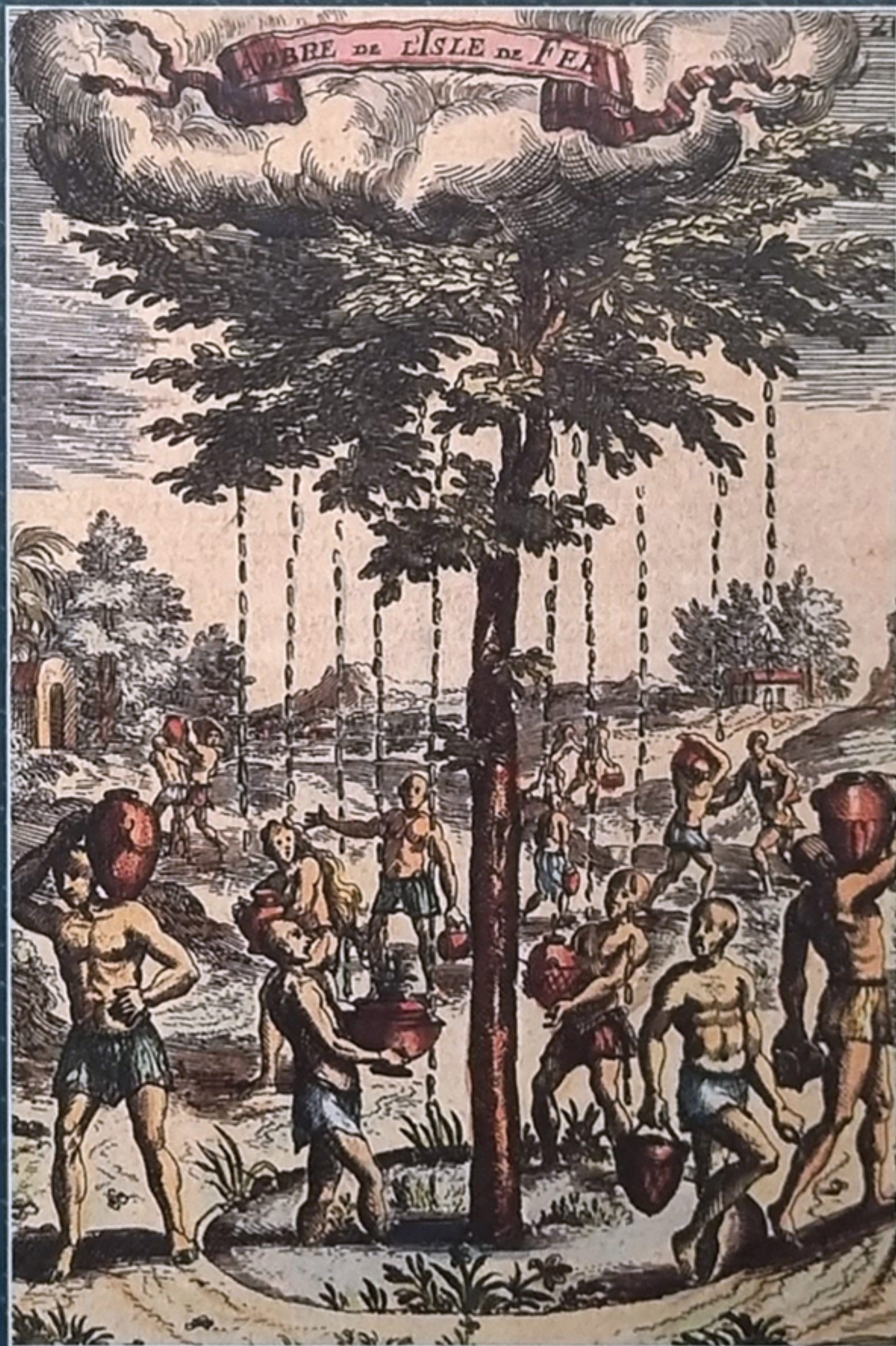


El agua en El Hierro

José Manuel Navarro Latorre
Carlos Soler Licerias



El agua en El Hierro

José Manuel Navarro Latorre

Carlos Soler Liceras

Índice



CABILDO INSULAR DE EL HIERRO

El agua en El Hierro

José Manuel Navarro Latorre

Carlos Soler Licerias

Edita:

Cabildo Insular de El Hierro

Colabora:

Horinsa, S.A.

Autores:

José Manuel Navarro Latorre

Carlos Soler Licerias

Ilustración de portada interior:

Foto satélite de la isla de El Hierro

Instituto Geográfico Nacional

Ajuste literario:

Auxi de la Rosa

Ilustraciones y fotografías:

Elena González Núñez

Ángeles Vila Valero

Composición y maquetación:

Canarias Futura

Fotomecánica:

Contacto

Impresión:

Litografía Rumagraf, S. A.

Avda. de Pedro Díez, 25. 28019 Madrid.

Depósito Legal: M-15450-1995



CABILDO INSULAR DE EL HIERRO

Presentación

El Hierro, ejemplo de planificación hidráulica

Desde siempre los herreños hemos padecido una sed crónica. Los bimbaches guardaban celosamente los emplazamientos de charcos y huecos en los árboles, y el Árbol Santo, hoy emblema insular, alivió exiguas necesidades de nuestros antecesores hasta el siglo XVII. En la última mitad de este siglo las necesidades de agua en El Hierro se han centrado en dos zonas y en dos actividades: en el Valle de El Golfo con el agua para la agricultura y en el resto de la Isla con el agua para el consumo humano.

La puesta en marcha reciente de una desaladora supone para los herreños el logro inicial de tener en agua de calidad en los grifos de nuestras viviendas. El primer paso es el abastecimiento urbano de Valverde y todos los núcleos de la comarca norte: El Mocanal, Erese, Guarazoca, Pozo de Las Calcosas y Echedo, a la vez que paralelamente y una vez acondicionadas las actuales conducciones se pretende impulsar esta misma agua desde Tiñor a San Andrés, y desde aquí, abastecer a Isora y a la zona Sur, incluyendo las poblaciones de Las Casas, Taibique en El Pinar y La Restinga. Con este esquema tendremos cubiertas las necesidades de toda la población herreña que reside fuera de El Golfo. Aquí, en este valle, la situación es altamente halagüeña, la Agrupación de Pozos recientemente constituida ha servido para racionalizar las extracciones de agua y garantizar un suministro constante no sólo a la población, sino a la agricultura de regadío. Los pozos de La Frontera y de Los Padrones están cubriendo sobradamente la demanda de los cultivos agrícolas.

Nunca, en toda la historia de El Hierro, se van a regar nuestros campos con una cantidad y calidad de agua como la que en estos momentos absorben nuestros cultivos de plátano, piña y otros frutales. La calidad del líquido elemento nos lleva a afirmar que estamos consumiendo un agua mejor que las que se venden embotelladas en Canarias.

La puesta en marcha de la desaladora y la potenciación del pozo de Los Padrones son el "punto y aparte" de la historia de El Hierro y de sus habitantes, siempre condicionada por la consecución del agua. En estos momentos actuales en que una España sedienta clama por agua, El Hierro tiene resuelto su abastecimiento y puede pasar una página llena de calamidades y de emigraciones masivas en cuyo trasfondo estuvo siempre la improductividad de nuestros campos y la ausencia del agua.

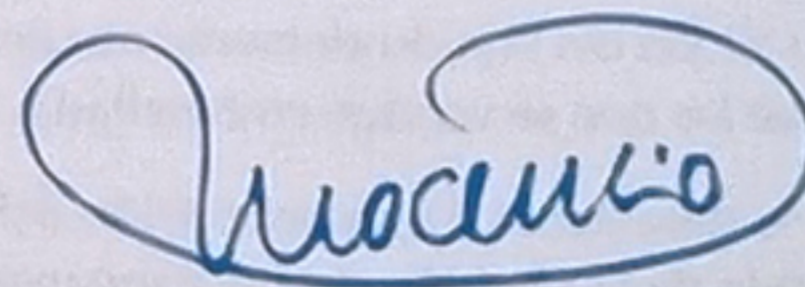


Inocencio Hernández González
Presidente del Cabildo de El Hierro

Sin embargo, la planificación hidráulica de El Hierro no ha de quedarse aquí, tenemos que aspirar a un abaratamiento progresivo de los precios del agua y evitar, en la medida de lo posible, la dependencia de subvenciones. Tanto el abastecimiento humano como agrícola deben disponer de un agua en cantidad y calidad óptima, y esto nos lo puede suministrar nuestro acuífero natural. La desaladora es, por tanto, una solución coyuntural, nunca definitiva, ya que su elevado coste en la producción de agua obliga a tomar otras medidas que están perfectamente al alcance. Su misión en estos momentos es la de asegurar el abastecimiento a las poblaciones antes mencionadas hasta tanto se disponga todo el suministro insular desde el pozo de Los Padrones en el Valle de El Golfo. Posteriormente la desaladora se convertirá en nuestra "reserva hidráulica" que cubrirá cualquier eventualidad que se produzca en pozos o en los sistemas de impulsión.

Mientras la solución definitiva llegue, el agua de la desaladora cubrirá una parte de la demanda urbana de la Isla y los precios al usuario se mantendrán sin ningún tipo de incremento, aspecto que se conseguirá a través de subvenciones gestionadas por el Cabildo, pero vuelvo a insistir en un aspecto muy importante: el agua con que contaremos a partir de ahora los herreños será de una calidad jamás vista. Toda esta planificación hidráulica, y la ya proyectada, han logrado dar la vuelta a la problemática histórica del agua en El Hierro. En un corto espacio de tiempo las constantes deficiencias han sido sustituidas por soluciones eficaces. El giro en materia hidráulica de El Hierro ha sido tal que hemos pasado de ser la isla de peor calidad de agua a la de mejor calidad de toda Canarias, y con el condicionante de contar con caudal sobrante para cubrir la demanda actual y de los próximos años.

Este logro no hubiera sido posible sin la intervención y esfuerzo coordinado de técnicos y políticos. Los primeros investigando y proyectando, y los segundos resolviendo el no pequeño problema de la financiación. El Hierro se ha convertido en un claro ejemplo para otras islas en la resolución de los problemas del agua. Como a cada uno le debe corresponder lo suyo, no quiero terminar estas líneas sin agradecer las aportaciones que se han hecho para que hoy El Hierro pueda contar con una buena ordenación hidráulica. En primer lugar a la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias y a sus distintos servicios y responsables, que creyeron decididamente en la resolución de los problemas del agua. También a todas las fuerzas políticas insulares y consejeros del Cabildo anteriores y actuales, que se esforzaron en consensuar y aprobar por unanimidad todas las actuaciones hidráulicas contenidas en el propio Plan Hidrológico Insular.



Inocencio Hernández González
Presidente del Cabildo de El Hierro

Prólogo

La isla de El Hierro entra en la Historia de la mano de Juan de Bethencourt, en los inicios del siglo XV y pasando a formar parte del Condado de La Gomera y por extensión de la Corona de Castilla. Esta pequeña isla, de tan sólo 280 Km² de superficie, desempeñó un papel histórico importante: desde allí se despidió Colón de la "tierra conocida" cuando partió a descubrir un nuevo continente para la humanidad, también fue el punto de encuentro y en ocasiones de avituallamiento antes de cruzar el proceloso Océano. La pequeñez es por tanto sólo aplicable a su tamaño, en el resto rebosa grandeza. Sus primitivos habitantes sufrieron, desde los principios de la historia, ataques de romanos, árabes, portugueses, castellanos, franceses e ingleses cuyo único beneficio lo reportaba la esclavitud de los bimbaches. Los actos de piratería no acabaron con la conquista y anexión a Castilla, tan sólo el abandono de esta actividad liberó al herreño de la esclavitud y la rapiña. Fruto de esta pesadilla, es el asentamiento de los núcleos de población sobre todo los antiguos que huyen de la costa ante su falta de seguridad y carencia de agua. El agua ha marcado tanto la forma de vida del herreño como su población y hasta el aspecto de su isla.

La morfología de El Hierro es el resultado de la lucha entre dos titanes: las erupciones volcánicas y la erosión; o entre dos dioses: Efestos y Poseidón (Vulcano y Neptuno). Tanto uno como otro están más vivos que nunca en esta isla. La erosión que actúa sobre toda la estructura rocosa que forma la isla, no sólo es debida al agua del océano, también está causada por el agua aportada por la lluvia. Al ser todos los materiales de la superficie muy recientes, las coladas, escorias y piroclastos son muy permeables. En algunos casos las grietas en las coladas o los huecos de las escorias obligan al agua de la lluvia a continuar su camino descendente. En ocasiones, no muy frecuentes, la lluvia aporta un caudal que excede al que es capaz de infiltrarse, se forma entonces la escorrentía que convierte a los barrancos en verdaderos torrentes. En esos momentos, el agua impulsada por el fuerte desnivel arrasa todo a su paso demostrando el poder erosivo que el agua es capaz de producir.

Se ha dicho en ocasiones que El Hierro es una tremenda piconera, nada más cerca de ser cierto, pero por su singularidad merece mucho más el calificativo de "manual práctico del

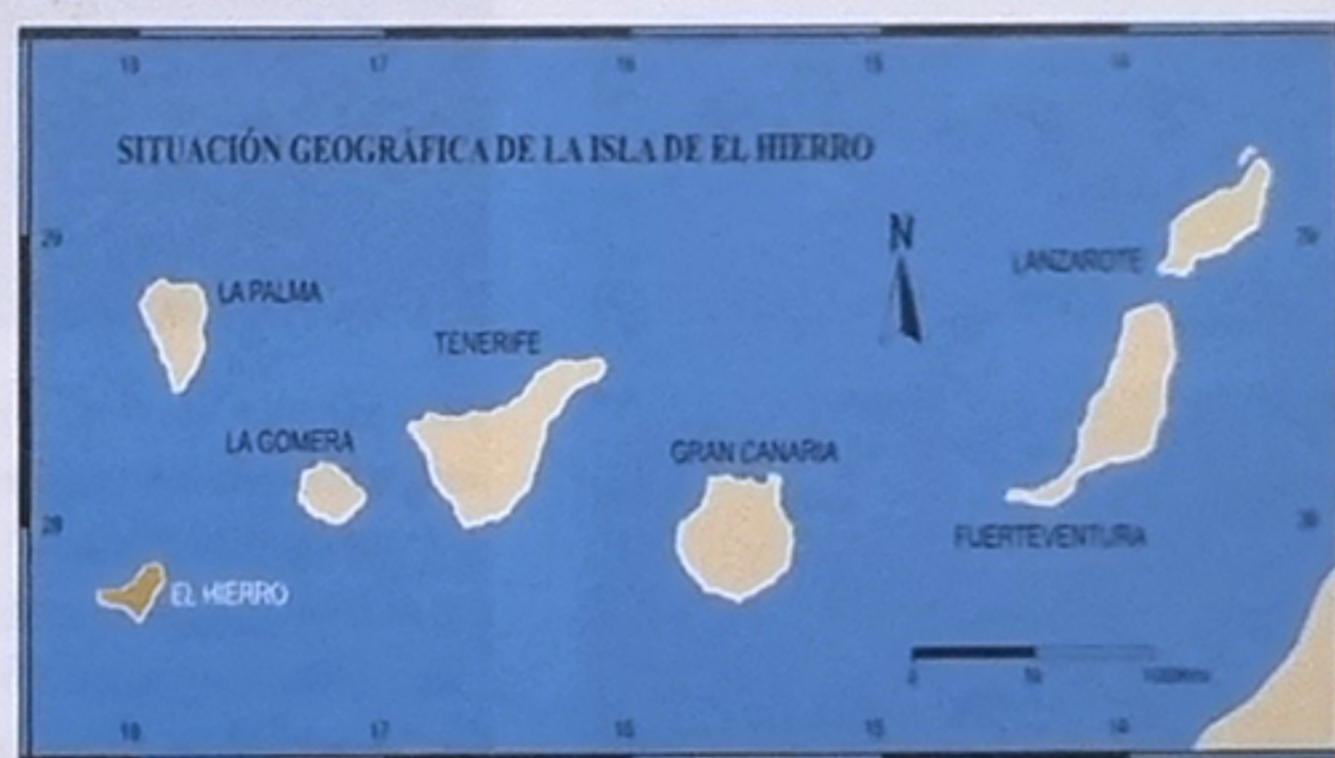


Figura 1: Situación geográfica de la isla de El Hierro.



