecal), y estos recuentos representan alguna fracción desconocida de la población de interés, por lo que resulta funda-

mental aumentar la probabilidad de detección de los individuos.

Este protocolo de monitoreo se desarrolla en el marco de la Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas, instancia ejecutada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), implementada por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés). La propuesta técnica fue revisada y consensuada en taller de expertos representantes de instituciones públicas, academia y organizaciones no gubernamentales de las Regiones del Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

El presente protocolo de monitoreo queda disponible para ser consultado por los todos los interesados en la conservación del Zorro de Darwin (ZdeD) y particularmente para quienes realicen actividades en las áreas con presencia confirmada o potencial de la especie.



## 2.

# ANTECEDENTES DE LA ESPECIE

### 2.1 Estatus y distribución

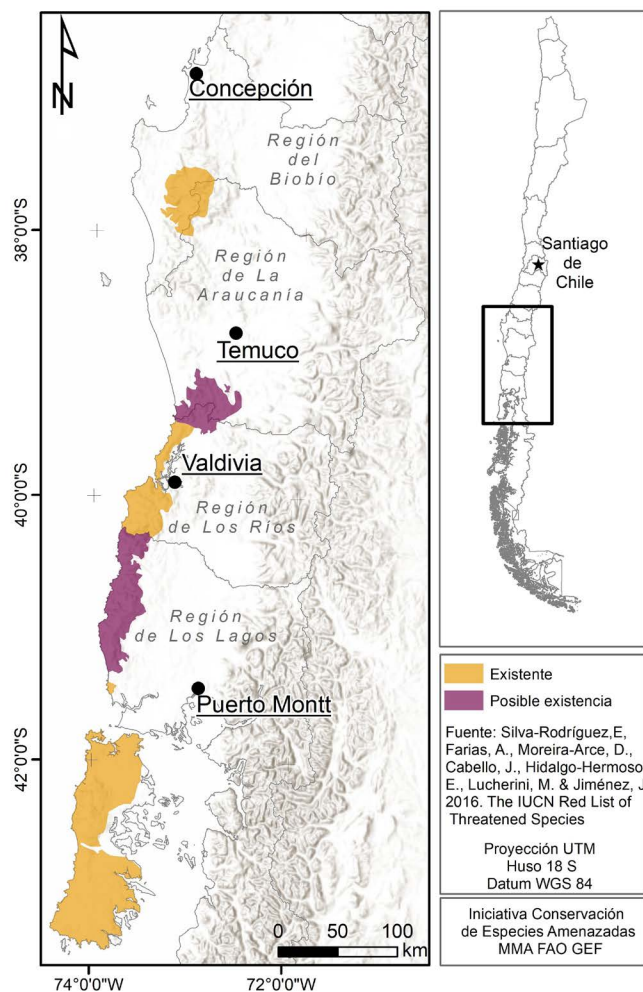
El zorro de Darwin o zorro chilote (*Lycalopex fulvipes*) Martin 1837; ZdeD (de aquí en adelante) es un mamífero endémico de los bosques templados del sur de Chile. Este carnívoro, es la especie de zorro más pequeña y amenazada del país y una de las más amenazadas del mundo<sup>3</sup>. La Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifica a la especie como En Peligro<sup>4</sup>. Esto, de acuerdo con el criterio C1, es decir, su población se estima en menos de 2,500 individuos maduros (i.e. reproductivos), la cual presenta una disminu-

ción continua estimada de, al menos, un 20% en un período de cinco años o dos generaciones. A nivel nacional, la especie encuentra clasificado como “En Peligro” (D.S- N°151 de 2007 de MINSEGPRES).

El ZdeD se ha registrado en varias localidades a lo largo del bosque templado costero del centro-sur de Chile, tanto en el continente como en la Isla de Chiloé<sup>4</sup>. La población continental es aparentemente discontinua. Su presencia en el continente, de norte a sur, está confirmada en la cordillera de Nahuelbuta incluido el Parque Nacional Nahuelbuta<sup>5</sup> y en las localidades de Lastarria<sup>6</sup> y recientemente en la localidad Mahuidanche<sup>7</sup> en la cordillera costera de la Araucanía. En la Región de los Ríos, los registros de la especie incluyen punta Chanchán por el norte<sup>8</sup> en la cordillera costera y al menos en las áreas protegidas: el Parque Nacional Alerce Costero, Reserva Costera Valdiviana (ambos ca. 40 ° 05'S, 73 ° 30'W), y Parque Oncol (39 ° 42'S, 73 ° 18'W)<sup>9 10</sup>. Cabe destacar que las poblaciones de

Nahuelbuta, Lastarria-Mahuidanche y la cordillera costera de los Ríos están separadas por paisajes altamente antropizados<sup>11</sup>. En la Región de los Lagos, en el 2014 se detectaron individuos al norte del lago Llanquihue<sup>10</sup>, en las estribaciones de Los Andes, sugiriendo que el rango de distribución de esta especie podría ser mayor al sospechado. Aunque el área ha sido nuevamente muestreada mediante el uso de cámaras-trampa<sup>7</sup>, no se ha confirmado la presencia de la especie. Finalmente, un registro reciente cerca de Maullín (41 ° 27'S, 73 ° 48'W) (A. Farías, comunicación personal) sugiere que la especie existe potencialmente entre el río Bueno y Maullín.

La población existente en la Isla de Chiloé se distribuye principalmente por las estribaciones occidentales de la cordillera costera incluyendo localidades tales como Ahuenco, Lar, Colecole, Rancho Grande, Tablaruca, Yaldad, Chaiguata y Caleta zorra (Moreira *et al.* en revisión). La descripción de la distribución espacial de la especie se presenta en la Figura 1.



**Figura 1. Distribución del ZdeD incluyendo su área con presencia confirmada (naranja) e inferida (morado). Fuente: Farias et al. 2016.**

## 2.2 Tamaños poblacionales estimados

Basado en una ocupación del 32% de su rango geográfico a partir de los estudios sobre la especie en la Cordillera de Nahuelbuta<sup>5</sup>, y las densidades mínimas reportadas para la especie (0.92 ind/km<sup>2</sup> en Chiloé, y 0.75 ind/km<sup>2</sup> en Nahuelbuta)<sup>4</sup>, estimaron de manera conservadora una densidad de zorros maduros de 0.2 ind/km<sup>2</sup>. Este valor de densidad se calculó como 1/488, donde 488 es el rango de hogar más grande reportado en Jiménez<sup>12</sup> (2007) en hectáreas para la Isla de Chiloé, y supone que los individuos no comparten rangos de hogar (mayor discusión al respecto en Jiménez<sup>12</sup>). Un valor similar en el rango de hogar ha sido observado en las poblaciones de Nahuelbuta (Moreira-Arce, dato no publicado). Como resultado, se estima un mínimo de 412 individuos maduros para Chiloé y 227 individuos maduros para las localidades con presencia confirmada de la especie en el continente. Si se consideran las áreas donde no hay registro confirmado de

la especie, pero podría estar presente debido a la existencia de condiciones adecuadas de hábitats, el tamaño mínimo de la población en el continente se acercaría a 489 individuos maduros<sup>4</sup>.

## 2.3 Historia natural y ecología

Las primeras investigaciones en el Parque Nacional Nahuelbuta sugirieron que los zorros de Darwin estaban asociados con bosques densos<sup>13 14</sup>. Los datos de radio telemetría indicaron que los animales se encuentran con mayor frecuencia en bosques densos de *Araucaria-Nothofagus*, bosques abiertos de *Nothofagus* y ocasionalmente en praderas abiertas<sup>15</sup>. Los datos más recientes provenientes de cámaras-trampa en la cordillera de Nahuelbuta muestran que la especie se asocia positivamente con la disponibilidad de bosques nativos y negativamente con caminos forestales<sup>5</sup>. La respuesta positiva del ZdeD a la estructura del hábitat de grano fino sugiere que las plantaciones comer-





Fotografía: Javier Cabello

Protocolo de Monitoreo del Zorro de Darwin

ciales en Nahuelbuta también pueden proporcionar hábitat complementario y recursos alimenticios para esta especie de dieta generalista<sup>16</sup>.

En la zona costera de la Región de Los Ríos, los ZdeD se han registrado en bosques siempre verde de tipo primario y secundario, aunque también se detectaron infrecuentemente en plantaciones de *Eucalyptus spp.*<sup>9</sup>. Aparentemente, los zorros son más frecuentes en el área sur de la Reserva Costera Valdiviana, un área que se vio menos afectada por la sustitución de bosques y que tiene densidades de población humana (y de perros) más bajas que el área norte<sup>10</sup>. Finalmente, los registros del ZdeD al norte del lago Llanquihue se asocian a un bosque altamente fragmentado rodeado de praderas ganaderas de uso intensivo con franjas lineales de bosque valdiviano degradado a lo largo ríos y arroyos de diferente ancho<sup>7</sup>. Esta información debe ser confirmada a partir de muestreos intensivos en esta área para detectar la presencia de la especie.

