



# Identificación de mortalidad por electrocución de aves rapaces en el sudoeste de Marruecos

## Identification de la mortalité des rapaces par électrocution dans le sud-ouest du Maroc

A. Godino, J.R. Garrido, R. El Khamlichi, D. Burón, C. Machado, M. Amezian, A. Irizi, C. Numa, V. Barrios



© C. Machado & A. Godino





Identificación de mortalidad por electrocución  
de aves rapaces en el sudoeste de Marruecos

Identification de la mortalité des rapaces  
par électrocution dans le sud-ouest du Maroc

## ACERCA DE LA UICN

La UICN es una Unión de Miembros compuesta por Estados soberanos, agencias gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil. La UICN pone a disposición de las entidades públicas, privadas y no gubernamentales, los conocimientos y las herramientas que posibilitan, de manera integral, el progreso humano, el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza.

Creada en 1948, la UICN se ha convertido en la red ambiental más grande y diversa del mundo. La UICN cuenta con la experiencia, los recursos y el alcance de sus más de 1 300 organizaciones Miembro y los aportes de alrededor de 15 000 expertos. La UICN es uno de los principales proveedores de datos, evaluaciones y análisis sobre conservación. Su extensa y diversa membresía hacen de la UICN una incubadora y un repositorio confiable de las mejores prácticas y herramientas de conservación, así como de las directrices y estándares internacionales.

La UICN proporciona un espacio neutral en el que actores diversos, incluyendo gobiernos, ONGs, científicos, empresas, comunidades locales, grupos indígenas, organizaciones religiosas y otros pueden trabajar juntos para crear e implementar soluciones a los retos ambientales y lograr un desarrollo sostenible.

La UICN trabaja con diversos socios y simpatizantes para llevar a la práctica un amplio y diverso portafolio de proyectos de conservación en todo el mundo. Estos proyectos, que combinan los últimos avances científicos con los conocimientos tradicionales de las comunidades locales, procuran detener y revertir la pérdida de hábitats, restaurar los ecosistemas y mejorar el bienestar humano.

<http://www.iucn.org/es/>

## Centro de Cooperación del Mediterráneo de UICN

El Centro de Cooperación del Mediterráneo de UICN abrió sus puertas en Málaga en el año 2001 con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y AECID. Su misión es influir, fomentar y ayudar a las sociedades del Mediterráneo a conseguir tanto la conservación como el uso sostenible de los recursos naturales como el desarrollo sostenible, trabajando con los miembros de la UICN y colaborando con todos aquellos que comparten los objetivos de la UICN.

<http://www.iucn.org/mediterraneo>

## AU SUJET DE L'UICN

L'UICN est une union de Membres unique, composé de gouvernements et d'organisations de la société civile. Elle offre aux organisations publiques, privées et non-gouvernementales les connaissances et les outils permettant au progrès humain, au développement économique et à la conservation de la nature de se réaliser en harmonie.

Créée en 1948, l'UICN s'est agrandie au fil des ans pour devenir le réseau environnemental le plus important et le plus diversifié au monde. Elle compte avec l'expérience, les ressources et le poids de ses 1 300 organisations Membres et les qualités de ses 15 000 experts. Elle est l'un des principaux fournisseurs de données, d'évaluations et d'analyses sur la conservation. Sa taille lui permet de jouer le rôle d'incubateur et de référentiel fiable de bonnes pratiques, d'outils et de normes internationales.

L'UICN offre un espace neutre où diverses parties prenantes – gouvernements, ONG, scientifiques, entreprises, communautés locales, groupes de populations autochtones, organisations caritatives et autres – peuvent travailler ensemble pour élaborer et mettre en œuvre des solutions pour lutter contre les défis environnementaux et obtenir un développement durable.

Travaillant de concert avec de nombreux partenaires et soutiens, l'UICN met en œuvre un portefeuille vaste et divers de projets liés à la conservation dans le monde. Associant les connaissances scientifiques les plus pointues et le savoir traditionnel des communautés locales, ces projets visent à mettre un terme à la disparition des habitats, à restaurer les écosystèmes et à améliorer le bien-être des populations.

<http://www.uicn.org/fr/>

## Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN

Le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN a ouvert ses portes en octobre 2001, grâce au soutien principal du ministère espagnol de l'Environnement, du gouvernement régional d'Andalousie (Junta de Andalucía) et de l'Agence espagnole de coopération internationale pour le développement (AECID). La mission de l'UICN-Med est d'influencer, encourager et aider les sociétés méditerranéennes pour la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles de cette région, en travaillant avec les Membres de l'UICN et en collaborant avec tous ceux qui partagent les objectifs de l'UICN.

[www.uicn.org/mediterranee](http://www.uicn.org/mediterranee)



# Identificación de mortalidad por electrocución de aves rapaces en el sudoeste de Marruecos

## Identification de la mortalité des rapaces par électrocution dans le sud-ouest du Maroc

A. Godino<sup>1</sup>, J.R. Garrido<sup>2,5</sup>, R. El Khamlichi<sup>3</sup>, D. Burón<sup>2</sup>, C. Machado<sup>4</sup>, M. Amezian<sup>3</sup>, A. Irizi<sup>3</sup>, C. Numa<sup>6</sup>, V. Barrios<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> IUCN SSC Vulture Specialist Group.

[Groupe CSE/UICN de spécialistes des vautours.](#)

<sup>2</sup> Agencia Andaluza de Medio Ambiente y Agua, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

[Agence pour l'Environnement et l'Eau, ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Junta de Andalucía.](#)

<sup>3</sup> Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc.

[Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc \(GREPOM\).](#)

<sup>4</sup> AMUS-Acción por el Mundo Salvaje.

[AMUS \(Acción por el Mundo Salvaje\).](#)

<sup>5</sup> IUCN SSC Bird Red List Authority.

[Autorité pour la Liste rouge CSE/UICN dédiée aux oiseaux.](#)

<sup>6</sup> Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN.

[Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN.](#)

## Identificación de mortalidad por electrocución de aves rapaces en el sudoeste de Marruecos

### Identification de la mortalité des rapaces par électrocution dans le sud-ouest du Maroc

Afonso Godino, José Rafael Garrido, Rachid El Khamlichi, Daniel Burón, Catarina Machado, Mohamed Amezian, Ali Irizi, Catherine Numa, Violeta Barrios

La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN o de otra organización participante sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o de otra organización participante.

La terminologie géographique employée dans cet ouvrage, de même que sa présentation, ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'UICN ou des autres organisations concernées sur le statut juridique ou l'autorité de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de ses frontières.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN ou des autres organisations concernées.

Publicado por: UICN, Málaga, España  
Publié par : UICN, Malaga, Espagne

Derechos reservados: © 2016 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Droits d'auteur : © 2016 Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources

La reproduction de cette publication à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source soit dûment citée.

La reproduction de cette publication à des fins commerciales, notamment en vue de la vente, est interdite sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur.

Citación: Godino, A., Garrido, J.R., El Khamlichi, R., Burón, D., Machado, C., Amezian, M., Irizi, A., Numa, C. y Barrios, V. (2016). *Identificación de mortalidad por electrocución de aves rapaces en el sudoeste de Marruecos*. Málaga, España: UICN. 76 pp.

Citation : Godino, A., Garrido, J.R., El Khamlichi, R., Burón, D., Machado, C., Amezian, M., Irizi, A., Numa, C. et Barrios, V. (2016). *Identification de la mortalité des rapaces par électrocution dans le sud-ouest du Maroc*. Malaga, Espagne : UICN. 76 pp.

ISBN: 978-2-8317-1794-4

Fotografía de la cubierta: C. Machado & A. Godino  
Photo couverture :

Diseño: Simétrica S. L.  
Mise en page :

Traduction en français : Alexa Dubreuil-Storer (IDFP Translation Services), Royaume-Uni

Disponible en: Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN  
Disponible auprès de : Calle Marie Curie, 22  
29590 Campanillas  
Málaga, España  
Tel.: +34 952028430  
Fax: +34 952028145  
uicnmed@iucn.org  
<http://www.iucn.org/resources/publications>

Esta publicación ha sido posible gracias a la generosidad de la Fundación MAVA.

Le présent ouvrage a pu être publié grâce à un soutien financier de la Fondation MAVA.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Introducción .....  | 7  |
| Objetivos .....   | 9  |
| Identificación y mortalidad de aves<br>en líneas eléctricas ..... | 10 |
| Área de estudio y metodología .....                               | 10 |
| Descripción de las líneas eléctricas<br>y mortalidad .....        | 12 |
| Línea A .....   | 12 |
| Línea A1 .....  | 14 |
| Línea A2 .....  | 14 |
| Línea B .....   | 14 |
| Línea B1 .....  | 15 |
| Línea B2 .....  | 15 |
| Línea C .....   | 16 |
| Línea D .....   | 16 |
| Línea E .....   | 18 |
| Línea F .....   | 19 |
| Línea F1 .....  | 19 |
| Línea F2 .....  | 19 |
| Línea F3 .....  | 19 |
| Línea G .....   | 22 |

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....  | 7  |
| Objectifs .....   | 9  |
| Identification et mortalité des oiseaux<br>au niveau des lignes électriques ..... | 10 |
| Zone étudiée et méthodologie .....  | 10 |
| Description des lignes électriques<br>et mortalité .....                          | 12 |
| Ligne A .....   | 12 |
| Ligne A1 .....  | 14 |
| Ligne A2 .....  | 14 |
| Ligne B .....   | 15 |
| Ligne B1 .....  | 15 |
| Ligne B2 .....  | 15 |
| Ligne C .....   | 16 |
| Ligne D .....   | 16 |
| Ligne E .....   | 19 |
| Ligne F .....   | 19 |
| Ligne F1 .....  | 19 |
| Ligne F2 .....  | 19 |
| Ligne F3 .....  | 22 |
| Ligne G .....   | 22 |

|  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| Análisis y discusión de resultados .....   | 23 | Analyse des résultats et discussion .....                                      | 23 |
| Índices de Mortalidad por Apoyo (IMAp) ...   | 23 | Indices de mortalité par pylône (IMAp) .....                                   | 23 |
| Especies afectadas y estructura<br>de edades de los individuos<br>electrocutados ..... | 27 | Espèces affectées et structure<br>de l'âge des individus<br>électrocutés ..... | 29 |
| Índice de Peligrosidad de los Apoyos<br>(IPAp) .....                                   | 32 | Indice de Dangerosité par Pylône<br>(IPAp) .....                               | 32 |
| Conclusiones y recomendaciones .....   | 39 | Conclusions et recommandations .....   | 39 |
| Agradecimientos .....  | 41 | Remerciements .....  | 41 |
| Bibliografía .....   | 42 | Bibliographie .....  | 42 |
| Anexo fotográfico .....  | 45 | Annexe photographique .....  | 45 |
| Anexo cartográfico .....   | 57 | Annexe cartographique .....  | 57 |

# Introducción

En el marco del Seminario “Conservación transfronteriza de rapaces amenazadas en el Mediterráneo”, celebrado en Málaga durante los días 10-12 de noviembre de 2015 y organizado por el Centro de Cooperación del Mediterráneo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se expuso y debatió la situación de las aves rapaces en el Mediterráneo, así como la importancia que para la conservación global de estas especies tiene el fomento de la conexión de las poblaciones del Norte de África con las existentes en el sur de Europa.

Una de las conclusiones obtenidas en este seminario fue la falta de información existente en la actualidad sobre el estado de conservación y tendencias poblacionales de gran parte de estas especies en el Norte de África, así como de las amenazas que puedan estar afectando su viabilidad a medio y largo plazo.

Por otro lado, se puso de manifiesto que la experiencia obtenida en España, y especialmente en Andalucía, para la gestión y conservación de poblaciones de aves rapaces en las últimas tres décadas, con resultados muy positivos en un gran número de especies (águila imperial ibérica *Aquila adalberti*, buitre negro *Aegypius monachus*, quebrantahuesos *Gypaetus barbatus*, cernícalo primilla *Falco naumanni*, etc.), podría ser una excelente base para intentar promover acciones destinadas a la conservación y mejora de las poblaciones amenazadas existentes en el Norte de África. Para ello se consideró muy importante realizar el intercambio de experiencias entre todas las entidades involucradas en la conservación de este grupo de aves en las dos orillas del Mediterráneo: administraciones públicas, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales (ONG), etc.

Con la base de esta necesaria colaboración e intercambio técnico y de gestión de poblaciones de estas especies entre todos los países implicados surgió la propuesta de realizar una sesión práctica de identificación de amenazas para las aves rapaces en Marruecos.

En este contexto, en octubre de 2015 se detectaron tres águilas imperiales ibéricas electrocutadas entorno a la localidad de

# Introduction

À l'occasion du séminaire sur « La conservation transfrontalière des rapaces menacés en Méditerranée » du 10 au 12 novembre 2015 à Malaga, organisé par le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), la situation des rapaces en Méditerranée a été exposée et discutée, ainsi que l'importance de l'interaction entre les populations présentes dans le nord de l'Afrique et le sud de l'Europe pour la conservation globale de ces espèces.

L'une des conclusions de ce séminaire a fait ressortir le manque d'informations actuellement disponibles sur le statut de conservation et les tendances des populations d'une grande partie de ces espèces en Afrique du Nord, ainsi que les menaces susceptibles d'affecter leur viabilité à moyen et long terme.

D'autre part, ce séminaire a mis en évidence l'expérience acquise en Espagne et en particulier en Andalousie, au cours des trois dernières décennies, en matière de gestion et de conservation des populations de rapaces, avec des résultats très positifs pour un grand nombre d'espèces (aigle ibérique *Aquila adalberti*, vautour moine *Aegypius monachus*, gypaète barbu *Gypaetus barbatus*, faucon crécerellette *Falco naumanni*, etc.) ; cette expérience pourrait ainsi constituer un excellent point de départ pour tenter de promouvoir des actions en faveur de la conservation et de l'amélioration des populations menacées, présentes en Afrique du Nord. Pour cela, il a été jugé fondamental de procéder à un échange d'expériences entre toutes les entités œuvrant pour la conservation de ce groupe d'oiseaux sur les deux rives de la Méditerranée : administrations publiques, centres de recherche, organisations non gouvernementales (ONG), etc.

En raison de cette nécessité de collaborer et d'échanger entre tous les pays concernés, tant au niveau technique qu'en matière de gestion des populations de ces espèces, il a été proposé d'organiser une réunion pratique pour identifier les menaces pesant sur les rapaces au Maroc.

Dans ce contexte, trois aigles ibériques électrocutés ont été retrouvés en octobre 2015 aux environs de la localité de Guelmim

Guelmim, en el suroeste de Marruecos, gracias al seguimiento de una de ellas que portaba un emisor satelital realizado por la Estación Biológica de Doñana, adscrita al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EBD-CSIC), dentro del programa de reforzamiento de la población gaditana de la especie que lleva a cabo la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (CMAYOT) (Amezian *et al.*, 2015; Morandini *et al.*, 2016). Tras este descubrimiento, realizado sobre el terreno por miembros del Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc (GREPOM), representante de BirdLife en Marruecos, y técnicos de la administración marroquí pertenecientes al Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification (HCEFLCD) del Reino de Marruecos, se planteó realizar una prospección inicial de este territorio para caracterizar el posible riesgo para las grandes rapaces de los tendidos eléctricos presentes. Para ello y bajo la coordinación del Centro de Cooperación del Mediterráneo (UICN-Med), se constituyó un grupo de trabajo entre entidades de ambos lados del Estrecho (CMAYOT y la ONG AMUS por el lado español, junto a GREPOM/BirdLife Morocco por el lado marroquí) para identificar sobre el terreno y evaluar una amenaza (la electrocución es una de las principales causas de mortalidad no natural en aves rapaces a escala mundial) sobre una especie amenazada a nivel global (el águila imperial ibérica está catalogada como "Vulnerable" en la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN). Esta especie utiliza un espacio transfronterizo (España-Marruecos) en el que esa amenaza puede comprometer la viabilidad de un proyecto de reintroducción en el sur de España por elevadas mortalidades de los ejemplares liberados en Marruecos, teniendo en cuenta además que el riesgo de electrocución de aves no ha sido evaluado hasta la fecha en Marruecos (Amezian *et al.*, 2015).

Este trabajo constituye así una excelente oportunidad para desarrollar la colaboración e intercambio de experiencias propuestas en el Seminario "Conservación transfronteriza de rapaces amenazadas en el Mediterráneo" e implementa, en menos de tres meses desde su propuesta, las recomendaciones de Amezian *et al.* (2015) tras la identificación del problema.

(sud-ouest du Maroc). Ces derniers ont été repérés grâce à l'émetteur par satellite porté par l'un d'entre eux dans le cadre du suivi réalisé par la Station biologique de Doñana (rattachée au Conseil supérieur de recherche scientifique, EBD-CSIC) pour le programme de renforcement de la population de l'espèce à Cadix, mis en œuvre par le ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (CMAYOT) de la Junta de Andalucía (Amezian *et al.*, 2015 ; Morandini *et al.*, 2016). Suite à cette découverte, faite sur le terrain par des membres du Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc (GREPOM), représentant BirdLife au Maroc, et par des techniciens de l'administration marocaine relevant du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification (HCEFLCD) du Royaume du Maroc, il a été suggéré de réaliser une prospection initiale de ce territoire pour définir le risque potentiel des lignes électriques actuelles pour les grands rapaces. Pour cela, un groupe de travail a été constitué en réunissant des entités des deux côtés du détroit (le CMAYOT et l'ONG AMUS du côté espagnol, et le GREPOM/BirdLife Morocco du côté marocain), dont la coordination a été assurée par le Centre de Coopération pour la Méditerranée (UICN-Med). Son objectif a été d'identifier et d'évaluer sur le terrain une menace (les électrocutions étant l'une des principales causes de mortalité non naturelle chez les rapaces à l'échelle mondiale) pesant sur une espèce menacée au niveau global (l'aigle ibérique étant classé « Vulnérable » dans la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN). Cette espèce utilise un espace transfrontalier (Espagne-Maroc) dans lequel cette menace peut compromettre la viabilité d'un projet de réintroduction dans le sud de l'Espagne par une forte mortalité des spécimens remis en liberté au Maroc, en tenant compte également du fait que, jusqu'à présent, le risque d'électrocution pour les oiseaux n'a pas été évalué au Maroc (Amezian *et al.*, 2015).

Ainsi, ce travail constitue une excellente opportunité pour développer la collaboration et l'échange d'expériences, comme cela a été proposé lors du séminaire sur « La conservation transfrontalière des rapaces menacés en Méditerranée », et mettre en œuvre les recommandations d'Amezian *et al.* (2015), moins de trois mois après avoir été proposées suite à l'identification de ce problème.



## Objetivos

- Identificación de la línea eléctrica donde se ha producido la electrocución del águila imperial ibérica y de las líneas eléctricas del entorno.
- Evaluación de la peligrosidad del tipo o tipos de apoyos presentes en estas líneas eléctricas.
- Formación de personal técnico de Marruecos en metodologías para la prospección de mortalidad de aves por electrocución en líneas eléctricas: planificación de recorrido, descripción de apoyos, evaluación de peligrosidad potencial de los apoyos, recogida de cadáveres.
- Difusión entre agentes locales, regionales y nacionales de la problemática de la electrocución y la conservación de las aves rapaces amenazadas.
- Proponer medidas de aislamiento para minimizar los riesgos de electrocución.

## Objectifs

- Identification de la ligne électrique où s'est produite l'électrocution de l'aigle ibérique porteur d'un émetteur par satellite, et des lignes électriques à proximité.
- Évaluation de la dangerosité du ou des type(s) de pylônes présents sur ces lignes électriques.
- Formation de personnel technique marocain aux méthodologies permettant la prospection de la mortalité des oiseaux par électrocution au contact de lignes électriques : planification du parcours, description des pylônes, évaluation de la dangerosité potentielle des pylônes et ramassage des cadavres.
- Sensibilisation des agents locaux, régionaux et nationaux à la problématique de l'électrocution et de la conservation des rapaces menacés.
- Proposition de mesures d'isolation pour réduire au minimum les risques d'électrocution.

# Identificación y mortalidad de aves en líneas eléctricas

## ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra en el sudoeste de Marruecos, en la región de Guelmim-Oued Noun, entre las localidades de Guelmim y Tan-Tan (Figura 1), y fue visitada en una expedición de campo entre los días 10-15 de enero de 2016. Se trata de una zona de reciente electrificación, desarrollada ya en el siglo XXI. Los tendidos eléctricos recorridos son de distribución de la energía con apoyos metálicos, los más propensos a producir la electrocución en aves (Garrido y Martín, 2015). La electrocución se produce por el contacto de las aves con dos cables conductores o por contacto de un cable conductor con un elemento de derivación a tierra, como es la estructura de metal del apoyo, de modo que se cierra el circuito eléctrico y la electricidad atraviesa el cuerpo del ave produciendo la muerte prácticamente en el 100% de los casos (Garrido y Martín, 2015; Pérez-García *et al.*, 2015).

Para la detección de aves electrocutadas y evaluación de los apoyos, dos equipos formados por 2-4 personas recorrieron las líneas eléctricas en vehículo o a pie, según la dificultad del terreno. Para todos los apoyos se obtuvieron coordenadas geográficas, una descripción del tipo de apoyo basado en Ferrer (1996) y SIECE (2015) (algunos de los apoyos detectados no están descritos en estos trabajos debido a los diferentes tipos utilizados en cada país) y el número de individuos electrocutados por especie.

Para las aves o restos encontrados bajo los apoyos se identificó la especie en todos los casos y en el caso de restos óseos de grandes águilas, la identificación se realizó en base a García Matarranz (2013). Solo fue posible datar la edad en aquellos cadáveres encontrados completos o en restos (ala, cola) con características que permitían asignar un grupo de edad (adulto o juvenil).

Al final del presente informe se presenta un anexo fotográfico que incluye, entre otras imágenes, la caracterización de los diferentes tipos de apoyos siguiendo la nomenclatura propuesta por Ferrer (1996). De igual modo, en el anexo cartográfico se puede

# Identification et mortalité des oiseaux au niveau des lignes électriques

## ZONE ÉTUDIÉE ET MÉTHODOLOGIE

La zone étudiée se trouve dans le sud-ouest du Maroc, dans la région de Guelmim-Oued Noun, entre les localités de Guelmim et de Tan-Tan (Figure 1), et a été visitée lors d'une expédition sur le terrain du 10 au 15 janvier 2016. Il s'agit d'une zone dont l'électrification est récente et s'est développée au XXI<sup>e</sup> siècle. Les lignes parcourues servent à acheminer de l'électricité par l'intermédiaire de pylônes métalliques, et sont les plus susceptibles de provoquer l'électrocution des oiseaux (Garrido et Martín, 2015). L'électrocution d'un oiseau se produit quand celui-ci entre simultanément en contact avec deux câbles conducteurs ou bien avec un câble conducteur et un élément de dérivation relié à la terre, tel que la structure en métal du pylône. Il s'en suit un court-circuit et le courant électrique traverse le corps de l'oiseau, entraînant la mort de celui-ci dans pratiquement 100 % des cas (Garrido et Martín, 2015 ; Pérez-García *et al.*, 2015).

Deux équipes de 2-4 personnes ont été constituées pour la détection des oiseaux électrocutés et l'évaluation des pylônes, lesquelles ont parcouru les lignes électriques à bord de véhicules ou à pied, en fonction de la difficulté du terrain. Les données suivantes ont été obtenues pour tous les pylônes : coordonnées géographiques, description du type de pylône selon Ferrer (1996) et la SIECE (2015) (certains pylônes observés n'ont pas été décrits dans le cadre de ces travaux, chaque pays utilisant différents types de pylônes), nombre d'individus électrocutés par espèce.

Concernant les oiseaux ou les restes retrouvés au pied des pylônes, l'espèce a pu être identifiée dans tous les cas et, s'agissant des ossements de grands aigles, l'identification a été effectuée en se basant sur García Matarranz (2013). L'âge a pu être déterminé uniquement pour les cadavres complets ou bien lorsque les restes (aile, queue) ont permis de déterminer l'appartenance à une classe d'âge (adulte ou juvénile) à partir de leurs caractéristiques.

Une annexe photographique est fournie à la fin de ce rapport et présente, notamment, les caractéristiques des différents types de



Figura 1. Localización de las líneas eléctricas recorridas.  
Figure 1. Emplacement des lignes électriques parcourues.



Figura 2. Valle del Oued Boussafane, una de las zonas con mayor mortalidad detectada.  
Figure 2. Vallée de l'Oued Boussafane, l'une des zones où la plus forte mortalité a été détectée.

consultar la ubicación e información del trazado de las líneas y posición de los apoyos, en mapas con base de ortoimágenes de Mapbox Satellite y escala entre 1:8.000 y 1:10.000, y sistema de referencia coordenadas geográficas WGS 84. Este informe está complementado con los archivos digitales de la base de datos completa de los apoyos y de la cartografía digital en formato propietario de Google Earth (KML), tanto de las líneas como de los apoyos.

DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MORTALIDAD

Línea A

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 11 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo A-001 (Latitud 28.964712º Longitud -10.593945º) junto a una edificación rural y transcurrió en dirección SE a lo largo de la cuenca del Oued Boussafane (Figura 2) hasta el apoyo A-140 (Latitud 28.834619º Longitud -10.433046º) en la localidad de El-Abiar. La longitud total recorrida en esta línea eléctrica ha sido de 24.237 m, con un total de 140 apoyos inspeccionados (Figura 5).

El número total de aves electrocutadas detectadas en esta línea eléctrica ha sido de 46 individuos (0,32 aves/apoyo) pertenecientes a cinco especies diferentes (Tabla 1, Figura 3). La distribución de individuos electrocutados por especies es la siguiente: cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) (n = 2), águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) (n = 3), águila real (*Aquila chrysaetos*) (n = 4), águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*) (n = 32) y busardo moro (*Buteo rufinus*) (n = 5) (Figura 6 y Anexo cartográfico). Es destacable que, durante este muestreo, se han detectado de manera evidente dos individuos de águila imperial ibérica electrocutadas en esta línea eléctrica, si bien se ha incluido un tercer individuo que fue detectado en una primera inspección de esta línea en octubre de 2015

pylônes selon la nomenclature proposée par Ferrer (1996). De même, une annexe cartographique permet de consulter l'emplacement et le détail du tracé des lignes, ainsi que la position des pylônes, grâce à des cartes s'appuyant sur des ortho-images de Mapbox Satellite (à une échelle comprise entre 1:8 000 et 1:10 000) et sur un système de référence de coordonnées géographiques WGS 84. Le présent rapport est complété par les archives numériques extraites de la base de données complète des pylônes et de la cartographie numérique au format propriétaire (KML) de Google Earth, tant pour les lignes que pour les pylônes.

DESCRIPTION DES LIGNES ÉLECTRIQUES ET MORTALITÉ

Ligne A

Cette ligne électrique a été parcourue le 11 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône A-001 (latitude 28,964712°, longitude -10,593945°), près d'un bâtiment rural, et s'est poursuivi en direction du sud-est le long du bassin versant de l'Oued Boussafane (Figure 2), jusqu'au pylône A-140 (latitude 28,834619°, longitude -10,433046°) dans la localité d'El-Abiar. La longueur totale parcourue sur cette ligne électrique a été de 24 237 m, avec un total de 140 pylônes inspectés (Figure 5).

Le nombre total d'oiseaux électrocutés retrouvés sur cette ligne électrique a été de 46 individus (0,32 oiseau/pylône), appartenant à cinq espèces différentes (Tableau 1, Figure 3). La répartition des individus électrocutés par espèce était la suivante : cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) (n = 2), aigle ibérique (*Aquila adalberti*) (n = 3), aigle royal (*Aquila chrysaetos*) (n = 4), aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*) (n = 32) et buse féroce (*Buteo rufinus*) (n = 5) (Figure 6 et annexe cartographique). Il convient de noter que, dans le cadre de cet échantillonnage, deux aigles ibériques électrocutés sur cette ligne électrique ont été clairement identifiés, mais un

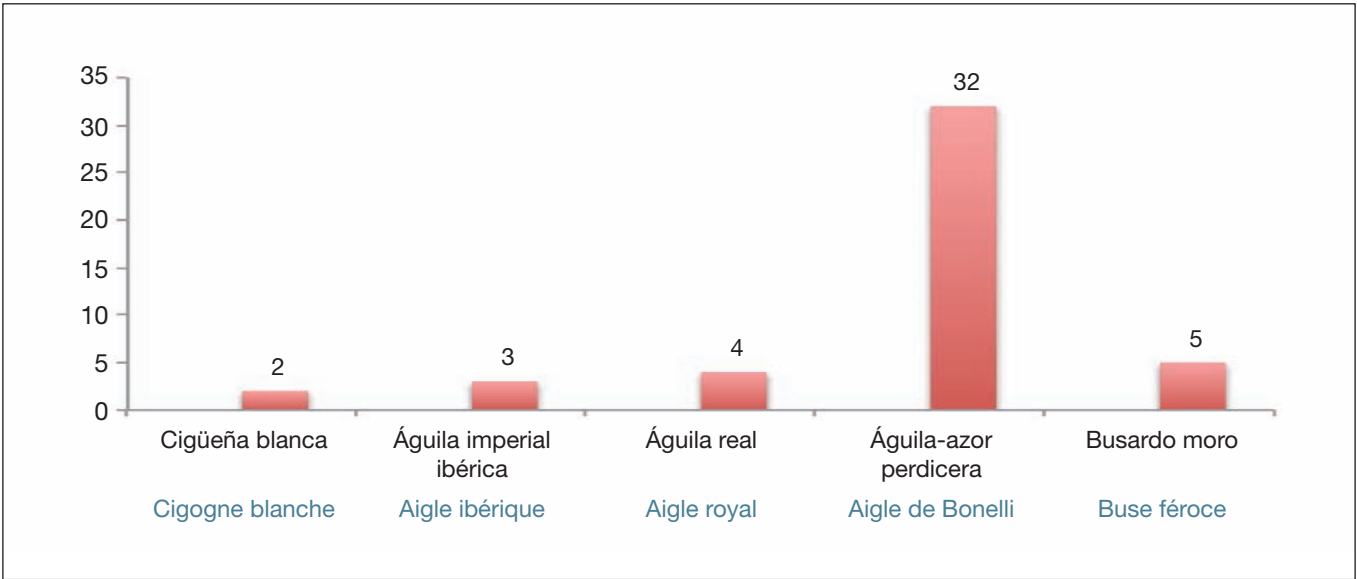


Figura 3. Mortalidad detectada por especies de aves electrocutadas en la Línea A.  
Figure 3. Mortalité par espèce d'oiseaux électrocutés sur la Ligne A.