Vista parcial de acantilados. Iota.



Playa. Hoya del Verodal.



vulcanismo". En tan sólo 280 Km² se pueden apreciar todos los procesos volcánicos: la envergadura de una erupción freatomagmática, la belleza de las coladas "pahoe-hoe", la agresividad de una colada "aa" o la espectacularidad de un colosal deslizamiento que bajo la forma de un zarpazo truncó la isla, tragándose el océano una orgullosa montaña de más de 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar. El resultado puede todavía apreciarse, el Valle de El Golfo presenta un circo de 25 Km de perímetro que no es más que la cabecera de un valle de 4 Km de desnivel y 16 de longitud, de los que sólo emergen por encima del mar los tres últimos. El aspecto o morfología que presenta la isla está protagonizado por El Golfo, el resto es lo que queda de esa pirámide triangular que era antes la isla. El agua modela todo su aspecto. En la costa, la erosión del oleaje batiendo sobre su orilla, ha provocado en casi toda

su línea de costa un proceso de retroceso. Así se pueden observar acantilados de hasta 800 metros manteniendo toda su altura en un equilibrio dramático, rezando más que luchando por su estabilidad. Únicamente en las desembocaduras de los barrancos o cuando el material costero es fácilmente erosionable, se pueden encontrar playas con granulometría muy diversa, desde granos de arena hasta bolos. No son las playas uno de los platos geológicos de esta isla. Los volcanes acaparan el protagonismo; pero no todo, porque hay que dejar un hueco para los bosques terciarios de laurisilva, para las praderas de Nisdafe, para el fayal y el brezal de las paredes del Golfo y para las retorcidas sabinas del Sabinar.

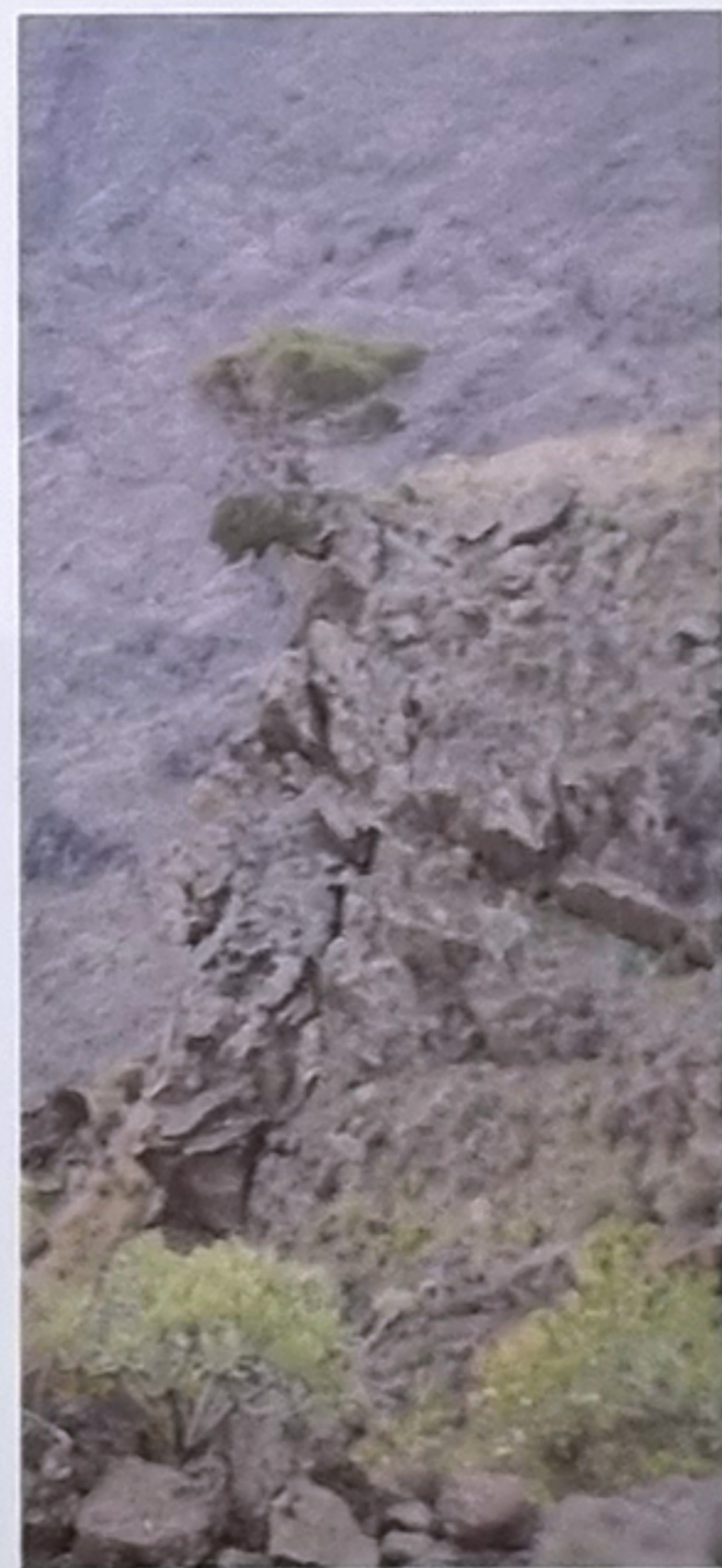
Todo en la isla es un puro contraste: desde la orilla del mar hasta las alturas, de una vertiente a la contigua y a cada curva de la carretera.



Acantilados en Icota.

El libro que tiene en sus manos el lector pretende ser un homenaje a todas las personas que a lo largo de la historia de El Hierro han luchado por conseguir el agua que en tantas ocasiones negaba la isla. Desde aquellos bimbaches que guardaban celosamente el emplazamiento de charcos, o cuidaban con esmero el entorno del Árbol Santo, hasta los que ya más recientemente abrieron pozos buscando ese caudal que podía permitir un desarrollo agrícola. Ellos han sido los verdaderos artífices del agua en El Hierro, los que han logrado poner en regadío algo más de 100 hectáreas en el fértil Valle de El Golfo y los que han logrado dar agua a la población. La iniciativa pública ha invertido mucho menos capital que la privada, orientado hacia obras de distribución de agua dentro de los núcleos urbanos y a una obra de trasvase, el canal Frontera-Verodal, que podría resumirse en una obra hidráulica que en el caso de haber funcionado, se hubiera llevado el agua de donde había necesidad a donde no hacía falta. No es extraño pues que el herreño desconfíe de la Administración.

Si bien la iniciativa privada ha conseguido producir tanta agua como hacía falta en cada momento, la situación hidráulica hasta el año 1992, no se podía decir que era ni todo lo buena que había sido, ni tan siquiera la soportable. Hasta ese año, El Hierro era la isla con menor cantidad y peor calidad de agua de toda Canarias. La razón de este doble record estaba en su propia naturaleza geológica, esa elevada permeabilidad que impide la existencia de nacientes. Pero cuando el hombre intervino, asumió parte de la responsabilidad. En ocasiones el agua que alumbraban los pozos era ya salobre, en unos se debía a su situación tan costera y en otros, a que se alumbraba agua contaminada por gases volcánicos. Pero hubo veces, como en el Valle de El Golfo que, tras penosos esfuerzos, nunca mejor dicho a sangre y fuego, un pozo alcanzaba el agua del acuífero libre de toda contaminación presentando una calidad excepcional, era casi agua de lluvia. Con este caudal alumbrado comenzó una explotación agrícola que, a medida que pasaron los años, fue ampliando la superficie regable y demandando más agua. El régimen de explotación del agua en el pozo aumentó y





Pozo de Los Padrones.



Interior de la galería.



con ello empeoró la calidad. Se le exigía al pozo más agua que la que buenamente podía aportar. Pero como la agricultura no cesaba en su demanda, el acuífero la suplió enviando agua de mar. A la vez, el primer pozo señaló el camino a seguir; uno tras otro y hasta tres más, se perforaron por encima del primero cortando el flujo de agua subterránea. Al final y con el aumento de producción, lo que se consiguió es que los cuatro pozos se contaminaran por intrusión marina. La ley que dominaba era la de la oferta y la demanda, que junto con la propiedad del agua, convirtieron al Valle en un campo de batalla donde el futuro se vislumbraba bajo el eslogan de "sálvase el que pueda".

La Administración conocía este proceso de degradación de calidades y en reiteradas ocasiones la expuso. El acuífero del Valle de El Golfo puede ser uno de los acuíferos costeros más estudiado del mundo. No en vano se está estudiando desde hace ahora 25 años, y con los medios a su alcance mejores para un hidrogeólogo. Los nueve pozos productivos del Valle (o que lo fueron en un pasado): Las Casitas, Los Padrones, Frontera, Fátima o Los Mocanes, La Coruja, Agua Nueva, Tigaday, Tejecute y Los Llanillos permiten entrar físicamente en ellos y observar su geología y sobre todo ver al acuífero. Treinta sondeos perforados en el Valle facilitan el extrapolar los datos a una red de puntos con una densidad de 3 por Km². Los técnicos de la Administración han presenciado cómo se ha ido produciendo el proceso de intrusión marina y con él, como se abandonaban pozos o cómo estaban obligados a reducir los caudales primero y a mezclarlos con las aguas de Frontera antes que abandonarlos. El pozo de Frontera era el único que proporcionaba a la agricultura una calidad de agua apreciable. Pero hasta

él, aquel que nunca creyó que le iba a alcanzar el empeoramiento, comenzó a dar señales de ello. En tan sólo dos años (90-92) vio como su contenido en sales disueltas se duplicaba (340 a 720 umhos/cm), a la vez que el nivel de agua y con él su caudal comenzaban a descender. El perjuicio recayó todo sobre una agricultura que ya estaba malherida por los vendavales. En el plazo de diez años se abandonó un cuarenta por ciento de la superficie de riego.

En esa situación y en ese momento, la Administración del Estado a través del Ministerio y de las Consejerías de Obras Públicas, comenzó a elaborar el Plan Hidrológico Nacional (PHN) y en Canarias la redacción de los Avances de Los Planes Hidrológicos Insulares. El Avance del PHI de El Hierro se terminó en 1991, presentándose en el Excmo. Cabildo Insular y aprobándose por unanimidad de todos los partidos políticos.

Este Avance era en síntesis un estudio en el que toda la fuerza se derivaba hacia la hidrogeología insular; porque tal y como en él se exponía, la solución más segura, más barata y que más respetaba al débil medio insular, era el aumento de producción a partir del agua subterránea. Para solucionar la demanda actual urbana, industrial y turística, así como la futura, se proponía la perforación de un pozo con una galería de fondo que se dirigiera al subsuelo de la meseta de Nisdafe, donde en el Avance se concluía que existía la mejor calidad y el mayor caudal. Esta captación, cuyo coste de ejecución debía ser a costa de la iniciativa pública (más que nada para compensar), se proponía que fuese desde el pozo de Los Padrones que, previamente comprado, aseguraba ahorrar tiempo y, por tanto, dinero. Desde allí, se distribuiría el caudal necesario a toda la isla. En cuanto a la agricultura, la solución propuesta era la de formar la Comunidad de Aguas de El Golfo donde se integrasen todos los pozos del valle. Una vez convertidos todos en uno y perforando catas o galerías en el pozo de Frontera, el incremento de caudal que se obtuviese podría compensar el reposo de otros pozos, y así asegurar la calidad y cantidad de agua necesaria para devolver a la agricultura a su época anterior.

El agua en El Hierro es un resumen del Avance del Plan Hidrológico Insular. Se terminó de escribir algunos meses más tarde de su aprobación y con el loable deseo de dar a conocer las actuaciones futuras que en materia de aguas iba a acometer la Dirección General de Aguas y posteriormente el Consejo Insular de Aguas. Casi cuatro años más tarde ve ahora la luz y desde entonces algo ha cambiado. Por respeto a lo que entonces se dijo y aprobó, hemos optado por publicarlo tal y como se terminó. Lo que desde entonces ha cambiado, es tanto o tan poco que merece ahora un sitio en este prólogo.

La galería que había que perforar en el fondo del pozo de Los Padrones debía proporcionar el caudal de agua necesario para abastecer una demanda urbana y turística cifrada para el año futuro en 500.000 m³/año. Acabando ahora el año 1994, esta galería se ha perforado en una longitud de 675 metros, algo más de la mitad de la longitud a que alcanza el presupuesto, el caudal que ya se está distribuyendo a la agricultura, por no ser potable mientras dure las labores de perforación, es de 16 l/seg (504.576 m³/año). A la mitad de longitud se ha obtenido ya todo el caudal necesario para el abasto urbano y turístico de la isla. Además, el especial sistema de extracción de agua asegura que su calidad permanecerá siempre constante; el drenaje del acuífero y no su bombeo, permitirá que la vida útil del pozo sea más larga y fructífera que la de sus congéneres. En este momento, el pozo de Los Padrones es la captación de agua de mejor calidad de la isla y en breves meses, puede llegar a ser también la que mayor caudal aporte y además sin riesgo de empeoramiento.

*Planta Desaladora
en Llano de los Cangrejos.*



Vista interior de la Planta Desaladora.