En Chiloé, ZdeD, al parecer, son más generalistas en términos de su uso de hábitat. Estudios realizados en Ahuenco<sup>12</sup>, centro-oeste de Chiloé, encontró que los ZdeD usaban bosques secundarios y matorrales de acuerdo con la disponibilidad en el paisaje, y el bosque primario es usado menos de lo esperado según la disponibilidad, y el uso de los ambientes costeros (dunas) variaba entre individuos<sup>12</sup>. Datos de captura-recaptura en diferentes localidades a lo largo de la sección centro-oeste de la Isla de Chiloé sugieren que la especie está presente frecuentemente en ambientes ecotonales (de borde) (Moreira-Arce *et al.* en prensa). El consumo de crustáceos y la observación directa proporcionan evidencia de que esta especie también utiliza playas arenosas<sup>12 17</sup>. En estos ambientes, los rangos de hogar varían entre 103 y 488 hectáreas<sup>12</sup>. En el noreste de la isla Grande de Chiloé, donde el bosque está fragmentado, el ZdeD se encuentra en los fragmentos de bosque más grandes<sup>18</sup>.



# 3.

## LINEAMIENTOS GENERALES DEL MONITOREO DEL ZORRO DE DARWIN

### 3.1 Objetivos

#### **3.1.1 General:**

Monitorear la presencia del ZdeD a lo largo de su rango de distribución conocido y potencial.

#### **3.1.2 Específicos:**

- Evaluar la presencia de ZdeD en su rango de distribución conocido y potencial
- Examinar los cambios espaciales y temporales de la presencia del ZdeD dentro del rango de distribución conocido y potencial.

- Construir y mantener una base de datos actualizada con la presencia de ZdeD.

### **3.2 Aproximación metodológica: Modelos de ocupación y muestreos de detección / no detección**

#### **3.2.1 Ocupación como una variable del monitoreo**

El presente protocolo de monitoreo considera la evaluación, en el tiempo, de la proporción del Área de Extensión de la Ocurrencia (EOO en inglés) del ZdeD con presencia confirmada de la especie. A esta proporción, denominada Ocupación ( $\psi$ ) o Área Ocupada (AOO en inglés) de aquí en adelante siguiendo la propuesta de MacKenzie<sup>19 20</sup>, se considerará como la variable que será monitoreada en el tiempo. Debido a que no es necesario marcar o identificar individuos, este tipo de variable puede ser logística y económicamente factible de evaluar en áreas de mayor tamaño<sup>21</sup>. La evaluación de ocupación de una especie en un área determinada puede basarse en signos indirectos de su presencia tales como huellas o heces, como también en la

detección de individuos mediante el uso de cámaras-trampa. Este último método de muestreo tiene un gran potencial para el monitoreo de especies con poblaciones raras, y especialmente para programas de monitoreo a largo plazo<sup>22 23</sup>, permitiendo evidenciar cambios en la proporción de un área o hábitat que es ocupada por la especie.

Las inferencias a nivel poblacional basadas en la ocupación no son las mismas que las basadas en la abundancia. En ciertos casos la abundancia de una especie y su ocupación están estrechamente relacionados<sup>21 24</sup>. En el caso de especies territoriales donde el tamaño de unidades de muestreo es aproximadamente igual al tamaño del territorio, la ocupación puede estar directamente relacionada con la abundancia (por ejemplo, el número estimado de celdas ocupadas podría ser igual al número estimado de individuos o parejas de individuos). En otros casos, individuos que comparten un territorio podrían ser detectados múltiples veces y por tanto sobre estimar la abundancia de la población en un área en particular.



Uno de los aspectos fundamentales en las estimaciones de ocupación es la detectabilidad imperfecta de la especie<sup>19</sup>. Habitualmente pocos animales de una población son lo suficientemente conspicuos como para ser detectados en cada muestreo a pesar de que pueden estar presentes en el área. Desafortunadamente, este problema muchas veces se pasa por alto y la ausencia observada de una especie se trata como ausencia verdadera, ignorando la posibilidad de que esta esté presente pero no sea detectada. Esto produce en consecuencia estimaciones de ocupaciones inicialmente sesgadas (i.e. ocupación sencilla). Para abordar esta fuente de error, la aproximación de ocupación propuesta por MacKenzie *et al.*<sup>25</sup>, y que se usará en este Protocolo, utiliza las visitas repetidas a los sitios de muestreo en el tiempo para estimar la Probabilidad de detección ( $p$ ) de la especie. Uno de los supuestos importantes de este marco de modelamiento es que durante este intervalo de tiempo la ocupación verdadera no cambia (es decir, no existe emigración o inmigración de individuos en o desde la población evaluada). La

inclusión de la probabilidad de detección permite entonces corregir la ocupación sencilla inicial (proporción de sitios con presencia de la especie no corregido por probabilidad de detección), obteniendo así el valor corregido de ocupación para un área determinada.

### **3.2.2 Ocupación y probabilidad de detección reportados para el ZdeD**

El ZdeD es una especie poco frecuente a lo largo de los bosques costeros del centro-sur de Chile<sup>4</sup>. Las investigaciones conducidas sobre la especie en la cordillera de Nahuelbuta reportan valores de ocupación sencilla a escala de cámara trampa cercanos a 0.10<sup>5</sup>. Valores de ocupación sencilla cercanos han sido reportados en la cordillera costera de la Región de los Ríos<sup>10</sup> a escala de celdas de 1km<sup>2</sup> y 4 km<sup>2</sup>. Más recientemente Moreira-Arce *et al.* (en prensa) reportan valores de ocupación sencilla para la Isla de Chiloé de 0.3 a escala de trampa. Por su parte, las probabilidades de detección de ZdeD (probabilidad de detectar a la especie si esta está presente) en el continente presentan una importante variación (0.08 y 0.54). Finalmente, los valo-

res de ocupación corregidos por la probabilidad de detección muestran una menor variación (0.12 y 0.32). Un detalle de los valores de ocupación sencilla, probabilidad de detección y ocupación (corregida por la probabilidad de detección) se presenta en la Tabla 1.

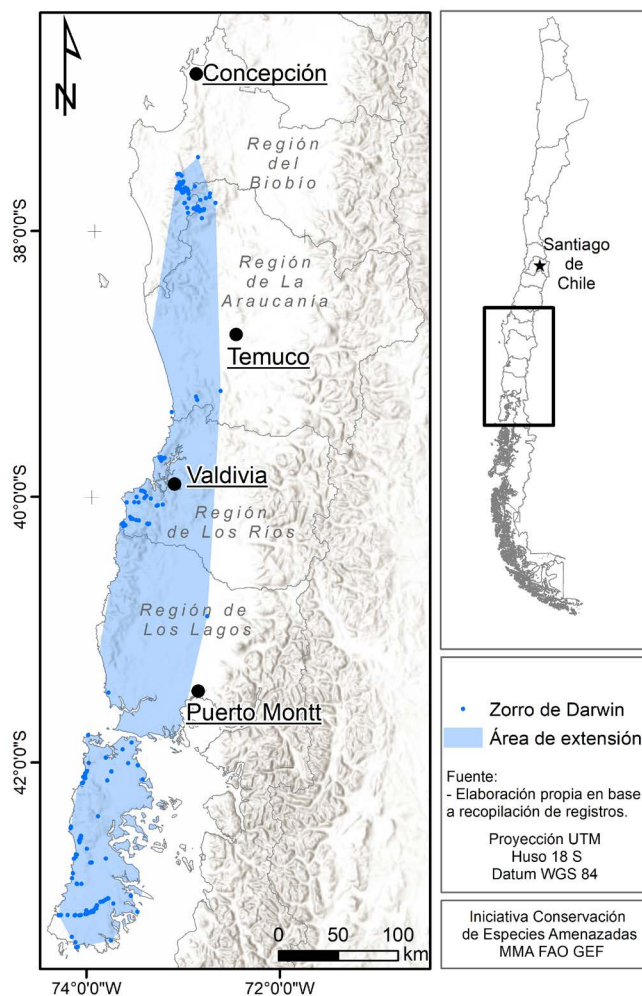
3.3 Alcance geográfico del monitoreo

El área de monitoreo del ZdeD está circunscrita al Área de Extensión de la Ocurrencia (EOO) de la especie (Figura 2). En esta EOO el monitoreo deberá combinar la

evaluación de la presencia de la especie en: i) áreas con presencia confirmada del ZdeD (Área de Ocupación; AOO). Las áreas con presencia confirmada de ZdeD corresponden a aquellas reportadas por Silva-Rodríguez *et al.*<sup>4</sup> como parte de la evaluación del estado de conservación de la especie para la Unión Mundial de la Naturaleza; y ii) áreas con presencia inferida, es decir que presenten hábitat idóneo para la especie, pero donde su presencia no ha sido registrada. Las áreas con hábitat idóneo para especie son aquellas reportadas por Escobar *et al.*<sup>26</sup> y actualizadas recientemente<sup>7</sup>.