**Tabla 1.** Distribución por edades de los cadáveres/restos de aves encontrados electrocutados en la Línea A.

|                         | Adulto | Juvenil | Indeterminado |
|-------------------------|--------|---------|---------------|
| Cigüeña blanca          | 2      |         |               |
| Águila imperial ibérica |        | 3       |               |
| Águila real             | 1      | 3       |               |
| Águila-azor perdicera   | 5      | 18      | 9             |
| Busardo moro            | 1      |         | 4             |
| TOTAL                   | 9      | 24      | 13            |

(Amezian *et al.*, 2015) y del que durante la inspección de enero sólo aparecieron algunas plumas (Tabla 2), posiblemente porque haya sido predado o desplazado por predadores terrestres en el tiempo transcurrido entre los dos muestreos.

En relación a la edad de los individuos en el momento de la electrocución, se ha podido identificar la clase de edad en 33 de las 46 aves encontradas (Tabla 1). El 52,17% (n = 24) de los individuos detectados son juveniles, el 19,56% (n = 9) son adultos y el restante 28,26% (n = 13) pertenece a aves en las que no pudo asignarse la edad debido al mal estado del cadáver o los restos, lo que imposibilitó obtener esta información. Si el análisis de grupos de edades se realiza solo sobre cadáveres en los que se ha podido identificar la edad, la fracción de individuos juveniles asciende al 72,73% del total de aves electrocutadas.

Las aves electrocutadas encontradas en esta línea eléctrica se detectaron en 26 de los 140 apoyos inspeccionados. De estos 26 apoyos, en el 65,38% (n = 17) se encontró un cadáver, en el 15,38% (n = 4) dos cadáveres, en el 3,84% (n = 1) tres cadáveres, en el 7,69% (n = 2) cuatro cadáveres y en el restante 7,69% (n = 2) se encontraron cinco cadáveres.

Se han identificado seis tipos diferentes de apoyos donde se han producido electrocuciones en esta línea (ver Anexo fotográfico):

- **P-16** (n = 1). Seccionador tripolar en cabecera.
- **P-10** (n = 5). Apoyo de tres fases en plano horizontal con cadena de amarre y puentes por debajo.
- **P-10 Pórtico** (n = 2). Apoyo de tres fases en plano horizontal con cadena de amarre y puentes por debajo, con cruceta soportada por dos vástagos en pórtico.
- **P-02** (n = 10). Tres fases en dos planos horizontales, con la central ligeramente elevada con aisladores suspendidos en forma de bóveda.
- **P-02 a)** (n = 6). Tres fases en dos planos horizontales, con la central ligeramente elevada con aisladores suspendidos.

**Tableau 1.** Répartition en fonction de l'âge des oiseaux électrocutés (cadavres/restes) sur la Ligne A.

|                  | Adultes | Juveniles | Indéterminé |
|------------------|---------|-----------|-------------|
| Cigogne blanche  | 2       |           |             |
| Aigle ibérique   |         | 3         |             |
| Aigle royal      | 1       | 3         |             |
| Aigle de Bonelli | 5       | 18        | 9           |
| Buse féroce      | 1       |           | 4           |
| TOTAL            | 9       | 24        | 13          |

troisième individu a aussi été inclus dans le décompte. En effet, ce dernier avait été repéré sur cette ligne pour la première fois en octobre 2015 (Amezian *et al.*, 2015) mais il ne restait plus que quelques plumes lors de l'inspection en janvier 2016 (Tableau 2), cet individu ayant probablement été consommé ou déplacé par des prédateurs terrestres dans l'intervalle de temps séparant les deux échantillonnages.

Concernant l'âge des individus au moment de leur électrocution, il a été possible d'identifier la classe d'âge de 33 oiseaux sur les 46 retrouvés (Tableau 1). Parmi les individus retrouvés, 52,17 % (n = 24) étaient des juvéniles, 19,56 % (n = 9) étaient des adultes, et les 28,26 % (n = 13) restants correspondaient à des oiseaux pour lesquels il n'a pas été possible de déterminer l'âge en raison du mauvais état du cadavre ou des restes. En limitant l'analyse des groupes d'âge aux seuls cadavres pour lesquels il a été possible d'identifier l'âge des oiseaux, la proportion d'individus juvéniles augmente, atteignant 72,73 % du total des oiseaux électrocutés.

Les oiseaux électrocutés sur cette ligne électrique ont été retrouvés au niveau de 26 pylônes sur les 140 inspectés. Sur ces 26 pylônes, un cadavre a été retrouvé sur 65,38 % d'entre eux (n = 17), deux cadavres sur 15,38 % d'entre eux (n = 4), trois cadavres sur 3,84 % d'entre eux (n = 1), quatre cadavres sur 7,69 % d'entre eux (n = 2) et cinq cadavres sur les 7,69 % restants (n = 2).

Six types de pylônes différents au niveau desquels des électrocutions ont eu lieu concernant cette ligne ont été identifiés (voir Annexe photographique) :

- **P-16** (n = 1). Sectionneur tripolaire au sommet.
- **P-10** (n = 5). Pylône à trois phases sur un seul plan horizontal, avec chaîne d'ancrage et câbles de liaison en dessous.
- **P-10 Portique** (n = 2). Pylône à trois phases sur un seul plan horizontal, avec chaîne d'ancrage et câbles de liaison en dessous, et traverse soutenue par deux mâts en portique.

dos en forma de bóveda y con el vértice del vástago por encima de la base de la cruceta.

- **P-02 con derivación** (n = 2). Tres fases en dos planos horizontales, con la central ligeramente elevada con aisladores suspendidos en forma de bóveda, con otra línea eléctrica que parte del mismo vástago y por debajo de la base de la bóveda.

Cabe destacar que durante la realización de los recorridos se observaron varios ejemplares de águila-azor perdicera y de águila imperial ibérica durmiendo en apoyos de tipo **P-10** (Figuras 37 y 38 del Anexo fotográfico). El águila imperial ibérica observada portaba un emisor satélite y es un ejemplar liberado durante 2015 en el proyecto de reintroducción en Andalucía.

### **Línea A1**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 11 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo A-31 de la Línea A (Latitud 28.919705° Longitud -10.577903°), desde donde la Línea A1 es derivada y se dirige en dirección O hasta llegar a un pequeño núcleo rural. La longitud total recorrida en esta línea es de 116 m y consta de tres apoyos (Figuras 5 y 6).

Se detectó el cadáver de un águila-azor perdicera juvenil en el último apoyo A1-003 (Latitud 28.920168° Longitud -10.578783°) inspeccionado. Este apoyo no tenía corriente en el momento de la inspección, pues los cables estaban desconectados en el apoyo anterior A1-002, por lo que dicha desconexión ha tenido que ser reciente.

El tipo de apoyo donde se produjo esta electrocución es **P-15**, seccionador tripolar en vástago con puentes inferiores al final de la línea.

### **Línea A2**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 12 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en un apoyo A-66 de la Línea A (Latitud 28.885297° Longitud -10.540700°), desde donde la Línea A2 se dirige en dirección SO durante 30 m hasta el único apoyo existente en esta línea, A2-001 (Latitud 28,885085° Longitud -10,540909) (Figuras 5 y 6).

En este único apoyo se detectó el cadáver de un individuo adulto de cigüeña blanca y de un individuo juvenil de águila-azor perdicera.

El apoyo donde se electrocutaron estas dos aves es de tipo **P-16**, seccionador tripolar en cabecera y transformador en vástago al final de la línea.

### **Línea B**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 11 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en un apoyo en mitad de la línea (Latitud 28.911722° Longitud -10.487332°) y transcurrió en dirección sudoeste hasta conectar con la Línea A en el

- **P-02** (n = 10). Trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant légèrement en hauteur, avec des isolateurs suspendus depuis une traverse en forme de voûte.
- **P-02 a)** (n = 6). Trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant légèrement en hauteur, avec des isolateurs suspendus depuis une traverse en forme de voûte, et le sommet du mât situé au-dessus de la base de la tête du pylône.
- **P-02 avec dérivation** (n = 2). Trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant légèrement en hauteur, avec des isolateurs suspendus depuis une traverse en forme de voûte, et une autre ligne électrique partant du même mât, en dessous de la base de la voûte.

Il convient de souligner que, sur les parcours empruntés, plusieurs spécimens d'aigles de Bonelli et d'aigles ibériques ont été observés en train de dormir sur des pylônes de type **P-10** (Figures 37 et 38 de l'Annexe photographique). L'aigle ibérique observé était équipé d'un émetteur par satellite et il s'agissait d'un spécimen remis en liberté en 2015 dans le cadre du projet de réintroduction en Andalousie.

### **Ligne A1**

Cette ligne électrique a été parcourue le 11 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône A-31 de la Ligne A (latitude 28,919705°, longitude -10,577903°), à partir du lieu où la Ligne A1 est dérivée et se dirige vers l'ouest, et se poursuit jusqu'à un petit noyau rural. La longueur totale parcourue sur cette ligne a été de 116 m, avec trois pylônes inspectés (Figures 5 et 6).

Le cadavre d'un aigle de Bonelli juvénile a été retrouvé sur le pylône A1-003 (latitude 28,920168°, longitude -10,578783°), le dernier pylône inspecté. Ce pylône n'était pas sous tension lors de l'inspection, les câbles étant déconnectés sur le pylône précédent (A1-002), ce qui avait dû se produire récemment.

Le pylône où a eu lieu l'électrocution est de type **P-15**, avec un sectionneur tripolaire sur le mât du pylône et des câbles de liaison suspendus en fin de ligne.

### **Ligne A2**

Cette ligne électrique a été parcourue le 12 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône A-66 de la Ligne A (latitude 28,885297°, longitude -10,540700°), à partir du lieu où la Ligne A2 se dirige vers le sud-ouest, sur une distance de 30 m, jusqu'à atteindre le pylône A2-001 (latitude 28,885085°, longitude -10,540909), le seul pylône de cette ligne (Figures 5 et 6).

Les cadavres d'une cigogne blanche adulte et d'un aigle de Bonelli juvénile ont été retrouvés au niveau de cet unique pylône.

Le pylône où ces deux oiseaux ont été électrocutés est de type **P-16**, avec un sectionneur tripolaire au sommet et un transformateur sur le mât en fin de ligne.



apoyo A-086 (Latitud 28.881838° Longitud -10.508501°). La Línea B continúa en dirección NE desde el punto de inicio del recorrido. La longitud total recorrida en esta línea eléctrica ha sido de 3.935 m, con un total de 26 apoyos inspeccionados (Figura 5 y Figura 6).

El número total de aves electrocutadas detectadas en esta línea eléctrica ha sido de dos individuos (0,07 aves/apoyo) pertenecientes a dos especies diferentes: águila imperial ibérica ( $n = 1$ ) y águila-azor perdicera ( $n = 1$ ) juvenil. Para el águila imperial ibérica sólo se encontraron restos óseos y la identificación se realizó en base a medidas biométricas (García Matarranz, 2013), no siendo posible determinar la edad.

Los dos apoyos donde se encontraron estas dos aves son del tipo **P-09**, que consta de tres fases en dos planos horizontales con la central elevada sobre los laterales, tensionadas por cadenas de amarre a ambos lados de la cruceta en forma de bóveda y con puentes por debajo.

### **Línea B1**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 11 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo B-09 de la Línea B (Latitud 28.893452° Longitud -10.502150°), desde donde la Línea B1 es derivada y se dirige en dirección O durante 78 m hasta el único apoyo de esta línea, B1-001 (Latitud 28.893416° Longitud -10.502944°) en un pequeño núcleo rural (Figuras 5 y 6).

En el único apoyo de esta línea no se detectó mortalidad alguna de aves.

### **Línea B2**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 11 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo B-022 de la Línea B (Latitud 28.906475° Longitud -10.490781°) y transcurrió en dirección O hasta finalizar la línea en el apoyo B2-005 (Latitud 28,908348° Longitud -10,495391°). La longitud total recorrida en esta línea eléctrica ha sido de 518 m, con un total de seis apoyos inspeccionados (Figura 5).

El número total de aves electrocutadas detectadas en esta línea eléctrica ha sido de cinco individuos (0,83 aves/apoyo) pertenecientes a cinco especies diferentes. La distribución de individuos electrocutados (Figura 6) por especies es la siguiente: águila real ( $n = 1$ ), águila-azor perdicera ( $n = 1$ ), busardo moro ( $n = 1$ ) y halcón borní (*Falco biarmicus*) ( $n = 2$ ).

En relación a la edad de los individuos en el momento de la electrocución, todos los individuos eran juveniles, con la excepción del busardo moro, del cual no se pudo determinar la edad.

Las aves electrocutadas encontradas en esta línea eléctrica se detectaron en tres de los seis apoyos de los que consta.

Se han identificado tres tipos diferentes de apoyos donde se han producido electrocuciones en esta línea:

### **Línea B**

Cette ligne électrique a été parcourue le 11 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau d'un pylône situé au milieu de la ligne (latitude 28,911722°, longitude -10,487332°) et s'est poursuivi en direction du sud-ouest jusqu'à l'intersection avec la Ligne A, au niveau du pylône A-086 (latitude 28,881838°, longitude -10,508501°). La Ligne B se poursuit en direction du nord-est, jusqu'au point de départ du parcours. La longueur totale parcourue sur cette ligne électrique a été de 3 935 m, avec un total de 26 pylônes inspectés (Figures 5 et 6).

Le nombre total d'oiseaux électrocutés retrouvés sur cette ligne électrique a été de deux individus (0,07 oiseau/pylône), appartenant à deux espèces différentes : un aigle ibérique ( $n = 1$ ) et un aigle de Bonelli ( $n = 1$ ) juvénile. Concernant l'aigle ibérique, seuls des ossements ont été retrouvés et l'identification a été effectuée en se basant sur des mesures biométriques (García Matarranz, 2013), sans pouvoir déterminer l'âge de l'oiseau.

Les deux pylônes où ces deux oiseaux ont été retrouvés sont de type **P-09**, lequel est composé de trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant en hauteur par rapport aux phases latérales, tendues par des chaînes d'ancrage des deux côtés de la traverse en forme de voûte et avec des câbles de liaison en dessous.

### **Línea B1**

Cette ligne électrique a été parcourue le 11 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône B-09 de la Ligne B (latitude 28,893452°, longitude -10,502150°), à partir du lieu où la Ligne B1 est dérivée et se dirige vers l'ouest, sur une distance de 78 m, jusqu'à atteindre le pylône B1-001 (latitude 28,893416°, longitude -10,502944°), le seul pylône de cette ligne, au sein d'un petit noyau rural (Figures 5 et 6).

Aucune mortalité concernant les oiseaux n'a été détectée au niveau du seul pylône que comprend cette ligne.

### **Línea B2**

Cette ligne électrique a été parcourue le 11 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône B-022 de la Ligne B (latitude 28,906475°, longitude -10,490781°) et s'est poursuivi en direction de l'ouest, jusqu'à la fin de la ligne au niveau du pylône B2-005 (latitude 28,908348°, longitude -10,495391°). La longueur totale parcourue sur cette ligne électrique a été de 518 m, avec un total de six pylônes inspectés (Figure 5).

Le nombre total d'oiseaux électrocutés retrouvés sur cette ligne électrique a été de cinq individus (0,83 oiseau/pylône), appartenant à cinq espèces différentes. La répartition des individus électrocutés (Figure 6) par espèce est la suivante : aigle royal ( $n = 1$ ), aigle de Bonelli ( $n = 1$ ), buse féroce ( $n = 1$ ) et faucon lanier (*Falco biarmicus*) ( $n = 2$ ).

Concernant l'âge des individus au moment de leur électrocution, tous étaient des juvéniles sauf la buse féroce, pour laquelle il n'a pas été possible de déterminer l'âge.

- **P-11 + P-16** ( $n = 1$ ). Tres fases en un mismo plano horizontal con las dos cadenas exteriores con puentes por encima y un seccionador tripolar en cabecera.
- **P-15** ( $n = 1$ ). Fin de línea con seccionador tripolar en vástago del poste. Puentes inferiores.
- **P-02** ( $n = 1$ ). Tres fases en dos planos horizontales, con la central ligeramente elevada con aisladores suspendidos en forma de bóveda.

### Línea C

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 12 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo C-21 (Latitud 28.849976° Longitud -10.508530°) en el interior de un pequeño núcleo rural, desde donde se dirige en dirección NE hasta llegar a unirse con la Línea A en el apoyo A-105 (Latitud 28.867759° Longitud -10.483713°). La longitud total de esta línea es de 3.188 m y consta de 21 apoyos (Figura 5).

Se detectaron dos cadáveres águila-azor perdicera de edad indeterminada en el apoyo C-008 (Latitud 28.856812° Longitud -10.492759°).

Este apoyo es del tipo **P-03**, tres fases en un mismo plano horizontal, pendientes con cadenas de aisladores suspendidos.

### Línea D

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo D-001 (Latitud 28.661192° Longitud -10.697626°) junto a la carretera Guelmim a Tan-Tan, próximo a la localidad de Rass Oumlil, y transcurrió en dirección NE hasta un núcleo rural, donde finaliza en el apoyo D-043 (Latitud 28.694093° Longitud -10.731509°). La longitud total recorrida en esta línea eléctrica ha sido de 5.102 m, con un total de 43 apoyos inspeccionados (Figuras 8 y 9).

El número total de aves electrocutadas detectadas en esta línea eléctrica ha sido de seis individuos (0,14 aves/apoyo) de cuatro especies diferentes. La distribución de individuos electrocutados por especies

Los oiseaux électrocutés sur cette ligne électrique ont été retrouvés au niveau de trois pylônes sur les six que celle-ci comporte.

Trois types de pylônes différents au niveau desquels des électrocutions ont eu lieu concernant cette ligne ont été identifiés :

- **P-11 + P-16** ( $n = 1$ ). Trois phases sur un même plan horizontal, avec les deux chaînes extérieures dotées de câbles de liaison au-dessus et un sectionneur tripolaire au sommet.
- **P-15** ( $n = 1$ ). Fin de ligne avec sectionneur tripolaire sur le mât du pylône. Câbles de liaison suspendus.
- **P-02** ( $n = 1$ ). Trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant légèrement en hauteur, avec des isolateurs suspendus depuis une traverse en forme de voûte.

### Ligne C

Cette ligne électrique a été parcourue le 12 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône C-21 (latitude 28,849976°, longitude -10,508530°), au sein d'un petit noyau rural à partir duquel la ligne se dirige vers le nord-est, et s'est poursuivie jusqu'au point où elle fusionne avec la Ligne A au niveau du pylône A-105 (latitude 28,867759°, longitude -10,483713°). Cette ligne a une longueur totale de 3 188 m et comporte 21 pylônes (Figure 5).

Les cadavres de deux aigles de Bonelli d'âge indéterminé ont été retrouvés sur le pylône C-008 (latitude 28,856812°, longitude -10,492759°).

Ce pylône est de type **P-03**, lequel comprend trois phases sur un même plan horizontal, fixées sur des chaînes d'isolateurs suspendus.

### Ligne D

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône D-001 (latitude 28,661192°, longitude -10,697626°), près de l'autoroute de Guelmim à Tan-Tan, à proximité de la localité de Rass Oumlil, et s'est poursuivie en direction du nord-est jusqu'à un noyau rural où la



**Figura 4.** Restos de águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*) y de busardo (*Buteo rufinus*) en la unión entre las líneas A y C.

**Figure 4.** Restes d'un aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*) et d'une buse féroce (*Buteo rufinus*), à l'intersection entre les Lignes A et C.



Figura 5. Localización del recorrido de las Líneas A, A1, A2, B, B1, B2 y C.  
 Figure 5. Localisation du parcours pour les Lignes A, A1, A2, B, B1, B2 et C.

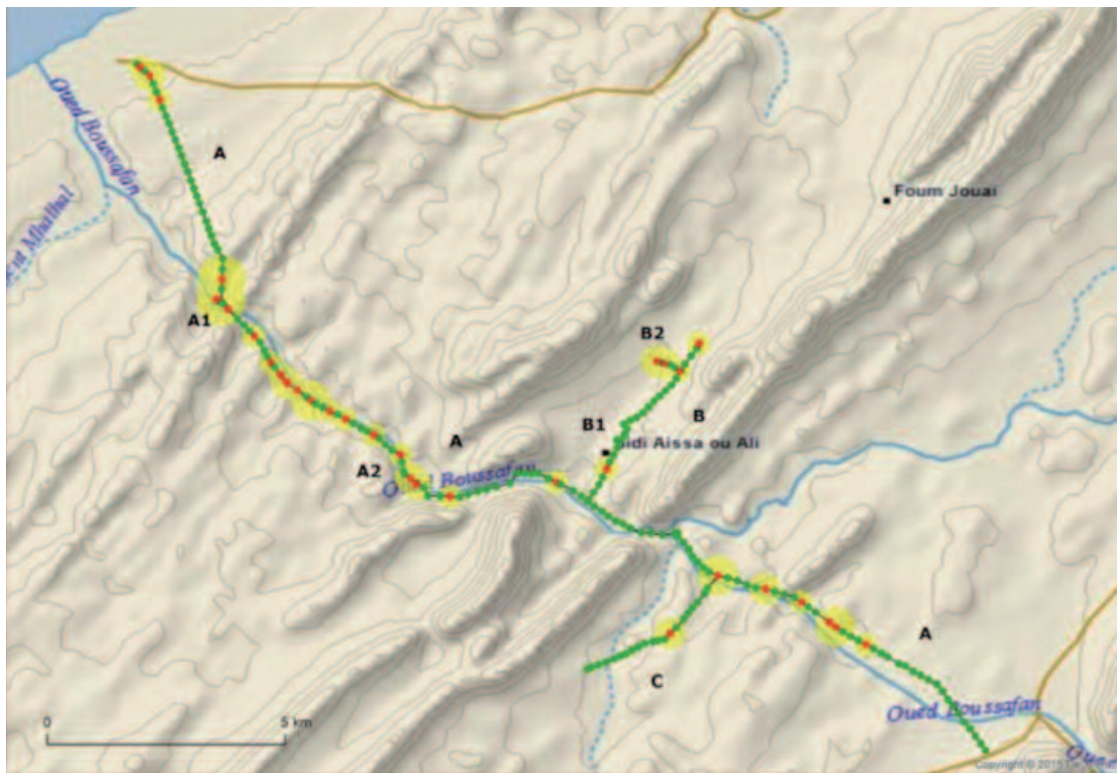


Figura 6. Totalidad de apoyos recorridos en las Líneas A, A1, A2, B, B1, B2 y C. En color rojo los apoyos donde se encontraron cadáveres o restos de aves. El tamaño del buffer amarillo aumenta con el número de aves muertas por apoyo.

Figure 6. Totalité des pylônes parcourus sur les Lignes A, A1, A2, B, B1, B2 et C. Les points rouges signalent les pylônes où des cadavres ou restes d'oiseaux ont été retrouvés. La taille de la zone tampon (buffer) en jaune augmente en fonction du nombre d'oiseaux morts par pylône.



es la siguiente: cigüeña blanca ( $n = 1$ ), águila-azor perdicera ( $n = 2$ ), busardo moro ( $n = 2$ ) y búho desértico (*Bubo ascalaphus*) ( $n = 1$ ).

En relación a la edad de los individuos en el momento de la electrocución, solo se ha podido datar la edad de los dos individuos de águila-azor perdicera, los cuales eran un juvenil y un adulto. En el resto de las especies no fue posible identificar la edad.

Las aves electrocutadas encontradas en esta línea eléctrica se detectaron en cinco de los 43 apoyos inspeccionados y se han identificado tres tipos diferentes de apoyos donde se han producido electrocuciones en esta línea:

- **P-02.** Tres fases en dos planos horizontales con la central elevada con aisladores suspendidos de una cruceta en forma de bóveda.
- **P-03.** Tres fases en un mismo plano horizontal, pendientes con cadenas de aisladores suspendidos.
- **P-10.** Apoyo de tres fases en plano horizontal con cadena de amarre y puentes por debajo.

### Línea E

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo E-001 (Latitud 28.664272°

longitud -10,731509°). La longitud total recorrida sobre esta línea eléctrica ha sido de 5 102 m, con un total de 43 pylones inspeccionados (Figuras 8 y 9).

Le nombre total d'oiseaux électrocutés retrouvés sur cette ligne électrique a été de six individus (0,14 oiseau/pylône), appartenant à quatre espèces différentes. La répartition des individus électrocutés par espèce est la suivante : cigogne blanche ( $n = 1$ ), aigle de Bonelli ( $n = 2$ ), buse féroce ( $n = 2$ ) et grand-duc du désert (*Bubo ascalaphus*) ( $n = 1$ ).

Concernant l'âge des individus au moment de leur électrocution, seul l'âge des deux spécimens d'aigles de Bonelli a pu être déterminé : il s'agissait d'un juvénile et d'un adulte. Il n'a pas été possible d'identifier l'âge des spécimens d'autres espèces.

Les oiseaux électrocutés sur cette ligne électrique ont été retrouvés au niveau de cinq pylônes sur les 43 inspectés, et trois types de pylônes différents (au niveau desquels des électrocutions ont eu lieu concernant cette ligne) ont été identifiés :

- **P-02.** Trois phases sur deux plans horizontaux, la phase centrale étant en hauteur, avec des isolateurs suspendus depuis une traverse en forme de voûte.
- **P-03.** Trois phases sur un même plan horizontal, fixées sur des chaînes d'isolateurs suspendus.



© C. Machado & A. Godino

Figura 7. Seccionador y apoyo con transformador en vástago en la Línea E.

Figure 7. Sectionneur et pylône avec transformateur sur le mât d'un pylône de la Ligne E.

Longitud  $-10.669394^{\circ}$ ) junto a la carretera Guelmim a Tan-Tan, próximo a la localidad de Rass Oumlil, y transcurrió en dirección NE hasta el apoyo E-029 (Latitud  $28.688121^{\circ}$  Longitud  $-10.664496^{\circ}$ ). La longitud total de esta línea es de 2.950 m y consta de 29 apoyos (Figuras 8 y 9).

Se detectaron tres cadáveres de busardo moro, un individuo juvenil y dos de edad indeterminada en los apoyos E-012 (Latitud  $28.682942^{\circ}$  Longitud  $-10.670807^{\circ}$ ) y E-021 (Latitud  $28.674799^{\circ}$  Longitud  $-10.670855^{\circ}$ ), respectivamente.

Ambos apoyos son del tipo **P-02**, tres fases en un mismo plano horizontal, pendientes con cadenas de aisladores suspendidos.

### Línea F

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo F-001 (Latitud  $28.665045^{\circ}$  Longitud  $-10.646994^{\circ}$ ) junto a la carretera Guelmim a Tan-Tan, próximo a la localidad de Rass Oumlil, y transcurrió en dirección S hasta el punto F-079 (Latitud  $28.569531^{\circ}$  Longitud  $-10.622389^{\circ}$ ), continuando esta línea eléctrica en dirección S. La longitud total de esta línea es de 11.787 m y consta de 79 apoyos (Figuras 8 y 9).

En esta línea no se detectó mortalidad de aves.

### Línea F1

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo F-046 de la Línea F (Latitud  $28.611598^{\circ}$  Longitud  $-10.670855^{\circ}$ ) y transcurrió en dirección E hasta el punto F1-007 (Latitud  $28.613119^{\circ}$  Longitud  $-10.609685^{\circ}$ ) en el núcleo rural abandonado de Sidi Sabi. La longitud total de esta línea es de 654 m y consta de siete apoyos (Figuras 8 y 9).

Se detectaron dos cadáveres de halcón bonín, un juvenil y un adulto en el apoyo F1-001 (Latitud  $28.61666^{\circ}$  Longitud  $-10.615931^{\circ}$ ).

Este apoyo es del tipo **P-10**, tres fases en plano horizontal con cadena de amarre y puentes por debajo.

### Línea F2

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio se realizó en el apoyo F-056 de la Línea F (Latitud  $28.598854^{\circ}$  Longitud  $-10.618037^{\circ}$ ) y transcurrió en dirección E hasta el punto F2-003 (Latitud  $28.599634^{\circ}$  Longitud  $-10.616603^{\circ}$ ). La longitud total de esta línea es de 184 m y consta de tres apoyos (Figuras 8 y 9).

Se detectó un resto de busardo moro de edad indeterminada en el apoyo F2-003 (Latitud  $28.599634^{\circ}$  Longitud  $-10.616603^{\circ}$ ).

Este tipo de apoyo es **P-16**, seccionador tripolar en cabecera al final de línea.

### Línea F3

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo F-58 de la Línea F

- **P-10**. Pylône à trois phases sur un seul plan horizontal, avec chaîne d'ancrage et câbles de liaison en dessous.

### Ligne E

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône E-001 (latitude  $28,664272^{\circ}$ , longitude  $-10,669394^{\circ}$ ), près de l'autoroute de Guelmim à Tan-Tan, à proximité de la localité de Rass Oumlil, et s'est poursuivi en direction du nord-est jusqu'au pylône E-029 (latitude  $28,688121^{\circ}$ , longitude  $-10,664496^{\circ}$ ). Cette ligne a une longueur totale de 2 950 m et comporte 29 pylônes (Figures 8 et 9).

Les cadavres de trois buses féroces, à savoir un individu juvénile et deux d'âge indéterminé, ont été retrouvés sur les pylônes E-012 (latitude  $28,682942^{\circ}$ , longitude  $-10,670807^{\circ}$ ) et E-021 (latitude  $28,674799^{\circ}$ , longitude  $-10,670855^{\circ}$ ), respectivement.

Ces deux pylônes sont de type **P-02**, lequel comprend trois phases sur un même plan horizontal, fixées sur des chaînes d'isolateurs suspendus.

### Ligne F

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône F-001 (latitude  $28,665045^{\circ}$ , longitude  $-10,646994^{\circ}$ ), près de l'autoroute de Guelmim à Tan-Tan, à proximité de la localité de Rass Oumlil, et s'est poursuivi en direction du sud jusqu'au point F-079 (latitude  $28,569531^{\circ}$ , longitude  $-10,622389^{\circ}$ ), le reste de la ligne électrique continuant vers le sud. Cette ligne a une longueur totale de 11 787 m et comporte 79 pylônes (Figures 8 et 9).