Estos resultados demuestran que la solución propuesta por el Avance del Plan Hidrológico es viable y que su ejecución está en vías de solucionar todo el abastecimiento de agua de la Isla. Ahora bien, en este Avance se proponía que el transporte de agua desde el pozo Los Padrones hasta Valverde se hiciese colocando las tuberías de transporte por el túnel de Las Puntas y así salvar el acantilado del Valle de El Golfo por su zona más baja y más próxima a Valverde. Al no haberse terminado en la fecha actual, no ya el túnel sino la galería de Avance, la mitad de la isla, lo que no es el Valle, se encuentra desabastecida y obligada a consumir la mala calidad de agua de los actuales pozos de suministro. A la vez, la solución propuesta por el Avance presentaba un punto débil: hacer depender a toda una población de una única captación y una única red de transporte. Por ambos motivos, la Dirección General de Aguas optó por reforzar la solución del Avance con la instalación de una desaladora de agua de mar, que con una producción igual a la mitad de la demanda futura, fuera capaz de solucionar el abastecimiento de la zona de isla fuera del Valle, durante el tiempo que tardara en ejecutarse la solución definitiva. A la vez, esta solución permitiría disponer de un abastecimiento de agua que, aunque caro, tendría siempre la seguridad de ser un complemento ante una posible avería. Por este motivo, se construyó la desaladora próxima al aeropuerto, para reforzar la solución propuesta por el Avance del Plan Hidrológico y no para sustituirla. En el futuro todos los herreños deben tener para el abastecimiento urbano, la misma calidad y el mismo precio del agua, independientemente del núcleo urbano en donde vivan.

El caudal que ya suministra el pozo de Los Padrones y la puesta en marcha de la Comunidad de Aguas de El Golfo demuestran que el Avance del Plan Hidrológico va por buen camino. La enhorabuena corresponde a todos aquellos que han logrado realizarlo: desde los políticos a los técnicos, sin olvidar a los herreños. A todos ellos hay que agradecerse y a todos ellos hay que seguir empujando para que concluyan con lo impuesto como meta: que El Hierro se convierta en una de las islas que más agua tenga y mejor calidad presente de todo el Archipiélago.

En El Hierro, a 23 de diciembre de 1994.

*El Director del Avance
del Plan Hidrológico Insular*

La isla de El Hierro

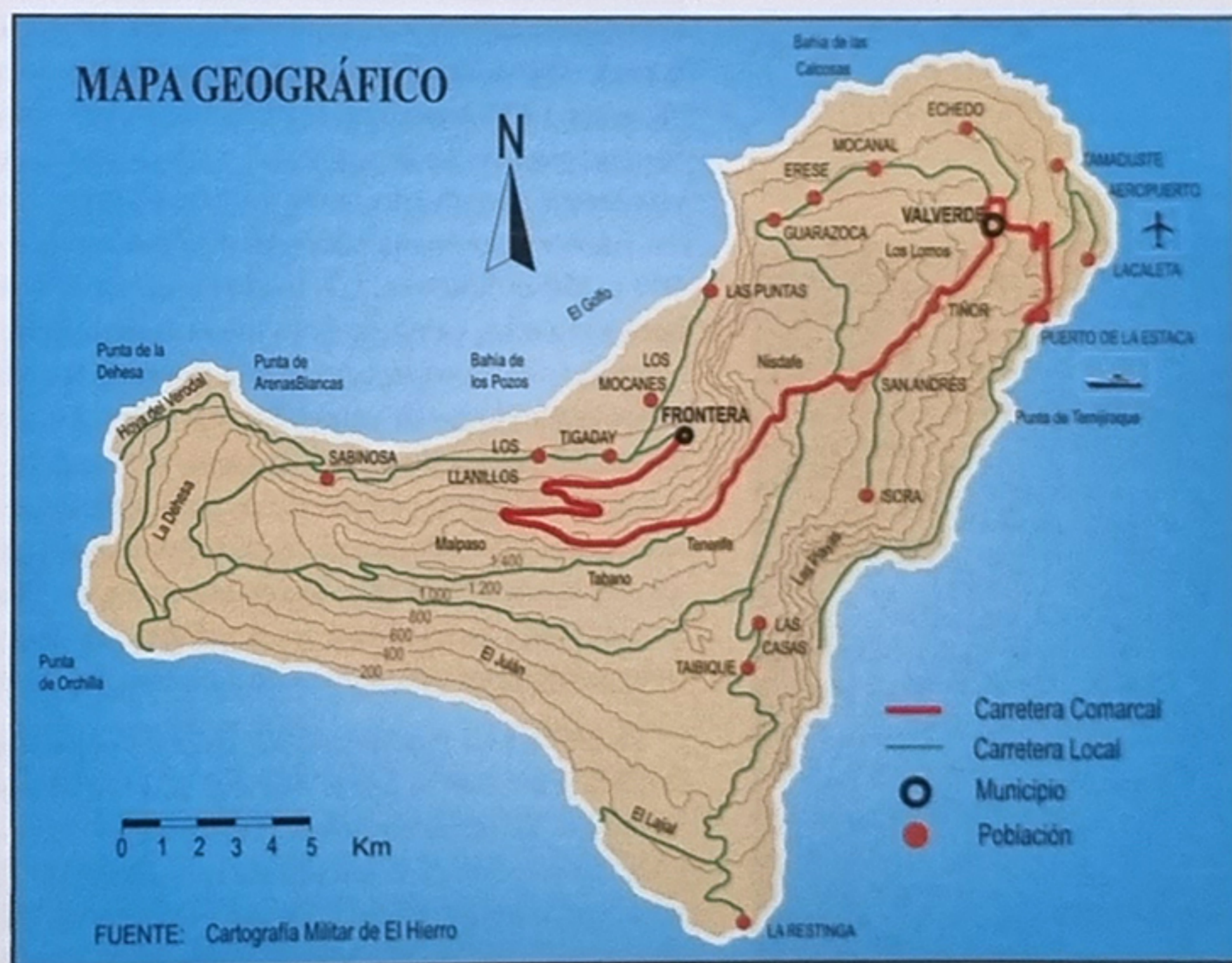
El Hierro, atractivos paisajes naturales y pueblos amables por la gente que los habita. Sendas escarpadas de la mano de los volcanes y llanuras que se adentran, suaves, en el mar. Acantilados que bruscamente se enfrentan a las olas para que no lo desborden. Todo eso es El Hierro, una mezcla de colores naturales sobre el lienzo azul del océano Atlántico. Tiempos de dinamismos volcánicos y deslizamientos la han configurado triangular, con vértices redondeados y lados más o menos cóncavos. La intensa acción antrópica le ha proporcionado a lo largo de los siglos una uniformidad, en su conjunto, a cada formación vegetal.

El valle de El Golfo ocupa su lado mayor. Una profunda inflexión en forma de media luna con escarpes de 1.200 metros de altura. El oriente del Valle lo ocupa la meseta de Nisdafe cubierta de lapillis, jables, conos volcánicos y suelos pardos aptos para la agricultura.

El sureste de la Isla comprende tres zonas: los acantilados del Norte con 900 m de altura, Las Playas, situadas en el centro y al Sur una superficie de malpaíses que parecen encantados para perpetuar la belleza en los parajes que ocupan. Y no por ser áridas dejan de ser testimonios de beldad las zonas del suroeste como EL Julan, cubierto de jóvenes materiales eruptivos.

No existen en el Hierro barrancos tan profundos como en el resto de las demás islas Canarias, la juventud de sus

Figura 2: Mapa geográfico de la isla de El Hierro.





Mar de las Calmas.



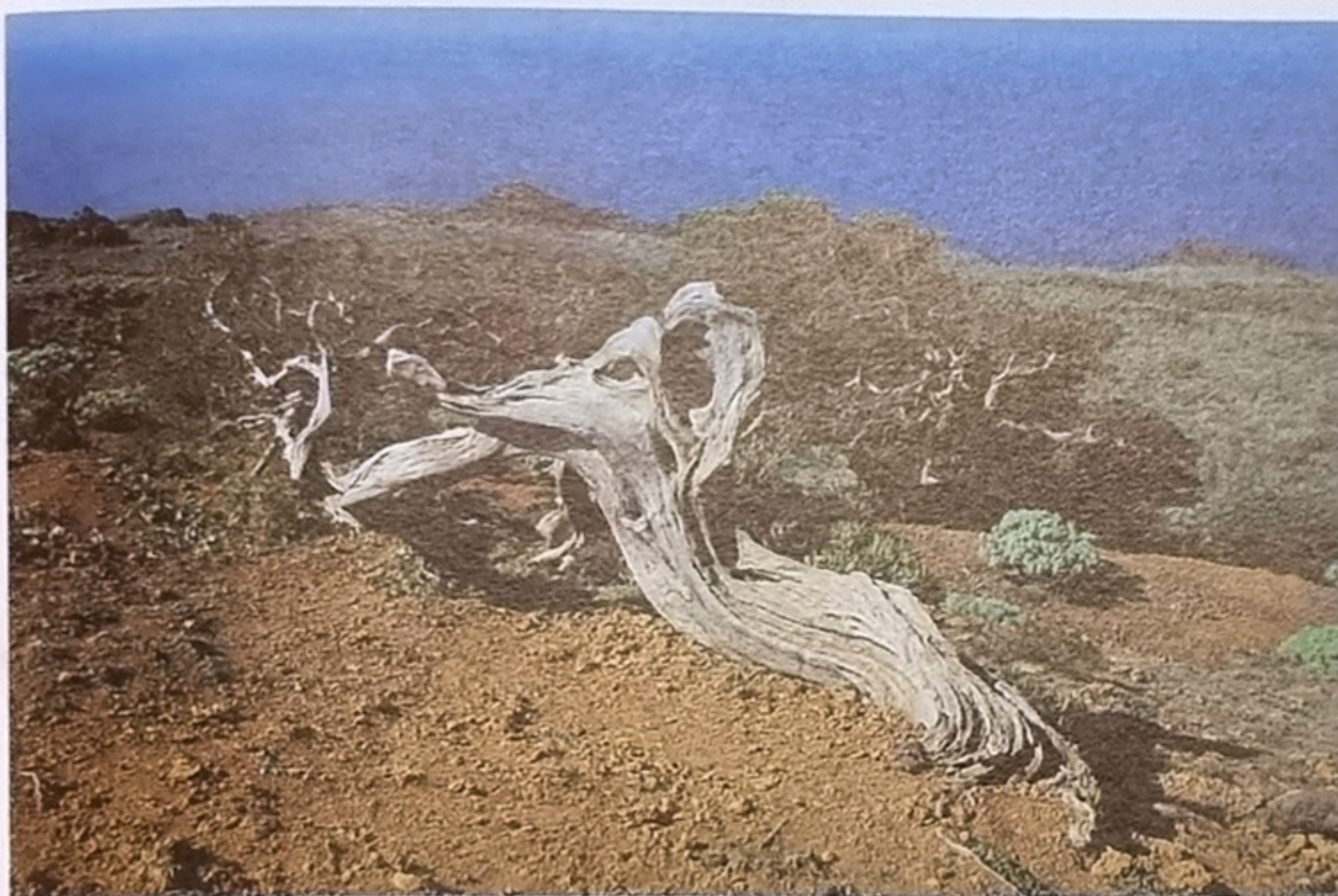
Erosión fluvial.



rocas y la irregularidad de sus precipitaciones lo han impedido. Tímida, la ladera oriental de la Isla, alberga los pocos que se pueden encontrar.

En el Hierro, la distribución de los fenómenos climáticos se encuentra en estrecha relación con la altitud y su exposición a los vientos húmedos que fertilizan sus tierras. La influencia del viento rebasa las cumbres afectando incluso a las cotas más altas de sotavento. Ya, a los 1200 metros en la vertiente meridional, el efecto de inversión desaparece. Las franjas costeras con exposición Sur, alejadas de la influencia del alisio, poseen niveles de lluvias muy bajos situados entre los 100 y 200 milímetros. Por el contrario, las costas orientadas hacia el Norte están abiertas a su influencia y aumentan sus lluvias de forma regular de 100 a 250 milímetros. Los totales pluviométricos superiores a los 700 milímetros se encuentran en las cumbres de la meseta de Nisdafe. Las lluvias de la Isla son irregulares e intensas, varios meses concentran la lluvia de todo el año. Los meses más lluviosos son los de invierno siendo los de verano los más secos. Uno de los problemas fundamentales de El Hierro era la escasez de agua hasta que los hombres y la naturaleza hicieron un pacto que los primeros reflejaron perforando pozos y galerías sin más planificación que la intuición. Gracias a estas obras, los técnicos consiguieron descifrar el secreto del agua en el subsuelo. Estos conocimientos se plasman en el Avance del Plan Hidrológico, y allí se señala que el agua en cantidad y calidad está en el subsuelo de la meseta de Nisdafe. La tierra con sus materiales geológicos y el viento con su humedad les marcan el rumbo preciso.

La historia ha modificado los paisajes vegetales por medio de la acción del hombre. De la costa a los 300 m por el Norte y 500 por el Sur se encuentra el Piso Basal, formado por materiales xerófilos y salpicado de tabaibas dulces y amargas e incienso. Entre el Piso Basal y las zonas medias se encuentra el Sabinar, un tipo de vegetación muy resistente a la sequía. Las sabinas pueden llegar a alcanzar de diez a quince metros de altura; sus troncos retorcidos parecen acariciar el suelo obligados por la persistencia del viento. El Sabinar,



cerca de el mar, se encuentra situado en un punto geográficamente histórico del Atlántico, por él han pasado grandes navegantes hispanos, conquistadores y guerreros. En el piso de transición, las sabinas no se encuentran solas, comparten la zona con las especies típicas del llamado monte verde, especialmente por brezos. Más arriba el monte verde se abre hacia el Sur difundiéndose por el Julan. En el bosque, la especie dominante es el Pino Canario. Por el escarpe de El Golfo y en las zonas más elevadas de El Julan se extiende el fayal-breza tomando diferentes rasgos. El sotobosque lo define por su pobreza florística, sin embargo, con la actividad humana los niveles inferiores muestran una variedad de especies de las que merece la pena citar los pequeños brinzales de los árboles que son indicios de un bosque que se recupera.

Allí, en las áreas orientadas al alisio, por donde se expande la agricultura de secano se concentra la mayor parte de la población herreña. El viento húmedo asegura la continuidad de las cosechas gracias a las precipitaciones provocadas por el mar de nubes. Para el herreño, la agricultura y la ganadería son su medio de subsistencia. Los viñedos, la piña, el plátano y las papas son comercializados, en su mayoría, en el mercado canario. La Dehesa y El Julan son morada de pastores tradicionales dedicados exclusivamente a los ovicápridos por los campos agrestes. El mar de Las Calmas es el lugar más idóneo de la Isla para extraer el pescado. El sector terciario, apoyado en la hotelería, en pequeños alojamientos y en restaurantes, no anima al crecimiento del turismo pues es cierta la imposibilidad de construir nuevos albergues para extranjeros. Más de un 80% de la Isla se encuentra protegido como espacio natural por su interés paisajístico. Estas actividades han marcado el ritmo de crecimiento demográfico de El Hierro. Además, la inmigración de centroeuropeos que buscan unas condiciones de vida más naturales que las de sus países, también ha contribuido al incremento de la población existente en la actualidad. No se trata de una demografía que haya aumentado de forma desbordante. Uno de los encantos de El Hierro es



Sabina.