Tabla 1. Valores de Ocupación sencilla (proporción de sitios con presencia de ZdeD no corregido por probabilidad de detección), Probabilidad de detección y Ocupación (corregida por probabilidad de detección) para el ZdeD en distintas localidades a través de su rango de distribución conocido. \* Silva-Rodríguez (comunicación personal).

| Localidad                               | Ocupación sencilla | Probabilidad de detección | Ocupación corregida por detectabilidad | Escala de evaluación |
|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------------|----------------------|
| Cordillera de Nahuelbuta                | 0.09 ; 0.11        | 0.48 ; 0.54               | 0.32                                   | Cámara trampa        |
| Reserva Costera Valdiviana y P.N Alerce | 0.08 ; 0.11        | 0.08 ; 0.43               | 0.10 ; 0.15                            | Celda de 1km2        |
| Costero                                 | 0.14*              |                           |                                        |                      |
| Isla de Chiloé                          |                    | 0.03 ; 0.12               | 0.24 ; 0.59                            | Trampa               |



**Figura 2. Área de Extensión de la Ocurrencia (EEO) correspondiente al alcance geográfico donde se realizará el monitoreo de ZdeD.**

### **3.4 Personal requerido para conducir el monitoreo**

El personal requerido para ejecutar el monitoreo de ZdeD en terreno debe ser capaz de identificar morfológicamente a la especie, reconocer el hábitat adecuado y tener entrenamiento en la búsqueda de signos de la especie (huellas y heces). El personal debe estar familiarizado con la metodología de muestreo con cámaras trampa, colecta de heces y reconocimiento de huellas. El conocimiento de la biología y el comportamiento del ZdeD también es un requisito deseable, lo que permitirá mejorar la calidad del monitoreo. El personal a cargo del monitoreo debe ser capaz de trabajar de manera segura en condiciones de alta pluviosidad y bajas temperaturas existentes a lo largo de rango de distribución de la especie. Junto con ello, el personal a su vez, debe contar con Elementos de Protección Personal (EPP) como guantes, antiparras, mascarillas N95 para el trabajo en áreas con presencia de virus Hanta.

### **3.5 Periodo de ejecución del monitoreo**

La probabilidad de detección de una especie puede estar afectada por cambios temporales en los tamaños de rango de hogar<sup>22</sup>. Estudios de ecología espacial sobre otros zorros en Chile no muestran diferencias estacionales significativas en sus rangos de hogar<sup>27</sup>. Sin embargo, dado que la ecología espacial del ZdeD ha sido poco estudiada<sup>12</sup>, se recomienda que el monitoreo del ZdeD deba realizarse durante los meses de otoño-invierno, correspondiente a la época reproductiva. Durante este período los rangos de hogar de los zorros podrían expandirse, por lo tanto, la detección probablemente aumentará. Además, durante este periodo es posible que los ZdeD estén menos confinados a las madrigueras y tienen más probabilidades de detectar los olores de atractores naturales debido a la escasez de recursos alimenticios.

### **3.6 Condiciones ambientales del monitoreo**

La colocación de las cámaras-trampa durante inclemencias cli-



máticas puede reducir la actividad de los equipos, por lo tanto, el monitoreo debe extenderse si ocurren períodos de lluvia, nieve y/o vientos fuertes durante la instalación de la cámara-trampa. Se debe garantizar que las cámaras-trampa funcionen correctamente, especialmente durante estaciones climáticas adversas (invierno), mediante el uso de desecantes (por ejemplo, sílica gel).

### **3.7 Unidad de muestreo y Esfuerzo de muestreo requerido para el monitoreo**

El monitoreo de ZdeD debe balancear un tamaño de muestreo adecuado (número de unidades de muestreo) para evaluar la ocupación y la probabilidad de detección de la especie a través de su EOO, y a la vez ajustar el tamaño de la unidad de muestreo al rango de hogar conocido para esta, lo que permitirá maximizar la detectabilidad.

Para la ejecución del monitoreo el ZdeD se ha definido como unidad de muestreo a celdas cuadrangular de  $4 \text{ km}^2$  que serán distribuidas a lo largo del EOO (ver Figura 2). Este tamaño es consistente

con el mayor rango de hogar reportado para la especie ( $4.88 \text{ km}^2$  en Chiloé<sup>12</sup>) y el rango de hogar observado en las poblaciones del continente (Moreira-Arce dato no publicado).

La baja probabilidad de detección conduce a una alta incertidumbre en las estimaciones en la ocupación y puede limitar la capacidad de detectar cambios temporales (uno de los objetivos de este protocolo de monitoreo). De esta manera el esfuerzo de muestreo debe apuntar para aumentar la probabilidad de detección y, por lo tanto, reducir la incertidumbre en las estimaciones de ocupación. El método principal para llevar a cabo el monitoreo involucra el uso de estaciones olfativas y cámaras-trampa activadas por movimiento. A su vez, deberá ser complementado con evidencia indirecta a partir de la búsqueda de huellas y colecta de heces. Para el registro de heces, es altamente recomendable la realización de análisis moleculares para la correcta determinación de la especie.

Para el caso del uso de cámaras-trampa, el monitoreo considera la colocación de tres dispositivos en cada

celda. La ubicación de cada cámara-trampa al interior de cada celda dependerá de la topografía del terreno, y del conocimiento del personal para identificar las mejores condiciones de sitio que maximicen la probabilidad de detección de la especie (ver sección 4 Métodos de muestreo). No obstante lo anterior, se deberá mantener una distancia mínima de 1 km entre cámaras-trampa al interior de cada celda. Previos estudios sobre la presencia de la especie han usado diseños de una cámara-trampa aproximadamente en el centro de celdas 1 km<sup>2</sup> y también dispositivos separados por al menos 1.4 km<sup>10</sup>.

Para obtener el número óptimo de celdas de muestreo y la cantidad de ocasiones de muestreo por celda para llevar a cabo el monitoreo del ZdeD, se combinaron los valores de ocupación y probabilidad de detección de la especie reportados en la Tabla 2, con la ecuación 1 y Tabla 1 descritas en Mackenzie & Royle<sup>28</sup>:

$$\text{Var}(\psi) = \frac{\psi}{S} \left\{ 1 - \psi + \frac{1 - p^*}{p^* = 1 - (1 - p)^k} \right\}$$

(ecuación 1 en Mackenzie & Royle 2005)

La varianza en la ecuación (Var(ψ)) refleja la precisión que se desea alcanzar en la estimación de ocupación. Esta precisión es función del número de unidades de muestreo o celdas (S), número de ocasiones de muestreo (k), es decir número de veces que cada registro es considerado independiente, ocupación (ψ) y probabilidad de detección (p) conocidos. Además, p<sup>\*</sup>=1-(1-p)<sup>k</sup> es la probabilidad de detectar a la especie al menos una vez durante K ocasiones de muestreo. Así, el número de unidades de muestreo se obtiene despejando (S) de la ecuación. 1, tal como se muestra a continuación:

$$S = \frac{\psi}{\text{Var}(\psi)} \left\{ 1 - \psi + \frac{1 - p^*}{p^* = 1 - (1 - p)^k} \right\}$$

Para efectos de este protocolo de monitoreo, se ha considerado una precisión en la estimación de ocupación (Var(ψ)) de 0.0016, lo que corresponde a una desviación estándar de 0.04 reportada para la cordillera de Nahuelbuta<sup>5</sup>. Junto con ello, se han considerado los valores mínimos y máximos de ocupación (ψ=0.15 y 0.32) y probabilidad de detección (p=0.08 y 0.54) (Tabla 2), reportados para la pobla-

ción continental, y sus símiles para la población de la Isla de Chiloé ( $\psi=0.24$  y  $0.59$ ) y ( $p=0.03$  y  $0.12$ ) (Tabla 3).

Finalmente, basado en la Tabla 1 en Mackenzie & Royle<sup>28</sup>, se consideraron dos valores para el número de ocasiones muestreo ( $k=6$  y  $14$ ). Estas ocasiones de muestreo pueden ser obtenidas agrupando los días de muestreo de cada celda en periodos de cinco días<sup>10, 29</sup>, lo que significa muestreos continuos de entre 30 a 70 días. Esta cantidad de días es consistente con lo utilizado para detectar ZdeD en la cordillera de Nahuelbuta<sup>5 30</sup>. De acuerdo con los valores usados para

los parámetros antes mencionados, la cantidad de unidades de muestreo (celdas) necesarias para el monitoreo de ZdeD varía entre un mínimo de 27 hasta un máximo 136 celdas para la población continental, y un mínimo de 5 y hasta un máximo 110 celdas para la población insular. Considerando un escenario factible en términos logísticos, y que combina una baja probabilidad de detección y un valor medio-bajo de ocupación de la especie, el monitoreo considera un esfuerzo de muestreo de 66 celdas para la población continental, y 50 celdas para la insular ( $n=116$ ), las cuales deben ser monitoreadas por aproximadamente 70 días.