Aucune mortalité concernant les oiseaux n'a été détectée sur cette ligne.

### Ligne F1

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône F-046 de la Ligne F (latitude  $28,611598^{\circ}$ , longitude  $-10,670855^{\circ}$ ) et s'est poursuivi en direction de l'est, jusqu'au point F1-007 (latitude  $28,613119^{\circ}$ , longitude  $-10,609685^{\circ}$ ) au sein du noyau rural abandonné de Sidi Sabi. Cette ligne a une longueur totale de 654 m et comporte sept pylônes (Figures 8 et 9).

Les cadavres de deux faucons laniers (un juvénile et un adulte) ont été retrouvés sur le pylône F1-001 (latitude  $28,61666^{\circ}$ , longitude  $-10,615931^{\circ}$ ).

Ce pylône est de type **P-10**, lequel comprend trois phases sur un seul plan horizontal, avec chaîne d'ancrage et câbles de liaison en dessous.

### Ligne F2

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône F-056 de la Ligne F (latitude  $28,598854^{\circ}$ , longitude  $-10,618037^{\circ}$ ) et s'est poursuivi en direction de l'est, jusqu'au point F2-003 (latitude  $28,599634^{\circ}$ ,

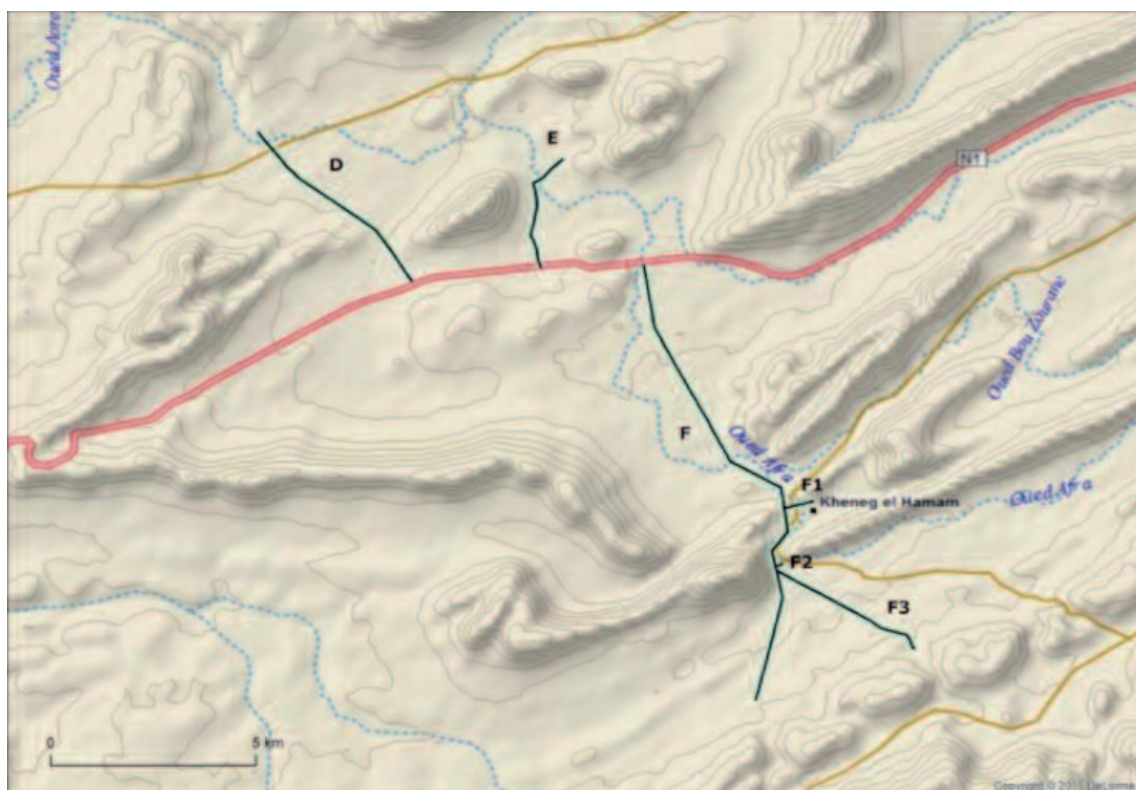


Figura 8. Localización del recorrido de las Líneas D, E, F, F1, F2 y F3.

Figure 8. Localisation du parcours pour les Lignes D, E, F, F1, F2 et F3.



Figura 9. Totalidad de apoyos recorridos en las Líneas D, E, F F1, F2 y F3. En color rojo los apoyos donde se encontraron cadáveres o restos de aves. El tamaño del *buffer* amarillo aumenta con el número de aves muertas por apoyo.

Figure 9. Totalité des pylônes parcourus sur les Lignes D, E, F F1, F2 et F3. Les points rouges signalent les pylônes où des cadavres ou restes d'oiseaux ont été retrouvés. La taille de la zone tampon (*buffer*) en jaune augmente en fonction du nombre d'oiseaux morts par pylône.





Figura 10. Localización del recorrido de la Línea G.  
Figure 10. Localisation du parcours pour la Ligne G.



Figura 11. Totalidad de apoyos recorridos en la Línea G.  
Sin cadáveres ni restos de aves encontrados.  
Figure 11. Totalité des pylônes parcourus sur la Ligne G.  
Aucuns restes ou cadavres d'oiseaux retrouvés.

(Latitud 28.597491° Longitud -10.617715°), desde donde la Línea F3 se dirige en dirección SE durante 3.729 m hasta el último apoyo de esta línea, F3-026 (Latitud 28.581071° Longitud -10.587372°), en una construcción aislada (Figuras 8 y 9).

En esta línea no se detectó mortalidad de aves.

### **Línea G**

Esta línea eléctrica fue recorrida el día 13 de enero de 2016. El inicio del recorrido se realizó en el apoyo G-01 de la Línea G (Latitud 28.498474° Longitud -10.501952°), desde donde esta línea se dirige en dirección E paralela a la carretera. Esta línea fue recorrida durante 3.142 m hasta el apoyo G-18 (Latitud 28.500501° Longitud -10.471373°), continuando la línea en dirección E (Figuras 10 y 11).

En esta línea no se detectó mortalidad de aves. La línea se seleccionó para su prospección por su proximidad a un nido ocupado de águila-azor perdicera en la localidad de Aouinet (Latitud 28.498168° Longitud -10.50166167°).

longitud -10,616603°). Cette ligne a une longueur totale de 184 m et comporte trois pylônes (Figures 8 et 9).

Les restes d'une buse féroce d'âge indéterminé ont été retrouvés sur le pylône F2-003 (latitude 28,599634°, longitude -10,616603°).

Ce pylône est de type **P-16**, avec un sectionneur tripolaire au sommet en fin de ligne.

### **Ligne F3**

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône F-58 de la Ligne F (latitude 28,597491°, longitude -10,617715°), à partir du lieu où la Ligne F3 se dirige vers le sud-est, sur une distance de 3 729 m, jusqu'à atteindre le pylône F3-026 (latitude 28,581071°, longitude -10,587372°), le dernier pylône de cette ligne, au niveau d'un bâtiment isolé (Figures 8 et 9).

Aucune mortalité concernant les oiseaux n'a été détectée sur cette ligne.

### **Ligne G**

Cette ligne électrique a été parcourue le 13 janvier 2016. Le parcours a débuté au niveau du pylône G-01 de la Ligne G (latitude 28,498474°, longitude -10,501952°), à partir du lieu où cette ligne se dirige vers l'est, parallèlement à l'autoroute. Cette ligne a été parcourue sur une distance de 3 142 m jusqu'au pylône G-18 (latitude 28,500501°, longitude -10,471373°), le reste de la ligne électrique continuant vers l'est (Figures 10 et 11).

Aucune mortalité concernant les oiseaux n'a été détectée sur cette ligne. La ligne a été sélectionnée à des fins de prospection en raison de sa proximité avec un nid occupé par un aigle de Bonelli dans la localité d'Aouinet (latitude 28,498168°, longitude -10,50166167°).

## Análisis y discusión de resultados

### ÍNDICES DE MORTALIDAD POR APOYO (IMAp)

La mortalidad producida en las líneas eléctricas, tanto por colisión como por electrocución, es una de las principales causas de mortalidad no natural para las aves rapaces a nivel global (Leshman *et al.*, 2007) y en algunas especies ha llegado a ser un factor limitante de sus poblaciones (Leshman, 1985; Kruger, 1999; Ferrer *et al.*, 1991, Janss y Ferrer 1998, 2000, 2001; Real *et al.*, 2001; Donázar *et al.*, 2002; Sergio *et al.*, 2004; González *et al.*, 2007; Jenkins *et al.*, 2010; Boshoff *et al.*, 2011; Guil *et al.*, 2011; Angelov *et al.*, 2012; Hernández-Matías *et al.*, 2015).

A pesar de la importancia de esta amenaza para la conservación de las aves rapaces, ha sido sólo principalmente en EE. UU., España y Sudáfrica donde se han estudiado en profundidad diversos aspectos relacionados con el impacto sobre las poblaciones, creación de modelos de riesgo, medidas para minimizar la mortalidad, etc. (Leshman *et al.*, 2007; Harness *et al.*, 2013). Ni en Marruecos ni en el resto del NO de África hay estudios sobre la incidencia de esta amenaza, a excepción de unos pocos casos relativos a la avutarda (*Otis tarda*) y observaciones puntuales de cigüeñas electrocutadas (Amezian *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman por primera vez la presencia de esta amenaza en el Norte de África, al menos de forma no aislada y con un elevado impacto en poblaciones de rapaces no sólo de Marruecos sino también del Mediterráneo occidental, algunas de ellas muy amenazadas como el águila imperial ibérica. Así, se han localizado 70 aves electrocutadas de siete especies distintas en una distancia relativamente pequeña: 59,65 km (Figura 12). Esta cifra puede ser superior debido a que no todos los cadáveres son localizados, tanto por la predación de algunos de estos cadáveres por otras aves o mamíferos carnívoros, como por los casos de aves que quedan heridas tras la electrocución pero con capacidad de desplazamiento, las cuales muy probablemente mueren alejadas de la línea eléctrica y por tanto de la banda de búsqueda, impidiendo su detección. Las tasas de desaparición pueden variar en función del tipo de hábitat y densidad de predadores, osci-

## Analyse des résultats et discussion

### INDICES DE MORTALITÉ PAR PYLÔNE (IMAp)

La mortalité attribuable aux lignes électriques, que ce soit par collision ou par électrocution, est l'une des principales causes de mortalité non naturelle chez les rapaces au niveau mondial (Leshman *et al.*, 2007), et chez certaines espèces cela est devenu un facteur limitant affectant leurs populations (Leshman, 1985 ; Kruger, 1999 ; Ferrer *et al.*, 1991, Janss et Ferrer 1998, 2000, 2001 ; Real *et al.*, 2001 ; Donázar *et al.*, 2002 ; Sergio *et al.*, 2004 ; González *et al.*, 2007 ; Jenkins *et al.*, 2010 ; Boshoff *et al.*, 2011 ; Guil *et al.*, 2011 ; Angelov *et al.*, 2012 ; Hernández-Matías *et al.*, 2015).

Les différents aspects liés à l'impact de cette menace sur les populations, la création de modèles de risque, des mesures visant à réduire la mortalité au minimum, etc. n'ont véritablement été étudiés de manière approfondie qu'aux États-Unis, en Espagne et en Afrique du Sud (Leshman *et al.*, 2007 ; Harness *et al.*, 2013), malgré l'importance de cette menace pour la conservation des rapaces. Aucune étude sur les effets de cette menace n'a été réalisée au Maroc ni dans le reste de l'Afrique du Nord-ouest, à l'exception de rares études de cas portant sur la grande outarde (*Otis tarda*) et de quelques observations ponctuelles de cas d'électrocutions chez les cigognes (Amezian *et al.*, 2015).

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude confirment pour la première fois la présence de cette menace en Afrique du Nord, du moins de manière non isolée et avec un impact élevé sur les populations de rapaces originaires non seulement du Maroc mais aussi de la Méditerranée occidentale, certains d'entre eux étant très menacés à l'instar de l'aigle ibérique. Ainsi, 70 oiseaux électrocutés appartenant à sept espèces différentes ont été retrouvés sur une distance relativement faible : 59,65 km (Figure 12). Il est possible que ce chiffre soit en réalité supérieur car tous les cadavres ne sont pas retrouvés, soit en raison de la prédation d'autres oiseaux ou de mammifères carnivores se nourrissant de certains d'entre eux, soit parce que certains oiseaux blessés suite à une électrocution parviennent à se déplacer mais, très probablement, pour ensuite mourir loin de la ligne électrique et donc hors

lando entre el 20% (Shawn *et al.*, 2015) y el 33% (Dwyer, 2004; Ponce *et al.*, 2010), llegando en algunos casos hasta del 47% (Platt, 2005).

Hay que destacar que en este estudio se ha podido estudiar la tasa de descomposición (Bevanger, 1999) de los cadáveres. Es importante porque permite añadir la variable tiempo al IMAp y valorar mejor la gravedad de las electrocuciones, y es fundamental estudiarla para cada zona porque varía mucho en función de las condiciones ambientales, presencia de carroñeros, etc. Entre octubre y diciembre de 2015 fueron localizados los cadáveres de 11 individuos electrocutados en seis apoyos de los estudiados por A. Irizi (observación personal), y todos fueron localizados aún en enero de 2016 (Tabla 2). Sin embargo, destaca el elevado grado de deterioro de los cadáveres en menos de tres meses, incluso en menos tiempo (ver fotografías de la Tabla 2), lo que parece confirmar que los individuos han muerto a lo largo del último año, pues cadáveres más antiguos habrían desaparecido con elevada probabilidad. Aun así, estos datos no son suficientes para estimar con una confianza aceptable la tasa de desaparición, para lo que habría que realizar más observaciones futuras. Además, la comparación entre ambas fechas indica que las electrocuciones continúan produciéndose, pues en ese periodo se han electrocutado otras tres aves (Tabla 2).

Teniendo en cuenta que por lo indicado se puede estimar que la mortalidad localizada hace referencia al último año, el índice de mortalidad anual por apoyo (IMAp) encontrado en el total de líneas recorridas es de 0,174 aves/apoyo (Tabla 3), siendo superior en

du périmètre de recherche, rendant impossible leur détection. Les taux de disparition peuvent varier en fonction du type d'habitat et de la densité des prédateurs, oscillant entre 20 % (Shawn *et al.*, 2015) et 33 % (Dwyer, 2004 ; Ponce *et al.*, 2010), jusqu'à atteindre 47 % dans certains cas (Platt, 2005).

Il convient de souligner que lors de cette étude il a été possible d'étudier le taux de décomposition (Bevanger, 1999) des cadavres. Cette donnée est importante car elle permet d'ajouter une variable temporelle à l'IMAp (« Índice de Mortalidad por Apoyo », en espagnol) et ainsi de mieux évaluer la gravité des électrocutions, un paramètre qu'il est fondamental d'étudier pour chaque zone car il varie beaucoup en fonction des conditions environnementales, de la présence de charognards, etc. Entre les mois d'octobre et de décembre 2015, les cadavres de 11 individus électrocutés avaient été observés par A. Irizi (observation personnelle) sur six pylônes parmi ceux étudiés, et tous ont été retrouvés en janvier 2016 (Tableau 2). Il convient toutefois de souligner le niveau élevé de détérioration des cadavres en moins de trois mois, et parfois en moins de temps (voir photographies du Tableau 2), ce qui semble confirmer que les individus sont morts au cours de l'année écoulée, sinon les cadavres les plus anciens auraient très probablement disparu. Néanmoins, ces données ne sont pas suffisantes pour estimer le taux de disparition avec un niveau de confiance acceptable ; pour cela, il serait nécessaire de procéder à des observations complémentaires. De plus, la comparaison entre les deux dates indique que les électrocutions continuent de se produire, puisque trois autres oiseaux ont été électrocutés au cours de cette période (Tableau 2).

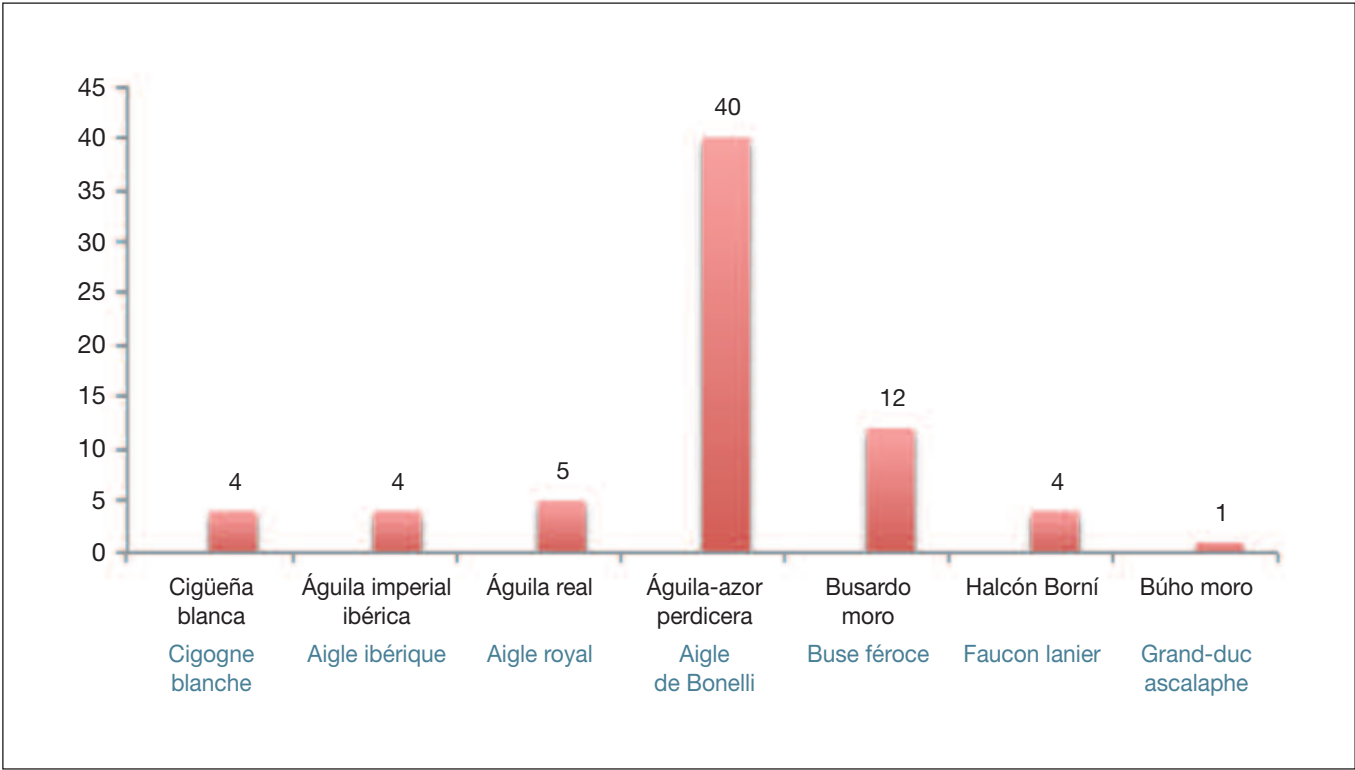









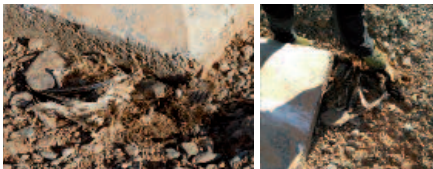










Figura 12. Mortalidad total de aves electrocutadas en las líneas eléctricas muestreadas.  
Figure 12. Mortalité totale des oiseaux électrocutés sur les lignes électriques inspectées.



**Tabla 2.** Comparación del estado de los cadáveres de aves electrocutadas encontrados entre octubre y diciembre de 2015 por Ali Irizi , y en enero de 2016 en este estudio, en seis apoyos controlados en ambas fechas. Se indica también la aparición de nuevas electrocuciones entre ambas fechas. Fotografías: 1º observación por Ali Irizi; 2ª observación por Daniel Burón, Alfonso Godino y Catarina Machado.

**Tableau 2.** Comparaison de l'état des cadavres d'oiseaux électrocutés, retrouvés par Ali Irizi entre octobre et décembre 2015, puis dans le cadre de la présente étude en janvier 2016, au niveau de six pylônes inspectés à ces deux dates. Les nouvelles électrocutions constatées entre ces deux dates sont également signalées. Photographies : 1<sup>re</sup> observation par Ali Irizi ; 2<sup>e</sup> observation par Daniel Burón, Alfonso Godino et Catarina Machado.

| APOYO<br>PYLÔNE | ESPECIE<br>ESPÈCE                                    | 1ª OBSERVACIÓN<br>1 <sup>re</sup> OBSERVATION                                       | INTERVALO TIEMPO<br>INTERVALLE DE TEMPS   | 2ª OBSERVACIÓN<br>2 <sup>e</sup> OBSERVATION  |
|-----------------|--|---|---|---|
| A-048<br>A-048  | <i>Aquila chrysaetos</i><br><i>Aquila chrysaetos</i> |    | 1ª obs: 22/10/2015 (Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 82 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 22/10/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 82 jours |    |
| A-048<br>A-048  | <i>Aquila adalberti</i><br><i>Aquila adalberti</i>   |   | 1ª obs: 22/10/2015 (Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 82 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 22/10/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 82 jours |   |
| A-048<br>A-048  | <i>Aquila adalberti</i><br><i>Aquila adalberti</i>   |  | 1ª obs: 22/10/2015 (Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 82 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 22/10/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 82 jours |  |
| A-048<br>A-048  | <i>Aquila adalberti</i><br><i>Aquila adalberti</i>   |  | 1ª obs: 22/10/2015 (Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 82 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 22/10/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 82 jours |  |
| A-051<br>A-051  | <i>Aquila fasciata</i><br><i>Aquila fasciata</i>     |  | 1ª obs: 22/10/2015 (Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 82 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 22/10/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 82 jours |  |

| APOYO<br>PYLÔNE  | ESPECIE<br>ESPÈCE                                | 1ª OBSERVACIÓN<br>1 <sup>re</sup> OBSERVATION                                       | INTERVALO TIEMPO<br>INTERVALLE DE TEMPS   | 2ª OBSERVACIÓN<br>2 <sup>e</sup> OBSERVATION   |
|------------------|--|---|---|--|
| A-066<br>A-066   | <i>Aquila fasciata</i><br><i>Aquila fasciata</i> |    | 1ª obs: 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 66 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 07/11/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 66 jours                | <br>     |
| A-066<br>A-066   | <i>Buteo rufinus</i><br><i>Buteo rufinus</i>     | NO LOCALIZADO<br>NON LOCALISÉ   | No obs: 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>1ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: menos<br>de 66 días<br><br>Pas d'obs. : 07/11/2015<br>(Ali Irizi),<br>1 <sup>re</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : moins<br>de 66 jours |    |
| A2-001<br>A2-001 | <i>Aquila fasciata</i><br><i>Aquila fasciata</i> |  | 1ª obs: 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 66 días<br><br>1 <sup>re</sup> obs. : 07/11/2015<br>(Ali Irizi),<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 66 jours                | <br> |
| A2-001<br>A2-001 | <i>Ciconia ciconia</i><br><i>Ciconia ciconia</i> | NO LOCALIZADO<br>NON LOCALISÉ   | No obs: 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>1ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: menos<br>de 66 días<br><br>Pas d'obs. : 07/11/2015<br>(Ali Irizi),<br>1 <sup>re</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : moins<br>de 66 jours |   |



| APOYO<br>PYLÔNE | ESPECIE<br>ESPÈCE   | 1ª OBSERVACIÓN<br>1 <sup>re</sup> OBSERVATION                                     | INTERVALO TIEMPO<br>INTERVALLE DE TEMPS  | 2ª OBSERVACIÓN<br>2 <sup>e</sup> OBSERVATION  |
|-----------------|---|---|--|---|
| A-105           | <i>Aquila fasciata</i><br>(2 ejemplares)<br>Hay un tercer<br>ejemplar reciente<br>que no observó<br>Ali Irizi                     |  | 1ª obs: 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 66 días                                  |   |
| A-105           | <i>Aquila fasciata</i><br>(2 spécimens)<br>Il existe un troisième<br>spécimen récent,<br>qui n'a pas été<br>observé par Ali Irizi |   | 1 <sup>re</sup> obs. : 07/11/2015<br>(Ali Irizi)<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 66 jours |   |
| A-110           | <i>Aquila fasciata</i><br>(2 ejemplares)  |  | 1ª obs: 05/12/2015<br>(Ali Irizi)<br>2ª obs: 12/01/2016<br>(presente estudio)<br>Intervalo: 38 días                                  |   |
| A-110           | <i>Aquila fasciata</i><br>(2 spécimens)   |   | 1 <sup>re</sup> obs. : 05/12/2015<br>(Ali Irizi)<br>2 <sup>e</sup> obs. : 12/01/2016<br>(la présente étude)<br>Intervalle : 38 jours |   |

las líneas distribuidas alrededor del valle del Oued Boussafane (A, A1, A2, B, B2 y C), donde se concentra el 82,86% de la mortalidad ( $n = 58$  aves), con 0,292 aves/apoyo (Figura 13). En estas líneas aparecen valores de IMAp muy elevados (Tabla 3), con 0,347 aves/apoyo en las Líneas A, A1 y A2 conjuntamente y de 0,667 aves/apoyo en la línea B2 (Tabla 3). Estos valores, tanto los totales como los parciales en las líneas del valle del Oued Boussafane, se encuentran en los de mayor rango de los encontrados en otras zonas donde se produjo el declive de grandes rapaces por esta causas, tanto en España (0,1 y 0,9 rapaces/apoyo en Ciudad Real –Guzmán y Castaño, 1998; 0,316 rapaces y córvidos/apoyo –Mañosa, 2001, y 0,036 rapaces y córvidos/apoyo en Cataluña –Tintó *et al.*, 2010; 0,151 aves incluyendo rapaces en Ciudad Real –Guil *et al.*, 2011; entre 0,69 y 0,825 en Doñana –Ferrer, 2012; 0,531 aves en otras zonas de Andalucía –Garrido, 2003; 1,02 aves en Valencia –Pérez-García *et al.*, 2015) como en otras zonas del mundo con altos índices de electrocución (0,055 alimoches/apoyo en Sudán –Angelov *et al.*, 2012; 0,27 aves/apoyo en India –Harness *et al.*, 2013).

#### ESPECIES AFECTADAS Y ESTRUCTURA DE EDADES DE LOS INDIVIDUOS ELECTROCUTADOS

Un total de 70 aves aparecen electrocutadas, 66 de las cuales son aves rapaces (Figura 12): águila imperial ibérica ( $n = 4$ ), águila real ( $n = 5$ ), águila-azor perdicera ( $n = 40$ ), busardo moro ( $n = 12$ ),

Ainsi, les données obtenues permettant de déduire que la mortalité détectée fait probablement référence à l'année écoulée, l'indice de mortalité par pylône (IMAp) annuel pour l'ensemble des lignes parcourues est de 0,174 oiseau/pylône (Tableau 3) ; en outre, cet indice est plus élevé sur les lignes électriques situées aux alentours de la vallée de l'Oued Boussafane (A, A1, A2, B, B2 et C), où se concentrent 82,86 % de la mortalité ( $n = 58$  oiseaux), avec 0,292 oiseau/pylône (Figure 13). En effet, la valeur de l'IMAp correspondant à ces lignes est très élevée (Tableau 3), avec 0,347 oiseau/pylône sur les Lignes A, A1 et A2 (globalement) et 0,667 oiseau/pylône sur la Ligne B2 (Tableau 3). Ces valeurs, qu'elles soient calculées de manière globale ou partielle, comme dans le cas des lignes situées dans la vallée de l'Oued Boussafane, font partie des plus élevées par rapport à celles identifiées dans d'autres zones où un déclin des grands rapaces s'est produit avec les mêmes causes, par exemple : en Espagne (0,1 et 0,9 rapace/pylône à Ciudad Real – Guzmán et Castaño, 1998 ; 0,316 rapace et corvidé/pylône – Mañosa, 2001, et 0,036 rapace et corvidé/pylône en Catalogne – Tintó *et al.*, 2010 ; 0,151 oiseau (rapaces inclus) à Ciudad Real – Guil *et al.*, 2011 ; entre 0,69 et 0,825 à Doñana – Ferrer, 2012 ; 0,531 oiseau/pylône dans d'autres parties de l'Andalousie – Garrido, 2003 ; 1,02 oiseau à Valence – Pérez-García *et al.*, 2015) ou dans d'autres parties du monde enregistrant des taux d'électrocution élevés (0,055 vautour percnoptère/pylône au Soudan – Angelov *et al.*, 2012 ; 0,27 oiseau/pylône en Inde – Harness *et al.*, 2013).