Pino canario.





Poblamiento en el Valle de El Golfo.



Poblamiento en Sabinosa.



la lentitud que expresa el crecimiento de su población. En cada municipio pocos habitantes o ninguno son desconocidos. En la isla, que aún no ha alcanzado los niveles de desarrollo que exige el mundo actual, habitan gentes amables, confiadas, generosas, en medio de la tranquilidad asombrosa que les brinda su entorno. El poblamiento municipal se caracteriza por la existencia de pequeños núcleos localizados en el Norte, en el Sur y sureste respectivamente, más de la mitad de los territorios pertenecientes a los diferentes municipios se encuentran deshabitados. La zona de la Isla en la que se puede destacar un ligero movimiento comercial es su capital, Valverde, donde también se hallan las administraciones, cuenta actualmente con 1.611 habitantes. Los municipios de Frontera y Tigaday 964 y 899 respectivamente. Taibique con 680 habitantes y el Monacal con 607. Como se puede apreciar, EL Hierro es una Isla que ofrece todo el encanto para el desarrollo del turismo rural y científico: sol subtropical constante, fertilísimas tierras, bellos paisajes naturales, uno de los deslizamientos más grandes del mundo y los más diversos y originales sistemas de captación del agua, todo mezclado con la paz, la pureza y el frescor de esas tierras que la contaminación no ha podido conquistar. ♦

Introducción histórica

El Hierro ha sido y es la isla menos poblada del Archipiélago Canario debido a su reducido tamaño y a las dificultades que presenta su medio físico. La escasez de agua ha supuesto una barrera infranqueable para el crecimiento y ha motivado, al mismo tiempo, que la economía insular quedase centrada hasta hace poco en dos actividades casi exclusivas: el pastoreo y la agricultura de secano para autoabastecimiento.

La sed que han padecido los herreños proviene de la ausencia de cursos de agua permanentes. Los nacientes naturales no sólo son escasos en número sino exigüos en caudal, y los habitantes han tenido que recurrir al agua de lluvia para hacer frente a sus necesidades domésticas, sin poder destinar ni un mínimo excedente para el riego, a pesar de que hay tierras potencialmente fértiles.

En estas condiciones, los menguados grupos que poblaban El Hierro, antes de la Conquista, sobrevivieron a duras penas con los productos derivados del pastoreo de cabras y con



Garoé o Árbol Santo.





Aljibe en la ermita de los Reyes.



la recolección de helechos y gramíneas silvestres, obteniendo el agua por todos los medios imaginables: charcos de acumulación de lluvia, goteos en cuevas y, sobre todo, condensación de la niebla en las hojas de los árboles frondosos como el Garoé.

Con la Conquista las cosas no mejoraron sustancialmente. Se introdujo una agricultura de secano más rentable y variada, pero la

base de la subsistencia siguió siendo el pastoreo y el agua disponible no pudo ser otra que la caída del cielo, de modo que la vida continuó estando amenazada por el fantasma de la sequía. En el siglo XVII, la roturación y puesta en cultivo de la Meseta de Nisdafe —dotada de excelentes suelos y expuesta a la influencia húmeda del alisio— permitió aumentar considerablemente la producción agrícola, lo que condujo a cuadruplicar la demografía isleña, que pasó a contar con 3.300 habitantes en 1678. Este espectacular crecimiento multiplicó también las necesidades de agua, y aunque el aprovechamiento de la lluvia había aumentado en eficacia con la construcción de albercas, se hizo imprescindible reglamentar severamente la distribución y uso de las aguas públicas y privadas (Ordenanzas Municipales de 1705).

El incremento del número de habitantes no se detuvo durante los siglos XVIII y XIX y, de forma paralela, proliferó la construcción de aljibes para almacenar la lluvia recogida en el techo de las viviendas, sistema que fue el principal medio de abasto doméstico hasta hace

poco más de una década. Complementariamente se perforaron algunos pozos poco profundos en ciertos lugares muy próximos al mar, los cuales drenaban el flujo de agua dulce que se observaba en tales puntos durante la marea baja; el caudal obtenido, salobre y escaso, sirvió al menos para que abrevara el ganado y para mitigar ocasionalmente las necesidades de la población del litoral, que es la zona más castigada por la aridez.

Ya en el presente siglo, el éxito en el alumbramiento de aguas subterráneas en otras islas, así como el perfeccionamiento en los medios técnicos de perforación y de elevación mecánica del agua, animó a los herreños a construir pozos a mayor distancia del mar, lo que, por la naturaleza acantilada de casi todo el litoral de la Isla, era más factible en los amplios espacios del valle de El Golfo. Con la apertura del Pozo Agua Nueva (1917–20) se comprobó por primera vez que



Aljibe en El Julan.



el subsuelo insular podía contener buenas aguas en cantidad y calidad, y así comenzó tímidamente la agricultura de regadío, cuyos productos pasaron a ser exportados en la década de los 30; se plantó algodón y tabaco y se hicieron pruebas con el plátano, pero el principal cultivo fue la caña de azúcar, con la que se elaboraba un excelente ron que era enviado a Las Palmas de Gran Canaria.

En los años 40 se produjo un acontecimiento decisivo para el futuro de la Isla: a las penurias de postguerra hubo que sumar un prolongado período de sequía que culminó en 1948. Las cosechas se perdieron, el ganado murió y los 9.000 habitantes tuvieron que ser abastecidos de agua con cubas traídas en barco desde otras islas, operación que se vio entorpecida por la falta de puertos en donde atracar y por la insuficiencia de carreteras que permitiesen distribuir el suministro a los diversos núcleos de población. Estos sucesos convulsionaron a la colectividad herreña y, de forma dramática, sirvieron para poner en evidencia sus precarias condiciones de vida; las deficiencias de infraestructura y la indefensión ante cualquier cambio climático. La consecuencia inmediata fue una emigración masiva, hacia Venezuela y las islas mayores, que redujo considerablemente la población insular. A más largo plazo, sin embargo, la Isla progresó, pues el Gobierno Central tuvo que destinar fondos para implantar una red viaria básica y construir algunos puertos (primero La Estaca y más tarde La Restinga), todo lo cual vino a paliar un abandono y una incomunicación seculares.

En la década de los 60, y coincidiendo con la mejora de los transportes marítimos y terrestres, tuvo lugar la afluencia de capital palmero; los principales motivos de atracción fueron los bajos precios del suelo y las favorables condiciones topográficas y climáticas del valle de El Golfo, que posibilitaban la puesta en producción de extensas superficies destinadas al plátano. La elevada demanda de agua de este cultivo fue cubierta con la perforación en el Valle de media docena de pozos profundos, los cuales lle-



Pozo de Agua Nueva.



Valle de El Golfo.





Panorámica del Valle de El Golfo.

garon a satisfacer las necesidades de riego de casi 200 hectáreas en 1976, momento en que la superficie cultivada alcanzó su máxima extensión. La elevada demanda de agua llevó a bombear mucho más de lo que el acuífero podía soportar e, inevitablemente, se produjo una contaminación con agua salada que inutilizó algunos pozos y deterioró la calidad de casi todos los demás. Esta situación prosigue en la actualidad, a pesar de que el desastroso temporal a comienzos de los años 80 ocasionase no sólo una fuerte reducción de la superficie cultivada, sino también la sustitución parcial del plátano por la piña, que precisa menos riego.

La rentabilidad obtenida por algunos pozos de El Golfo —unida al fracaso de las galerías que por los años 60 intentaron alcanzar el acuífero en las partes altas del relieve insular— determinó que, más adelante, los esfuerzos de captación en el resto de la Isla se concentrasen sobre la franja litoral, abriéndose numerosos pozos y galerías en trancada en el período subsiguiente. La construcción de estas obras estuvo orientada esencialmente a cubrir la demanda agrícola de la orla costera, pero también sirvió para abastecer a la población del interior. De este modo, y tras siglos de depender de una meteorología inconstante, los núcleos urbanos han podido reemplazar el sistema de aljibes por una red de suministro que eleva el agua desde la costa. ♦

Cómo es la actual red de captaciones: sus problemas

En este momento existen en la Isla 49 obras de captación de agua subterránea, entre las que se cuentan 6 galerías convencionales, 24 pozos simples, 13 pozos con galería de fondo y 6 galerías en trancada. De todas ellas, la mitad se abandonaron ya que:

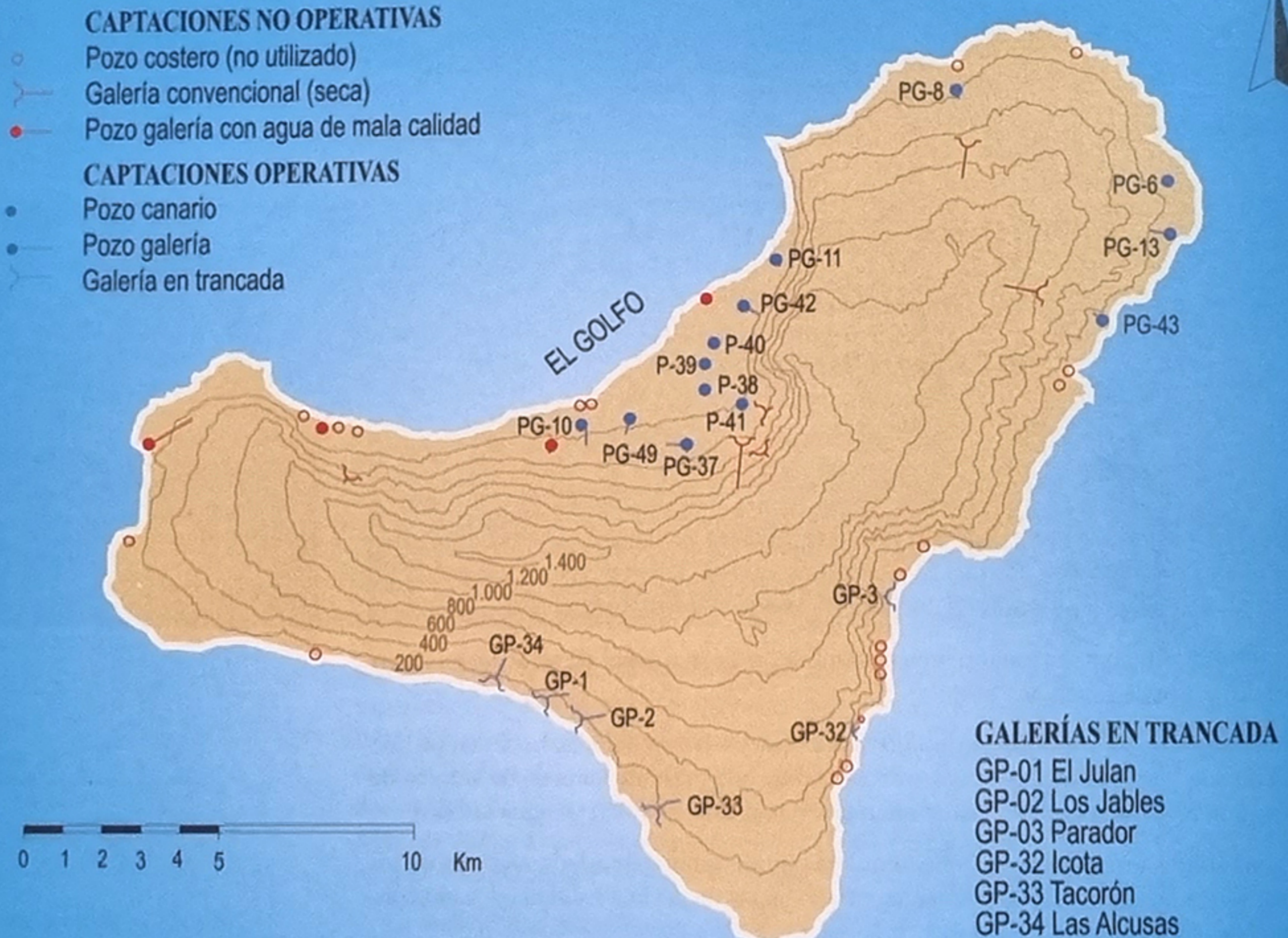
- Las seis galerías convencionales nunca alumbraron agua, a pesar de alcanzar en algún caso los 2 Km de longitud.
- Veinte de los pozos simples, contruidos a unos pocos metros del mar, hace tiempo que han dejado de ser utilizados, pues son obras muy antiguas que carecen de sistema de elevación mecánica y sólo proporcionan una menguada cantidad de agua salobre.
- Algunas obras recientes no bombean nunca porque están demasiado alejadas de los centros de consumo o porque han encontrado aguas de pésima calidad (elevado contenido en bicarbonatos disueltos).

Un hecho a subrayar es que todas las obras están situadas en la franja litoral, a una distancia del mar que, salvo en contadísimas excepciones, es inferior a dos kilómetros. En esta franja, el acuífero insular se encuentra a muy poca altura y, por ello, los pozos y galerías en trancada tienen que descender siempre hasta la cota 0 (nivel del mar) para alcanzar el agua. Los caudales obtenidos son extremadamente variables y pueden llegar a casi 200 pipas/hora (28 l/s), como en el pozo Frontera; sin embargo, estas cifras tienen una significación muy relativa, pues la cantidad bombeada suele estar relacionada de forma muy estrecha con la calidad del agua obtenida: a más agua, peor calidad. La historia de casi todas las captaciones muestra las siguientes fases comunes:

- 1) Cuando la perforación alcanza el acuífero, se desata la euforia ante la buena producción y la excelente calidad del agua alumbrada.
- 2) La calidad empeora gradualmente con el tiempo a causa de la contaminación con agua salada, lo que obliga a reducir las extracciones.

MAPA DE CAPTACIONES

- CAPTACIONES NO OPERATIVAS**
- Pozo costero (no utilizado)
 - Galería convencional (seca)
 - Pozo galería con agua de mala calidad
- CAPTACIONES OPERATIVAS**
- Pozo canario
 - Pozo galería
 - Galería en trancada



GALERÍAS EN TRANCADA

- GP-01 El Julan
- GP-02 Los Jables
- GP-03 Parador
- GP-32 Icota
- GP-33 Tacorón
- GP-34 Las Alcusas

POZOS GALERÍA

- PG-06 Tamaduste
- PG-08 Tancajote
- PG-10 Los Llanillos
- PG-11 Las Casitas o Las Puntas
- PG-13 La Caleta
- PG-37 Tigaday
- PG-42 Los Padrones
- PG-43 La Estaca o Varadero
- PG-49 Tejeguate

POZOS CANARIOS

- P-38 Fátima
- P-39 La Coruja o Guinea
- P-40 Agua Nueva
- P-41 Frontera



Figura 3: Distribución de las captaciones de agua subterránea en El Hierro (los manantiales no han sido representados por tener caudales insignificantes). Nótese que todas la obras operativas se encuentran en la franja litoral; la principal concentración de captaciones está en el valle de El Golfo, que es la zona agrícola más importante.