**Tabla 2. Esfuerzo de muestreo en número de celdas para conducir el monitoreo de ZdeD en la proporción continental de EOO. Valores obtenidos considerando una precisión en la estimación de ocupación de 0.0016, y la combinación de valores mínimos y máximos de ocasiones de muestreo, ocupación y probabilidad de detección reportados para las poblaciones continentales de la especie en el continente.**

| $\psi$ (ocupación)                           | 0.1  |      | 0.1  |      | 0.32 |      | 0.32 |      |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| p (probabilidad de detección)                | 0.08 | 0.08 | 0.54 | 0.54 | 0.08 | 0.08 | 0.54 | 0.54 |
| k (ocasiones de muestreo de 5 días cada una) | 6    | 14   | 6    | 14   | 6    | 14   | 6    | 14   |
| S (n° celdas a monitorear)                   | 29   | 42   | 56   | 56   | 42   | 90   | 134  | 136  |

**Tabla 3. Esfuerzo de muestreo en número de celdas para conducir el monitoreo de ZdeD en la proporción continental de EOO. Valores obtenidos considerando una precisión en la estimación de ocupación de 0.0016, y la combinación de valores mínimos y máximos de ocasiones de muestreo, ocupación y probabilidad de detección reportados para las poblaciones continentales de la especie en la Isla de Chiloé.**

| $\psi$ (ocupación)                           | 0.24 |      | 0.24 |      | 0.59 |      | 0.59 |      |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| p (probabilidad de detección)                | 0.03 | 0.03 | 0.12 | 0.12 | 0.03 | 0.03 | 0.12 | 0.12 |
| k (ocasiones de muestreo de 5 días cada una) | 6    | 14   | 6    | 14   | 6    | 14   | 6    | 14   |
| S (n° celdas)                                | 5    | 37   | 62   | 94   | 22   | 37   | 103  | 115  |

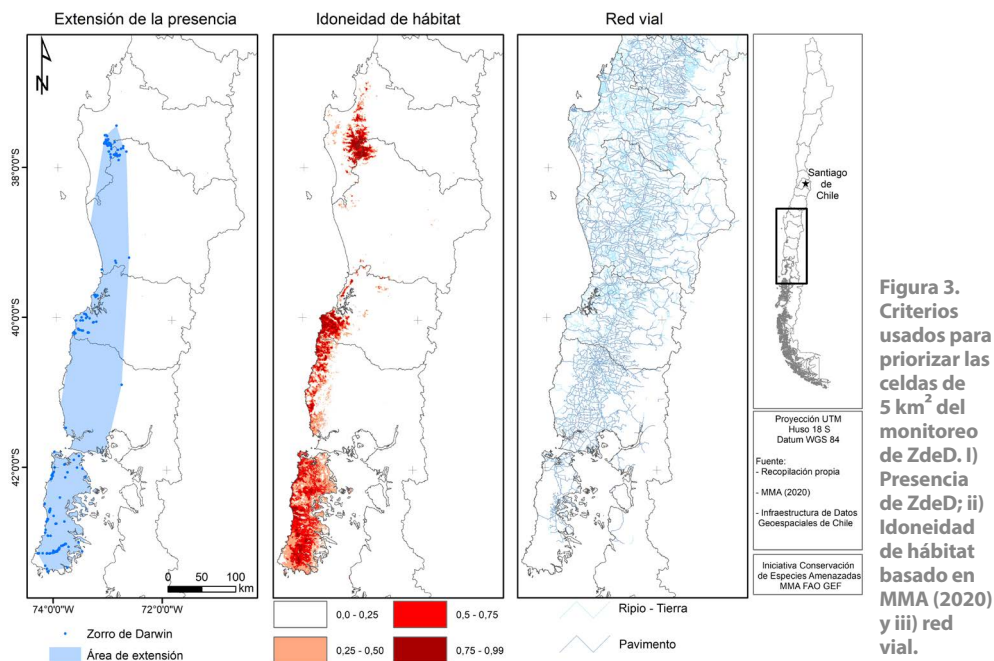
### 3.8 Zonas prioritarias de monitoreo

Debido a lo extenso de la superficie que abarca el monitoreo de ZdeD, se hace necesario priorizar las celdas a monitorear. Esto con la finalidad de ser eficientes en el uso de los limitados recursos humanos y financieros con que se podría contar para este objetivo. La selección de las 116 celdas (N continental = 66; Ninsular=50) a ser monitoreadas seguirá dos criterios: i) celdas con presencia confirmada de la especie en base a los registros históricos; y ii) celdas con alta idoneidad de hábitat (> 0.75 para las poblaciones continental e insular) y iii) cercanas a caminos (este último factor resultará fundamental para acceder a las celdas de muestreo). Los criterios repre-

sentados espacialmente se presentan en la Figura 3.

### 3.9 Zonas prioritarias para el monitoreo de ZdeD en su distribución continental

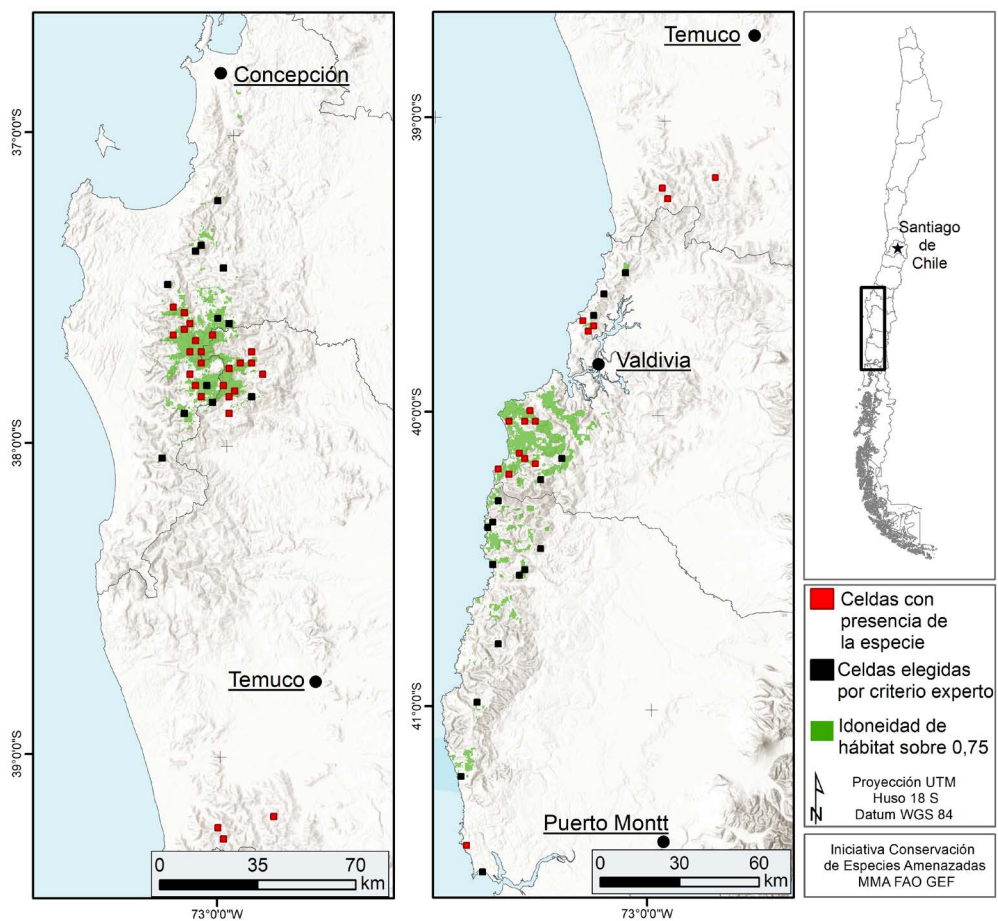
En base a la aplicación del primer criterio (existencia de registros de la especie) sobre la porción del EOO del ZdeD en el continente se identificaron 38 celdas, posterior a una primera selección para evitar priorizar celdas contiguas. Estas fueron complementadas por 28 celdas con selección de criterio experto utilizando el segundo criterio (interceptando espacialmente la idoneidad de hábitat, bosque nativo adultos y caminos), totalizando las 66 celdas (Figura 4 y Anexo 4 en la sección Anexos).