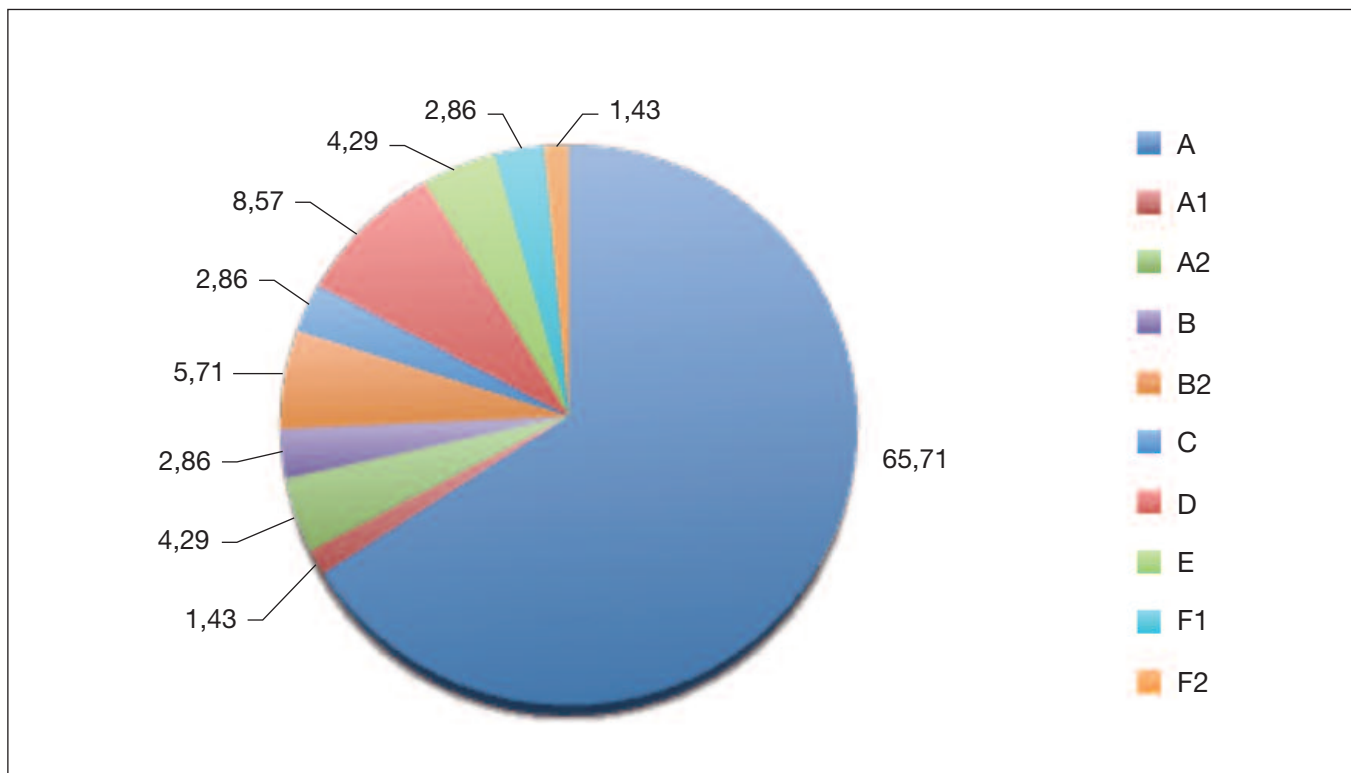


Figura 13. Porcentaje del total de mortalidad por línea eléctrica.

Figure 13. Pourcentage de la mortalité totale par ligne électrique.

Tabla 3. Índices de mortalidad por apoyo (IMAp) en cada línea eléctrica (A) y en agrupaciones de líneas eléctricas (B).

| LÍNEA | N° aves electrocutadas | Longitud (m) | N° de apoyos | IMAp  |       |
|-------|------------------------|--------------|--------------|-------|-------|
|       |                        |              |              | A     | B     |
| A     | 46                     | 24.237       | 140          | 0,329 |       |
| A1    | 1                      | 116          | 3            | 0,333 | 0,347 |
| A2    | 3                      | 30           | 1            | 3     |       |
| B     | 2                      | 3.935        | 26           | 0,077 |       |
| B1    | 0                      | 78           | 1            | 0     | 0,167 |
| B2    | 4                      | 518          | 6            | 0,667 |       |
| C     | 2                      | 3.188        | 21           | 0,095 |       |
| D     | 6                      | 5.102        | 43           | 0,139 |       |
| E     | 3                      | 2.950        | 29           | 0,104 |       |
| F     | 0                      | 11.787       | 79           | 0     |       |
| F1    | 2                      | 654          | 7            | 0,286 | 0,206 |
| F2    | 1                      | 184          | 3            | 0,333 |       |
| F3    | 0                      | 3.729        | 26           | 0     |       |
| G     | 0                      | 3.142        | 18           | 0     |       |
| Total | 70                     | 59.650       | 403          | 0,174 |       |

Tableau 3. Indices de mortalité par pylône (IMAp) sur chaque ligne électrique (A) et par groupe de lignes électriques (B).

| LIGNE | Nombre d'oiseaux électrocutés | Longueur (m) | Nombre de pylônes | IMAp  |       |
|-------|-------------------------------|--------------|-------------------|-------|-------|
|       |                               |              |                   | A     | B     |
| A     | 46                            | 24 237       | 140               | 0,329 |       |
| A1    | 1                             | 116          | 3                 | 0,333 | 0,347 |
| A2    | 3                             | 30           | 1                 | 3     |       |
| B     | 2                             | 3 935        | 26                | 0,077 |       |
| B1    | 0                             | 78           | 1                 | 0     | 0,167 |
| B2    | 4                             | 518          | 6                 | 0,667 |       |
| C     | 2                             | 3 188        | 21                | 0,095 |       |
| D     | 6                             | 5 102        | 43                | 0,139 |       |
| E     | 3                             | 2 950        | 29                | 0,104 |       |
| F     | 0                             | 11 787       | 79                | 0     |       |
| F1    | 2                             | 654          | 7                 | 0,286 | 0,206 |
| F2    | 1                             | 184          | 3                 | 0,333 |       |
| F3    | 0                             | 3 729        | 26                | 0     |       |
| G     | 0                             | 3 142        | 18                | 0     |       |
| Total | 70                            | 59 650       | 403               | 0,174 |       |

halcón bormi ( $n = 4$ ) y búho desértico ( $n = 1$ ); y la no rapaz es la cigüeña blanca ( $n = 4$ ). Estos resultados indican que la elevada tasa de mortalidad afecta fundamentalmente a especies de gran envergadura, más susceptibles de sufrir la electrocución al tener mayor posibilidad de contactar con elementos peligrosos de los apoyos (grandes águilas y cigüeña blanca) (Garrido y Martín, 2015), pero también a especies de mediano y pequeño tamaño (Figura 12). La especie más afectada es el águila-azor perdicera, debido fundamentalmente a que es la especie susceptible más abundante en Marruecos (El Agbani & Qninba, 2011) y que nidifica además en la zona de estudio, donde el equipo de trabajo ha localizado al menos dos nidos activos. Algo similar sucede con la segunda especie más afectada, el busardo moro, localmente muy abundante, aunque es menos susceptible por ser de menor envergadura. Ambas especies están catalogadas a nivel mundial como de "Preocupación Menor", si bien el busardo moro con tendencia negativa de las poblaciones (BirdLife, 2015). De mayor interés es la presencia del águila imperial ibérica, especie que no cría actualmente en Marruecos (El Agbani & Qninba, 2011) y catalogada como "Vulnerable" a nivel mundial (BirdLife, 2015). Mención especial adquiere la electrocución de cuatro halcones bormies, especie de pequeño tamaño y en principio por ello menos susceptible a la electrocución (Garrido y Martín, 2015), lo que indica la elevada peligrosidad de los apoyos del tendido eléctrico en la zona de estudio que afecta a especies con menor riesgo.

La edad de los individuos electrocutados fue principalmente juvenil, con la excepción de la cigüeña blanca (dos adultos y un indeterminado), el busardo moro (sólo se pudo identificar la edad de dos de los 12 individuos) y el búho desértico (no se pudo identificar la edad del único individuo registrado). Por el contrario, en las tres especies de águilas sí se pudo identificar la edad de un mayor número de individuos, siendo en su mayor parte juveniles (Figura 14).

Teniendo en cuenta el total de las especies y edades, el porcentaje de individuos juveniles que aparecen es del 48,6%, frente al 17,1% de adultos y el restante 34,3% individuos de edad indeterminada. En cambio, si analizamos tan solo aquellos individuos de edad conocida ( $n = 46$ ), y asumiendo que el grupo de individuos no identificados podrían tener una estructura de edad similar, el porcentaje de juveniles ascendería al 74% y el de adultos el 26% (Figura 15).

Esta distribución por edades en la mortalidad por electrocución es muy similar a la mostrada por otros autores en el caso de *Aquila* sp. e incluso para algunas especies de buitres (Benson, 1981; Ferrer e Hiraldo, 1992; Guzmán y Castaño, 1998; Angelov *et al.*, 2007, Ferrer, 2012). Hay varios factores que podrían provocar este sesgo en las edades ante la electrocución, como la concentración en áreas de dispersión juvenil con abundancia de alimento, la inexperiencia, la existencia de pocos posaderos naturales y la alta densidad de apoyos del tendido eléctrico (Tinó *et al.*, 2010; Guil *et al.*, 2011; Ferrer, 2012).

Por otra parte, se comprobó el uso que hacen de un buen número de apoyos como posadero habitual, tanto las grandes como medianas rapaces, por la presencia y tamaño de egagrópilas (Figura 41) y de excrementos (Figura 42) en la base de los mismos.

## ESPÈCES AFFECTÉES ET STRUCTURE DE L'ÂGE DES INDIVIDUS ÉLECTROCUTÉS

Un total de 70 oiseaux électrocutés ont été retrouvés, parmi lesquels 66 étaient des rapaces (Figure 12) : aigle ibérique ( $n = 4$ ), aigle royal ( $n = 5$ ), aigle de Bonelli ( $n = 40$ ), buse féroce ( $n = 12$ ), faucon lanier ( $n = 4$ ) et grand-duc du désert ( $n = 1$ ) ; les autres oiseaux étant des cigognes blanches ( $n = 4$ ). Ces résultats indiquent que ce taux de mortalité élevé concerne fondamentalement les espèces de grande envergure, lesquelles risquent davantage d'être victimes d'électrocution en raison du potentiel accru de contact avec les éléments dangereux des pylônes (grands aigles et cigogne blanche) (Garrido et Martín, 2015), mais les espèces de taille moyenne ou plus petite sont également affectées (Figure 12). L'espèce la plus affectée est l'aigle de Bonelli, surtout en raison du fait qu'il s'agit de l'espèce à risque la plus abondante au Maroc (El Agbani et Qninba, 2011) et que celle-ci nidifie dans la zone d'étude, où l'équipe sur le terrain a localisé au moins deux nids actifs. Le même constat s'applique à la deuxième espèce la plus affectée, la buse féroce, qui est localement plus abondante mais moins à risque en raison de sa plus faible envergure. Ces deux espèces relèvent de la catégorie « Préoccupation mineure » au niveau mondial, même si la buse féroce enregistre une tendance négative en termes de populations (BirdLife, 2015). La présence de l'aigle ibérique revêt un intérêt plus important, cette espèce ne se reproduisant actuellement pas au Maroc (El Agbani et Qninba, 2011) et étant classée « Vulnérable » au niveau mondial (BirdLife, 2015). Il convient de souligner tout particulièrement l'électrocution de quatre faucons laniers, une espèce de petite taille et donc risquant moins (en principe) d'être électrocutée (Garrido et Martín, 2015), ce qui met en évidence la dangerosité élevée des pylônes électriques situés dans la zone d'étude, affectant des espèces moins à risque.

Les individus électrocutés étaient majoritairement juvéniles, à l'exception de la cigogne blanche (deux adultes et un individu d'âge indéterminé), de la buse féroce (l'âge n'a pu être déterminé que pour deux individus sur 12) et du grand-duc du désert (l'âge de l'unique individu répertorié n'a pas pu être identifié). En revanche, concernant les trois espèces d'aigles, il a été possible d'identifier l'âge d'un grand nombre d'individus, la majorité étant des juvéniles (Figure 14).

En tenant compte de l'ensemble des espèces, tous âges confondus, le pourcentage d'individus juvéniles représente 48,6 % contre 17,1 % pour les adultes et 34,3 % pour les individus d'âge indéterminé. En revanche, si nous analysons uniquement les individus dont l'âge est connu ( $n = 46$ ), et en supposant que la structure de l'âge reste similaire au sein du groupe d'individus non identifiés, la proportion de juvéniles augmente et passe à 74 % tandis que les adultes représentent 26 % (Figure 15).

Cette répartition de la mortalité par électrocution en fonction de l'âge est très similaire à celle démontrée par d'autres auteurs dans le cas des espèces d'*Aquila* sp., y compris pour certaines espèces de vautours (Benson, 1981 ; Ferrer et Hiraldo, 1992 ; Guzmán et Castaño, 1998 ; Angelov *et al.*, 2007, Ferrer, 2012). Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette corrélation entre l'âge des individus et leur électrocution, tels que leur concentration

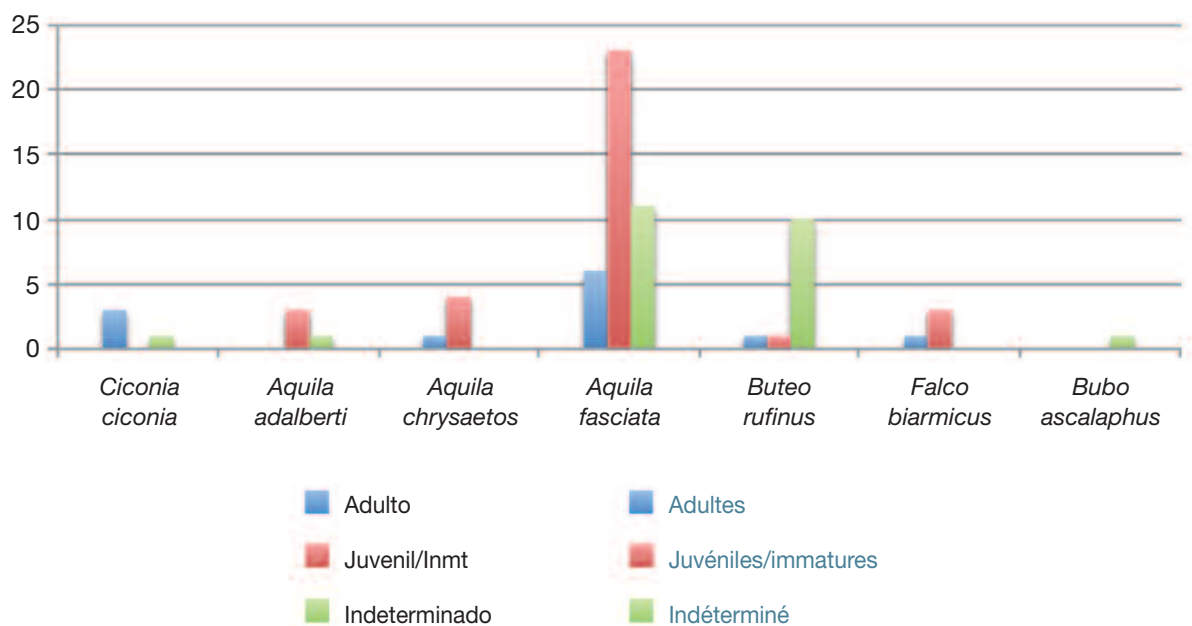


Figura 14. Estructura de edades por especie de los individuos electrocutados en el total de las líneas prospectadas.  
 Figure 14. Structure de l'âge par espèce chez les individus électrocutés sur toutes les lignes inspectées.

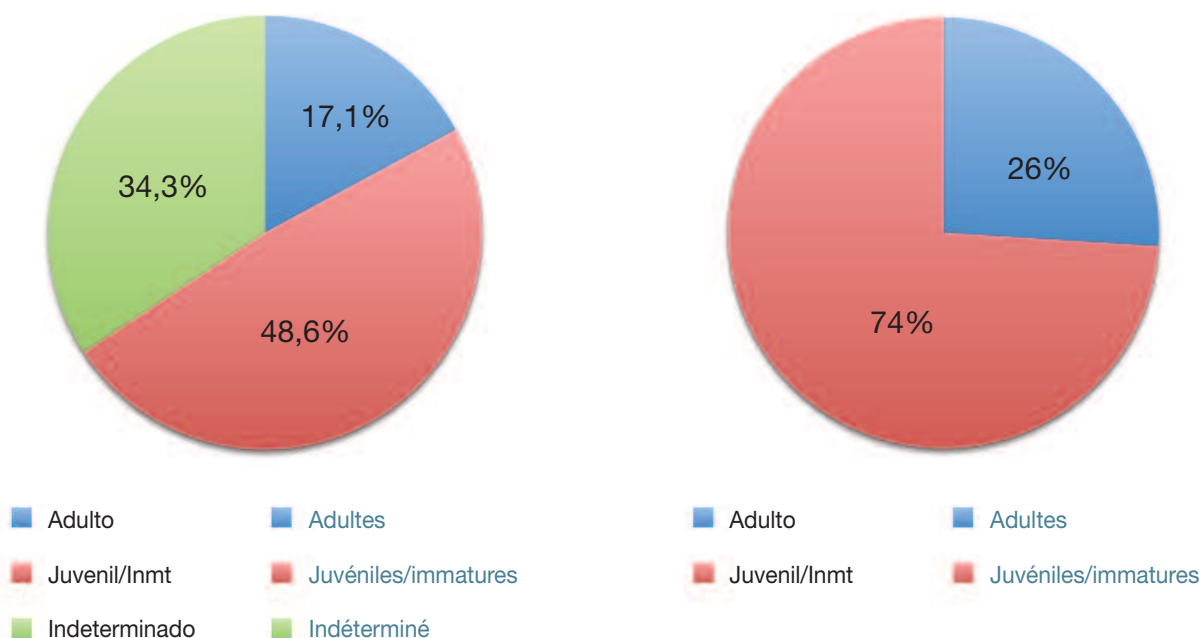


Figura 15. Porcentaje de edades incluyendo todos los individuos (izquierda) y excluyendo los individuos de edad indeterminados (derecha).  
 Figure 15. Pourcentage par âge pour l'ensemble des individus (à gauche) et en excluant les individus d'âge indéterminé (à droite).

Estos resultados permiten afirmar que la zona de estudio, en especial la que rodea al valle del Oued Boussafane, constituye un área de dispersión y asentamiento temporal de poblaciones no adultas de grandes y pequeñas rapaces, englobada en una mayor que comprendería el área entre Sidi Ifni, Guelmim y bajo Draa. Esta concentración se debe a una alta abundancia de presas (Ramírez *et al.*, 2016). En esta zona se concentra actualmente una elevada densidad de especies-presa que incluye roedores de gran tamaño como el jird gordo (*Psammomys obesus*), la rata grande del desierto (*Meriones crassus*) y la ardilla terrestre moruna (*Atlantoxerus getulus*), debido una explosión demográfica por las lluvias torrenciales sufridas en otoño de 2014 (Ramírez *et al.*, 2016). Es decir, se trata de especies de roedores adaptadas a las condiciones desérticas con explosiones demográficas periódicas tras épocas de grandes precipitaciones, lo que indicaría que se trata de una situación coyuntural, aunque cíclica.

De estas especies es destacable el jird gordo (Figura 40), no solo por ser la más abundante con diferencia, sino por representar la principal presa de las rapaces en esta zona, como confirma el análisis de una pequeña muestra de egagrópilas ( $n = 18$ ) recogidas en la base de los apoyos durante la prospección. En estas egagrópilas, pertenecientes a águilas reales, perdiceras e imperiales ibéricas, el 100% del contenido son restos de este roedor.

Así, en lo que va de siglo y hasta 2013 inclusive, la zona no contaba con esa densidad de roedores ni de rapaces (Ramírez *et al.*, 2016), aunque sí es cierto que es la zona donde durante los últimos años se han observado individuos dispersantes de águilas imperiales ibéricas (Amezian *et al.*, 2015). Esta situación tiene actualmente una enorme importancia en el mantenimiento de las poblaciones locales de algunas rapaces, como el águila-azor perdicera, el busardo ratonero o el halcón bonín, y, fundamentalmente, en la conservación de los jóvenes dispersantes de águila-azor perdicera, tanto marroquíes como ibéricos, como señalan los movimientos de aves con emisores satelitales (Iglesias y Álvarez, 2016; Ramírez *et al.*, 2016), y de águila imperial ibérica (Morandini *et al.*, 2016). De esta última especie se tiene constancia de la presencia de entre 8 y 12 individuos jóvenes durante el último otoño invierno, obviamente todos procedentes de la península Ibérica (Ramírez *et al.*, 2016; Morandini *et al.*, 2016). Esto implica que esta elevada mortalidad por tendidos eléctricos tiene una alta incidencia en la conservación de las poblaciones no sólo magrebíes, sino también ibéricas de águila-azor perdicera y, sobre todo, águila imperial ibérica y que afecta y afectará a todos aquellos individuos que se concentran en esta zona, lo que viene sucediendo, con mayor o menor importancia, al menos desde 2001 (Amezian *et al.*, 2015). Este tipo de mortalidad concentrada en puntos negros ha sido constatada como principal causa del declive y casi extinción de poblaciones de especies amenazadas, tanto a nivel local (águila-azor perdicera en España, Chevallier *et al.*, 2015; águila imperial ibérica en Doñana, Ferrer, 2012) como a nivel global (alimoche común *Neophron percnopterus*, Angelov *et al.*, 2012). En este último estudio se demostró que la muerte por electrocución en tendidos eléctricos de centenares de alimoches invernantes en una zona de invernada desértica sin posaderos naturales en Sudán produjo el declive de las poblaciones reproductoras de origen en zonas tan alejadas como Europa oriental, obligando a su aislamiento como medida urgente de conservación (Angelov *et al.*, 2012).

dans des zones de dispersion juvénile où la nourriture est abondante, leur inexpérience, la faible présence de perchoirs naturels, ainsi que la forte densité de pylônes électriques (Tinó *et al.*, 2010 ; Guil *et al.*, 2011 ; Ferrer, 2012).

D'autre part, le fait que les rapaces, qu'il s'agisse d'oiseaux de grande ou moyenne taille, utilisent régulièrement de nombreux pylônes en tant que perchoirs a pu être vérifié par la présence et la taille des pelotes de régurgitation (Figure 41) et des excréments (Figure 42) retrouvés au pied de ces pylônes.

Ces résultats permettent d'affirmer que la zone d'étude, en particulier autour de la vallée de l'Oued Boussafane, constitue une aire de dispersion et d'établissement temporaire pour les populations de grands et petits rapaces non adultes, incluse dans une zone plus vaste couvrant le territoire situé entre les villes de Sidi Ifni et Guelmim et le secteur en aval de l'Oued Drâa. Cette concentration est due à une grande abondance de proies (Ramírez *et al.*, 2016). Dans cette zone, la densité d'espèces-proies, incluant des rongeurs de grande taille tels que le rat des sables (*Psammomys obesus*), la mérione du désert (*Meriones crassus*) et l'écureuil terrestre de Barbarie (*Atlantoxerus getulus*), est actuellement élevée en raison d'une explosion démographique suite aux pluies torrentielles enregistrées à l'automne 2014 (Ramírez *et al.*, 2016). Ainsi, il s'agit d'espèces de rongeurs adaptées aux conditions désertiques et caractérisées par des explosions démographiques périodiques après des périodes de fortes précipitations, ce qui semble correspondre à une situation conjoncturelle bien que cyclique.

Parmi ces espèces, le rat des sables (Figure 40) se distingue non seulement parce que cette espèce est de loin la plus abondante, mais aussi car elle constitue la proie principale des rapaces dans cette zone, comme le confirme l'analyse d'un petit échantillon de pelotes de régurgitation ( $n = 18$ ) retrouvées au pied des pylônes lors de la prospection. Ces pelotes de régurgitation, appartenant à des aigles royaux, ibériques et de Bonelli, étaient composées à 100 % de restes de ce rongeur.

Ainsi, entre les années 2000 et 2013 (incluses), la zone ne comportait pas la même densité de rongeurs et de rapaces (Ramírez *et al.*, 2016), même s'il est certain que cette zone abritait des aigles ibériques dispersés au cours des dernières années (Amezian *et al.*, 2015). Cette situation revêt actuellement une importance considérable pour la préservation des populations locales de quelques rapaces, tels que l'aigle de Bonelli, la buse variable et le faucon lanier, et en particulier pour la conservation des jeunes aigles dispersés, qu'il s'agisse d'aigles de Bonelli (originaires du Maroc ou de la péninsule Ibérique), comme en témoignent les déplacements des oiseaux équipés d'émetteurs par satellite (Iglesias et Álvarez, 2016 ; Ramírez *et al.*, 2016), ou d'aigles ibériques (Morandini *et al.*, 2016). Concernant cette dernière espèce, la présence de 8 à 12 jeunes individus était connue au cours du dernier automne/hiver, tous manifestement originaires de la péninsule Ibérique (Ramírez *et al.*, 2016 ; Morandini *et al.*, 2016). Ceci implique que la mortalité élevée attribuable aux lignes électriques a une forte incidence sur la conservation des populations non seulement maghrébines mais aussi ibériques de l'aigle de Bonelli et, surtout, de l'aigle ibérique ; ceci affecte tous les individus concentrés dans cette zone, depuis au moins 2001, dans une



Todo lo expuesto pone de manifiesto la necesidad del aislamiento urgente de los tendidos identificados en este trabajo, dado que los valores registrados en este estudio comparados con otros trabajos sobre mortalidad de aves en líneas eléctricas muestran lo que podría ser uno de los mayores índices de mortalidad de aves rapaces por apoyos registrado hasta la actualidad en el Mediterráneo. Mientras no se acometa esa actuación, las electrocuciones seguirán produciéndose en el futuro, con mayor incidencia tras periodos de precipitaciones. Debido a que se trata de una zona muy atractiva para las aves rapaces por la densidad de presas y la ausencia de posaderos naturales las aves se ven obligadas a seleccionar los apoyos del tendido como posadero y dormitorio (Figura 16), con lo que el riesgo de electrocución es muy elevado. Mientras no se produzca el aislamiento de los elementos peligrosos, la región seguirá siendo un sumidero poblacional, impidiendo incluso la potencial recolonización de Marruecos por parte del águila imperial ibérica mediante la creación de una nueva población en el sur de España y el crecimiento de la población ibérica (Morandini *et al.*, 2016). De hecho, gracias al presente trabajo se ha podido constatar que en Marruecos no aparecen solamente individuos juveniles no reproductores, pues uno de los contactos realizados durante la expedición localizó con posterioridad el cadáver de un águila imperial ibérica de tres años de edad en la zona de estudio (H. Kharraz, comentario personal 2016) (Figura 17), edad con la que las águilas ya se reproducen en zonas de nueva colonización (García y Garrido, 2015) como podría ser ésta.

## ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DE LOS APOYOS (IPAp)

La electrocución de un ave en un apoyo de una línea eléctrica se produce cuando el ave toca simultáneamente dos conductores o un conductor y una segunda parte ligada a tierra (Bevanger, 1994; Ferrer, 2012), por lo que el diseño del poste es lo que determina la peligrosidad de este para las aves (Ferrer *et al.*, 1991; Tintó *et al.* 2010; Guil *et al.*, 2011, Ferrer, 2012). En base a la peligrosidad potencial de los diferentes diseños, ya han sido elaborados diversos manuales y recomendaciones que evalúan o identifican la peligrosidad de determinados apoyos (Ferrer, 1996; Guzmán y Castaño, 1998; Garrido y Martín, 2015; SIECE, 2015).

De los 20 tipos de apoyo diferentes identificados durante este estudio, en 11 de estos se ha producido alguna electrocución (Tabla 4). El IPAp más elevado, como ya ha sido descrito (Ferrer, 2012; Garrido y Martín, 2015), lo obtienen aquellos apoyos con conductores en cadena de amarre y montaje en horizontal o bóveda y aquellos que tienen elementos en tensión por encima de la cruceta, de modo que es muy fácil que se produzca el contacto simultáneo con dos conductores o con un conductor y el metal del apoyo (ver Tabla 4 y Anexo fotográfico para la identificación de los tipos de postes). Sin embargo, cabe destacar que incluso apoyos considerados de bajo riesgo, como los de bóveda con aisladores suspendidos (tipo P-02), han producido la electrocución del mayor número de individuos, aunque tengan un IPAp más discreto (Tabla 4). En estos postes la electrocución se produce tanto por el contacto del ave con los conductores y el metal de la cruceta cuando se va a posar en el elemento central de la

medida más o menos importante, y continuara de les afectar (Amezian *et al.*, 2015). Il a été constaté que ce type de mortalité concentrée sur des « points noirs » est la principale cause du déclin et de la quasi-extinction des populations d'espèces menacées, tant au niveau local (aigle de Bonelli en Espagne, Chevallier *et al.*, 2015 ; aigle ibérique à Doñana, Ferrer, 2012) que mondial (vautour percnoptère *Neophron percnopterus*, Angelov *et al.*, 2012). Cette dernière étude a démontré que la mort par électrocution sur les lignes électriques de centaines de vautours percnoptères, hivernant dans une zone d'hivernage désertique dépourvue de perchoirs naturels au Soudan, a conduit au déclin des populations reproductrices originaires de zones aussi lointaines que l'Europe orientale, rendant obligatoire l'isolation de ces lignes en tant que mesure urgente pour la conservation de ces populations (Angelov *et al.*, 2012).

Tous ces éléments mettent en évidence la nécessité d'isoler de toute urgence les lignes électriques identifiées dans le cadre de ce travail, étant donné que les valeurs enregistrées lors de cette étude (en comparaison avec d'autres travaux), concernant la mortalité des oiseaux attribuable aux lignes électriques, démontrent que les indices de mortalité des rapaces par pylône pourraient figurer parmi les plus élevés enregistrés jusqu'à présent en Méditerranée. Tant que de telles mesures ne seront pas mises en œuvre, les électrocutions continueront de se produire, avec une forte incidence à l'issue de périodes de précipitations. Étant donné qu'il s'agit d'une zone très attractive pour les rapaces en raison de la densité des proies et compte tenu de l'absence de perchoirs naturels, ces oiseaux sont contraints d'utiliser les pylônes des lignes électriques pour s'y poser et s'y reposer (Figure 16), avec un risque d'électrocution très élevé. Tant que les éléments dangereux ne seront pas isolés, la région restera un piège pour ces populations, empêchant notamment une recolonisation potentielle de l'aigle ibérique au Maroc par l'intermédiaire d'une nouvelle population créée dans le sud de l'Espagne et grâce à la croissance de la population ibérique (Morandini *et al.*, 2016). En fait, la présente étude a permis de constater que le Maroc n'abrite pas seulement des individus juvéniles non reproducteurs ; en effet, l'un des contacts établis lors de l'expédition a par la suite localisé dans la zone d'étude le cadavre d'un aigle ibérique âgé de trois ans (H. Kharraz, commentaire personnel 2016) (Figure 17), âge auquel les aigles se reproduisent déjà dans les zones de recolonisation (García et Garrido, 2015), ce qui pourrait aussi être le cas de cet endroit.

## INDICE DE DANGEROUSITÉ PAR PYLÔNE (IPAp)

L'électrocution d'un oiseau sur un pylône électrique se produit quand celui-ci touche simultanément deux conducteurs ou bien un conducteur et un élément relié à la terre (Bevanger, 1994 ; Ferrer, 2012) ; ainsi, la conception du pylône détermine sa dangerosité pour les oiseaux (Ferrer *et al.*, 1991 ; Tintó *et al.* 2010 ; Guil *et al.*, 2011, Ferrer, 2012). En se basant sur la dangerosité potentielle des différentes conceptions de pylônes, plusieurs manuels et recommandations ont été élaborés pour évaluer ou identifier la dangerosité de pylônes spécifiques (Ferrer, 1996 ; Guzmán et Castaño, 1998 ; Garrido et Martín, 2015 ; SIECE, 2015).