3) La limitación del volumen bombeado no logra detener por completo el deterioro de la calidad, de modo que se construye una galería de fondo que busque zonas menos contaminadas del acuífero. Este objetivo sólo es alcanzado temporalmente, y la historia se repite en el nuevo punto de extracción.

Que este cuadro aparezca con tanta regularidad en tantas perforaciones se debe, fundamentalmente, a tres motivos:

- 1) Por razones topográficas, todas las obras operativas se encuentran situadas en la franja litoral, es decir, a poca distancia del mar.
- 2) Por razones geológicas, los terrenos de El Hierro son muy permeables y ofrecen pocos obstáculos a la penetración de agua marina, si a ésta se le da una oportunidad.
- 3) Por razones económicas, las captaciones tienden a bombear en función de la demanda y no en función de lo que el acuífero es capaz de suministrar, por lo que resulta fácil caer en situaciones de sobreexplotación, que es lo que está esperando el agua salada para penetrar.

La contaminación con agua salada es el principal problema que presenta la red actual de captaciones, pero no el único. En ciertas zonas (La Restinga, Sabinosa, etc.), las perforaciones encuentran aguas con contenidos tan anormalmente altos en bicarbonatos que no pueden ser empleadas para consumo urbano o agrícola; este tipo de contaminación ya no depende del régimen de bombeo sino que es natural y, en consecuencia, no existe forma de neutralizarla, salvo que se utilice algún sistema de depuración del agua, lo que por el momento tiene un costo económico excesivo. La única medida práctica a tomar consiste en averiguar a qué se debe y dónde puede presentarse, evitando así la construcción de nuevas captaciones en las zonas afectadas. ♦



Pozo Tigaday.



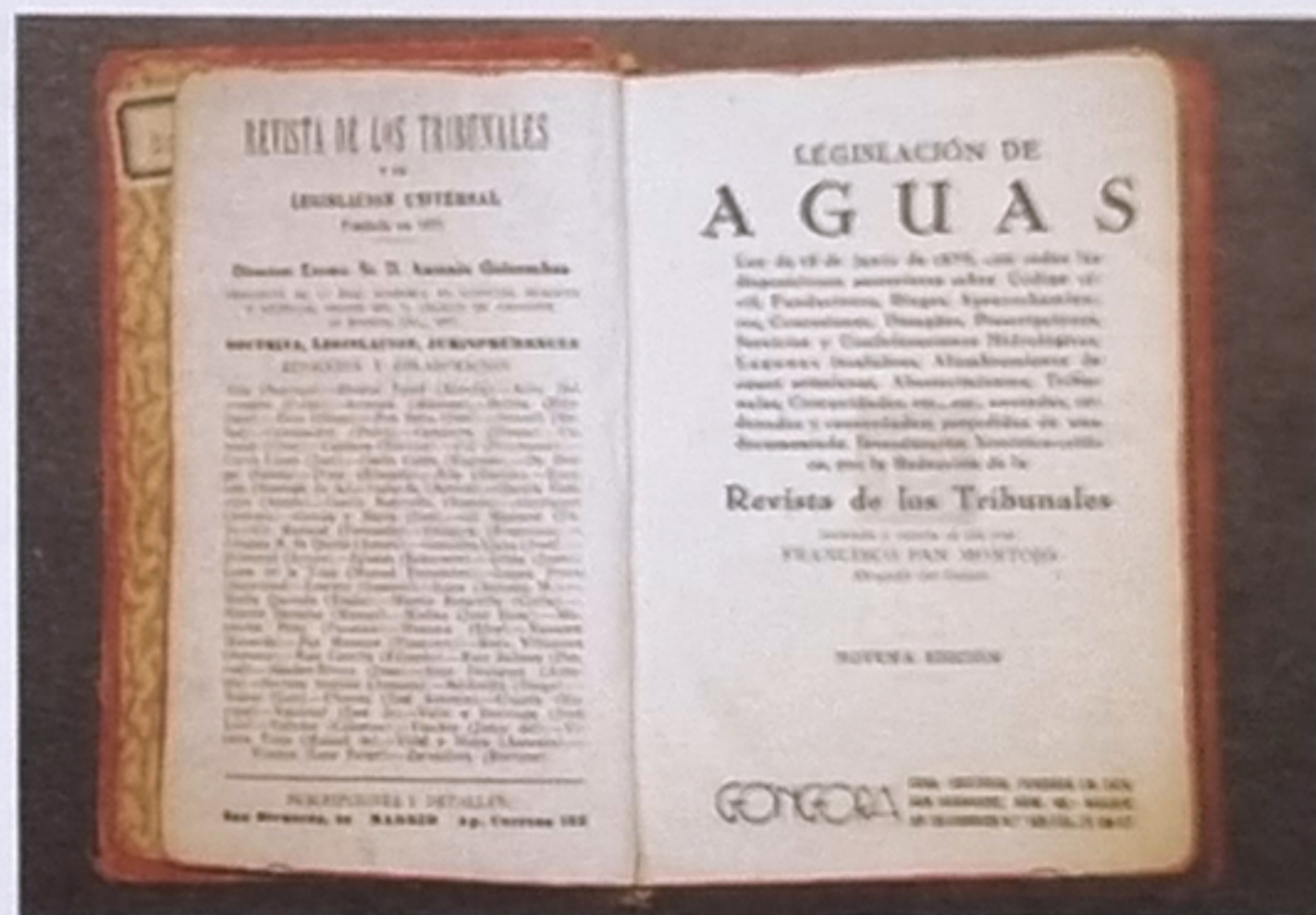
¿Es posible mejorar o ampliar las extracciones?

La red actual de captaciones de agua subterránea, desarrollada por iniciativas estrictamente privadas, ha dado un vuelco a la situación insular, posibilitando un bienestar impensable hace apenas tres décadas: ha garantizado el suministro urbano de agua potable, ha permitido la extensión y diversificación de los cultivos destinados a autoconsumo, ha potenciado el desarrollo de una cierta agricultura de exportación y de una industria agropecuaria y, finalmente, ha sentado las bases para la implantación futura de un turismo selectivo.

Esta red, al igual que las que existen en el resto del Archipiélago, no es el resultado de un plan ordenado que emane del conocimiento hidrogeológico global de la isla. Por el contrario, su creación ha seguido pautas totalmente espontáneas: cada comunidad de propietarios ha perforado, en general, donde le ha parecido conveniente, sin más orientación técnica que la razonada ni más restricciones que las impuestas por la vieja Ley de Aguas, que se limitaba a definir la distancia mínima entre dos captaciones.

La espontaneidad seguida en la búsqueda del agua tiene ventajas e inconvenientes. Entre las primeras hay que mencionar la rapidez de la iniciativa privada para satisfacer una demanda cuando ésta es económicamente rentable y la audacia de la misma para acometer obras costosas y de riesgo elevado. Entre los segundos puede destacarse la anarquía en la distribución de las obras dentro del área insular, pues éstas tienden a ubicarse cerca de las que previamente han tenido éxito y no lejos de los puntos de demanda, sin tener en cuenta la racionalidad en la explotación global de los recursos (concentración de captaciones en El Golfo, por ejemplo, que se interfieren mutuamente).

La producción actual de agua no está exenta de problemas que proceden más de la calidad que de la cantidad de agua extraída: ya se ha mencionado que casi todas las captacio-



Antigua Ley de Aguas.

nes de la Isla adolecen, en mayor o menor grado, de una contaminación por agua marina, y que a ésta se superpone, en ciertas zonas, otra de carácter natural que se traduce en la presencia de bicarbonatos en el agua. La situación dista de ser crítica por ahora, pero ni el agua de abasto urbano está siempre dentro de los límites de salubridad que exigen las normas sanitarias, ni la de suministro agrícola mantiene la calidad que conviene a los cultivos y a los modernos sistemas de riego.

Mayor desasosiego induce el futuro, cuando una demanda de agua progresivamente creciente lleve a las comunidades de propietarios a incrementar el régimen de extracciones, lo que, con toda certeza, acentuará el deterioro de la calidad. Ante esta perspectiva, y teniendo en cuenta lo que está en juego, es inevitable formularse algunas preguntas:

- ¿Pueden aumentarse las extracciones en la red actual sin que se deteriore más la calidad del agua obtenida?
- ¿Tiene solución el problema de la intrusión marina?
- ¿Están aprovechados al máximo los recursos hídricos o parte de ellos se pierden en el mar?
- ¿Existe en la Isla agua de buena calidad que no haya sido explotada o habrá que conformarse con la que se extrae ahora? ◆

¿Cómo se ha intentado dar respuesta a los interrogantes?

Las preguntas anteriores, y otras parecidas, sólo pueden encontrar respuesta con una investigación global del agua subterránea de la Isla: dónde está, cómo circula, a qué se deben las variaciones extremas de calidad que presenta, etc. Este ha sido el objetivo del presente trabajo, y para abordarlo se ha contado con la siguiente información:

- Los hallazgos de autores anteriores: Marín de la Bárcena, Dupuy de Lôme, Hausen, Bravo, Coello, el informe del Proyecto SPA-15, etc. (Ver bibliografía incluida al final de la obra).
- La investigación de las características químicas de todos los puntos de agua, efectuada a lo largo de la última década. (S.G.O.P.U)
- El estudio geológico y estructural del conjunto de la Isla, realizado con las observaciones hechas en superficie y con la inspección de las captaciones más significativas.

Los resultados obtenidos ya han sido expuestos extensivamente en el Avance del Plan Hidrológico Insular, al que remitimos al lector que desee buscar información de detalle. Estos mismos resultados, sin embargo, tratan de ser expuestos aquí en forma resumida y utilizando un lenguaje que no sea completamente ininteligible para aquellos que, sin ser técnicos en la materia, sí están interesados en conocer qué agua consumen ahora y qué perspectivas les reserva el futuro. Por ello, y conscientes de que las imágenes son más claras que los relatos, el texto está complementado con numerosas ilustraciones (esquemas, fotos, mapas y gráficos) que tal vez aclaren algunos pasajes oscuros.

En el desarrollo del tema hemos seguido un hilo argumental que conecta unos puntos con otros: el camino natural que sigue el agua en el subsuelo desde el momento en que se infiltra hasta que descarga en el mar o es extraída por las captaciones. Esta larga travesía es descrita en términos generales en el quinto apartado (El ciclo del agua en El Hierro), utilizándola para distinguir entre lo que son reservas y lo que son recursos renovables, y dando un cierto énfasis a las causas que modifican la composición original del agua durante su recorrido

subterráneo (contaminación por gases volcánicos) o bien en el área de extracción, si el régimen de bombeo no es el adecuado (contaminación por agua de mar).

Después de esta descripción introductoria hemos considerado cada aspecto con más detalle. Se retorna al punto inicial del recorrido del agua (infiltración) para explicar cómo se estima y a cuánto asciende el volumen anual de lluvia que penetra en el terreno; esta cifra es crucial, ya que, al coincidir con la de los recursos renovables, marca la cantidad máxima de agua que sería posible extraer cada año en toda la Isla sin que mermen las reservas.

Lamentablemente, el problema no queda limitado a conocer la cantidad total de recursos disponibles, pues estos últimos ni se encuentran repartidos por igual en todo el subsuelo insular ni tienen la misma calidad. Para poder aprovecharlos hay que averiguar con más detalle cuál es el recorrido oculto que sigue el agua bajo la superficie, dónde puede acumularse, qué importancia tienen en cada zona los factores que modifican la calidad original del líquido, etc. Aquí es donde intervienen la geología y la hidrogeología, es decir, la estructura del interior de la Isla y su influencia en la circulación del agua subterránea. En la comprensión de estos aspectos juega un papel esencial la formación del Valle de El Golfo, que, al producirse, trastocó el sentido en que fluía el agua y modificó la distribución del volcanismo más reciente, lo cual viene a influir decisivamente en el contenido en bicarbonatos del agua subterránea, es decir, en la calidad del recurso.

A continuación, los aspectos anteriores son considerados en conjunto para establecer una síntesis hidrogeológica que explique el funcionamiento de las captaciones existentes y que permita diagnosticar la situación actual. Como también hay que orientar la explotación futura, la Isla ha sido dividida en zonas y subzonas de características homogéneas en cuanto a calidad de recursos disponibles, y en cada una de ellas se ha calculado el volumen de agua que es posible extraer cada año. Con esto se da respuesta a los interrogantes principales: dónde están los recursos hídricos renovables, a cuánto ascienden y qué calidad tienen.

El siguiente paso ha consistido en estimar los requerimientos actuales y futuros de la Isla en lo que se refiere a suministro urbano y consumo agrícola, industrial y turístico. Conocida, pues, la cantidad de agua que se necesita, y conocida también la que hay disponible en el subsuelo, la conclusión final no ha podido ser otra que la proposición de un sistema de captación y distribución del agua subterránea, que resuelva de una vez por todas la precaria situación a que han estado sometidos los herreños desde hace siglos. ♦

El ciclo del agua en El Hierro

Ya se ha dicho que en El Hierro no sólo son inexistentes los cursos de agua permanente, sino que los nacientes o fuentes son muy escasos y de caudal ínfimo. Por otra parte, la irregularidad de las lluvias, y la facilidad con que se infiltran, convierte en problemático y caro cualquier intento de embalsar las aguas que circulan por la superficie del terreno cuando las precipitaciones son copiosas. No queda más remedio, por tanto, que recurrir a los recursos subterráneos para cubrir de modo permanente las necesidades domésticas, agrícolas e industriales, pero como veremos, en las actuales circunstancias no hay graves motivos de preocupación, ya que la penuria de aguas superficiales es compensada generosamente con caudales subterráneos.

La totalidad del agua dulce que se encuentra en el subsuelo procede de la lluvia, aunque todavía persisten viejas creencias que le atribuyen otro origen, como la destilación del agua del mar por medio del calor de los volcanes. Desde el momento en que el agua de lluvia se infiltra en el terreno, comienza una travesía subterránea que, tarde o temprano —y siguiendo caminos más o menos enrevesados—, concluirá en el mar.

Al principio, en la parte alta del subsuelo, el agua descende por los poros y grietas de las rocas siguiendo trayectorias casi verticales. Más tarde, a mucha mayor profundidad, alcanza una zona en donde ya todos los huecos disponibles están llenos de agua, por lo que se denomina zona saturada o también acuífero. Una vez en ella, la circulación se hace más lenta y el agua comienza a dirigirse hacia el océano por el camino que le resulta más fácil, que no siempre es el más corto al estar fuertemente condicionado por las irregularidades geológicas del subsuelo.