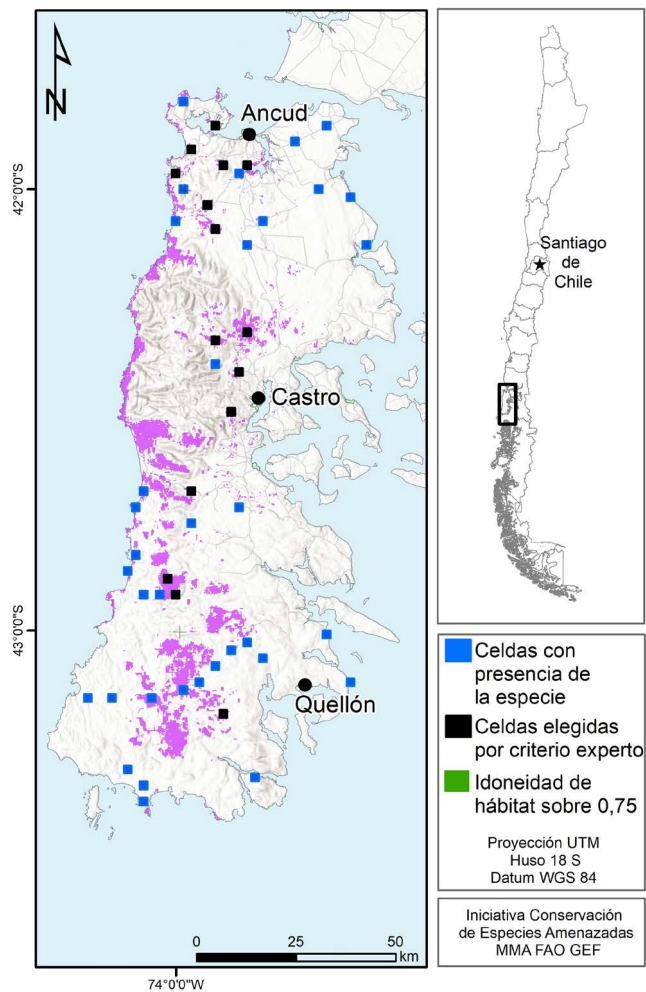
### 3.10 Zonas prioritarias para el monitoreo de ZdeD en su distribución insular

En base a la aplicación del primer criterio (existencia de registros de la especie) sobre la porción del EOO del ZdeD en la Isla de Chiloé se seleccionaron 35 celdas con presencia, evitando

elección de celdas contiguas. Estas fueron complementadas con 15 celdas seleccionadas con criterio experto utilizando el segundo criterio (interceptando espacialmente la idoneidad de hábitat, bosque nativo adultos y caminos), totalizando las 50 celdas (Figura 5 y Anexo 5 en la sección Anexos)



**Figura 4. Distribución espacial de las 66 celdas propuestas para el monitoreo de ZdeD en la porción de su EOO en el continente.**



**Figura 5. Distribución espacial de las 50 celdas propuestas para el monitoreo de ZdeD en la porción de su EOO en la Isla de Chiloé.**





Fotografía: Javier Cabello



# 4. MÉTODOS DE MUESTREO

A continuación se describen los procedimientos para realizar el muestreo de ocupación de ZdeD en las celdas de  $4 \text{ km}^2$ . Es de mucha importancia que los muestreos sean realizados correctamente, como así también registrar la información requerida de manera de asegurar la trazabilidad del estudio. Ambas impactarán directamente en la calidad de las estimaciones obtenidas para cada índice monitoreado.

## 4.1 Técnicas de muestreo

Los procedimientos de muestreo de ZdeD incluirán dos técnicas de uso

común para muestreo de carnívoros: cámaras-trampa, y detección de heces y huellas. Ambos métodos han sido usados para detectar la presencia de la especie y estudiar su ecología<sup>5 10 13 14</sup>. Sin embargo, debido a la dificultad para determinar de manera certera la identidad de la especie mediante la presencia de huellas en ecosistemas donde co-ocurren otras especies de zorros (zorro culpeo; *Lycalopex culpaeus*), zorro chilla; (*Lycalopex griseus*) y perro doméstico (*Canis lupus familiaris*) y en sustratos inapropiados, este tipo de registro debe usarse con precaución posteriormente, previo análisis de validación.

#### **4.1.1 Detección de ZdeD usando cámaras-trampa**

##### **4.1.1.1 Condiciones de sitio para ubicación de cámaras-trampa**

En las poblaciones continentales, el ZdeD suele recorrer en fragmentos de bosque nativo bien conservado con sotobosque semi abierto (hasta 40% de cobertura), y abundante materia muerta como troncos de mediano y gran tamaño los que suelen usar como madrigueras. Por lo tanto,

al seleccionar los sitios para la instalación de cámaras-trampa, el personal a cargo del monitoreo debe evitar las áreas abiertas y condiciones ecotonaes como bordes de bosque y matorral o pradera. Las poblaciones insulares prefieren hábitats más abiertos y ecotonaes tales como bosques secundarios y matorral abierto<sup>12</sup> por lo que, en la Isla de Chiloé, el personal a cargo del monitoreo debe evitar la colocación de cámaras-trampa en ambientes de bosque interior y matorral denso. Tanto en el continente como en la Isla de Chiloé, las cámaras-trampa deben ser colocadas al menos a 100 m de cualquier camino vehicular (carretera, camino secundario, etc.) para evitar la intrusión de animales domésticos como perros<sup>10</sup>.

##### **4.1.1.2 Instalación y configuración de cámaras-trampa**

Cada cámara-trampa deberá ser montada sobre el tronco de un árbol y ubicarse entre 20-50 cm del suelo, registrando la altura según planilla en Anexo 1 y en dirección Sur o Suroeste para evitar la activación debido a la luz del amanecer. Respecto al área de detección de la cámara-trampa, el sensor de activación infra rojo es muy



sensible a la temperatura ambiente. Cuando mayor sea la diferencia de temperatura entre el entorno y el animal, mayor será la distancia de detección posible. La distancia media de detección de una cámara-trampa es de unos 15 m, pudiendo llegar a unos 30 m en algunos modelos frecuentemente usados (se deben revisar los manuales de cada cámara-trampa) y en condiciones de vegetación abierta. Una vez instalada la cámara-trampa, el personal deberá registrar el área de detección del equipo. Para ello, la persona a cargo se deberá mover por delante de la cámara-trampa diferentes distancias y en distintos ángulos dentro del área de detección donde se espera que aparezca la especie. Se deberá registrar la distancia de detección, y la distancia a la cual la cámara-trampa es disparada, es decir, toma una fotografía, de acuerdo con la plantilla del Anexo 1. Es altamente recomendable que el área de detección se encuentre despejada de matorrales y ramas de árboles para alcanzar una adecuada distancia de detección (entre 5-10 m). La ubicación de cada cámara-trampa debe registrarse con un navegador GPS (UTM; WGS 84) y cuatro fotografías deberán ser

tomadas en el lugar de instalación (en los cuatro puntos cardinales). Antes de abandonar el área, el personal deberá asegurarse que la cámara-trampa tome fotografías a nivel del suelo. Respecto a la configuración de cada cámara-trampa, para efectos de este Protocolo se sugieren las siguientes opciones principales:

1.- Las cámaras deben configurarse para capturar visitas en formato de 24 horas.

2.- Al activarla, cada disparo debe tomar varias fotografías (al menos 3).

3.- Si la capacidad de video está disponible en muchas cámaras, también se puede usar para registrar las visitas de la especie, configurando así el formato híbrido (foto + video). Se sugiere una duración máxima de video de 15 segundos.

4.- Respecto al intervalo de tiempo durante el cual el sensor infra rojo está inactivo luego de un registro, en este Protocolo se sugiere 10 minutos.

Es importante considerar que las cámaras-trampa varían en las configuraciones dependiendo del fabricante. Se debe asegurar haber leído las descripciones de los parámetros número de capturas, duración

del vídeo, intervalo y nivel del sensor para poder realizar las configuraciones arriba descritas. Debido a que los ZdeD son principalmente nocturnos<sup>31</sup>, las cámaras trampa deben tener la capacidad infrarroja adecuada para tomar una fotografía nocturna clara, así como tolerancia al frío para funcionar de manera confiable en climas extremos de invierno. Se sugiere el uso de cámara-trampas con calidad HD o 4K (para video) y el uso tarjetas de memoria SD de 18 Gb como mínimo.