**Figura 16.** Dos jóvenes de águila imperial ibérica posados en un apoyo en la zona de estudio.

**Figure 16.** Deux jeunes aigles ibériques perchés sur un pylône situé dans la zone d'étude.



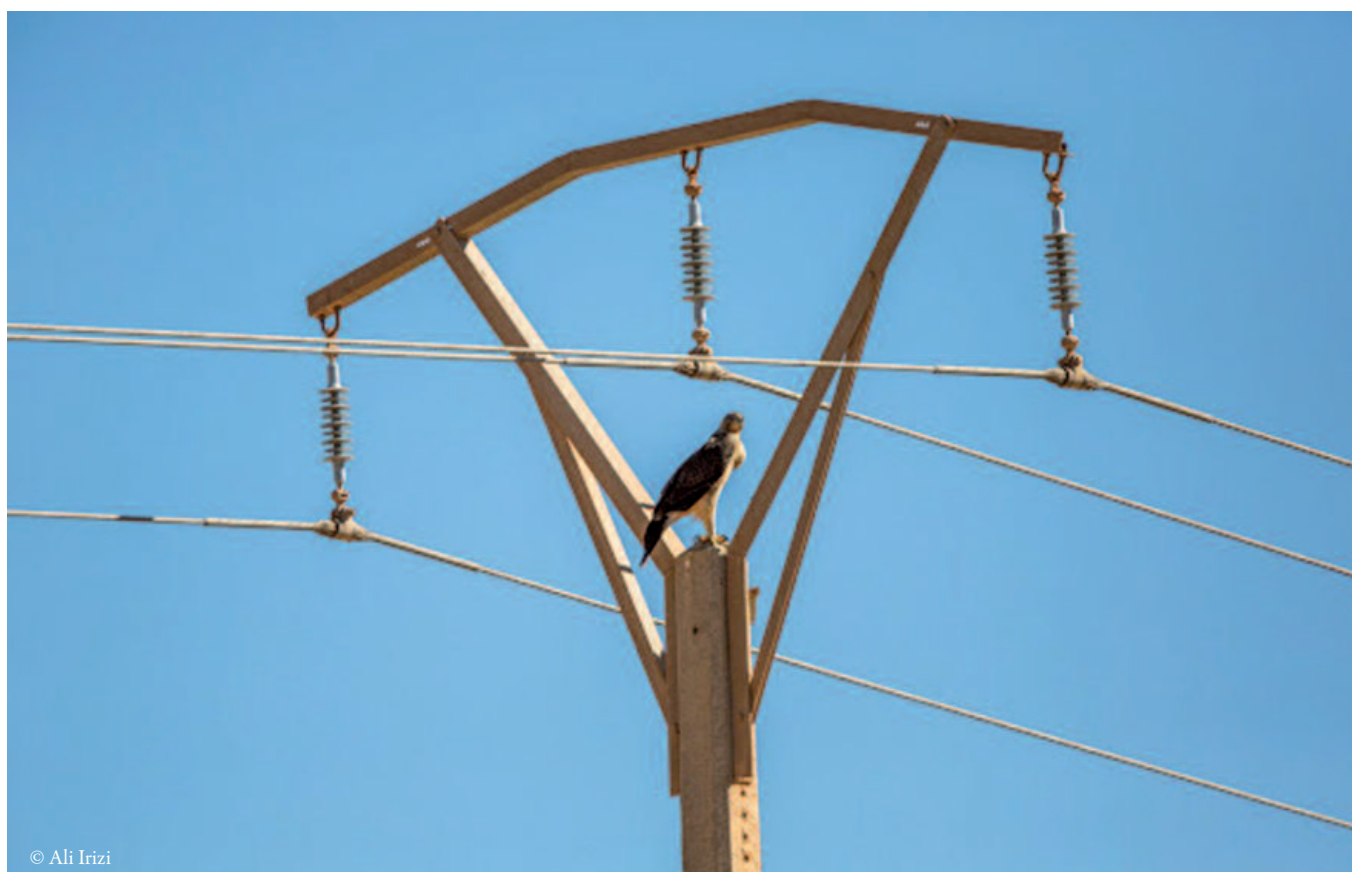
**Figura 17.** Águila imperial de tres años de edad encontrada electrocutada en la zona de estudio el 5 de marzo de 2016 por H. Kharraz.

**Figure 17.** Aigle ibérique âgé de trois ans, retrouvé électrocuté dans la zone d'étude le 5 mars 2016 par H. Kharraz.

cruceta (Figura 18) como por "defecación desafortunada", cuando al posarse en la parte superior de la cruceta las heces semilíquidas hacen de línea de conexión entre el apoyo donde se encuentra el ave y un conductor situado en una posición inferior a una distancia aparentemente segura, produciéndose la electrocución (Garrido y Martín, 2015) (Figura 19). La electrocución en ambos casos es difícil, pero en situaciones como las de la zona de estudio, con una densidad de rapaces tan alta y con los apoyos como únicos posaderos posibles, hacen que lo improbable se vuelva posible y este tipo de poste haya producido la muerte de 21 aves al ser el diseño más frecuente, incluyendo varias águilas-azores perdiceras.

Como situación novedosa no descrita con anterioridad se ha detectado un diseño de apoyo desconocido hasta la fecha en otras áreas y que cuenta con el más alto IPAp de este estudio. Se trata de apoyos con cruceta en bóveda y aisladores suspendidos pero con el vértice del vástago por encima de la base de la cruceta, dejando el hilo central muy cerca del cuerpo de una rapaz posada en ese punto, de modo que se incrementa nota-

Sur les 20 types de pylônes différents identifiés lors de cette étude, des électrocutions se sont produites sur 11 d'entre eux (Tableau 4). L'IPAp ( « Índice de Peligrosidad por Apoyo », en espagnol) le plus élevé, comme cela a déjà été étudié (Ferrer, 2012 ; Garrido et Martín, 2015), est enregistré sur les pylônes dotés de conducteurs avec chaîne d'ancrage et de configuration horizontale ou en forme de voûte, et sur les pylônes comportant des éléments sous tension au-dessus de la traverse, de telle manière que le contact simultané avec deux conducteurs ou bien avec un conducteur et la structure en métal du pylône peut très facilement se produire (voir Tableau 4 et Annexe photographique pour identifier les différents types de pylônes). Néanmoins, il convient de souligner que même les pylônes dont le risque est jugé faible, tels que ceux en forme de voûte avec des isolateurs suspendus (type P-02), ont provoqué l'électrocution du plus grand nombre d'individus, malgré leur faible IPAp (Tableau 4). Sur ces pylônes, l'électrocution se produit soit lorsque l'oiseau entre en contact avec les conducteurs et le métal de la traverse quand il se pose sur l'élément central de la traverse (Figure 18), soit par « défécation malencontreuse » lorsque l'oiseau se pose sur la



**Figura 18.** Águila-azor perdicera adulta posada en un apoyo con diseño P-02 en la zona de estudio. Existe un cierto riesgo de electrocución en el momento de posarse o elevar el vuelo en la zona central de la cruceta al tocar los conductores y el metal, si bien un poste de hormigón minimiza el riesgo respecto a una estructura metálica.

**Figure 18.** Aigle de Bonelli adulte perché sur un pylône de conception P-02 dans la zone d'étude. Il existe un certain risque d'électrocution au moment où l'oiseau se pose ou prend son envol dans la partie centrale de la traverse, celui-ci pouvant entrer en contact avec les conducteurs et le métal, c'est pourquoi les poteaux en béton présentent un risque moindre par rapport aux structures métalliques.



blemente el riesgo de contacto entre conductor y metal produciendo la electrocución. Este tipo de apoyo, denominado en este informe P-02 a), ha producido la muerte de tres de las cuatro águilas imperiales ibéricas localizadas (tres en el mismo apoyo junto con un águila real) y nueve águilas perdiceras en tan sólo 13 apoyos (Tabla 4, Figura 20).

Es de destacar que apoyos de igual diseño —P-02 a), P-02 con derivación, P-15 en final de línea— han producido una mayor mortalidad en la zona de Líneas A-C que en las Líneas D-G, debido muy probablemente a la mayor concentración de aves rapaces en esta primera zona, como se ha citado anteriormente. Igualmente se ha detectado una cierta concentración en la mortalidad de las líneas A-C (Figura 6) en determinados tramos que puede corresponder a una mayor concentración de rapaces conjuntamente con una mayor presencia de apoyos más peligrosos. Varios autores (Mañosa, 2001; Tinó *et al.*, 2011; Guil *et al.*, 2011; Ferrer, 2012; Chevallier *et al.*, 2015) indican que las electrocuciones siguen un patrón y que no acontecen en base a procesos casuales, por lo que la detección de este patrón puede

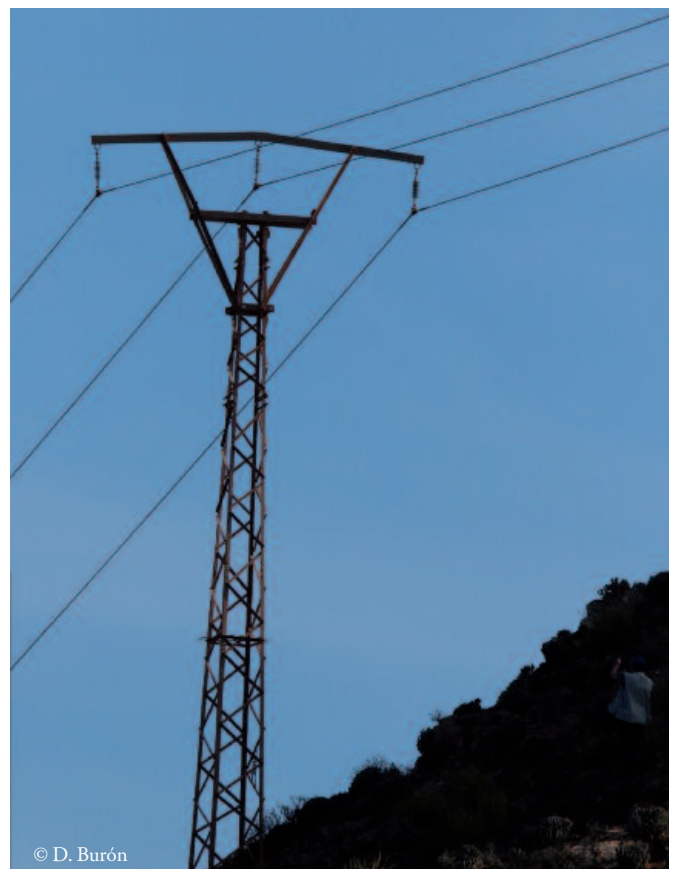
parte superior de la travesa, las déjections semi-líquidas estableciendo una conexión entre el pylône (où se trouve l'oiseau) et un conducteur situé plus bas, à une distance apparemment sûre, ce qui provoque l'électrocution (Garrido et Martín, 2015) (Figure 19). Dans les deux cas, les électrocutions ne se produisent pas facilement mais dans les sites comme celui de la zone d'étude, où la densité des rapaces est si élevée et où les pylônes sont les seuls perchoirs envisageables, ce qui est improbable devient possible et ce type de pylône, dont la conception est la plus courante, a provoqué la mort de 21 oiseaux, dont plusieurs aigles de Bonelli.

Un nouveau paramètre, non documenté jusque-là, est l'identification d'un type de pylône dont la conception était inconnue dans d'autres régions et dont l'IPAp est le plus élevé dans le cadre de la présente étude. Il s'agit de pylônes ayant une traverse en forme de voûte et des isolateurs suspendus, mais dont le sommet du mât est situé au-dessus de la base de la tête du pylône et se termine par un support horizontal, réduisant ainsi la distance entre le conducteur central et le corps d'un rapace perché sur ce



**Figura 19.** Ratonero moro posado sobre un apoyo tipo P-02 en la zona de estudio. Existe cierto riesgo de electrocución por “defecación desafortunada” (ver texto).

**Figure 19.** Buse féroce perchée sur un pylône de type P-02 dans la zone d'étude. Il existe un certain risque d'électrocution par « défécation malencontreuse » (voir texte).



**Figura 20.** Apoyo tipo P-02 a), una variante del apoyo de bóveda con la parte superior del poste muy cercana al conductor central. Presente principalmente en la Línea A, presenta el mayor índice de peligrosidad por tipo de apoyo.

**Figure 20.** Pylône de type P-02 a), variante du pylône en forme de voûte mais dont la partie supérieure du poteau est très proche du conducteur central. Figurant actuellement sur la Ligne A, il présente l'indice de dangerosité par type de pylône (IPAp) le plus élevé.

**Tabla 4.** Valores del índice de peligrosidad por apoyo en el total de las líneas eléctricas (fondo gris) y solo para las líneas A, A1, A2, B y C (fondo blanco). Los tipos de apoyo siguen la nomenclatura propuesta por Ferrer (1996). El anexo fotográfico incluye, entre otras, imágenes de estos diseños.

| TIPO DE APOYO   | TODAS LAS LÍNEAS |                        |            | LÍNEAS A-A1-A2-B-C |                        |            |
|---|------------------|------------------------|------------|--------------------|------------------------|------------|
|   | NÚMERO DE APOYOS | NÚMERO DE AVES MUERTAS | AVES/APOYO | NÚMERO DE APOYOS   | NÚMERO DE AVES MUERTAS | AVES/APOYO |
| P-02 a)   | 13               | 14                     | 1,077      | 12                 | 14                     | 1,167      |
| P-16 fin de línea con seccionador tripolar en cabecera del poste y transformador en vástago | 2                | 2                      | 1,000      | 2                  | 2                      | 1,000      |
| P-11 + P-16   | 1                | 1                      | 1,000      | 1                  | 1                      | 1,000      |
| P-15 fin de línea con seccionador tripolar en vástago del poste. Puentes inferiores         | 4                | 3                      | 0,750      | 2                  | 3                      | 1,500      |
| P-02 con derivación   | 7                | 5                      | 0,714      | 3                  | 5                      | 1,667      |
| P-03  | 3                | 2                      | 0,667      | 3                  | 2                      | 0,667      |
| P-10 con pórtico  | 16               | 6                      | 0,375      | 11                 | 6                      | 0,545      |
| P-16  | 9                | 2                      | 0,222      | 4                  | 1                      | 0,250      |
| P-10  | 82               | 13                     | 0,159      | 28                 | 7                      | 0,250      |
| P-09  | 20               | 2                      | 0,100      | 18                 | 2                      | 0,111      |
| P-02  | 225              | 20                     | 0,089      | 104                | 15                     | 0,144      |
| P-03 con pórtico  | 1                | 0                      | 0,000      | 1                  | 0                      | 0,000      |
| P-10 con transformador  | 1                | 0                      | 0,000      | 0                  | 0                      | —          |
| P-10 transformador fin de línea   | 1                | 0                      | 0,000      | 0                  | 0                      | —          |
| P-11 con derivación   | 1                | 0                      | 0,000      | 0                  | 0                      | —          |
| P-08  | 1                | 0                      | 0,000      | 1                  | 0                      | 0,000      |
| no catalogado   | 14               | 0                      | 0,000      | 7                  | 0                      | 0,000      |
| P-08 montaje vertical con derivación. Un conjunto de puentes inferiores y otro horizontales | 1                | 0                      | 0,000      | 0                  | 0                      | —          |
| P-11  | 1                | 0                      | 0,000      | 1                  | 0                      | 0,000      |
| TOTAL   | 403              | 70                     | 0,174      | 198                | 58                     | 0,293      |

**Tableau 4.** Valeurs de l'indice de dangerosité par type de pylône (IPAp) sur toutes les lignes électriques (fond gris) et uniquement sur les Lignes A, A1, A2, B et C (fond blanc). Les types de pylônes suivent la nomenclature proposée par Ferrer (1996). L'annexe photographique comprend notamment des images de ces différents types de conception.

| TYPE DE PYLÔNE   | ENSEMBLE DES LIGNES |                        |                   | LIGNES A-A1-A2-B-C |                        |                   |
|--|---------------------|------------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------------|
|  | NOMBRE DE PYLÔNES   | NOMBRE D'OISEAUX MORTS | OISEAU(X)/ PYLÔNE | NOMBRE DE PYLÔNES  | NOMBRE D'OISEAUX MORTS | OISEAU(X)/ PYLÔNE |
| P-02 a)  | 13                  | 14                     | 1,077             | 12                 | 14                     | 1,167             |
| P-16, fin de ligne avec sectionneur tripolaire au sommet du pylône et transformateur sur le mât                          | 2                   | 2                      | 1,000             | 2                  | 2                      | 1,000             |
| P-11 + P-16  | 1                   | 1                      | 1,000             | 1                  | 1                      | 1,000             |
| P-15, fin de ligne avec sectionneur tripolaire sur le mât du pylône. Câbles de liaison suspendus                         | 4                   | 3                      | 0,750             | 2                  | 3                      | 1,500             |
| P-02 avec dérivation   | 7                   | 5                      | 0,714             | 3                  | 5                      | 1,667             |
| P-03   | 3                   | 2                      | 0,667             | 3                  | 2                      | 0,667             |
| P-10 avec portique   | 16                  | 6                      | 0,375             | 11                 | 6                      | 0,545             |
| P-16   | 9                   | 2                      | 0,222             | 4                  | 1                      | 0,250             |
| P-10   | 82                  | 13                     | 0,159             | 28                 | 7                      | 0,250             |
| P-09   | 20                  | 2                      | 0,100             | 18                 | 2                      | 0,111             |
| P-02   | 225                 | 20                     | 0,089             | 104                | 15                     | 0,144             |
| P-03 avec portique   | 1                   | 0                      | 0,000             | 1                  | 0                      | 0,000             |
| P-10 avec transformateur   | 1                   | 0                      | 0,000             | 0                  | 0                      | —                 |
| P-10, transformateur en fin de ligne   | 1                   | 0                      | 0,000             | 0                  | 0                      | —                 |
| P-11 avec dérivation   | 1                   | 0                      | 0,000             | 0                  | 0                      | —                 |
| P-08   | 1                   | 0                      | 0,000             | 1                  | 0                      | 0,000             |
| Non répertorié   | 14                  | 0                      | 0,000             | 7                  | 0                      | 0,000             |
| P-08, configuration verticale avec dérivation. Ensemble de câbles de liaison, certains suspendus et d'autres horizontaux | 1                   | 0                      | 0,000             | 0                  | 0                      | —                 |
| P-11   | 1                   | 0                      | 0,000             | 1                  | 0                      | 0,000             |
| TOTAL  | 403                 | 70                     | 0,174             | 198                | 58                     | 0,293             |



ser una herramienta básica en el momento de diseñar e implantar medidas correctoras. En cualquier caso, y hasta detectar dicho patrón, al menos los apoyos de todas las líneas en las que se han detectado y se detecten electrocuciones y todos aquellos con un IPAp superior a 0,1 indicados en la Tabla 4 deberían contar con aislamiento de los conductores como se sugiere en la Figura 21, debiendo priorizar por las líneas A, B y C.

support, ce qui accroît considérablement le risque de contact entre le conducteur et le métal, provoquant l'électrocution. Ce type de pylône, dénommé P-02 a) pour les besoins de ce rapport, a provoqué la mort de trois aigles ibériques sur les quatre retrouvés (trois sur le même pylône, juste à côté d'un aigle royal) et de neuf aigles de Bonelli, sur seulement 13 pylônes (Tableau 4, Figure 20).

Il convient de souligner que les pylônes de conception semblable (P-02 a), P-02 avec dérivation, P-15 en fin de ligne) ont provoqué une plus grande mortalité dans la zone des Lignes A-C que sur les Lignes D-G, très probablement en raison de la plus forte concentration de rapaces dans cette première zone, comme déjà mentionné. De même, une certaine concentration de la mortalité a été détectée sur les Lignes A-C (Figure 6), sur des tronçons déterminés pouvant correspondre à une plus forte concentration de rapaces ainsi qu'à une plus grande présence de pylônes plus dangereux. Plusieurs auteurs (Mañosa, 2001 ; Tinó *et al.*, 2011 ; Guil *et al.*, 2011 ; Ferrer, 2012 ; Chevallier *et al.*, 2015) indiquent que les électrocutions obéissent à des critères précis et ne se produisent donc pas de manière aléatoire ; ainsi, l'identification de ces critères peut être un outil de base pour la conception et la mise en place de mesures correctives. Quoi qu'il en soit, en attendant d'identifier ces critères, il est nécessaire d'isoler les conducteurs (selon les exemples suggérés à la Figure 21), au moins sur les pylônes de toutes les lignes sur lesquelles des électrocutions ont été détectées (et le sont encore), ainsi que sur tous les types de pylônes ayant un IPAp supérieur à 0,1 (voir Tableau 4), en traitant en priorité les Lignes A, B et C.



**Figura 21.** Ejemplo de aislamientos de conductores para prevenir la electrocución de aves en apoyos del tendido eléctrico utilizados en Andalucía.

**Figure 21.** Exemple de systèmes d'isolation des conducteurs visant à empêcher l'électrocution des oiseaux sur les pylônes électriques, utilisés en Andalousie.

## Conclusiones y recomendaciones

- Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman por primera vez la presencia de la electrocución en tendidos eléctricos como una grave amenaza para la conservación de las poblaciones de rapaces en el Norte de África, al menos de forma no aislada y con un elevado impacto en poblaciones no sólo de Marruecos, sino también de la Península ibérica, algunas de ellas muy amenazadas como el águila imperial ibérica.
- El punto negro de mortalidad por electrocución se localiza en el sudoeste de Marruecos, en la región de Guelmim-Oued Noun, entre las localidades de Guelmim y Tan-Tan, habiéndose observado 70 aves electrocutadas, fundamentalmente jóvenes, de siete especies en 403 apoyos del tendido eléctrico: 4 cigüeñas blancas, 4 águilas imperiales ibéricas, 5 águilas reales, 40 águilas-azor perdiceras, 12 busardos moros, 4 halcones borní y 1 búho desértico.
- La alta incidencia de la electrocución se debe a que esta región, en especial la que rodea al valle del Oued Boussafane, constituye un área de dispersión y asentamiento temporal de poblaciones no adultas de grandes y pequeñas rapaces, incluida en una zona mayor que comprendería el área entre Sidi Ifni, Guelmim y bajo Drâa. La zona se caracteriza por una alta abundancia de presas, falta de posaderos naturales y alta densidad de apoyos de tendidos eléctricos.
- La importancia para la conservación de esta zona es de carácter internacional dada la presencia de varias águilas imperiales ibéricas, una especie catalogada como "Vulnerable", al menos desde principios del siglo XXI. Existe además una importante población juvenil de águila-azor perdicera con procedencia tanto magrebí como ibérica.
- La mortalidad por electrocución en esta zona alcanza valores similares a los que produjeron el declive de las poblaciones reproductoras de grandes rapaces en otras regiones y puede estar afectando a la dinámica poblacional

## Conclusions et recommandations

- Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude confirment pour la première fois que les électrocutions survenant sur les lignes électriques représentent une grave menace pour la conservation des populations de rapaces en Afrique du Nord, du moins de manière non isolée et avec un impact élevé sur les populations originaires non seulement du Maroc mais aussi de la péninsule Ibérique, certaines d'entre elles étant très menacées à l'instar de l'aigle ibérique.
- Le point noir de la mortalité par électrocution se situe au sud-ouest du Maroc, dans la région de Guelmim-Oued Noun, entre les localités de Guelmim et de Tan-Tan. Dans cette zone, 70 oiseaux électrocutés (en majorité des jeunes) appartenant à sept espèces différentes ont été retrouvés sur 403 pylônes électriques : 4 cigognes blanches, 4 aigles ibériques, 5 aigles royaux, 40 aigles de Bonelli, 12 buses féroces, 4 faucons laniers et 1 grand-duc du désert.
- Le nombre élevé des cas d'électrocution s'explique par le fait que cette région, en particulier autour de la vallée de l'Oued Boussafane, constitue une aire de dispersion et d'établissement temporaire pour les populations de grands et petits rapaces non adultes, incluse dans une zone plus vaste couvrant le territoire situé entre les villes de Sidi Ifni et Guelmim et le secteur en aval de l'Oued Drâa. La zone se caractérise par une grande abondance de proies, l'absence de perchoirs naturels et une forte densité de pylônes électriques.
- L'importance de la conservation de cette zone revêt une dimension internationale en raison de la présence de plusieurs aigles ibériques, une espèce classée « Vulnérable », au moins depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle. En outre, il existe une importante population juvénile d'aigles de Bonelli, originaires du Maghreb et de la péninsule Ibérique.
- Dans cette zone, la mortalité par électrocution atteint des valeurs similaires à celles associées au déclin des popula-

y conservación de las poblaciones no solo marroquíes, sino también europeas de águila imperial ibérica y águila-azor perdicera.

- Se han detectado 20 tipos de diseño de apoyos diferentes. En 11 de estos se ha producido alguna electrocución, especialmente en aquellos con conductores en cadena de amarre y montaje en horizontal o bóveda y aquellos que tienen elementos en tensión por encima de la cruceta. Además se han detectado diseños de apoyos hasta la fecha sólo encontrados en Marruecos, muy peligrosos para las grandes rapaces.
- Los resultados obtenidos permiten recomendar el aislamiento urgente de los tendidos identificados en este trabajo dado que los valores registrados en este estudio, comparados con otros trabajos sobre mortalidad de aves en líneas eléctricas, muestran lo que podría ser uno de los mayores índices de mortalidad de aves rapaces por apoyos registrado hasta la actualidad en el Mediterráneo. Al menos los apoyos de todas las líneas en las que se han detectado y se detecten electrocuciones y todos aquellos con un diseño con un índice de peligrosidad por apoyo superior a 0.1, indicados en la Tabla 4 del presente informe, deberían contar con aislamiento de los conductores, debiendo priorizar por las líneas denominadas A, A1, A2, B, B1, B2 y C.
- Se recomienda realizar una revisión semestral o anual de las líneas y apoyos identificados en este estudio, con especial prioridad a las líneas A, A1, A2, B, B1, B2 y C, con el objetivo de monitorizar la mortalidad a medio-largo plazo y ampliar la información actual para optimizar las futuras correcciones de estos apoyos.
- Ante la gravedad de esta amenaza que puede estar limitando en Marruecos las poblaciones de rapaces amenazadas tanto del país como de Europa, se recomienda la búsqueda de apoyos peligrosos en zonas limítrofes a las líneas A y B, especialmente la continuidad del muestreo en la línea B en dirección norte. Además, sería recomendable la prospección de otras posibles zonas peligrosas por todo el país mediante equipos de caracterización de tendidos debidamente preparados.
- Con el objeto de optimizar los recursos económicos, técnicas y metodologías para la corrección de apoyos en líneas eléctricas en Marruecos, se debe fomentar el intercambio de experiencias entre administraciones públicas de ambos países, entidades de conservación de la naturaleza y compañías eléctricas marroquíes y españolas con contrastada experiencia en la materia.

tions reproductrices de grands rapaces dans d'autres régions, et elle peut affecter la dynamique et la conservation des populations d'aigles ibériques et d'aigles de Bonelli non seulement marocaines mais aussi européennes.

- Vingt types de pylônes de conception différente ont été détectés. Sur ces 20 types, 11 ont provoqué des électrocutions, en particulier les pylônes dotés de conducteurs avec chaîne d'ancrage et de configuration horizontale ou en forme de voûte, ainsi que les pylônes comportant des éléments sous tension au-dessus de la traverse. De plus, parmi les types de pylônes identifiés, certains n'ont été observés qu'au Maroc (du moins jusqu'à présent) et leur conception est très dangereuse pour les grands rapaces.
- Les résultats obtenus permettent de recommander de toute urgence l'isolation des lignes électriques identifiées dans le cadre de ce travail, étant donné que les valeurs enregistrées lors de cette étude (en comparaison avec d'autres travaux), concernant la mortalité des oiseaux attribuable aux lignes électriques, démontrent que les indices de mortalité des rapaces par pylône pourraient figurer parmi les plus élevés enregistrés jusqu'à présent en Méditerranée. Il est nécessaire d'isoler les conducteurs au moins sur les pylônes de toutes les lignes sur lesquelles des électrocutions ont été détectées (et le sont encore), ainsi que sur tous les types de pylônes ayant un indice de dangerosité par type de pylône (IPAp) supérieur à 0,1 (voir Tableau 4), en traitant en priorité les Lignes A, A1, A2, B, B1, B2 et C.
- Il est recommandé de passer en revue, tous les semestres ou tous les ans, l'ensemble des lignes et des pylônes identifiés dans le cadre de la présente étude, en accordant la priorité aux Lignes A, A1, A2, B, B1, B2 et C, ceci afin de surveiller la mortalité à moyen et long terme, et de fournir davantage d'informations actualisées en vue d'optimiser les futures mesures correctives concernant ces pylônes.
- Face à la gravité de cette menace qui est peut-être en train de limiter les populations de rapaces menacés au Maroc, originaires non seulement de ce pays mais aussi d'Europe, il est recommandé de rechercher les pylônes dangereux situés dans les zones adjacentes aux Lignes A et B, en particulier en poursuivant l'échantillonnage de la Ligne B en direction du nord. De plus, il serait souhaitable de prospector les autres zones potentiellement dangereuses dans l'ensemble du pays, grâce à des équipes dûment préparées et chargées d'identifier les caractéristiques des lignes.
- Afin d'optimiser les ressources économiques, les techniques et les méthodologies pour la mise en place de mesures correctives concernant les pylônes des lignes électriques au Maroc, il est nécessaire d'encourager l'échange d'expériences entre les administrations publiques des pays concernés, les organisations dédiées à la conservation de la nature et les compagnies d'électricité au Maroc et en Espagne, dont l'expérience est contrastée en la matière.

## Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han colaborado y apoyado este primer seguimiento de líneas eléctricas en Marruecos. En primer lugar agradecer al Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) del Reino de Marruecos por las autorizaciones para poder realizar este muestreo y en especial al Sr. M. Irizi, Director Regional en Guelmim de esta entidad estatal. Igualmente agradecer al Dr. M. Dakki, Presidente del Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc (GREPOM/BirdLife Morocco), su colaboración y apoyo para la realización de este trabajo. A Brahim Bakass por su ayuda en los itinerarios recorridos. Al Plan de Recuperación del Águila Imperial Ibérica de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía y la Estación Biológica de Doñana del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, cuyo trabajo en la reintroducción de la especie en Andalucía y el marcaje con emisores satélite permitió detectar este punto negro de mortalidad y poner de manifiesto la gravedad del problema en el país. En este sentido, Virginia Morandini, de la EBD-CSIC, compartió en tiempo real la información de las localizaciones de los individuos marcados a su paso por Marruecos. A. A. Errati y H. Loran que ayudaron a Ali Irizi durante la localización en un primer momento del punto de electrocución del águila imperial ibérica marcada con emisor satélite. A. H. Kharraz por su hospitalidad y la localización del águila imperial ibérica reproductora con posterioridad a la expedición. J.R. Garrido, D. Burón y C. Machado financiaron parte del muestreo. Y finalmente, agradecer muy especialmente el permanente apoyo e impulso recibido desde el Centro de Cooperación del Mediterráneo de IUCN, y en especial de su director Sr. A. Troya.

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la fundación MAVA.

## Remerciements

Nous remercions sincèrement toutes les personnes et entités qui ont participé et apporté leur soutien à cette première mission de suivi des lignes électriques au Maroc. En premier lieu, nous adressons nos remerciements au Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD) du Royaume du Maroc, pour les autorisations délivrées afin de permettre la réalisation de cet échantillonnage, et en particulier M. Irizi, directeur régional à Guelmim auprès de cette entité étatique. De même, nous remercions le D<sup>r</sup> M. Dakki, président du Groupe de Recherche pour la Protection des Oiseaux au Maroc (GREPOM/BirdLife Morocco), pour sa collaboration et son soutien dans le cadre de ce travail. Merci à Brahim Bakass pour son aide lors des itinéraires parcourus. Merci au Plan de restauration de l'aigle ibérique du ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (CMAyOT) de la Junta de Andalucía, et à la Station biologique de Doñana rattachée au Conseil supérieur de recherche scientifique (EBD-CSIC), dont le travail en matière de réintroduction de l'espèce en Andalousie et de balisage à l'aide d'émetteurs par satellite a permis de détecter ce point noir de mortalité et de mettre en évidence la gravité du problème dans le pays. Dans ce cadre, Virginia Morandini (EBD-CSIC) a partagé en temps réel les informations de localisation des individus suivis, lors de leur passage au Maroc. Nous remercions A. Errati et H. Loran qui ont aidé Ali Irizi à identifier, dans un premier temps, le lieu de l'électrocution de l'aigle ibérique porteur d'un émetteur par satellite. Merci également à H. Kharraz pour son hospitalité et pour avoir localisé le cadavre d'un aigle ibérique reproducteur une fois l'expédition terminée. Nous remercions J.R. Garrido, D. Burón et C. Machado pour avoir financé une partie de l'échantillonnage. Enfin, nous sommes particulièrement reconnaissants envers le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'IUCN, et en particulier son directeur, M. A. Troya, pour son soutien permanent et l'impulsion donnée à cette mission.

La réalisation de ce travail a été possible grâce à la financement de la fondation MAVA.



# Bibliografía

## Bibliographie

- Angelov, I., Hashim, I. y Oppel, S. (2012). Persistent electrocution mortality of Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* over 28 years in East Africa. *Bird Conservation International*: 1-6.
- Arroyo, B. y Ferreiro, E. (1999). *European Union Appecies Action Plan for Bonelli's Eagle (Hieraetus fasciatus)*. The European Commission and Bird Life International, Brussels, Belgium. [http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/wildbirds/action\\_plans/docs/hieraetus\\_fasciatus.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/wildbirds/action_plans/docs/hieraetus_fasciatus.pdf)
- Amezian, M., Irizi, A., Errati, A., Loran, H., El Khamlichi, R., Morandini, V., González, D.G. y Garrido, J.R. (2015). Spanish Imperial Eagles and other eagles found electrocuted in Morocco and proposition of correction measures.figshare. <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1613292>
- Benson, P.C. (1981). *Large raptor electrocution and power pole utilization: a study in six western states*. Ph.D. Dissertation, Brigham Young University, Provo, UT, USA.
- Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation* 86: 67-76.
- Bevanger, K. (1999). Estimación de mortalidad de aves provocada por colisión y electrocución en líneas eléctricas; una revisión de la metodología (31-60 pp.). In: Ferrer, M. y G.F.E. Janss (Eds.), *Aves y Líneas Eléctricas. Colisión, Electrocción y Nidificación*. Quercus. Madrid.
- BirdLife International. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2015: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T22696060A80364370.en>. Downloaded on **01 March 2016**.
- Boshoff, A.F., Minnie, J.C., Tambling, C.J. y Michael, M.D. (2011). The impact of power line-related mortality on the Cape Vulture *Gyps coprotheres* in a part of its range, with an emphasis on electrocution. *Bird Conservation International* 21: 311-327.
- Chevallier, C., Hernández-Matías, A., Real, J., Vincent-Martin, N., Ravayrol, A. y Besnard, A. (2015). Retrofitting of power lines effectively reduces mortality by electrocution in large birds: an example with the endangered Bonelli's eagle. *Journal of Applied Ecology* doi: 10.1111/1365-2664.12476
- Donázar, J.A., Palacios, C.J., Gangoso, L., Ceballos, O., González, M.J. e Hiraldo, F. (2002). Conservation status and limiting factors in the endangered population of Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in the Canary Islands. *Biological Conservation* 107: 89-98.
- Dwyer, J.F. (2004). *Investigating and mitigating raptor electrocution in an urban environment*. M.S. Thesis, University of Arizona, Tucson, AZ, USA. <http://filebox.vt.edu/users/jfdwyer/Webpage/>
- El Agbani, M.A. y Qninba, A. (2011). *Les oiseaux d'intérêt patrimonial au Maroc*. Publications du GREPOM n° 3, 2011.
- Ferrer, M., De La Riva, M. y Castroviejo, J. (1991). Electrocution of raptors on power lines in Southern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62: 54-69.
- Ferrer, M. (1996). *Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre avifauna en espacios naturales protegidos. Manual para la valorización de riesgos y soluciones*. Sevillana ENDESA, Iberdrola y Red Eléctrica Española.
- Ferrer, M. (2012). Aves y tendidos eléctricos. *Del conflicto a la solución*. ENDESA S.A., Madrid, y Fundación Migres, Cádiz, 187 pp.
- Flint, P.L., Lance, E.W., Sowl, K.M. and Donnelly, T.F. (2010). Estimating carcass persistence and scavenging bias in a human-influenced landscape in western Alaska. *Journal of Field Ornithology* 81: 206-214.
- García, D. y Garrido, J.R. (2015). *Informe sobre el seguimiento de la población de águila imperial ibérica en 2013. Plan de Recuperación del águila imperial ibérica (Aquila adalberti) en Andalucía*. Unpublished report. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

- Garrido, J.R. (2003). *Plan de Actuación para la Aplicación de Medidas Correctoras en Tendidos Eléctricos de Baja y Media Tensión para la Avifauna*. Tragsa, Huelva, [online] [https://www.academia.edu/1629641/Plan\\_de\\_actuaci%C3%B3n\\_para\\_la\\_aplicaci%C3%B3n\\_de\\_medidas\\_correctoras\\_en\\_tendidos\\_el%C3%A9ctricos\\_de\\_baja\\_y\\_media\\_tensi%C3%B3n\\_para\\_la\\_avifauna](https://www.academia.edu/1629641/Plan_de_actuaci%C3%B3n_para_la_aplicaci%C3%B3n_de_medidas_correctoras_en_tendidos_el%C3%A9ctricos_de_baja_y_media_tensi%C3%B3n_para_la_avifauna). Huelva
- Garrido, J.R. y Martín, J. (2015). Identificación de tendidos eléctricos peligrosos. In: Fajardo, I.; Martín, J.; Ruiz, A. (Coord.), 2015. *Manual de protección legal de la biodiversidad para agentes de la autoridad ambiental en Andalucía*. 3ª edición corregida y aumentada, pp. 272-295. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- González, L.M., Margalida, A., Mañosa, S., Sánchez, R., Oria, J., Molina, J.I., Caldera, J., Aranda, A. y Prada, L. (2007). Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the Vulnerable Spanish imperial eagle (*Aquila adalberti*) during a recovery period. *Oryx* 41: 495-502.
- García Matarranz, V. (2013). *Guía de identificación de rapaces ibéricas por restos óseos (1ª parte, grandes rapaces)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Grande, J.M., Serrano, D., Tavecchia, G., Carrete, M., Ceballos, O., Tella, J.L. y Donazar, J.A. (2009). Survival in a long-lived territorial migrant: effects of life-history traits and ecological conditions in wintering and breeding areas. *Oikos* 118: 580-590.
- Guil, F., Fernández-Olalla, M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., Gómez, M.E., Aranda, A., Arredondo, A., Guzmán, J., Oria, J., González, L.M. y Margalida, A. (2011). Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize the application of mitigation measures. *PLoS One* 6: e28212.
- Guzmán, J. y Castaño, J.P. (1998). Electrocutación de rapaces en líneas eléctricas de distribución en Sierra Morena oriental y Campo de Montiel. *Ardeola* 45: 161-169.
- Harnees, R.E., Juvvadi, P.R. y Dwyer, J.D. (2013). Avian electrocutions in Western Rajasthan, India. *Journal of Raptor Research* 47(4): 352-364.
- Hernández-Matías, A., Real, J., Parés, F. y Pradel, R. (2015). Electrocutation threatens the viability of populations of the endangered Bonelli's eagle (*Aquila fasciata*) in Southern Europe. *Biological Conservation* 191: 110-116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.028>
- Iglesias, J.J. y Álvarez, E. (2016). Sorprendentes águilas perdiceras: dos ejemplares cruzaron el Estrecho. *Quercus* 361: 30-33.
- Janss, G.F.E. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a specie-specific mortality. *Biological Conservation* 95: 335-359.
- Janss, G.F.E. y Ferrer, M. (1998). Rate of bird collision with power lines: effects of conductor- marking and static wire marking. *Journal of Field Ornithology* 69: 8-17.
- Janss, G.F.E. y Ferrer, M. (1999). Avian electrocution on power poles: European experiences. In: Ferrer, M., Janss, G.F.E. (Eds.), *Birds and Power Lines: Collision, Electrocution, and Breeding*. Quercus, Madrid, Spain, pp. 145-164.
- Janss, G.F.E. y Ferrer, M. (2000). Common crane and great bustard collision with power lines: collision rate and risk exposure. *Wildlife Society Bulletin* 28: 675-680.
- Janss, G.F.E. y Ferrer, M. (2001). Avian electrocution mortality in relation to pole design and adjacent habitat in Spain. *Bird Conservation International* 11: 3-12.
- Kruger, R. (1999). *Towards solving raptor electrocutions on Eskom distribution structures in South Africa*. Mini-Thesis. Univ. Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.
- Lehman, R.N., Kennedy, P.L. y Savidge, J.A. (2007). The estate of the art in raptor electrocution research: a global review. *Biological Conservation*, 126: 159-174.
- Lesham, Y. (1985). Griffon vultures in Israel – electrocution and other reasons for a declining population. *Vulture News* 13, 14-20.
- Mañosa, S. (2001). Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation* 10: 1997-2010.
- Morandini V., Florencio, C., Garrido, J.R., de Diego, S., Muñoz, F., González, M., Torralvo, C. y Ferrer M. (2016). Águila imperial ibérica: recuperando espacio más allá de las fronteras. *Quercus* 361: 24-29.
- Nikolaus, G. (1984). Large numbers of birds killed by electric power line. *Scopus* 8: 42.
- Platt, C.M. (2005). *Patterns of raptor electrocution mortality on distribution power lines in southeast Alberta*. Thesis for the degree of Master of Science in Wildlife Ecology and Management of University of Alberta.
- Pérez-García, J.M., Botella, F. y Sánchez-Zapata, J.A. (2015). Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución en tendidos eléctricos sobre las aves. *Revista Catalana d'Ornitologia* 31: 61-83.
- Ponce, C., Alonso, J.C., Argandoña, G., García Fernández, A. y Carrasco, M. (2010). Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal Conservation* 13: 603-612.
- Ramírez, J., Iglesias, J.J., González, M., de la Cruz, A. y Morandini, V. (2016). Lluvias torrenciales y roedores, detrás de la concentración de grandes águilas al sur de Marruecos. *Quercus* 361: 34-37.
- Real, J., Grande, J.M., Mañosa, S. y Sánchez Zapata, J.A. (2001). Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* in Spain. *Bird Study*, 48: 221-228.
- Real, J., y Mañosa, S. (1997). Demography and conservation of western European Bonelli's eagle *Hieraetus fasciatus* populations. *Biological Conservation* 79: 59-66.

- Real, J., Mañosa, S., Cheylan, G., Bayle, P., Cugnasse, J.M., Sánchez-Zapata, J.A., Sánchez, M.A., Carmona, D., Martínez, J.E., Rico, L., Codina, J., del Amo, R. y Eguia, S. (1996). A preliminary demographic approach to the Bonelli's eagle *Hieraetus fasciatus* population decline in Spain and France. In: Meyburg, B-U., Chancellor, R.D. (Eds.), *Eagle Studies*. World Working Group on Birds of Prey and Owls, Berlin, Germany, pp. 523-528.
- SIECE (2015). *Manual para la Identificación de Tendidos Eléctricos Peligrosos*. Proyecto "Pon un tendido en tu punto de mira". Sociedad Ibérica para el Estudio y Conservación de los Ecosistemas (SIECE). [www.objetivotendidos.blogspot.com](http://www.objetivotendidos.blogspot.com)
- Sergio, F., Marchesi, L. y Penteriani, V. (2004). Electrocution alters the distribution and density of a top predator, the eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* 41: 836-845.
- Tintó, A., Real, J. y Mañosa, S. (2010). Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. *Journal of Wildlife Management* 74(8): 1852-1862.

## Anexo fotográfico

### Annexe photographique



**Figura 22.** Restos de tres águilas imperiales ibéricas (*Aquila adalberti*) (2, 3, 5) y un águila real (*Aquila chrysaetos*) (4) en la línea A en la primera visita en octubre de 2015 (Amezian *et al.*, 2015).

**Figure 22.** Restes de trois aigles ibériques (*Aquila adalberti*) (2, 3, 5) et d'un aigle royal (*Aquila chrysaetos*) (4) sur la Ligne A, lors de la première visite en octobre 2015 (Amezian *et al.*, 2015).





**Figura 23.** Restos óseos de águila imperial ibérica encontrados en la Línea B.

**Figure 23.** Ossements d'aigle ibérique retrouvés sur la Ligne B.



**Figura 24.** Cadáveres recientes de águila azor perdicera (*Aquila fasciata*) y de águila real (*Aquila chrysaetos*), ambos juveniles, en la Línea B2.

**Figure 24.** Cadavres récents d'un aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*) et d'un aigle royal (*Aquila chrysaetos*), tous deux juvéniles, sur la Ligne B2.





**Figura 25.** Cadáveres recientes de 2 halcones borní (*Falco biarmicus*) en la Línea F1.  
**Figure 25.** Cadavres récents de deux faucons laniers (*Falco biarmicus*) sur la Ligne F1.



**Figura 26.** Conjunto de apoyos en la Línea A representativos de la mayor parte de tipos de apoyo localizados en este estudio, siendo los que aparecen en la imagen los de mayores tasas de mortalidad.  
**Figure 26.** Ensemble de pylônes de la Ligne A, représentatifs de la majorité des types de pylônes observés lors de cette étude ; cette photo illustre les types de pylônes générant les taux de mortalité les plus élevés.





© D. Burón

**Figura 27.** Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) juvenil observada en la zona de Oued Boussafane. Este individuo portaba un emisor y procede del proyecto de reintroducción de esta especie en Andalucía (España). Obsérvese el buche lleno, algo habitual en las observaciones realizadas.

**Figure 27.** Aigle ibérique (*Aquila adalberti*) juvénile observé dans la zone de l'Oued Boussafane. Cet individu équipé d'un émetteur fait partie du projet de réintroduction de cette espèce en Andalousie (Espagne). À noter le jabot bien rempli de l'oiseau, un constat fréquent lors des observations réalisées.



© D. Burón

**Figura 28.** Restos de cuatro individuos de águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*) bajo el apoyo A-029 en la Línea A.

**Figure 28.** Restes de quatre aigles de Bonelli (*Aquila fasciata*) au pied du pylône A-029 sur la Ligne A.



**Figura 29.** Apoyo tipo P-02, con poste de hormigón (D-016).

**Figure 29.** Pylône de type P-02 avec poteau en béton (D-016).



**Figura 30.** Apoyo tipo P-02 a), una variante del apoyo de bóveda con la parte superior del poste muy cercana al hilo central (A-042). Presente principalmente en la Línea A, presenta el mayor índice de peligrosidad por tipo de apoyo.

**Figure 30.** Pylône de type P-02 a), variante du pylône en forme de voûte mais dont la partie supérieure du poteau est très proche du conducteur central (A-042). Figurant actuellement sur la Ligne A, il présente l'indice de dangerosité par type de pylône (IPAp) le plus élevé.





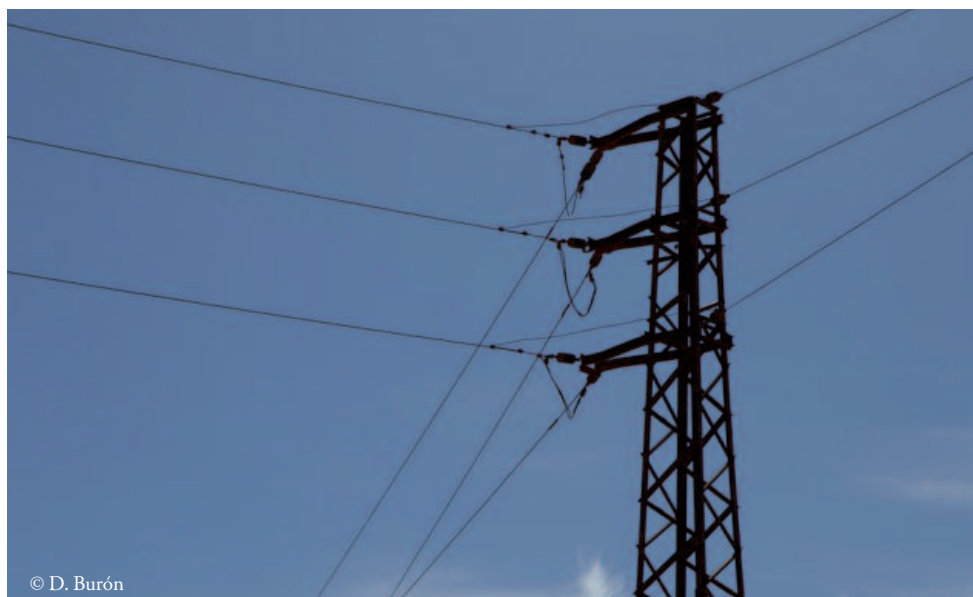
**Figura 31.** Apoyo tipo P-02 con derivación (A-105).  
Junto a este apoyo se encontraron los cadáveres  
de tres águilas-azor perdiceras (*Aquila fasciata*).

**Figure 31.** Pylône de type P-02 avec dérivation (A-105).  
Les cadavres de trois aigles de Bonelli (*Aquila fasciata*)  
ont été retrouvés à proximité de ce pylône.



**Figura 32.** Apoyo tipo P-03,  
con doble poste (pórtico) de hormigón (A-125).

**Figure 32.** Pylône de type P-03  
à double poteau (portique) en béton (A-125).



**Figura 33.** Apoyo tipo P-08, de amarre con puentes por debajo de los aisladores,  
variante con montaje vertical y derivación (D-007).

**Figure 33.** Pylône d'ancrage de type P-08, avec câbles de liaison en dessous des isolateurs,  
variante avec configuration verticale et dérivation (D-007).



© D. Burón

**Figura 34.** Apoyo tipo P-10, con pórtico (A-068).  
**Figure 34.** Pylône de type P-10 avec portique (A-068).



© C. Machado & A. Godino

**Figura 35.** Apoyo tipo P-15, con seccionador tripolar en vástago (B2-006), y en este caso fin de línea con transformador, donde se encontraron dos halcones boniados (*Falco biarmicus*).

**Figure 35.** Pylône de type P-15, avec sectionneur tripolaire sur le mât du pylône (B2-006) et, dans ce cas, fin de ligne avec transformateur, où ont été retrouvés deux faucons laniers (*Falco biarmicus*).





© D. Burón

**Figura 36.** Apoyo tipo P-16, con seccionador tripolar en cabecera (A-002).  
**Figure 36.** Pylône de type P-16 avec sectionneur tripolaire au sommet (A-002).



**Figura 37.** Águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*) preparada para dormir al atardecer, en el apoyo A-058, tipo P-10 de amarre.

**Figure 37.** Aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*) prêt à s'endormir à la tombée du jour, sur le pylône d'ancrage A-058 de type P-10.



**Figura 38.** Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) preparada para dormir al anochecer, en el apoyo A-060, tipo P-10 de amarre con emisor GPS procedente del programa de reintroducción en Andalucía en 2015.

**Figure 38.** Aigle ibérique (*Aquila adalberti*) prêt à s'endormir à la tombée de la nuit, sur le pylône d'ancrage A-060 de type P-10, et équipé d'un émetteur GPS dans le cadre du programme de réintroduction en Andalousie en 2015.





**Figura 39.** Águila real (*Aquila chrysaetos*) encontrada muerta por Ali Irizi el 22/10/2015 (izquierda) y su estado 82 días después, el 12/01/2016. Apoyo A-048.

**Figure 39.** Aigle royal (*Aquila chrysaetos*) retrouvé mort par Ali Irizi le 22/10/2015 (à gauche) et état de son cadavre le 12/01/2016, soit 82 jours plus tard (à droite). Pylône A-048.



**Figura 40.** El jird gordo (*Psammomys obesus*), la principal presa de las rapaces de la zona de estudio, puede superar los 200 g, algo menos de la quinta parte del peso de un conejo del sur de la Península ibérica.

**Figure 40.** Le rat des sables (*Psammomys obesus*), principale proie des rapaces de la zone d'étude, peut peser plus de 200 g, ce qui représente moins du cinquième du poids d'un lapin originaire du sud de la péninsule Ibérique.





© D. Burón

**Figura 41.** Egagrópila de una gran águila, encontrada junto a restos de águilas real e imperial, en el apoyo A-048.

**Figure 41.** Pelote de régurgitation d'un grand aigle, retrouvée à proximité des restes d'un aigle royal ou ibérique, au niveau du pylône A-048.



© D. Burón

**Figura 42.** Concentración de excrementos bajo el apoyo A-046, de tipo P-10 con doble vástago, en el que se encontraron los restos de un águila perdicera.

**Figure 42.** Concentration d'excréments au pied du pylône A-046 à double mât, de type P-10, où les restes d'un aigle de Bonelli ont été retrouvés.



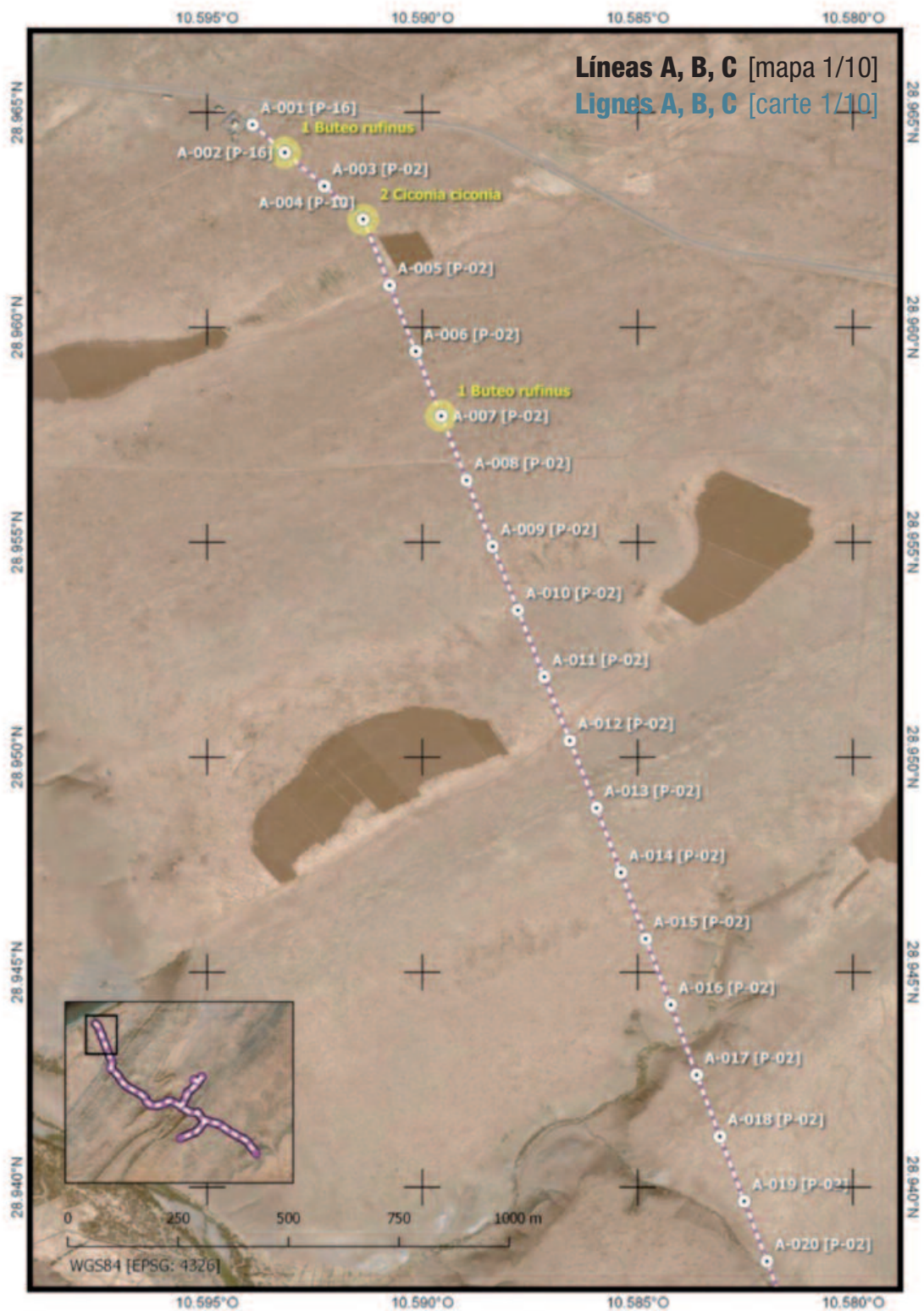
**Figura 43.** Búho moro o del desierto (*Bubo ascalaphus*) encontrado bajo el apoyo D-025, de tipo P-02.

**Figure 43.** Grand-duc ascalaphe ou grand-duc du désert (*Bubo ascalaphus*) retrouvé au pied du pylône D-025 (de type P-02).