La superficie del acuífero se encuentra situada a cotas variables en el interior del bloque insular. En la línea de costa coincide con el nivel del mar, donde descarga, por lo que en algunos lugares pueden observarse salidas de agua dulce durante la marea baja. Algo más hacia el interior, pero siempre en la franja litoral, el acuífero apenas se alza sobre ese nivel, lo cual ha sido puesto de manifiesto por las perforaciones realizadas. A partir de esta franja, el techo de la zona saturada debe ir ascendiendo suavemente hacia el centro de la Isla, pero no se sabe con precisión qué altura alcanza al no existir captaciones o sondeos que lo hayan intersectado. Sin embargo, algunas galerías profundas excavadas en los años sesenta a



Naciente de agua.

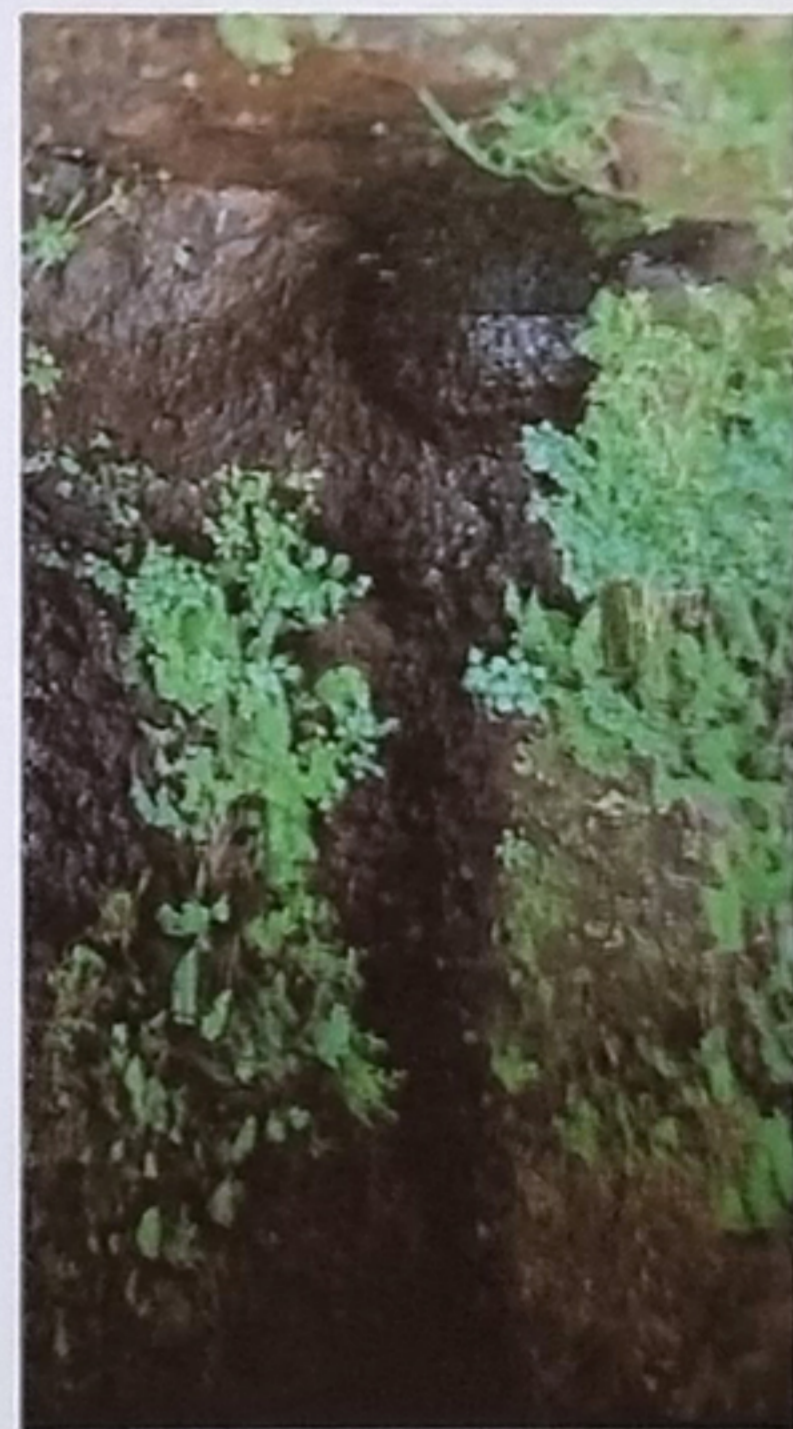


Figura 4: Esquema que ilustra el ciclo del agua en forma simplificada. Gran parte del agua de lluvia vuelve a la atmósfera por evaporación o va a parar al mar cuando corren los barrancos; el resto (1/4 aproximadamente del total de las precipitaciones de El Hierro) se infiltra en el subsuelo y recarga el acuífero profundo. El volumen de este acuífero (reserva insular de agua) no se modifica, ya que, en el actual estado de equilibrio, los nuevos aportes compensan la descarga subterránea al mar más las extracciones del litoral (única zona explotada en la Isla). La permeabilidad del terreno en la franja costera permite circular el agua dulce desde el interior hacia el litoral, pero también hace posible la penetración del agua salada en sentido contrario cuando los pozos bombean en exceso. En condiciones naturales, el agua salada se mantiene bajo la dulce por ser más densa, pero este equilibrio es sumamente delicado, y queda roto cuando los pozos extraen más agua dulce que la suministrada por la recarga.



cotas relativamente elevadas (por encima de los 300 m) fracasaron en su intento de llegar al acuífero, aunque al menos sirvieron para revelar que las aguas subterráneas se acumulan en El Hierro a alturas menores que en otras Islas: Tenerife y La Palma, por ejemplo, tienen galerías con excelente producción a más de 1.000 m de cota.

Independientemente de cuál sea la altura que alcance en el interior de la Isla, el acuífero tiene una geometría que, tal como está distribuida la presente red de captaciones, tiende a mantenerse constante, constituyendo el volumen insular de reservas hídricas. Esta constancia es debida a que en la zona saturada se verifica un incesante trasiego de agua, y la cantidad que se infiltra anualmente viene a ser compensada por una cantidad igual que se descarga en el mar o que es extraída por las captaciones de la franja litoral: El acuífero actúa solamente como depósito regulador.

Este volumen de agua circulante es lo que se conoce como recursos hídricos renovables, ya que pueden ser explotados sin que se modifiquen las reservas: si la cantidad total bombeada es menor que el volumen de recursos, estamos desperdiciando un agua que podría servir para incrementar la agricultura, por ejemplo; en cambio, si el agua extraída fuese mayor, estaríamos consumiendo unas reservas que, con el actual régimen de lluvias, difícilmente serían restablecidas, como sucede en Gran Canaria o en ciertas zonas de Tenerife. En consecuencia, la primera cuestión a conocer, si se pretende explotar racionalmente el agua subterránea, es cuál es el volumen total de recursos disponibles, lo que en la práctica —como se expone más adelante— equivale a averiguar cuál es el volumen total de agua que anualmente se infiltra en la Isla.

Aparte de cómo circula y dónde se almacena el agua en el subsuelo, es necesario hacer algunos comentarios sobre las características químicas del agua disponible, pues la calidad del líquido varía mucho de una captación a otra. El agua que circula por el subsuelo nunca es esa substancia pura que se representa con la fórmula H_2O , ya que en su recorrido disuelve e incorpora elementos que proceden de las rocas atravesadas. La cantidad de sales disueltas depende, por una parte, del tiempo que haya permanecido el agua en el acuífero —a mayor tiempo, más sales—, pero por otra, y en mucha mayor medida, es conse-

cuencia de la propia capacidad del agua para reaccionar con la roca. Esta capacidad de reacción, que usando un término expresivo podemos denominar "agresividad", aumenta notablemente con la presencia de gases magmáticos (CO_2 , en particular), los cuales ascienden desde gran profundidad en toda la Isla, aunque son mucho más abundantes en las zonas de actividad volcánica reciente o latente.

La existencia de CO_2 repercute muy desfavorablemente sobre la calidad del agua, pues, al combinarse con ésta, se transforma en ácido carbónico, el cual, a su vez, reacciona en corto tiempo con la roca para dar bicarbonatos. Estos últimos permanecen en disolución y pueden llegar a alcanzar tal proporción que hacen inviable el uso del líquido para consumo doméstico o agrícola. Por esta razón, no sólo es importante saber cómo circula el agua y en qué cantidad, sino también qué calidad cabe esperar en cada zona. En la práctica, y de manera aproximada, podremos predecir lo que no vemos —calidad del agua subterránea en una zona no explorada— conociendo algo que sí es observable en superficie: la distribución del volcanismo reciente.

Hay que mencionar, finalmente, que en el subsuelo no sólo hay agua dulce: en la franja litoral, el acuífero se encuentra flotando sobre agua salada de procedencia marina. Mientras el edificio insular se mantuvo bajo el océano, los poros de las rocas estaban empapados con el agua de éste último, pero, desde que comenzó a emerger sobre el mar, el agua dulce infiltrada se fue acumulando progresivamente encima de la salada, sin mezclarse con ella a causa de la mayor densidad de esta última. A medida que aumentaba el tamaño de la Isla, la acumulación creciente de agua dulce en el subsuelo por su peso fue desplazando hacia abajo al agua salada; en la franja litoral, sin embargo, donde el techo del acuífero se encuentra muy bajo, la superficie de contacto entre ambos tipos de agua está a poca profundidad, y el bombeo excesivo en cualquier pozo hará ascender irremediabilmente el agua salada, que de este modo contaminará la dulce.

El problema de la intrusión marina, sobre el que se ha llamado la atención repetidas veces, es un tema de primer orden en El Hierro. La gran mayoría de las captaciones se encuentran cerca del mar y en terrenos tan permeables que, incluso en pozos situados a más de 1 Km de la línea de costa, es posible observar fluctuaciones en el nivel del agua que son un reflejo de las oscilaciones de la marea. La explotación de esta franja no puede seguir haciéndose de manera incontrolada por dos razones:

- 1) El bombeo excesivo de una determinada captación no afecta a ella sola, sino a todas las que están cerca.
- 2) Para recuperar una calidad de agua aceptable no basta con reducir el bombeo, sino que hay que esperar a que se restablezca el equilibrio, cosa que puede requerir un período de tiempo muy prolongado.

Por todo ello, y si se considera que los intereses generales deben prevalecer sobre los particulares, el régimen de extracciones de una determinada zona debe ser planificado para adaptarlo a la disponibilidad real de recursos, de modo que éstos ni se agoten ni se deterioren irremediabilmente. En caso contrario se está hipotecando el futuro. ♦

Cantidad total de recursos hídricos disponibles en la Isla

De toda el agua de lluvia que alcanza la superficie insular, solamente una parte se infiltra en el subsuelo y alcanza más tarde el acuífero profundo. El resto se pierde de dos maneras:

- Por evaporación hacia la atmósfera, que se realiza directamente o bien a través de las plantas.
- Por escorrentía sobre la superficie del terreno hasta alcanzar el mar, lo que únicamente sucede cuando las precipitaciones son muy intensas.

La cantidad de agua que se infiltra cada año —que es el valor que interesa conocer para evaluar los recursos disponibles— no puede medirse de manera directa. Para su estimación aproximada hay que recurrir a un método indirecto basado en el balance hídrico, según el cual:

$$\text{Lluvia} = \text{Infiltración} + \text{Evaporación} + \text{Escorrentía}.$$

Lo que equivale a:

$$\text{Infiltración} = \text{Lluvia} - \text{Evaporación} - \text{Escorrentía}.$$

De estos tres valores —lluvia, evaporación y escorrentía— el que mejor se conoce es el primero, pues existen en la isla algunas estaciones pluviométricas que han registrado las precipitaciones de los últimos años. Sobre esta base, el volumen medio de agua que cae cada año en la totalidad de la Isla se ha estimado en unos 95 Hm³; esta cifra debe considerarse como un valor mínimo, ya que no se ha tenido en cuenta el agua que gotea por condensación en la vegetación arbórea, cuya cuantificación presenta serias dificultades. El reparto de estos 95 Hm³ globales dista de ser uniforme, pues mientras en la Meseta de Nisdafe y en la parte alta de El Golfo llegan a caer al año 700 litros por metro cuadrado, hay ciertas zonas de costa en donde la precipitación no llega a 150 litros (ver Figura 5).

Mucho más complicado e incierto es calcular cuánto se evapora y cuánto escurre por la superficie del terreno, pues todo ello depende de múltiples factores de difícil evaluación: tipo y cantidad de vegetación, temperatura media anual, presencia o no de suelos, intensi-

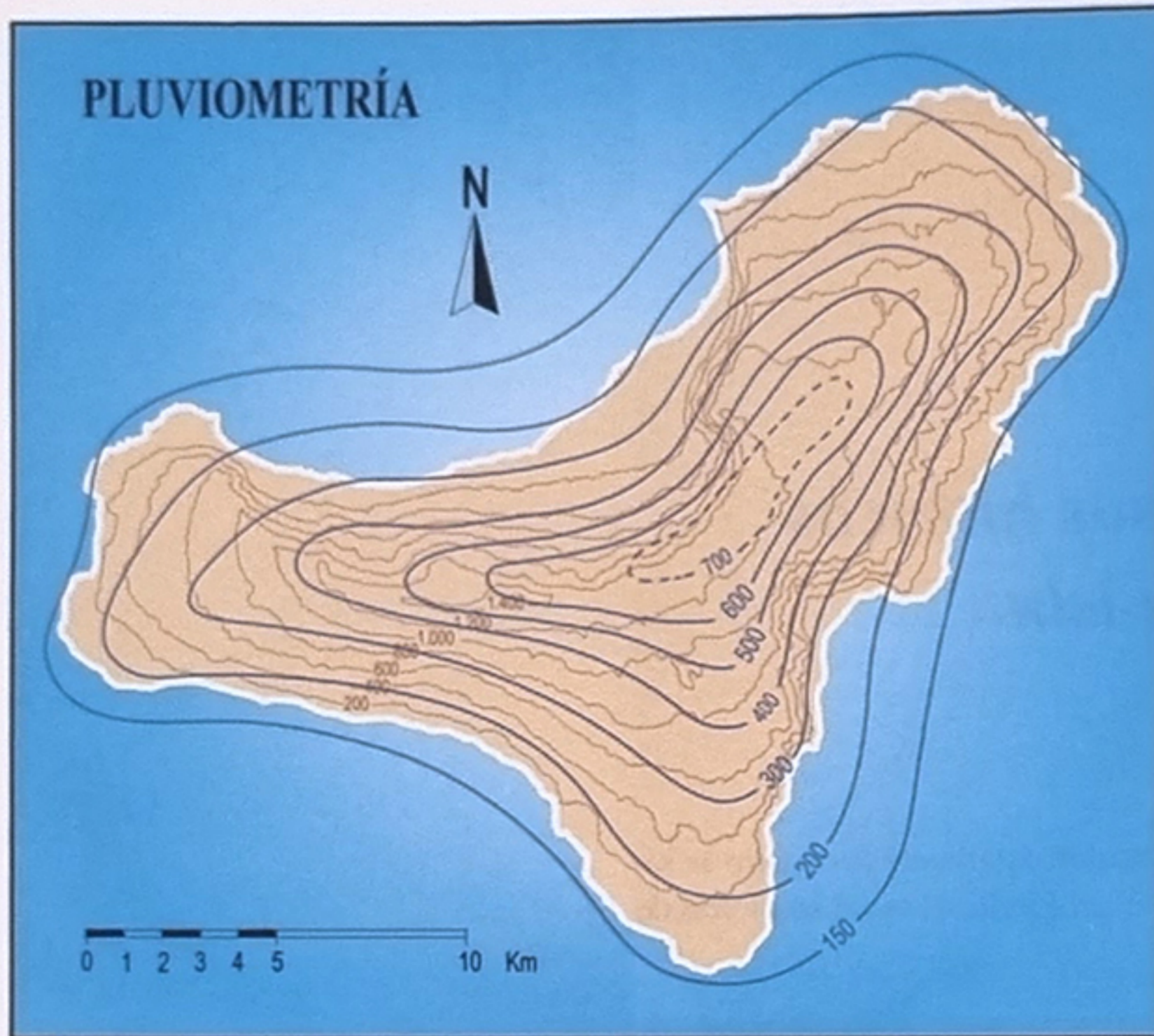


Figura 5: Precipitación media anual en milímetros por metro cuadrado.