#### **4.1.1.3 *Uso de atractor***

La función del atractor es atraer al animal al área de detección de la cámara-trampa para ser registrado<sup>2</sup>. Esto permite aumentar la probabilidad de detectar a un individuo si este se encuentra presente en un área alrededor de la cámara-trampa. Para efectos de este Protocolo de monitoreo, se proponen dos tipos de atractores: i) orina sintetizada/natural de carnívoro (preferentemente zorro, coyote o lobo). La orina debe ser dispuesta en una tableta de algodón prensado para aumentar su duración, y la tableta introducida en un tubo de PVC de 15 cm de largo cerrado por ambos lados y per-

forado a lo largo. El tubo debe fijarse al suelo aproximadamente a 5 cm de profundidad con un clavo o tornillo; y ii) cebo natural consistente en pollo, jurel, sardina u otro similar el cual debe ser depositado en una superficie arcillosa absorbente semi-concava rectangular de aproximadamente 8 x 4 cm. La mezcla de aceite en la arcilla resulta un atractor potente y duradero. Al igual que para el atractor sintético, se deberá introducir la superficie rectangular en el mismo tubo fijado al suelo con un clavo o tornillo. Ambos tipos de atractores deben ser ubicados dentro del área de detección de la cámara-trampa (ver sección 4.1.1.2), en un rango de 3-4 m en línea recta desde esta.

Cuando se realicen revisiones intermedias de las cámaras-trampa para recolectar la información (fotografías), se deberán renovar los atractores y cebos debido a que otras especies de carnívoros, rapaces, roedores o insectos pueden también removerlas. Las fechas y horas de activación, de revisión intermedia y desactivación final de cada cámara-trampa debe ser anotadas en una planilla de registro llenada por el personal técnico en terreno (ver Anexo 1 en la sección Anexos).

#### **4.1.2 Detección de ZdeD mediante colecta de heces y detección de huellas**

La colecta de heces para detectar la presencia ZdeD en cada celda de monitoreo de 4 km<sup>2</sup> se utilizará para complementar el muestreo con cámaras-trampa. La búsqueda de heces se realizará recorriendo transectos de largo 250-300 m, los cuales deben estar separados 250 m entre sí, siguiendo estudios realizados en especies de similar tamaño<sup>32</sup>. Para maximizar la colecta de heces, los transectos deberán estar ubicados de preferencia en áreas que contengan condiciones de hábitat idóneo para la especie (ver sección 4.1.1.1 para una descripción de estas condiciones en el continente e Isla de Chiloé), y siguiendo huellas naturales como senderos donde los zorros suelen defecar<sup>33</sup>. Se debe considerar en todo momento las condiciones del terreno, en relación con su accesibilidad al interior de cada celda. Para cada transecto se establecerá su punto de inicio y término (UTM; WGS 84), como también se registrará su recorrido (track) mediante el uso de navegador satelital (GPS), lo que permitirá su recorrido cada vez que la celda sea nuevamente evaluada.

Se registrará la ubicación geográfica de cada excremento (UTM; WGS 84) y se deberán tomar cuatro fotografías al área donde fue detectada (en los cuatro puntos cardinales). Además se deberá registrar fotográficamente el excremento (3 fotos) en el lugar de detección acompañada de un objeto que permita referenciar su tamaño (de preferencia una regla o piedemetro de al menos 15 cm).

Debido a la dificultad de diferenciar morfológicamente las heces de ZdeD de otros zorros y de perro doméstico, es altamente sugerido coleccionar todo excremento encontrado con un tamaño inferior a 10 cm de largo y 4 cm de diámetro. Cada excremento deberá ser almacenado en un tubo Falcon de 50 ml con alcohol etílico para análisis al 75°-95°. Si no es posible su almacenamiento completo por el tamaño, entonces el excremento debe ser almacenado en fracciones de 1/3 a 1/2 y colocadas en diferentes tubos. Este último almacenamiento permitirá realizar la determinación del excremento mediante análisis molecular. Los tubos deben ser marcados con un único ID (Código de Identificación) que permita su posterior reconocimiento en laboratorio.

Para el caso de las huellas (por ejemplo Figura 6), están deberán ser fotografiadas (3 fotos) junto con una regla o piedemetro que permita obtener la proporción de tamaño (largo y ancho). Se deberá registrar su ubicación geográfica (UTM;

WGS 84) y fotografiar el área de registro de la huella en los cuatro puntos cardinales.

Toda la información anteriormente detallada debe ser registrada en una planilla de terreno (ver Anexo 2 en la sección Anexos).



**Figura 6. Huellas de ZdD (izquierda) y heces de ZdD (derecha) en la Isla de Chiloé. Fuente: Javier Cabello**



# 5. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

## ***5.1 Construcción de matriz de detección/no detección***

La unidad de análisis fundamental en el análisis de ocupación será la matriz con el historial de detección / no detección de ZdeD en las diferentes celdas de 4 km<sup>2</sup>. Este historial es construido a partir de la secuencia de eventos de detección (1) y no detección (0) de la especie en cada celda y en cada periodo de evaluación (anual, bianual, etc.). Para efectos de este Protocolo, se define como eventos de detección como aquellos registros fotográficos de ZdeD separados por al menos 24



hrs siguiendo<sup>5</sup>. Por ejemplo, en la Tabla 4, un historial de eventos de 010101 en la Celda1 denotaría que la especie fue fotografiada en las ocasiones de muestreo 2, 4, y 6. Este muestreo puede extenderse a una red de celdas como se propone para este monitoreo, donde cada una de ellas puede ser evaluada durante el periodo definido anteriormente (70 días), y así construir un historial de eventos de detección de la especie para cada celda como se muestra en la Tabla 4.

Un detalle de la matriz de ocupación que debe ser llenada con los datos provenientes de cada evaluación de muestreo con cámaras-trampa en cada celda de monitoreo (ver 4.1.1) se presenta en la Anexo 3 (ver sección Anexos). Una vez completada la matriz

de detección/no detección de ZdeD se podrán calcular tres tipos de índices que pueden ser monitoreados en el tiempo para la especie: i) ocupación sencilla; ii) probabilidad de detección; y iii) ocupación.

**5.1.1 Evaluación Tasa de registro fotográfico**

Otro índice que podrá ser calculado a partir del monitoreo de ZdeD es el índice de Abundancia Relativa (RAI en inglés). Este índice no es corregido por la probabilidad de detección, sin embargo, su fácil cálculo ha hecho que se haya convertido en una de las métricas mayormente usadas en el monitoreo de fauna silvestre con cámaras-trampa<sup>22</sup>. Aunque este índice puede estar correlacionado con

**Tabla 4. Ejemplo de historial de detección / no detección de ZdD en tres cámaras-trampa ubicadas al interior de una celda de 4 km2 durante N días de monitoreo.**

| Celda | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día N |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 2     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 3     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     |

Fotografías: Patricio Viluñir



Protocolo de Monitoreo del Zorro de Darwin



Fotografía: Javier Cabello

la abundancia poblacional<sup>24</sup>, su uso en el contexto de este monitoreo debe ser analizado con precaución debido a la falta de evidencia de esta asociación en el ZdeD. Por consiguiente, este índice será usado como una tasa de detección para estudiar patrones de intensidad de uso de hábitat<sup>34</sup>. La tasa de detección de la celda  $i$ , es decir,  $Td_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) será normalizada por 100 trampas-día y calculada como:

$$Td_i = \frac{\text{Nº registros independientes en la celda } i}{\text{Esfuerzo de muestreo en la celda } i} \times 100 (\text{ecuación 3})$$

Donde el N° de registros independientes es definido como aquellos eventos separados por 60 minutos<sup>10</sup>, obtenidos desde las tres cámaras instaladas en la celda  $i$ . Por su parte, el esfuerzo de muestreo en la celda  $i$  es la suma de los días de operación de las tres cámaras-trampa instaladas.





# 6.

## SOCIABILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DE BASE DE DATOS

Con el objetivo de construir y mantener una base de datos con la información del ZdeD que le otorgue trazabilidad al monitoreo de la especie, es mandatorio que las organizaciones y/o personas que ejecuten las actividades antes descritas se comprometan a la entrega de los siguientes archivos para cada celda evaluada:

- Ficha completa con la información de la instalación, revisión, retiro y configuración de cada cámara- trampas
- Ficha completada con la información de la colecta de fecas y registro de huellas.
- Matriz de ocupación de ZdeD completada con registros separados cada 24 hr.

- Índice de Tasa de Registro de ZdeD.
- Archivos KML, KMZ o SHP conteniendo las estaciones de cámaras-trampas, los registros de heces y huellas, y transectos conducidos por el personal en terreno.