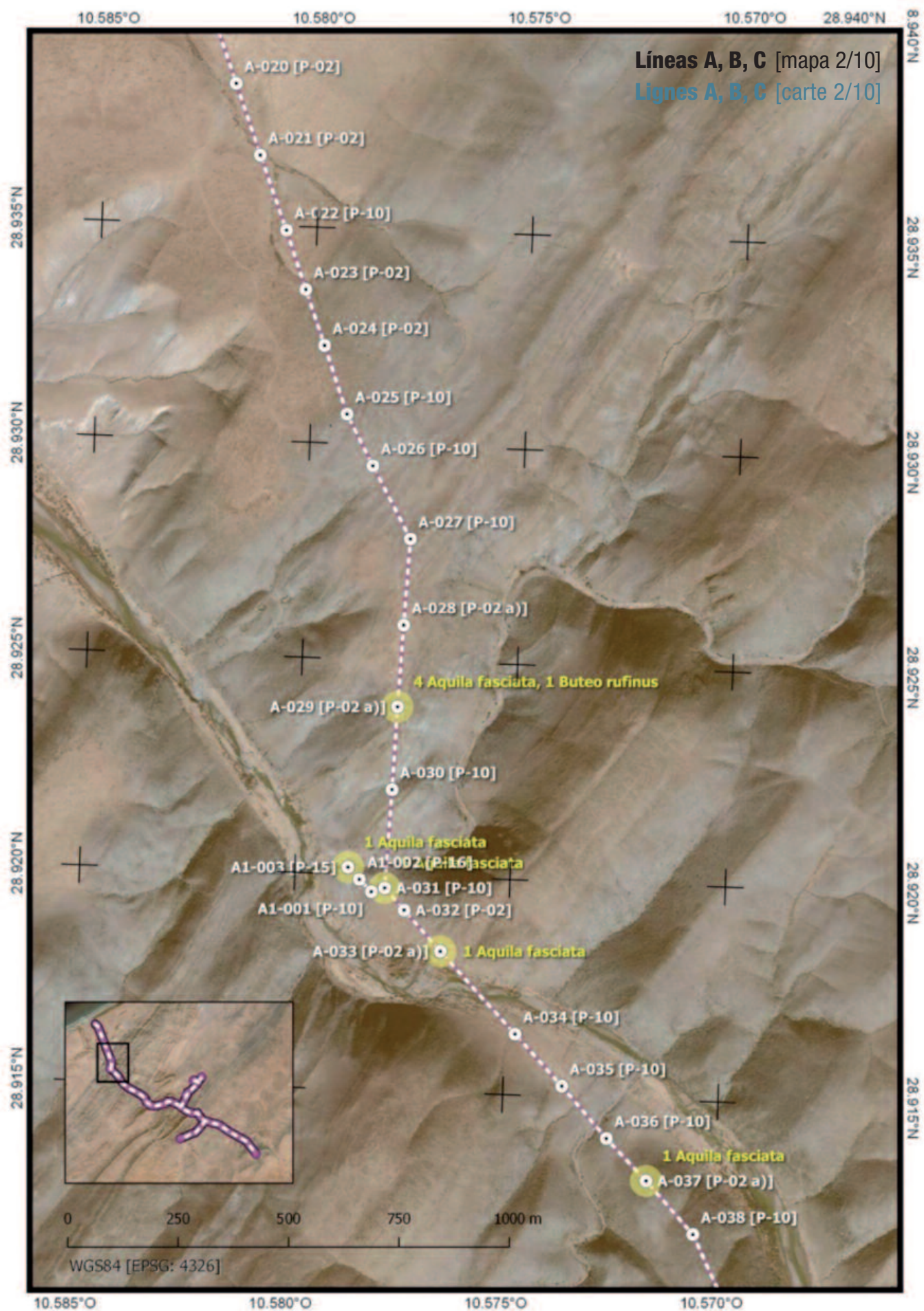


Anexo cartográfico

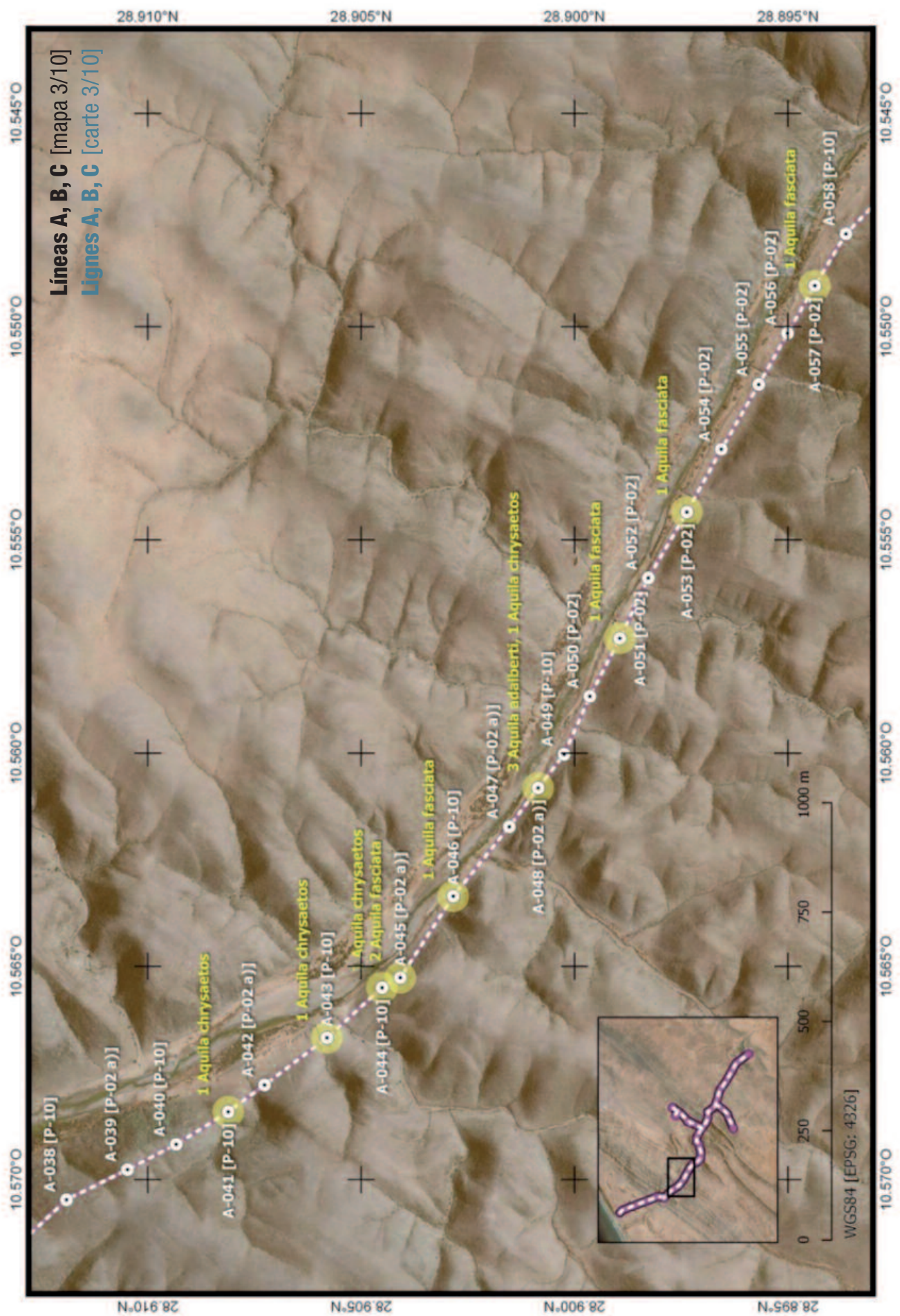
Annexe cartographique



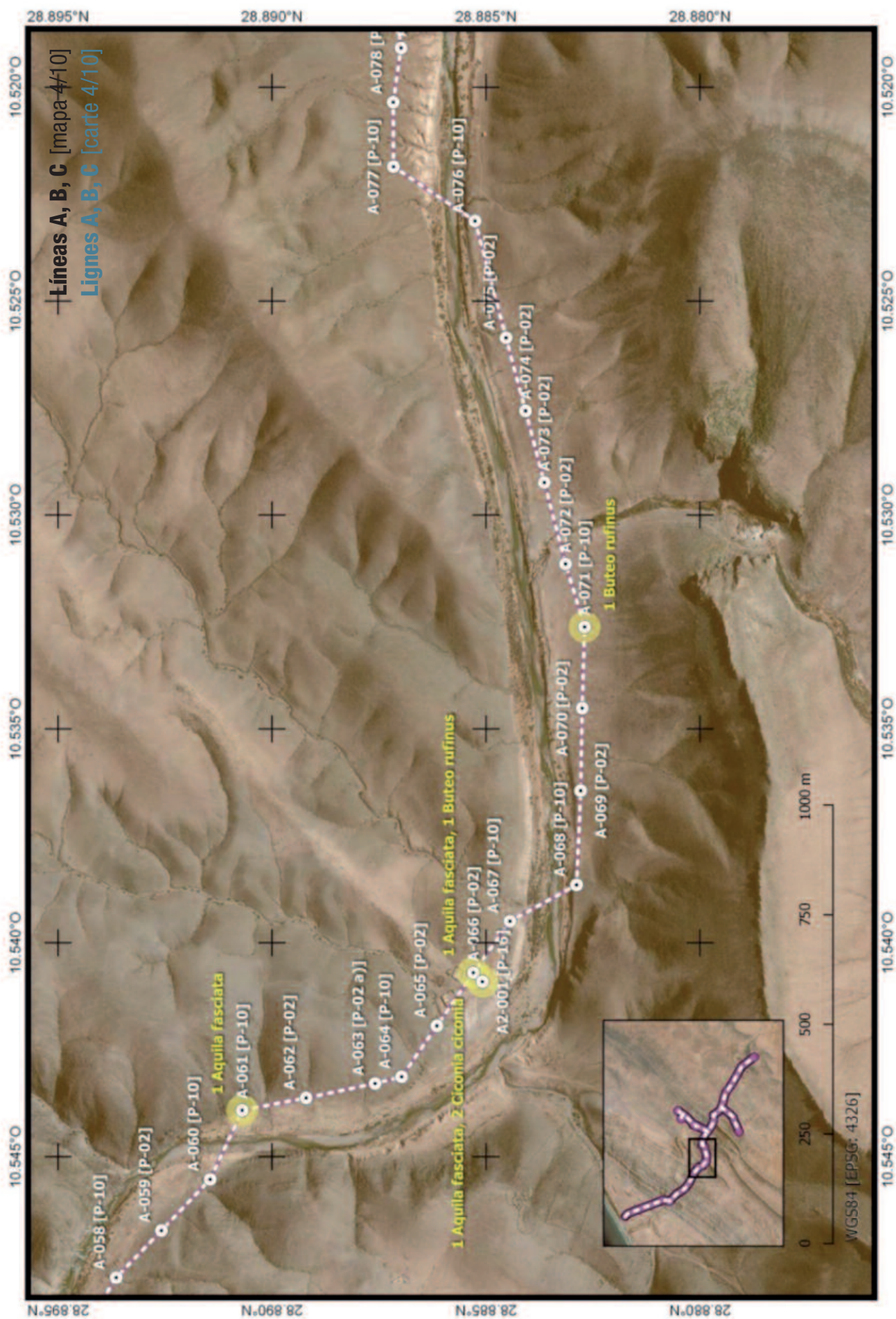




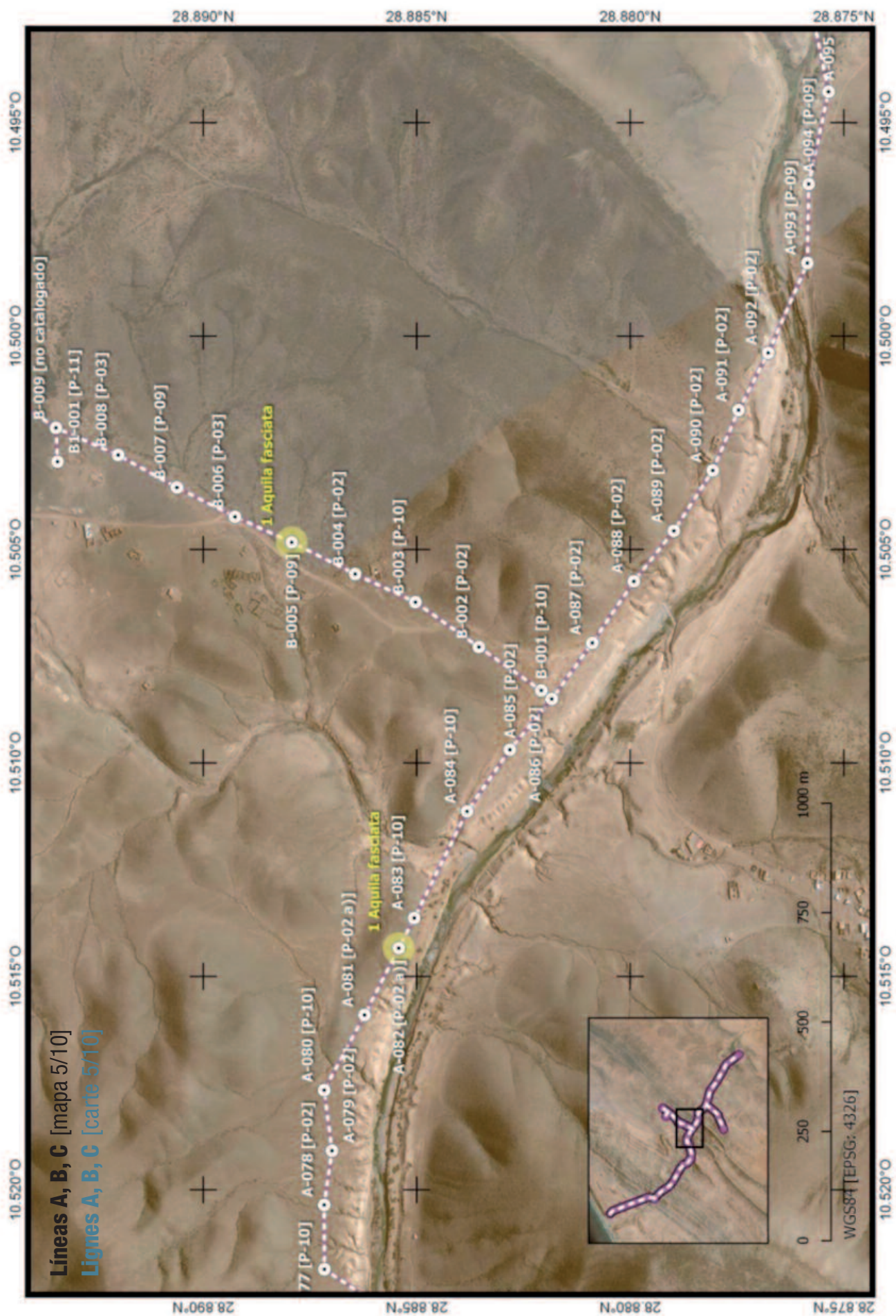




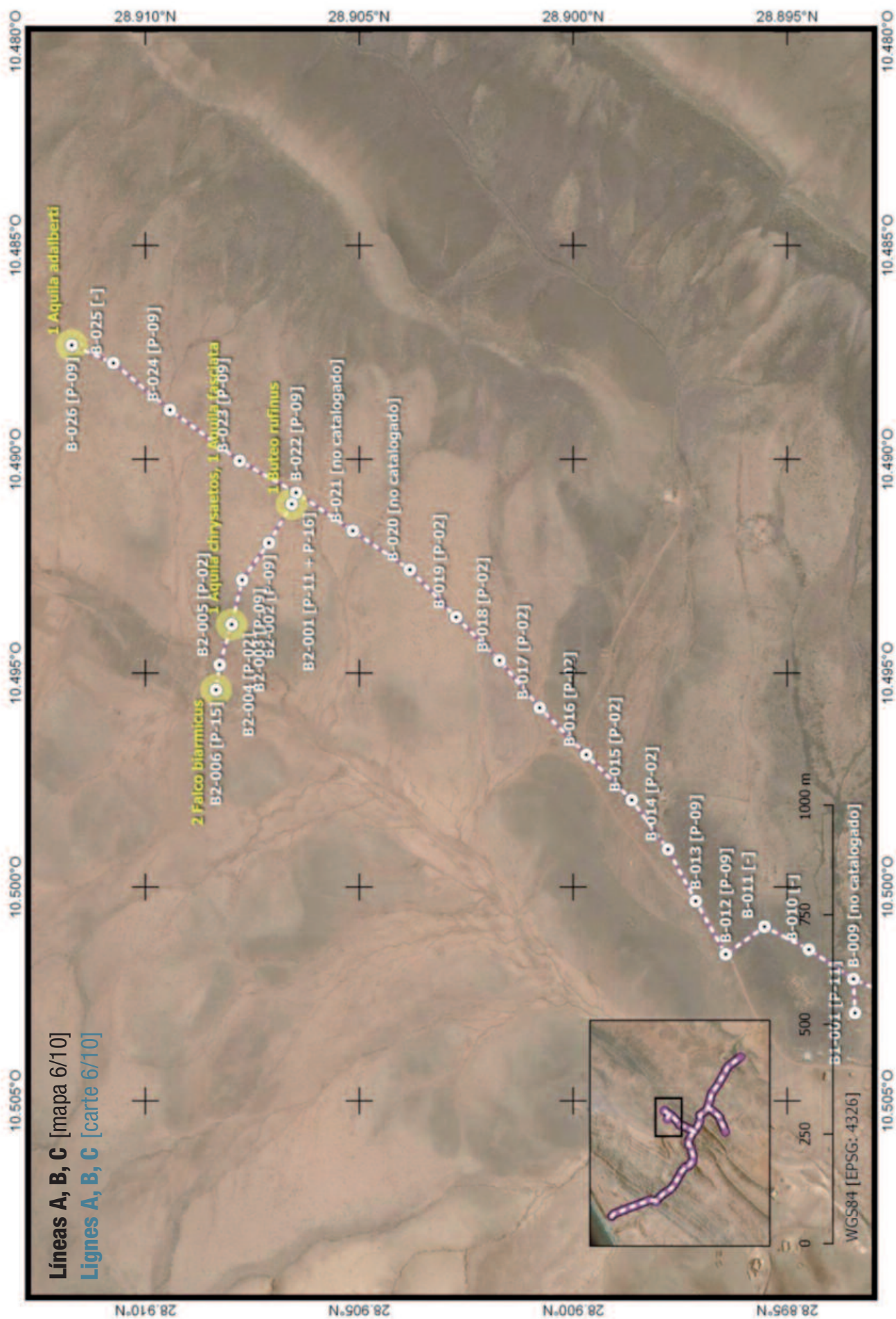




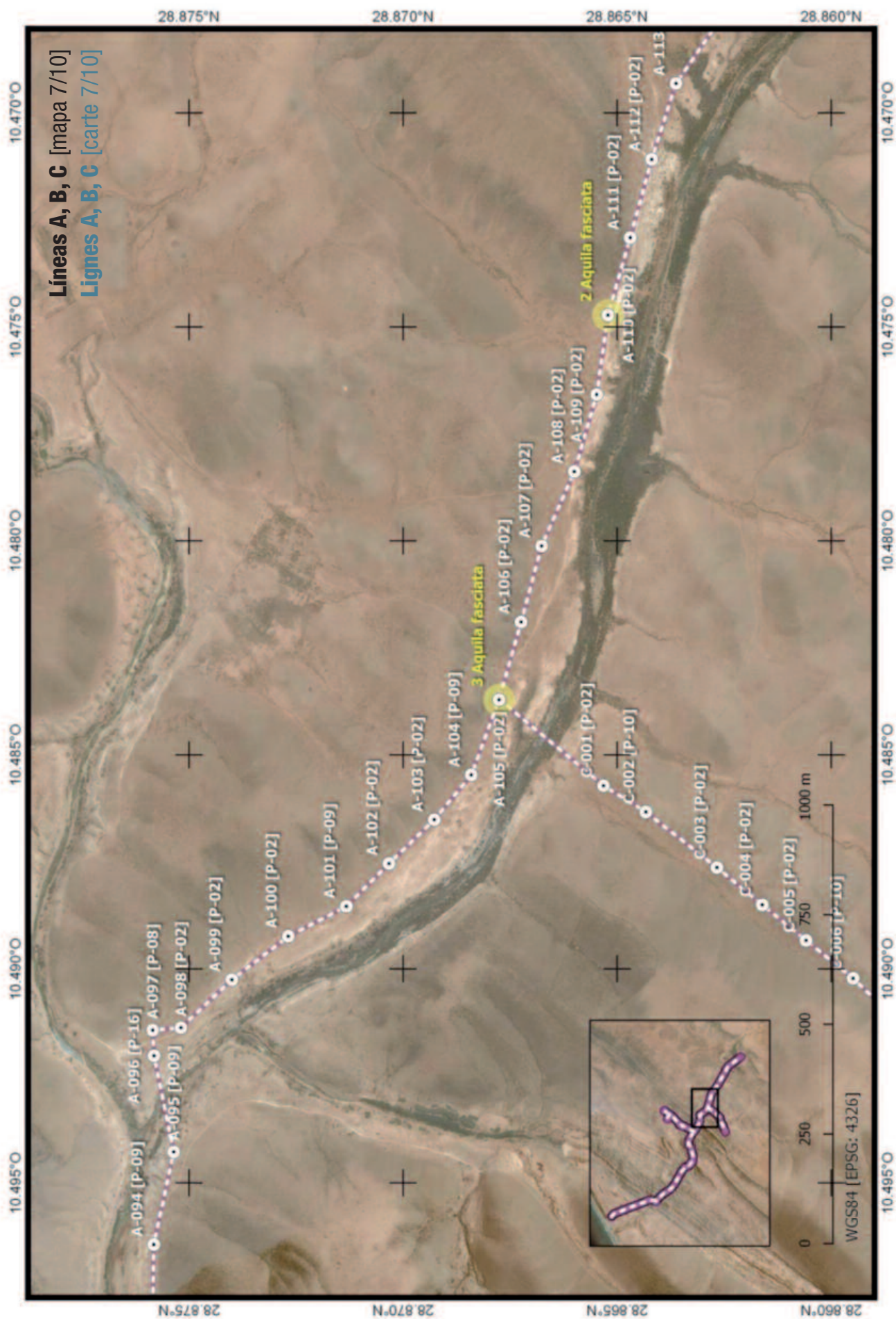




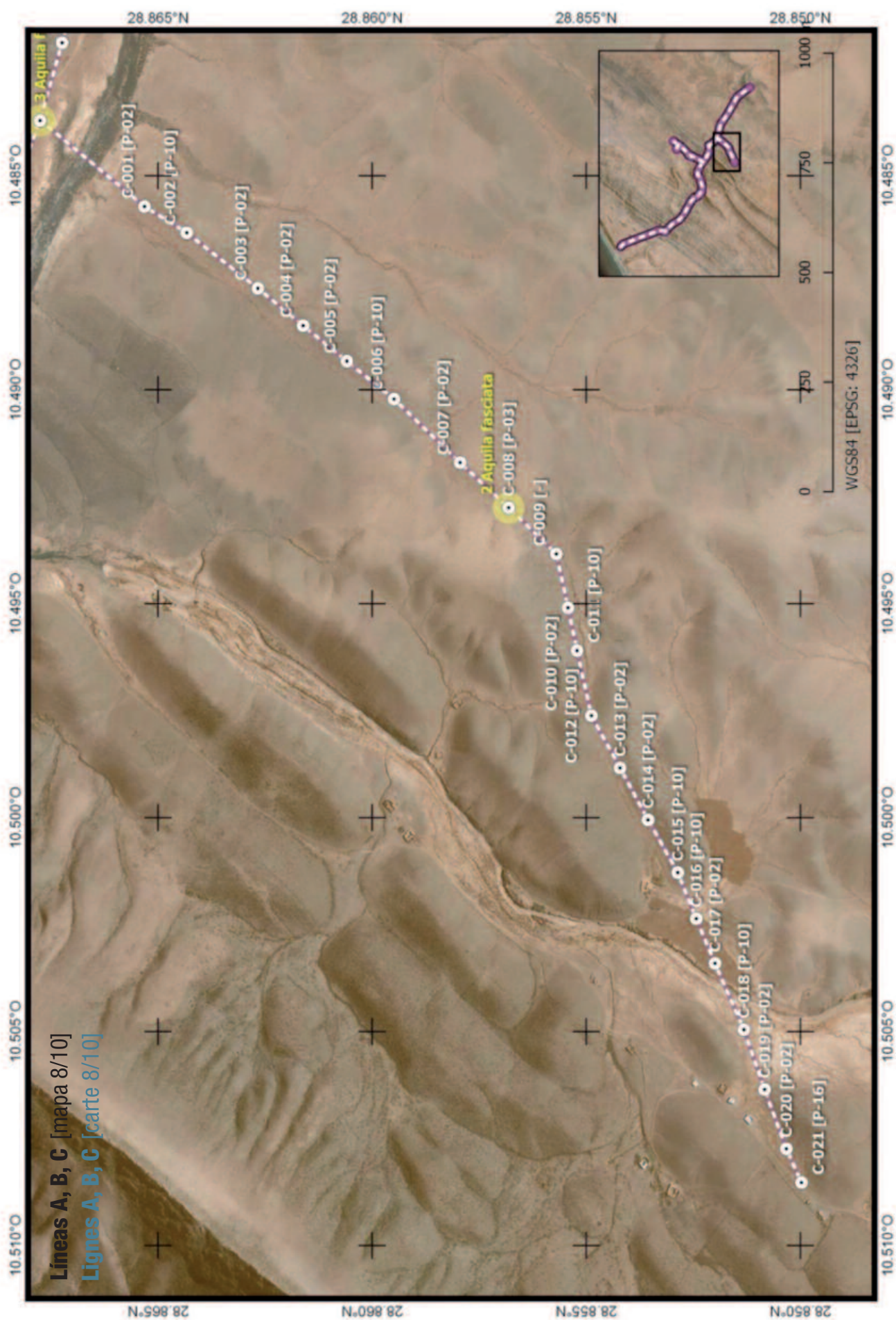




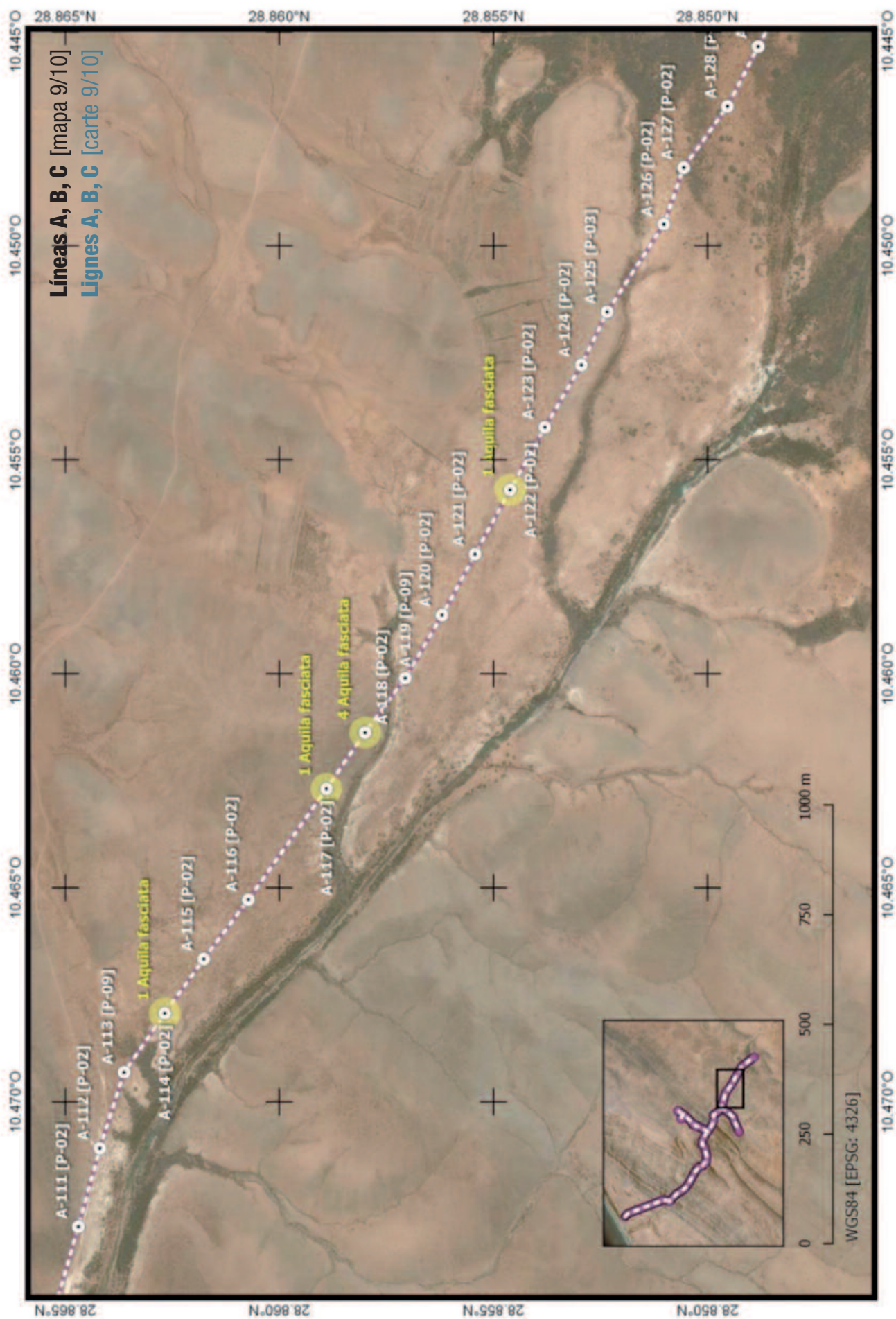




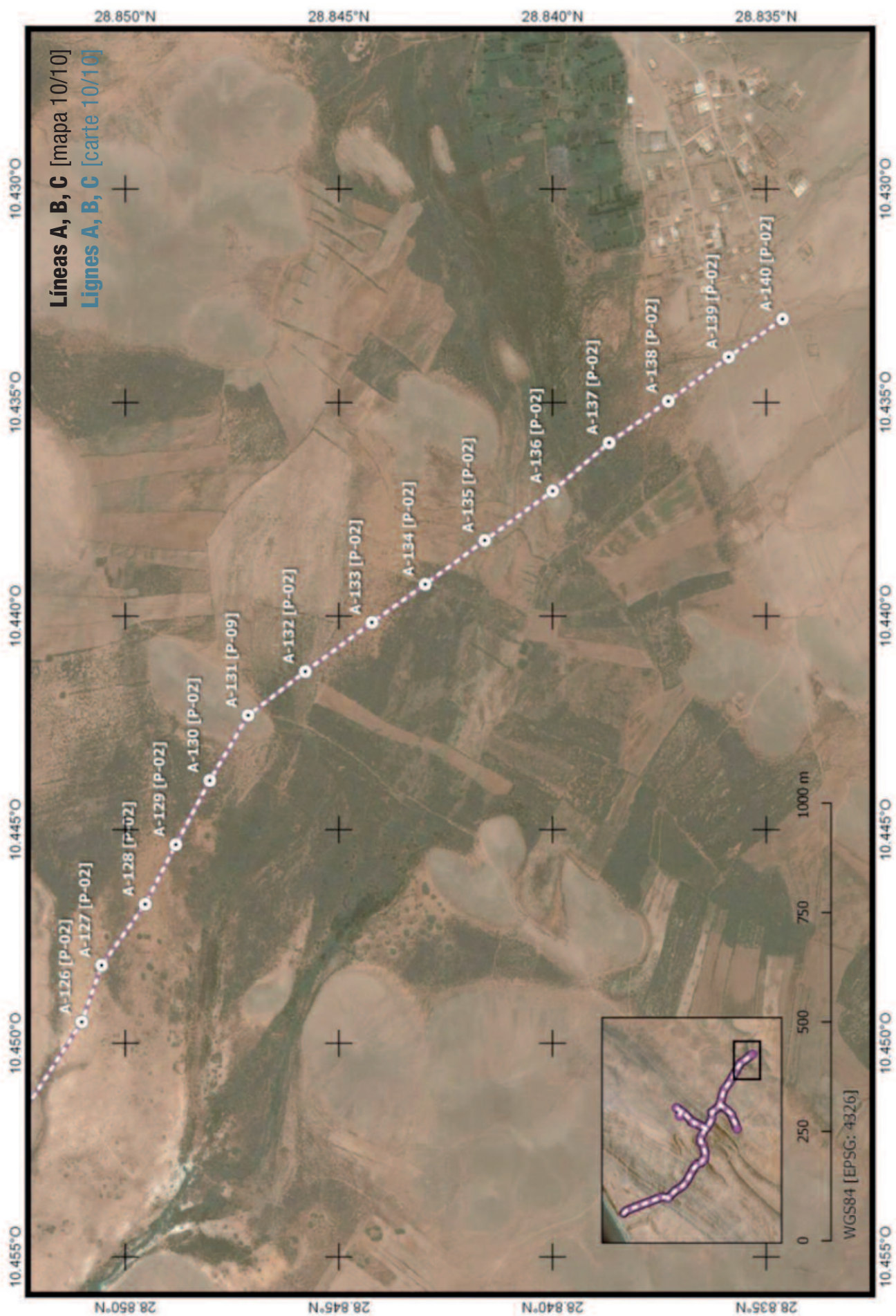




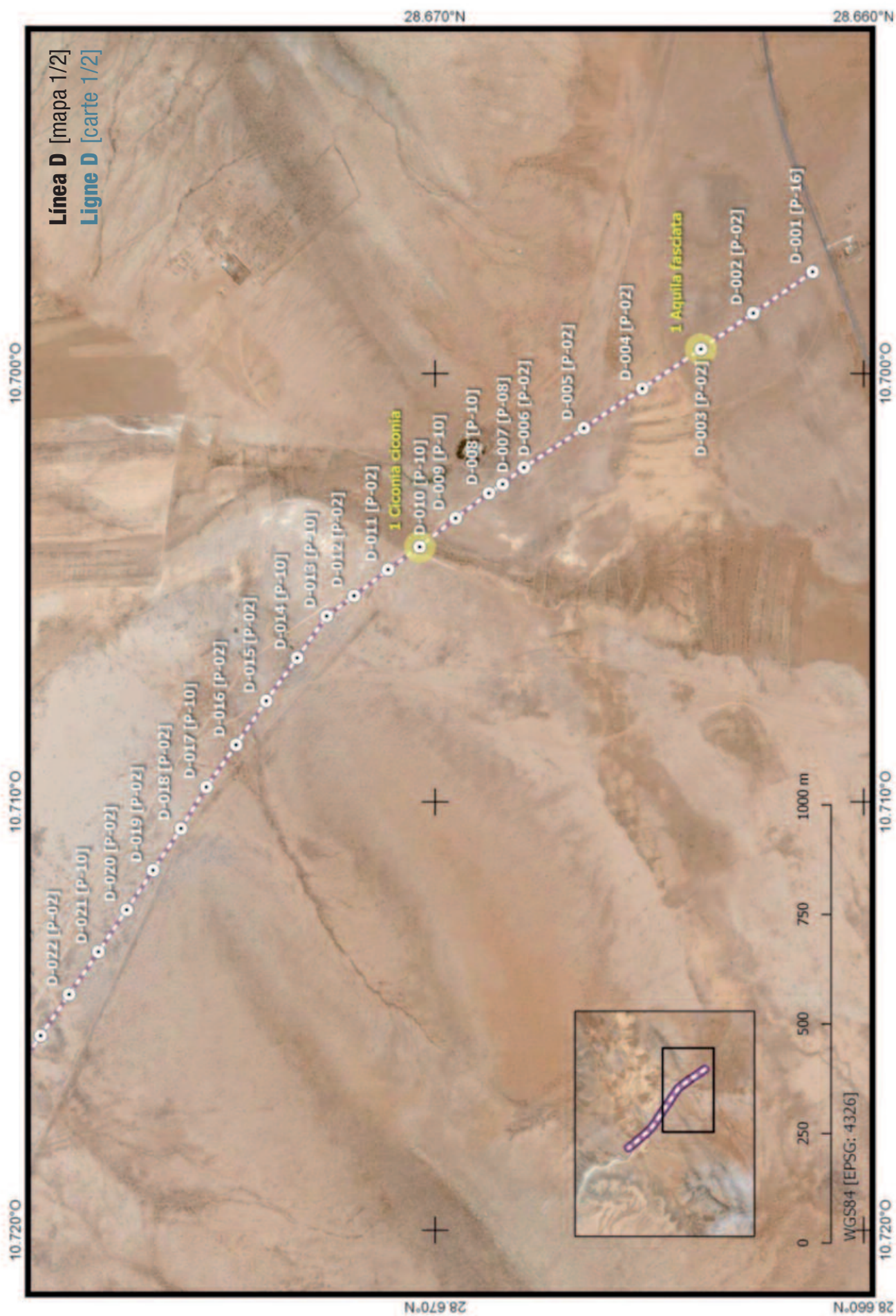






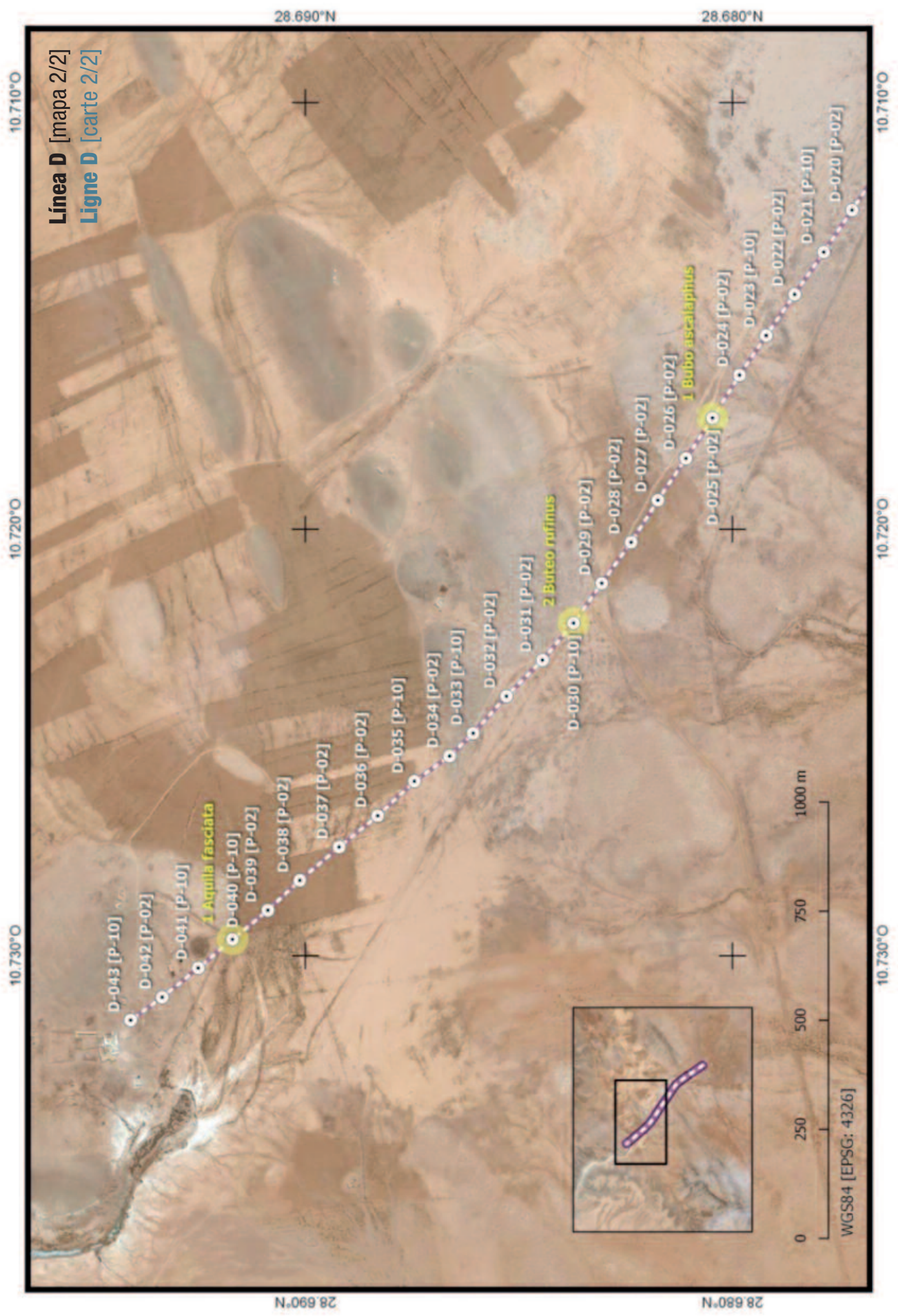




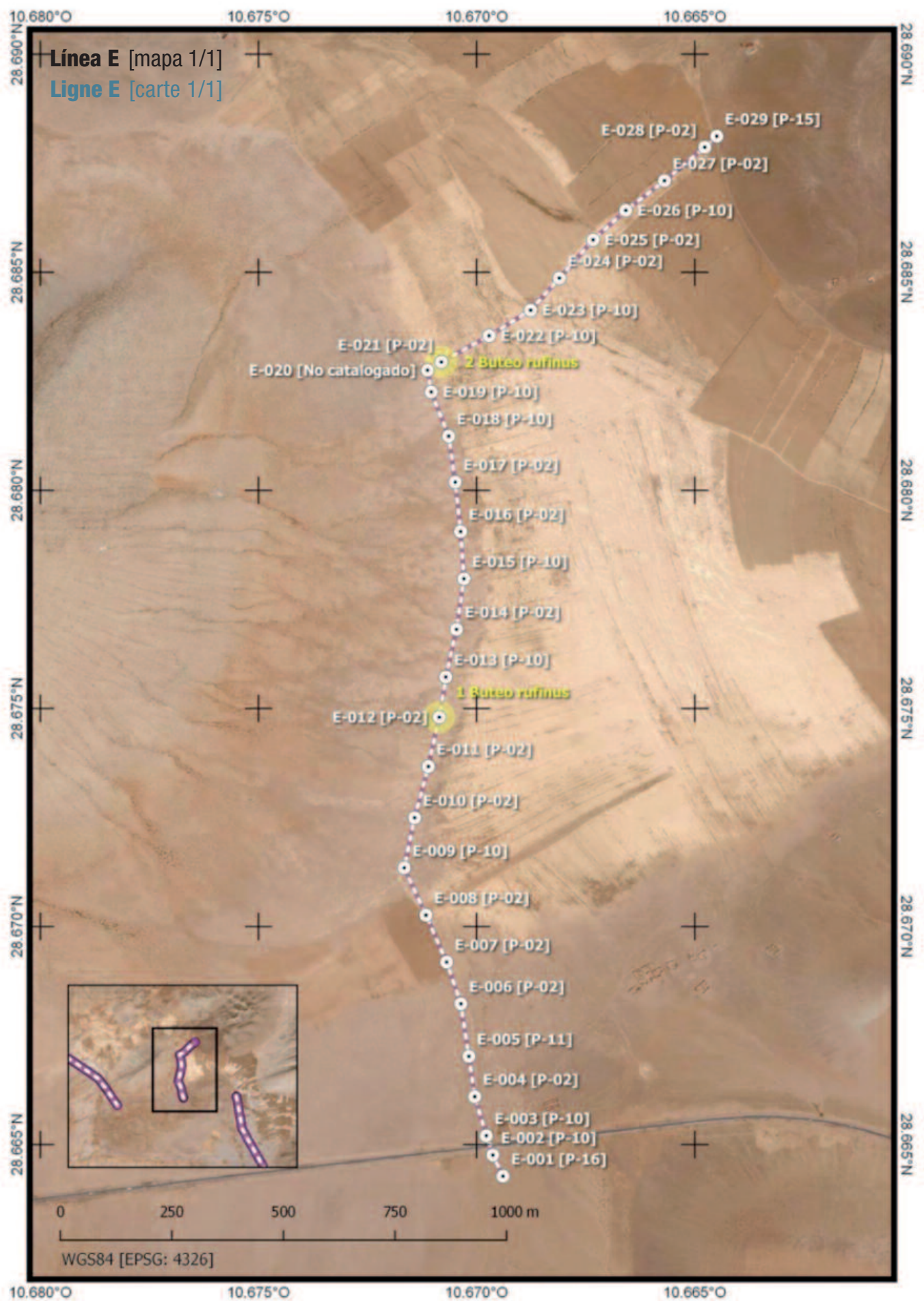


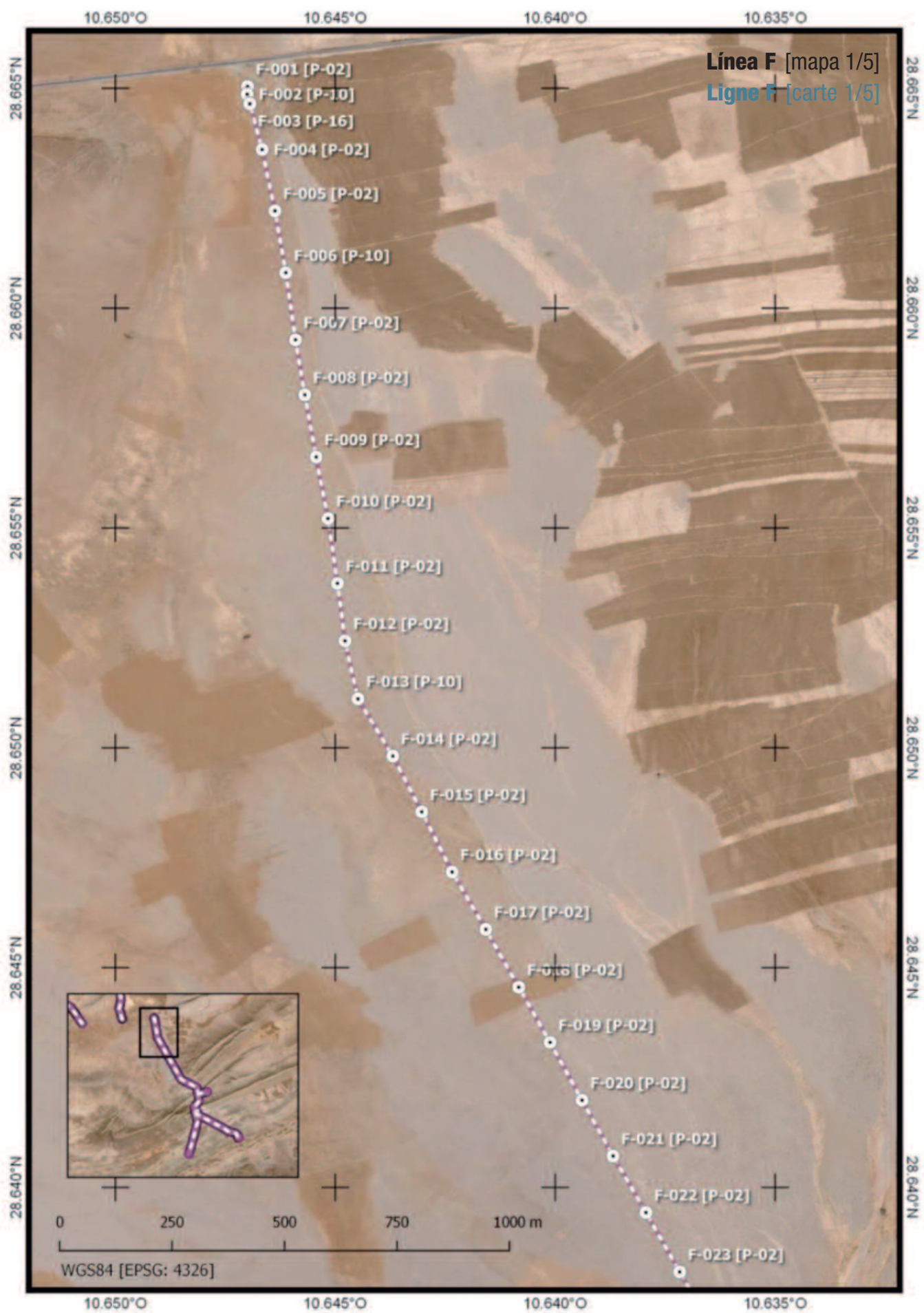


Línea D [mapa 2/2]  
 Ligne D [carte 2/2]

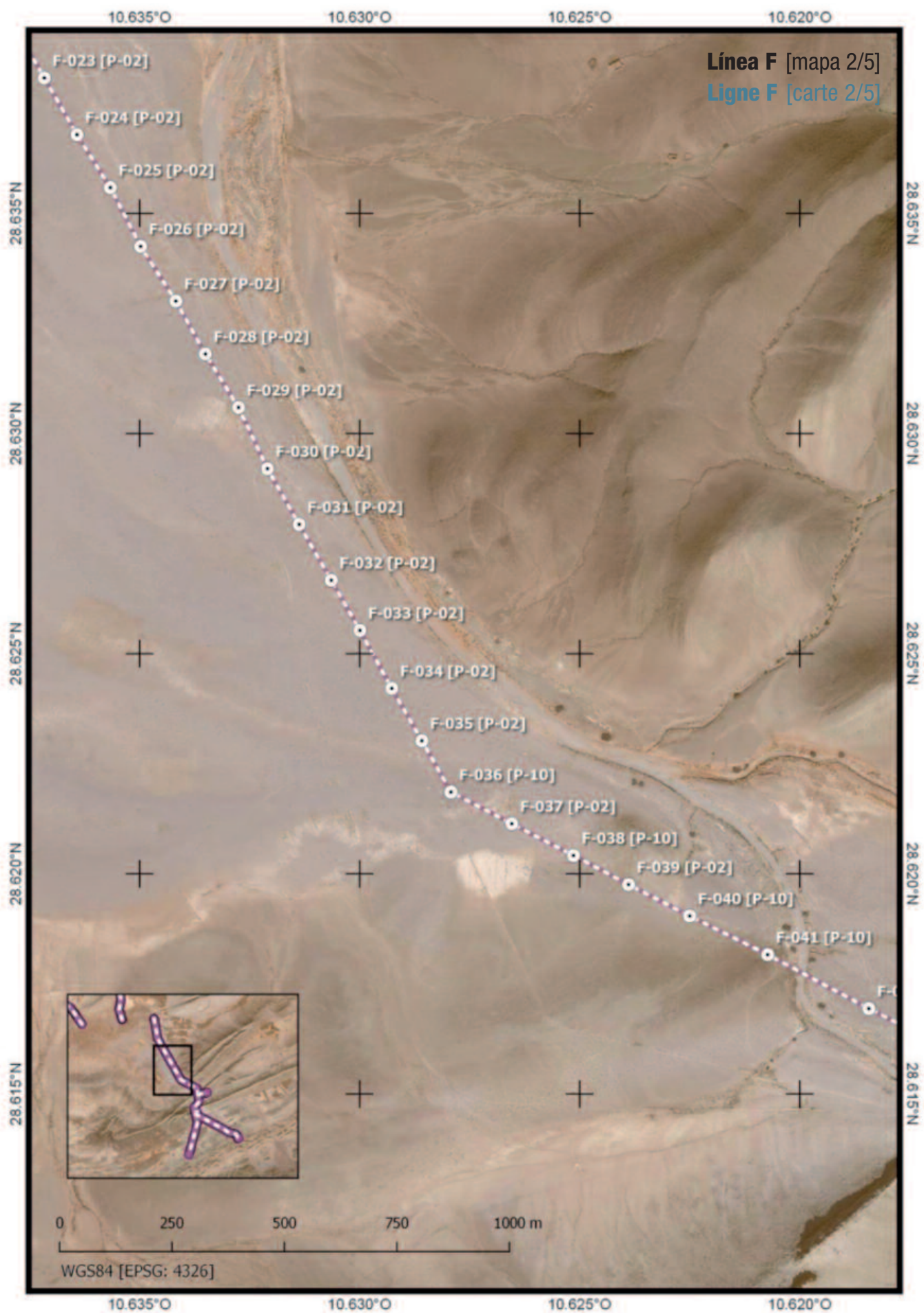




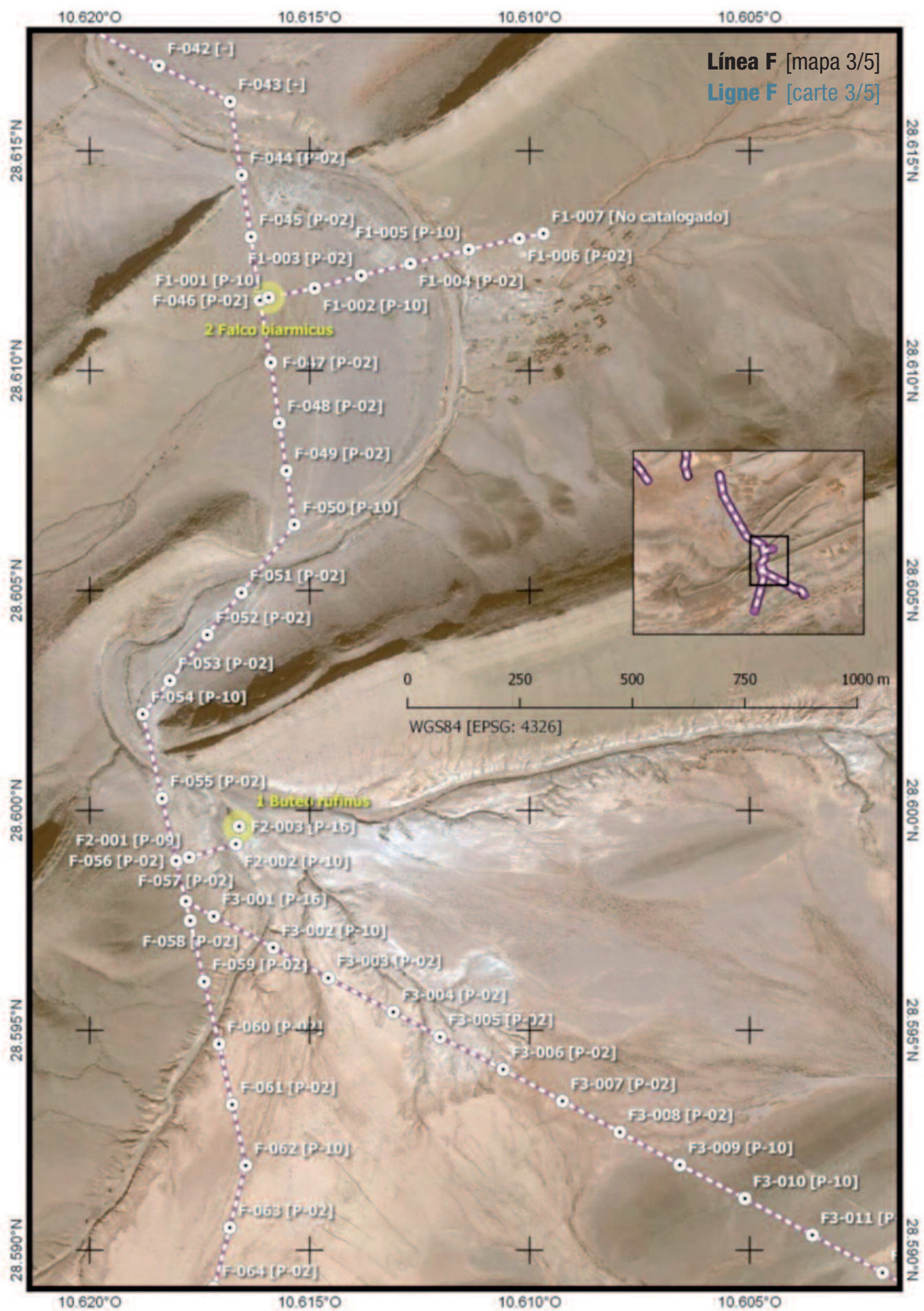




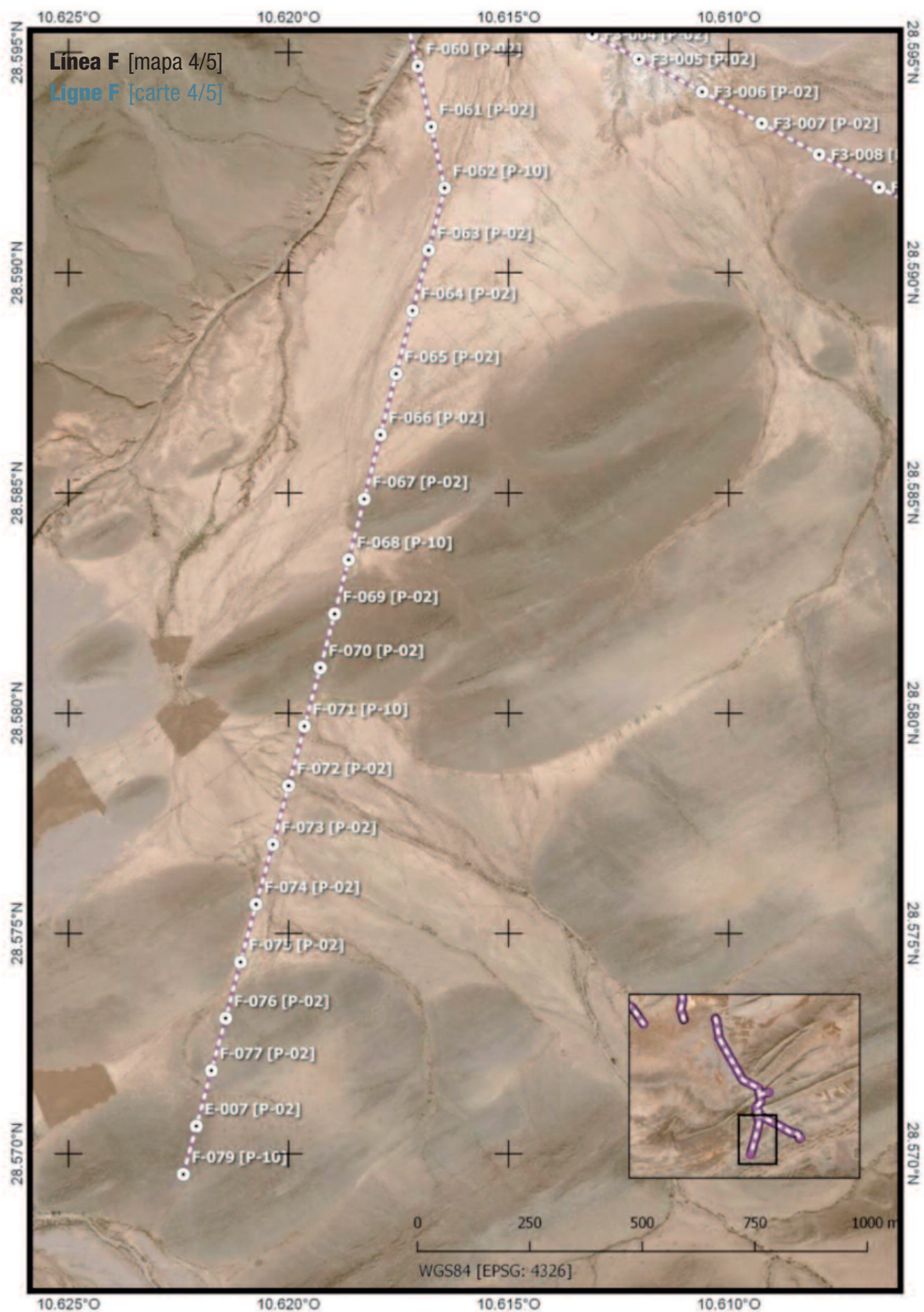