Figura 6: Infiltración media anual en milímetros por metro cuadrado.

dad con que se producen las lluvias, etc. A pesar de estos obstáculos, y con la aplicación de métodos empíricos desarrollados por los hidrólogos, se ha podido establecer que las pérdidas por evaporación y escorrentía totalizan unos 69 Hm^3 anuales. Si descontamos esta cantidad del valor correspondiente a la lluvia, resulta que el volumen de agua que se infiltra cada año en el conjunto de la Isla es de unos 26 Hm^3 aproximadamente, los cuales, al igual que la lluvia, se distribuyen de forma irregular por la geografía herreña (ver Figura 6).

Este volumen de agua es el que cada año llega a los niveles profundos del subsuelo, lo que no significa que las reservas aumenten, pues ya se ha mencionado que el acuífero funciona como un depósito regulador de capacidad limitada, y lo que entra es compensado por lo que descarga en el mar y por lo que es extraído. Por otra parte, las captaciones que existen actualmente en El Hierro están situadas cerca de la línea de costa y sólo afectan a la porción periférica del acuífero; esto quiere decir que drenan el flujo de agua subterránea un poco antes de que éste se pierda en el mar, sin afectar prácticamente a las reservas. El volumen anual que sacan entre todas es de $1,4 \text{ Hm}^3$, es decir, apenas el 5% de los recursos anuales suministrados por la infiltración (26 Hm^3).

En definitiva, desde el punto de vista del volumen de recursos hídricos subterráneos, la situación global de la Isla es favorable, ya que sólo se extrae una mínima parte de lo que se infiltra. La cuestión radica en conocer dónde se encuentran estos recursos no utilizados y en averiguar qué calidad tienen. Para ello examinaremos a continuación cuáles son los factores que controlan su distribución en el subsuelo. ♦

Influencia de la Geología en la circulación, el almacenamiento y la calidad del agua en el subsuelo

Anteriormente han sido mencionadas algunas peculiaridades que convierten a El Hierro en una isla diferente de las restantes del Archipiélago: extraordinaria eficacia en la infiltración del agua de lluvia, ausencia casi completa de fuentes en superficie elevándose poco sobre el nivel del mar, etc. Estas peculiaridades, y otras a las que nos referiremos más adelante, no se derivan de factores climáticos, que son similares en todas las Canarias occidentales, sino de diferencias en la constitución geológica del subsuelo.



Lavas cordadas sobre coladas de tipo "Pahoe-hoe".



Lavas del tipo "AA" o Malpaís.

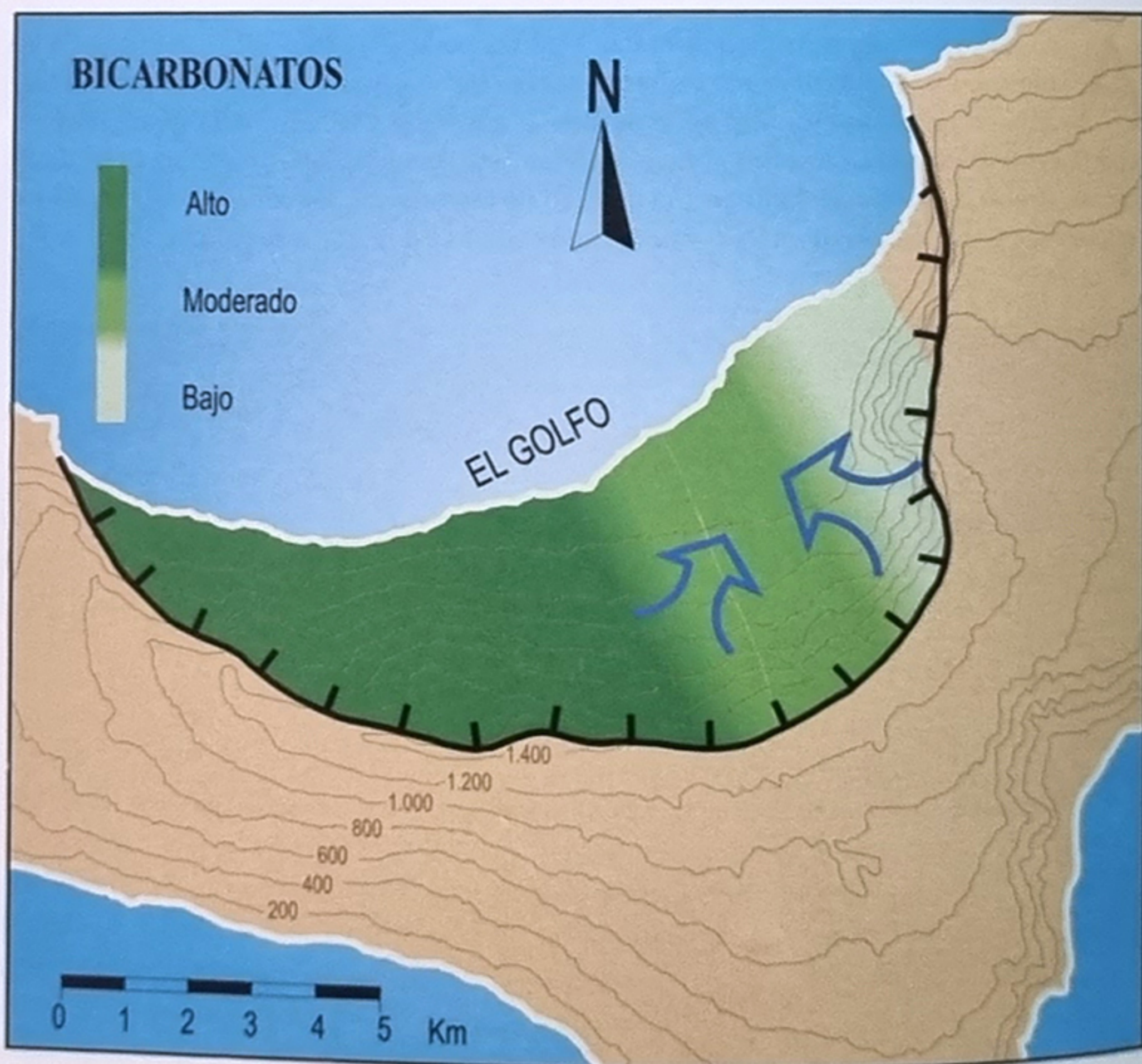
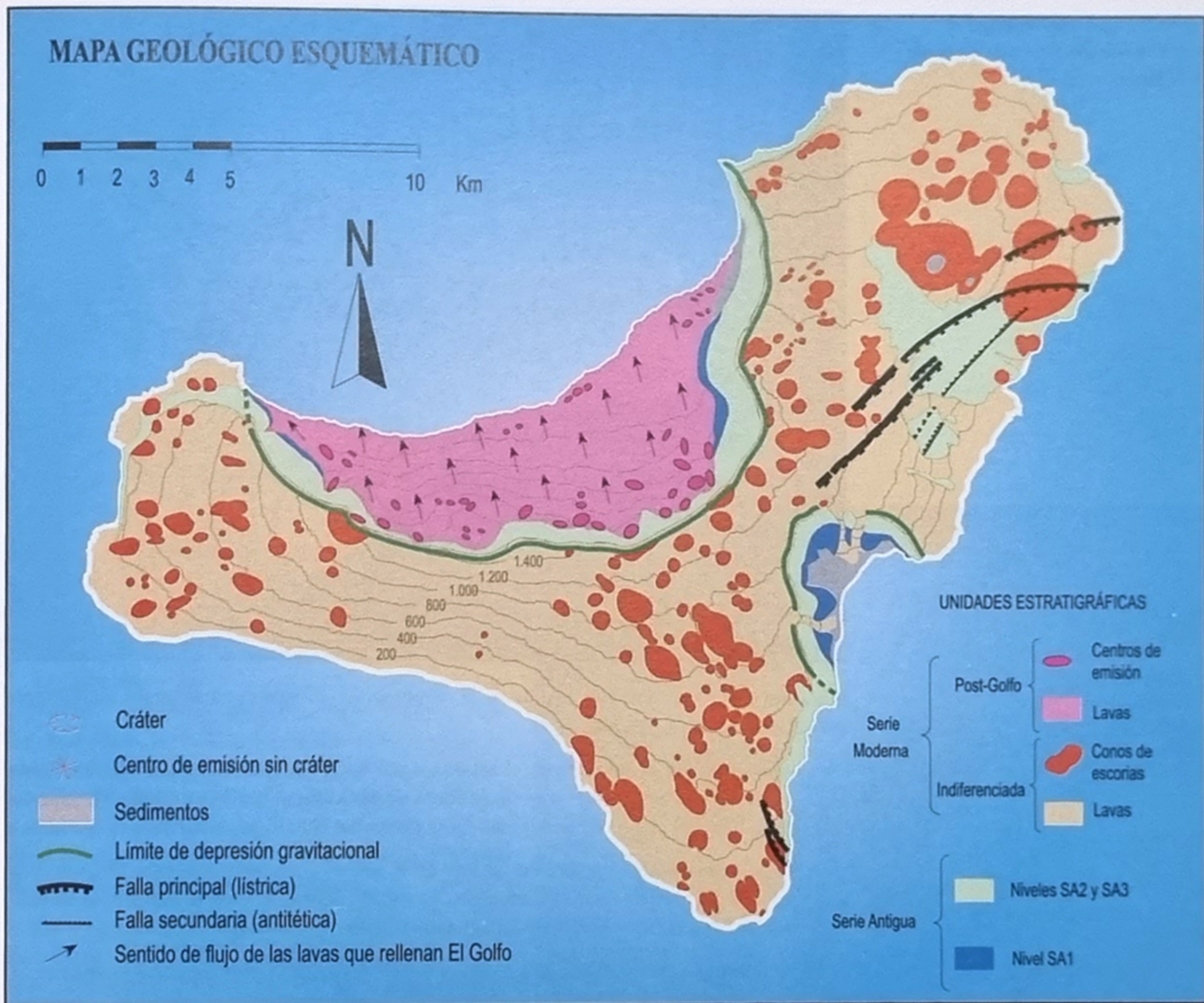


Figura 7: Distribución del contenido en bicarbonatos en las aguas subterráneas de El Golfo.

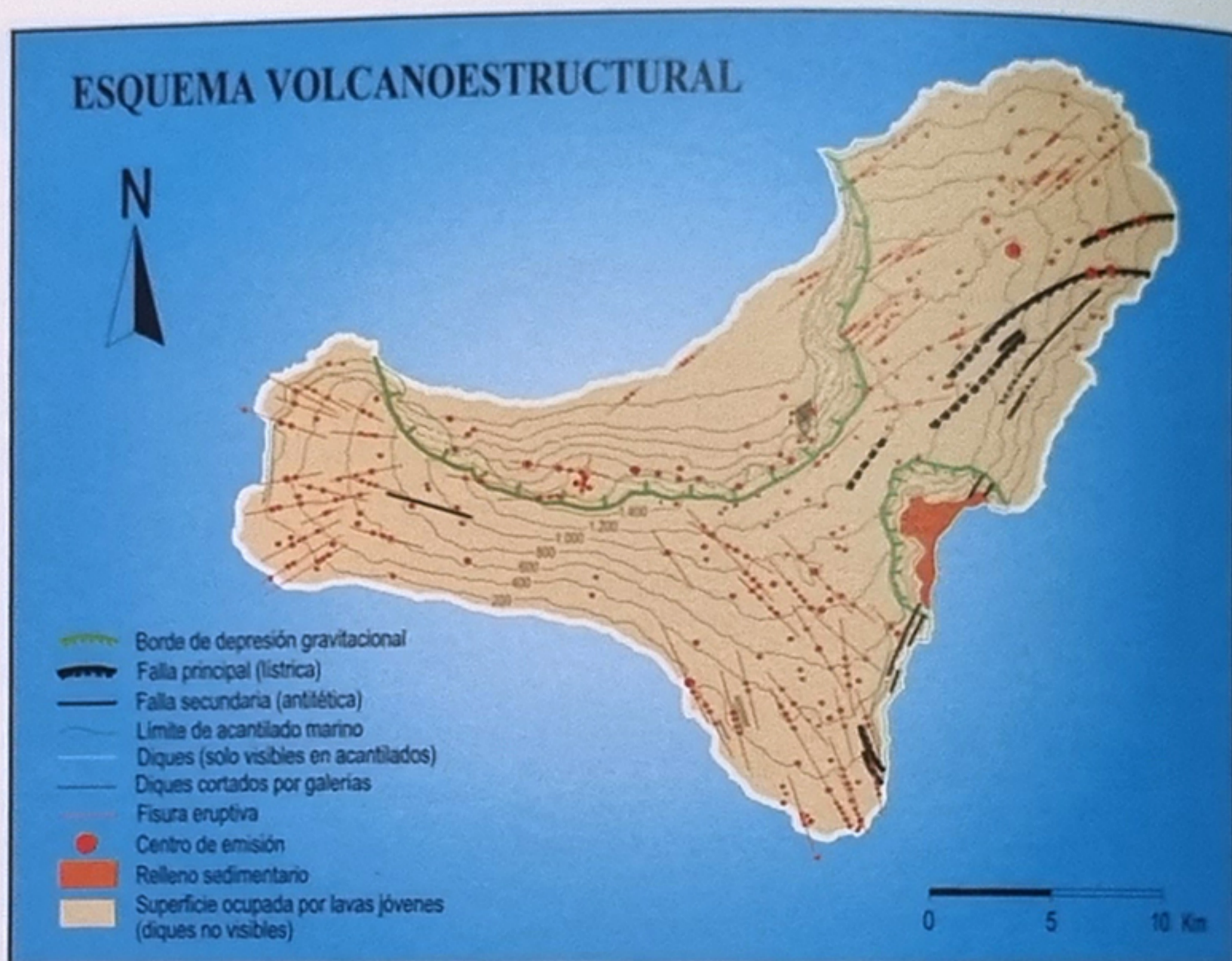


Algunos de los hechos observados obedecen a causas no excesivamente complejas. Así, es bien conocido que la facilidad con que se infiltran las aguas superficiales se debe a que toda el área insular está ocupada por lavas muy jóvenes, sumamente permeables. De forma similar, la escasez de nacientes ya fue atribuida por los primeros geólogos que trabajaron en la Isla al hecho de que, en el subsuelo, no hay capas impermeables de gran extensión y espesor; por ello, el agua infiltrada no puede ser detenida y desviada hacia un salidero natural (fuente), sino que sigue profundizando verticalmente hasta llegar al acuífero principal.