“En el marco de las acciones de monitoreo y protocolos estandarizado de monitoreo de zorro de Darwin, contenidas en el Plan de Recuperación, Conservación y Gestión del Zorro Chilote o de Darwin (*Lycalopex fulvipes*), el Ministerio del Medio Ambiente solicitará periódicamente, a través de oficio, los informes de monitoreo a las instituciones que realizan monitoreos

sistemáticos de la especie en su área de distribución. De manera complementaria, el Ministerio del Medio Ambiente sugiere a las distintas organizaciones publicar sus datos de monitoreo de zorro Chilote o Darwin en la Plataforma de Información Biodiversidad de GBIF (Global Biodiversity Information Facility – [www.gbif.org](http://www.gbif.org)), la cual permite disponer información de manera abierta a la comunidad, promoviendo de ese modo la colaboración y mejora del conocimiento sobre biodiversidad. Para ello, el Ministerio de Medio Ambiente, representante de GBIF para Chile, ofrece su colaboración para orientar a los interesados en este proceso.”

Fotografía: Patricio Vilunir







# 7.

## DEFINICIONES USADAS EN ESTE PROTOCOLO

**Monitoreo:** se entenderá por monitoreo la evaluación sistemática de la presencia de ZdeD a través de diferentes metodologías e índices en una celda de monitoreo.

**ZdeD:** zorro de Darwin o Chilote.

**Celda de monitoreo:** cuadrado de  $4 \text{ km}^2$  al interior del área de rango de distribución conocido e inferido del ZdeD, donde se evaluarán los diferentes índices ecológicos de ZdeD.



**Detección/no detección de ZdeD:** registros de la presencia/ausencia de ZdeD en la celda de monitoreo.

**Prospección:** búsqueda activa de toda evidencia directa e indirecta de ZdeD incluyendo: observación de ejemplares, huellas, fecas, restos óseos, a través de transectos.

**Transectos de monitoreo:** tramo de 250 m que se recorre en forma libre por hábitat de ZdeD en una celda de monitoreo, principalmente a pie.

**Ocupación sencilla de ZdeD:** proporción de celdas de monitoreo con presencia de ZdeD.

**Probabilidad de detección de ZdeD:** probabilidad de detectar a un individuo de ZdeD en una celda de monitoreo si este está presente.

**Ocupación:** proporción de celdas de monitoreo con presencia de ZdeD corregida por la probabilidad de detección.

**Matriz de detección/no detección:** matriz conteniendo las presencias/ausencias del ZdeD en cada celda de monitoreo durante el periodo de muestreo.

**Ocasiones de muestreo:** agrupamiento de eventos de detección/no detección de ZdeD en periodos de cinco días cada uno.

**Tasa de detección:** frecuencia de registros separados por 60 minutos cada 100 trampas días.

**Extensión de la Ocurrencia** (EOO por las siglas en inglés de Extention of Occurrence): es el área contenida dentro de los límites imaginarios más externos que pueden dibujarse para incluir todos los puntos conocidos con presencia de una especie.

**Área de Ocupación** (AOO por sus siglas en inglés de Area of Occupation): es el área que efectivamente ocupa una especie y está dentro de la EOO, excluyendo hábitats no ocupados o inadecuados. Es decir, es el área de distribución más específica de una especie.



# 8.

## REFERENCIAS

- (1) Schauster, E. R., E. M. Gese, and A. M. Kitchen. (2002) An evaluation of survey methods for monitoring swift fox abundance. *Wildlife Society Bulletin* 30:464–477.
- (2) Long, R. A., MacKay, P., Ray, J., & Zielinski, W. (Eds.). (2012). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press.
- (3) Sillero-Zubiri, C., Hoffmann, M., & Macdonald, D. W. (Eds.). (2004). *Canids: foxes, wolves, jackals, and dogs: status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland: IUCN.
- (4) Silva-Rodríguez, E., Farias, A., Moreira-Arce, D., Cabello, J., Hidalgo-Her-

- moso, E., Lucherini, M., & Jiménez, J. (2016). *Lycalopex fulvipes*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T41586A85370871.
- (5) Moreira-Arce, D., Vergara, P. M., & Boutin, S. (2015). Diurnal human activity and introduced species affect occurrence of carnivores in a human-dominated landscape. *PLoS one*, 10(9), e0137854.
  - (6) D'Elía, G., Ortloff, A., Sánchez, P., Guíñez, B. and Varas, V. (2013). A new geographic record of the endangered Darwin's Fox *Lycalopex fulvipes* (Carnivora: Canidae): filling the distributional gap . *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 485-488.
  - (7) Ministerio del Medio Ambiente (2020) Implementación de acciones para la conservación del zorro de Darwin o zorro Chilote en las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos
  - (8) Vilà, C., Leonard, J. A., Iriarte, A., O'Brien, S. J., Johnson, W. E., & Wayne, R. K. (2004). Detecting the vanishing populations of the highly endangered Darwin's fox, *Pseudalopex fulvipes*. *Animal Conservation*, 7, No. 2, 147-153.
  - (9) Farías, A.A., Sepúlveda, M.A., Silva-Rodríguez, E.A., Eguren, A., González, D., Jordán, N. I., Ovando, E., Stowhas, P. and Svensson, G.L. (2014). A new population of Darwin's Fox (*Lycalopex fulvipes*) in the Valdivian Coastal Range. *Revista Chilena de Historia Natural* 87: 1-3.
  - (10) Silva-Rodríguez, E. A., Ovando, E., González, D., Zambrano, B., Sepúlveda, M. A., Svensson, G. L., & Farías, A. A. (2018). Large-scale assessment of the presence of Darwin's fox across its newly discovered range. *Mammalian Biology*, 92(1), 45-53.
  - (11) Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., & Lambin, E. F. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*, 75, 71-82.
  - (12) Jiménez, J.E. (2007). Ecology of a coastal population of the critically endangered Darwin's Fox (*Pseudalopex fulvipes*) on Chiloé Island, southern Chile. *Journal of Zoology* 271: 63-77.
  - (13) Jaksic, F. M., Jiménez, J. E., Medel, R. G. and Marquet, P. A. (1990). Habitat and diet of Darwin's fox (*Pseudalopex fulvipes*) on the Chilean mainland. *Journal of Mammalogy* 71: 246-248.
  - (14) Jiménez, J. E., Marquet, P. A., Medel, R. G. and Jaksic, F. M. (1991). Comparative ecology of Darwin's fox (*Pseudalopex fulvipes*) in mainland and island settings

- of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 177-186.
- (15) McMahon, E., Fuller, T.K. and Johnson, W.E. (1999). *Ecología y conservación en los zorros simpátricos de Chile*. Progress report for SAG and CONAF, Temuco, Chile.
- (16) Moreira-Arce, D., Vergara, P. M., Boutin, S., Simonetti, J. A., Briceño, C., & Acosta-Jamett, G. (2015). Native forest replacement by exotic plantations triggers changes in prey selection of mesocarnivores. *Biological Conservation*, 192, 258-267.
- (17) Elgueta, E.I., Valenzuela, J. y Rau, J.R. (2007). New insights into the prey spectrum of Darwin's fox (*Pseudalopex fulvipes* Martin, 1837) on Chiloé Island, Chile. *Mammalian Biology* 72: 179-185.
- (18) Farías, A.A. and Jaksic, F.M. (2011). Low functional richness and redundancy of a predator assemblage in native forest fragments of Chiloé Island, Chile. *Journal of Animal Ecology* 80: 809-817.
- (19) MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Andrew Royle, J., & Langtimm, C. A. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8), 2248-2255.
- (20) MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Hines, J. E., Knutson, M. G., & Franklin, A. B. (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84(8), 2200-2207.
- (21) Thompson, W. (Ed.). (2004). *Sampling rare or elusive species: concepts, designs, and techniques for estimating population parameters*. Island Press.
- (22) Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., ... & Boutin, S. (2015). Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675-685.
- (23) Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J. T., Burton, C., ... & Brodie, J. (2017). Scaling-up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(1), 26-34.
- (24) C. Carbone, Christie S., Conforti K., Coulson T., Franklin N., Ginsberg J. R., Griffiths M., Holden J., Kawanishi K., Kinnaird M., Laidlaw R., Lynam A., Macdonald D.W., Martyr D., McDougal C., Nath L., O'Brien T., Seidensticker J., Smith D. J. L., Sunquist