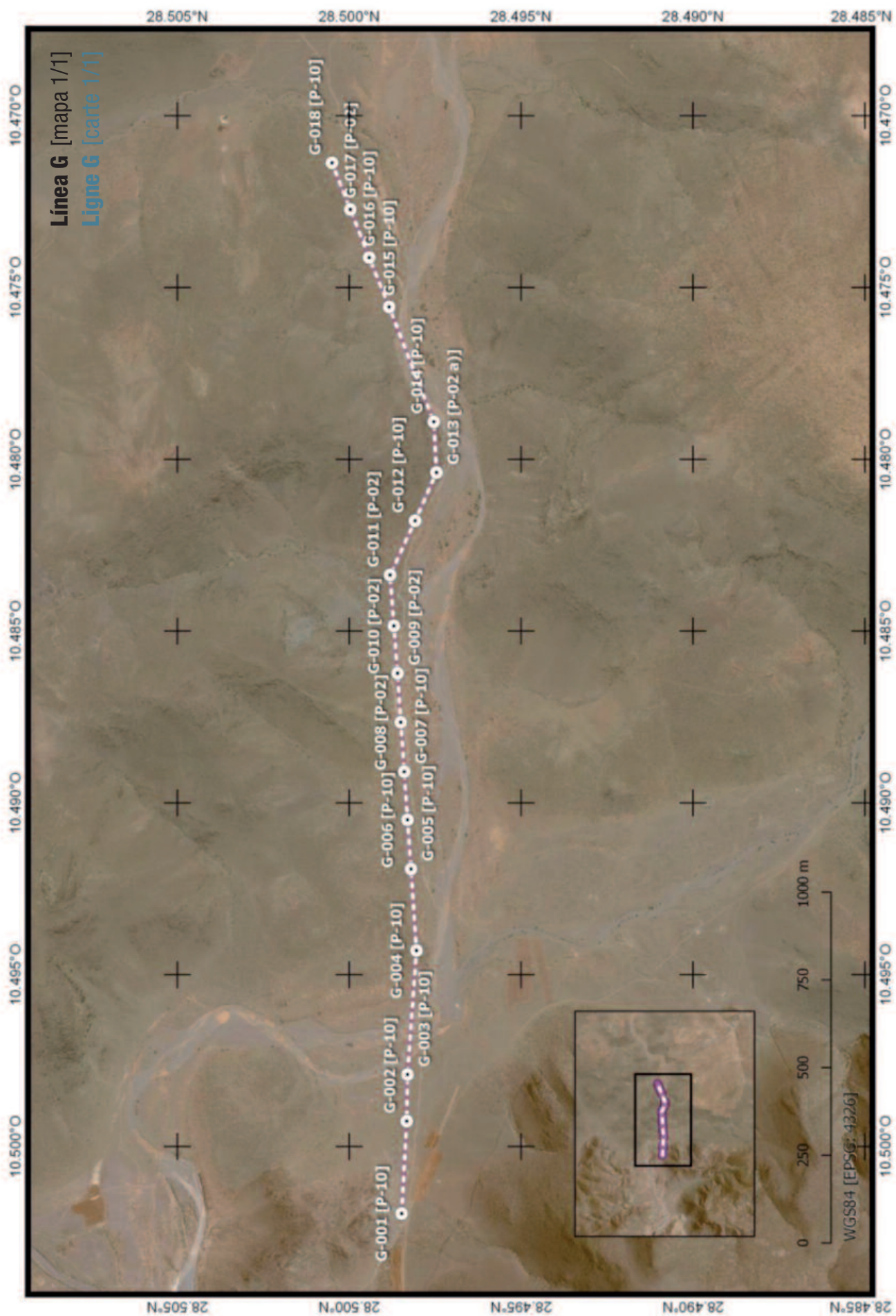














**UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA  
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

**Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN**

C/ Marie Curie 22  
29590 Campanillas  
Málaga, España  
Tel. : +34 952028430  
Fax : +34 952028145  
uicnmed@iucn.org

[www.iucn.org/regions/mediterranean](http://www.iucn.org/regions/mediterranean)  
<http://www.iucn.org/resources/publications>

Las actividades del Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN reciben el apoyo de:



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



MINISTERIO  
DE ASUNTOS EXTERIORES  
Y DE COOPERACIÓN



AGENCIA  
ESPAÑOLA DE  
COOPERACIÓN  
INTERNACIONAL



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