- M., Tilson R. y W. N. Wan Shahrudin (2001). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal conservation*, 4(1), 75-79.
- (25) MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L., & Hines, J. E. (2017). *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Elsevier.
- (26) Escobar, L. E., Qiao, H., Cabello, J., & Peterson, A. T. (2018). Ecological niche modeling re-examined: A case study with the Darwin's fox. *Ecology and evolution*, 8(10), 4757-4770.
- (27) Johnson, W. E., & Franklin, W. L. (1994). Spatial resource partitioning by sympatric grey fox (*Dusicyon griseus*) and culpeo fox (*Dusicyon culpaeus*) in southern Chile. *Canadian Journal of Zoology*, 72(10), 1788-1793.
- (28) MacKenzie, D. I., & Royle, J. A. (2005). Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of applied Ecology*, 42(6), 1105-1114.
- (29) Gálvez, N., Guillera-Arroita, G., Morgan, B. J., & Davies, Z. G. (2016). Cost-efficient effort allocation for camera-trap occupancy surveys of mammals. *Biological Conservation*, 204, 350-359.
- (30) Moreira-Arce, D., Vergara, P. M., Boutin, S., Carrasco, G., Briones, R., Soto, G. E., & Jimenez, J. E. (2016). Mesocarnivores respond to fine-grain habitat structure in a mosaic landscape comprised by commercial forest plantations in southern Chile. *Forest Ecology and Management*, 369, 135-143.
- (31) Zúñiga, A. H., Jiménez, J. E., & de Arellano, P. R. (2017). Activity patterns in sympatric carnivores in the Nahuelbuta Mountain Range, southern-central Chile. *Mammalia*, 81(5), 445-453.
- (32) Vanak, A. T., & Gompfer, M. E. (2007). Effectiveness of non-invasive techniques for surveying activity and habitat use of the Indian fox *Vulpes bengalensis* in southern India. *Wildlife Biology*, 13(2), 219-224.
- (33) Bustamante, R. O., Simonetti, J. A., & Mella, J. E. (1992). Are foxes legitimate and efficient seed dispersers? A field test. *Acta Oecologica*, 13(2), 203-208.
- (34) Davis, M. L., Kelly, M. J., & Stauffer, D. F. (2011). Carnivore co-existence and habitat use in the Mountain Pine Ridge Forest Reserve, Belize. *Animal Conservation*, 14(1), 56-65.





# 9. ANEXOS



## Protocolo de Monitoreo del Zorro de Darwin

### Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas

| Ficha para registro de huellas y colecta de heces para cada transecto de muestreo |  |    |    |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|---------|
| Fecha (DD/MM/AA)                                                                  |  |    |    |         |
| Hora (formato 24hrs)                                                              |  |    |    |         |
| Nombre organización responsable                                                   |  |    |    |         |
| Nombre de responsable del monitoreo                                               |  |    |    |         |
| Condiciones climáticas del muestreo de heces y huellas                            |  |    |    |         |
|                                                                                   |  |    |    |         |
| Nombre del lugar (toponimia)                                                      |  |    |    |         |
| N° de celda                                                                       |  |    |    |         |
| N° de transecto                                                                   |  |    |    |         |
| Coordenada de inicio (UTM, WGS 84) y elevación (m s.n.m.)                         |  |    |    |         |
| Coordenada de término (UTM, WGS 84) y elevación (m s.n.m.)                        |  |    |    |         |
| Descripción general del hábitat a lo largo del transecto                          |  |    |    |         |
| vegetación, topografía, grado de perturbación:                                    |  |    |    |         |
|                                                                                   |  |    |    |         |
| Feca o Huella/código                                                              |  |    |    |         |
| Registro fotográfico                                                              |  | Si | No | ID      |
| Foto 1                                                                            |  |    |    |         |
| Foto 2                                                                            |  |    |    |         |
| Foto 3                                                                            |  |    |    |         |
| Registro fotográfico del entorno                                                  |  | Si | No | foto ID |
| Norte                                                                             |  |    |    |         |
| Sur                                                                               |  |    |    |         |
| Este                                                                              |  |    |    |         |
| Oeste                                                                             |  |    |    |         |
| Código de tubos usados para almacenamiento (solo en caso de fecas)                |  |    |    |         |
| Largo / ancho de huella (cm)                                                      |  |    |    |         |

**Anexo 2. Ficha tipo para ser rellenada durante la colecta de heces y registro de huella para cada transecto de muestreo.**

|          |           | Fechas en formato DD/MM/AA |                   |                      | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA | DD/MM/AA |
|----------|-----------|----------------------------|-------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nº Celda | Nº Cámara | Fecha instalación          | Fecha de revisión | Fecha desinstalación | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | N        |
| 1        | 1         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1        | 2         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 1        | 3         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2        | 1         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2        | 2         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 2        | 3         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 3        | 1         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 3        | 2         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 3        | 3         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| N        | N         |                            |                   |                      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

**Anexo 3. Matriz de ocupación con las detecciones/no detecciones de ZdeD separados cada 24hrs en cada cámaras-trampas.**

**Anexo 4. Coordena-  
das (UTM WGS 84  
– Huso 18 S) de los  
centroides asocia-  
das a cada celda de  
monitoreo de 4 km<sup>2</sup>  
para la población  
continental de ZdeD.**

Celdas con presencia de la especie

| X      | Y       |
|--------|---------|
| 598374 | 5408045 |
| 614374 | 5548045 |
| 610374 | 5550045 |
| 624374 | 5552045 |
| 620374 | 5554045 |
| 618374 | 5556045 |
| 614374 | 5568045 |
| 620374 | 5568045 |
| 624374 | 5568045 |
| 622374 | 5572045 |
| 644374 | 5602045 |
| 646374 | 5604045 |
| 642374 | 5606045 |
| 674374 | 5652045 |
| 672374 | 5656045 |
| 692374 | 5660045 |
| 676374 | 5804045 |
| 666374 | 5810045 |
| 676374 | 5810045 |
| 678374 | 5812045 |
| 664374 | 5814045 |
| 674374 | 5814045 |
| 662374 | 5818045 |
| 688374 | 5818045 |
| 676374 | 5820045 |
| 666374 | 5822045 |
| 680374 | 5822045 |
| 684374 | 5822045 |
| 662374 | 5826045 |
| 666374 | 5826045 |
| 684374 | 5826045 |
| 664374 | 5830045 |
| 656374 | 5832045 |
| 670374 | 5832045 |
| 660374 | 5834045 |
| 662374 | 5836045 |
| 660374 | 5840045 |
| 656374 | 5842045 |

Celdas elegidas con criterio experto

| X      | Y       |
|--------|---------|
| 604374 | 5398045 |
| 596374 | 5434045 |
| 602374 | 5462045 |
| 610374 | 5484045 |
| 618374 | 5510045 |
| 620374 | 5512045 |
| 608374 | 5514045 |
| 626374 | 5520045 |
| 606374 | 5528045 |
| 608374 | 5530045 |
| 610374 | 5538045 |
| 626374 | 5546045 |
| 634374 | 5554045 |
| 646374 | 5608045 |
| 650374 | 5616045 |
| 658374 | 5624045 |
| 652374 | 5788045 |
| 660374 | 5804045 |
| 670374 | 5808045 |
| 684374 | 5810045 |
| 668374 | 5814045 |
| 676374 | 5836045 |
| 672374 | 5838045 |
| 654374 | 5850045 |
| 674374 | 5856045 |
| 664374 | 5862045 |
| 666374 | 5864045 |
| 672374 | 5880045 |



## Celdas con presencia de la especie

| X      | Y       |
|--------|---------|
| 572374 | 5196045 |
| 572374 | 5200045 |
| 600374 | 5202045 |
| 568374 | 5204045 |
| 558374 | 5222045 |
| 564374 | 5222045 |
| 574374 | 5222045 |
| 582374 | 5224045 |
| 586374 | 5226045 |
| 624374 | 5226045 |
| 590374 | 5230045 |
| 602374 | 5232045 |
| 594374 | 5234045 |
| 598374 | 5236045 |
| 618374 | 5238045 |
| 572374 | 5248045 |
| 576374 | 5248045 |
| 568374 | 5254045 |
| 570374 | 5258045 |
| 584374 | 5266045 |
| 570374 | 5270045 |
| 596374 | 5270045 |
| 572374 | 5274045 |
| 590374 | 5306045 |
| 598374 | 5336045 |
| 628374 | 5336045 |
| 580374 | 5342045 |
| 602374 | 5342045 |
| 624374 | 5348045 |
| 582374 | 5350045 |
| 616374 | 5350045 |
| 596374 | 5354045 |
| 610374 | 5362045 |
| 618374 | 5366045 |
| 582374 | 5372045 |

## Celdas elegidas con criterio experto

| X      | Y       |
|--------|---------|
| 592374 | 5218045 |
| 580374 | 5248045 |
| 578374 | 5252045 |
| 584374 | 5274045 |
| 594374 | 5294045 |
| 596374 | 5304045 |
| 590374 | 5312045 |
| 598374 | 5314045 |
| 590374 | 5340045 |
| 588374 | 5346045 |
| 580374 | 5354045 |
| 592374 | 5356045 |
| 598374 | 5356045 |
| 584374 | 5360045 |
| 590374 | 5366045 |

**Anexo 5. Coordenadas (UTM WGS 84 – Huso 18 S) de los centroides asociadas a cada celda de monitoreo de 4 km<sup>2</sup> para la población insular de ZdeD.**





Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas

# Protocolo de Monitoreo del Zorro de Darwin

(*Lycalopex fulvipes*)