Otras situaciones tienen una explicación más oscura. Por ejemplo, el que las captaciones ubicadas cerca de la pared oriental de El Golfo (entre Las Lapas y Las Puntas) den una buena producción de agua de excelente calidad, al contrario que las que están más hacia el in-

Figura 8: Mapa geológico esquemático de la isla de El Hierro.

Figura 9: Mapa representando el esquema volcanoestructural de la isla de El Hierro.



terior del Valle (ver Figura 7), resulta de la combinación de dos circunstancias no discernibles al primer golpe de vista:

- Una circulación anómala en el acuífero, que hace que gran parte del agua infiltrada en la Meseta de Nisdafe —es decir, fuera de El Golfo— se dirija, contra todo pronóstico, hacia el centro de la Isla (cabecera del Valle) canalizada por diques y fracturas.
- Una ausencia de volcanismo latente en el sector comprendido entre El Golfo y la Meseta de Nisdafe, que se traduce en un escaso aporte de CO_2 al acuífero y, en definitiva, en una buena calidad del agua circulante.

El ejemplo anterior ilustra algo de carácter más general: la forma en que el agua se almacena y circula en el subsuelo, así como también sus características químicas, son consecuencia no sólo de factores superficiales (como la pluviometría), sino también —y sobre todo— de condicionantes geológicos muy variados: orientación y densidad de la red de diques, presencia de fisuras, distribución del volcanismo reciente, cambios en la porosidad de los terrenos, etc. Es imprescindible analizar estos factores para tratar de averiguar cómo se produce la incesante transferencia de agua dentro de un sistema hídrico que, como el de El Hierro, es sin duda intrincado. Por todo ello, y aunque sea un tema árido, se hace inevitable hablar de geología, y los apartados siguientes tratan de relatar en forma resumida cómo se ha formado la Isla y cuál es la manera en que está organizada internamente. Una primera impresión de los aspectos estratigráficos y estructurales puede obtenerse con la inspección del Mapa Geológico y del Esquema Volcanoestructural, elaborados durante el Avance del Plan Hidrológico (ver Figuras 8 y 9). ♦

Formación de la Isla

Crecimiento inicial del relieve

El Hierro emerge hasta 1.500 m sobre el nivel del mar, con una topografía muy abrupta. Esta porción visible es sólo la culminación del verdadero relieve, que en realidad se inicia en el fondo oceánico, a casi 5 Km de profundidad bajo el agua.

El promontorio herreño comenzó su crecimiento en la plataforma submarina hace algunos millones de años. Gradualmente, primero por empujes que hicieron ascender el fondo del océano y, posteriormente, por apilamiento progresivo de materiales volcánicos emitidos durante infinidad de erupciones, el relieve inicial fue ganando altura hasta emerger sobre el mar y alcanzar, incluso, cotas superiores a las actuales.

En cada una de las erupciones que han contribuido a hacer crecer la Isla, el magma se abre paso desde gran profundidad, a través de una fisura alargada que, propagándose a desgarrones, se acerca poco a poco a la superficie. Cuando el magma sale finalmente, no lo hace a lo largo de toda la fisura eruptiva sino en algunos puntos más favorables, que quedan marcados como acumulaciones de picón (conos) o salideros de lava; en el subsuelo, la fisura queda rellena de magma, el cual no tarda en enfriarse y consolidar, transformándose en un dique de gran extensión lateral.

Cada erupción da paso a una situación de inactividad aparente, y el volcanismo no volverá a manifestarse de nuevo sino después de un intervalo de tiempo más

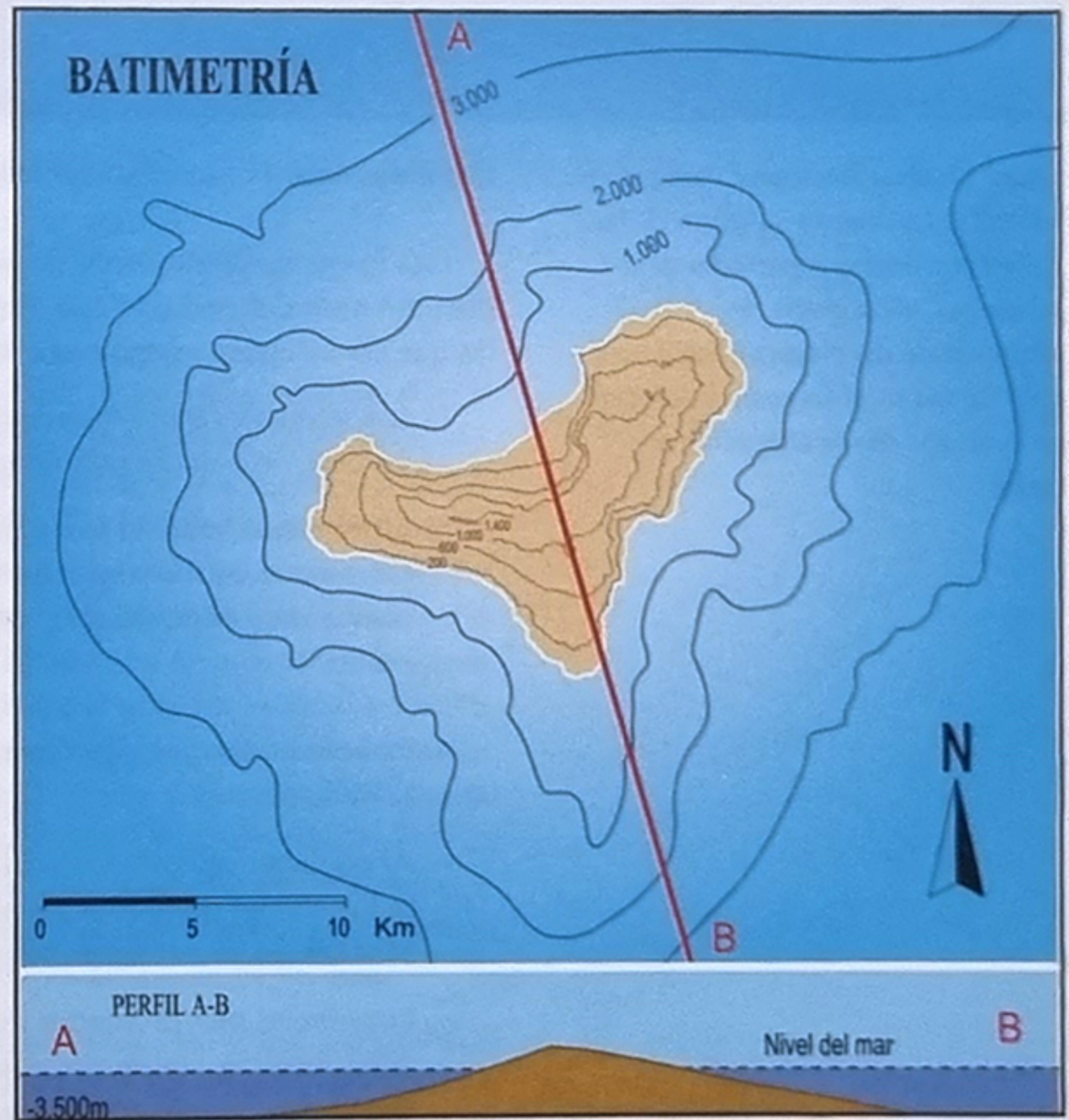
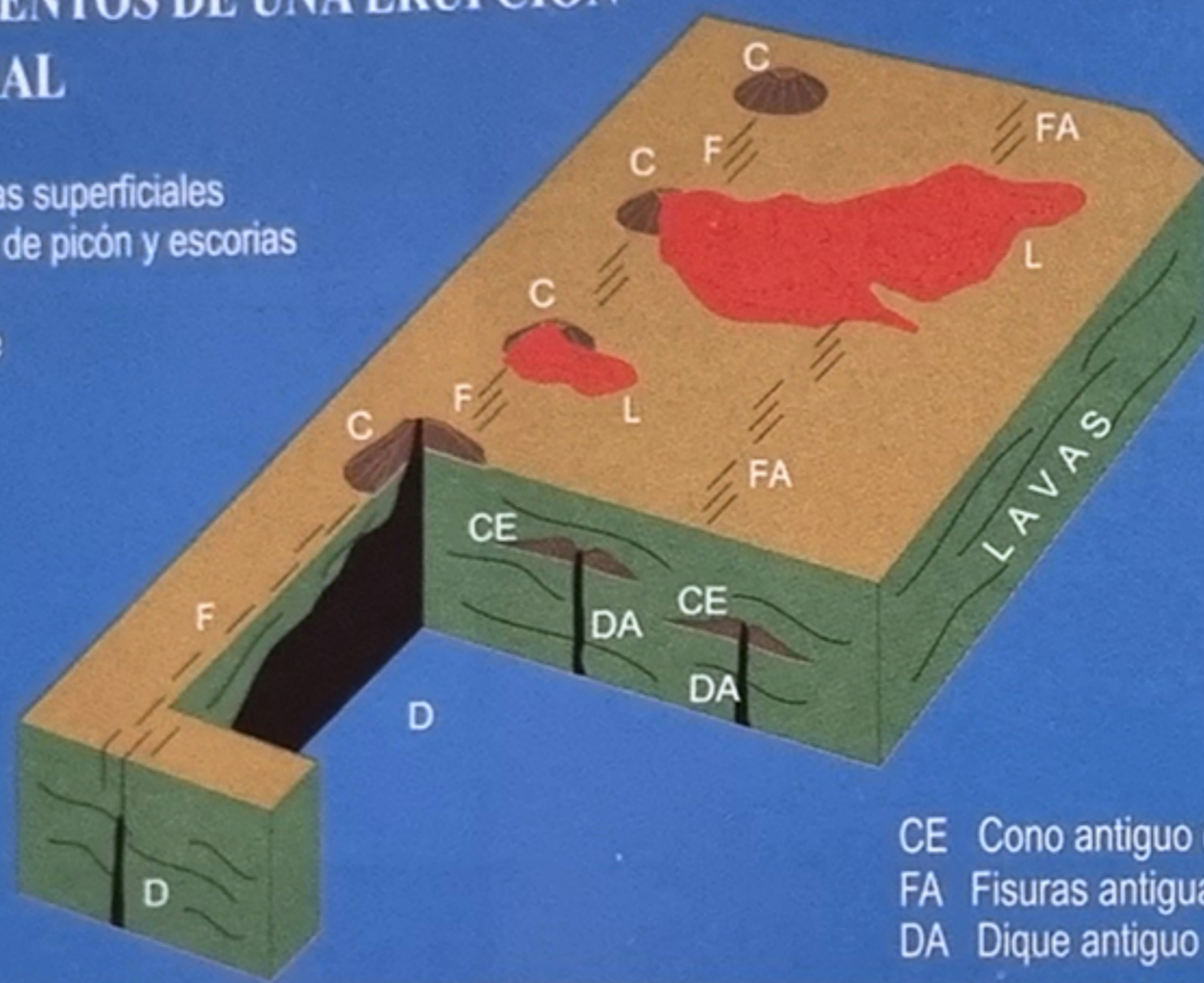


Figura 10: La forma triangular de la Isla continúa en la porción sumergida, que comienza a unos 3.500 m. bajo el nivel del mar. Las tierras emergidas representan tan sólo una mínima parte del promontorio oceánico total.

ELEMENTOS DE UNA ERUPCIÓN FISURAL

F Fisuras superficiales
C Cono de picón y escorias
L Lava
D Dique



CE Cono antiguo (enterrado)
FA Fisuras antiguas
DA Dique antiguo

Figura 11: Erupción fisural. Aunque en superficie los conos y salideros de lava suelen presentarse espaciados (pero alineados), el conducto de alimentación del magma (dique) tiene continuidad en el subsuelo y coincide en dirección con la alineación de conos.

tactos sus detalles morfológicos e incluso su color oscuro original.

Esta forma de crecimiento del relieve insular no es propia sólo de El Hierro, sino también del resto del Archipiélago. Aquí, sin embargo, se dan dos circunstancias excepcionales que contribuyen a singularizar el comportamiento hidrogeológico del subsuelo:

- 1) Los intervalos entre erupciones nunca han sido muy prolongados, de modo que, en vertical, no hay discontinuidades significativas en la permeabilidad de los materiales.
- 2) La emersión sobre el mar parece haber tenido lugar más tarde que en las restantes islas, ya que las rocas que conforman la base de los acantilados no muestran la intensa alteración y compactación que siempre está presente en los terrenos antiguos de Canarias.

Ambas circunstancias repercuten decisivamente en el flujo y en la acumulación del agua, una vez infiltrada:

- Al no haber discontinuidades verticales de permeabilidad, el agua tiende a bajar hasta los niveles profundos sin apartarse apenas de su trayectoria vertical, lo que explica la ausencia de nacientes naturales.
- Los niveles más profundos del subsuelo, aunque más apelmazados que los próximos a la superficie, conservan todavía gran parte de sus huecos originales, y es en ellos donde puede acumularse el agua (acuífero).

Una vez en el acuífero, la circulación pasa ya a estar controlada por otros factores, entre los que destacan la presencia de diques y de grandes fisuras abiertas. Como la disposición espacial de estos elementos está relacionada íntimamente con la manera en que se han dis-

o menos largo, durante el cual siguen operando a gran profundidad los procesos que generan el magma. Si este intervalo es muy prolongado, los productos precedentes tienen tiempo de alterarse y compactarse, y la erosión desmantela parte del relieve preexistente; si, por el contrario, es corto, los materiales de la siguiente erupción vendrán a acumularse sobre otros de características similares, y el resultado general será un crecimiento paulatino, aunque discontinuo, del relieve. Esto es lo que sucede actualmente en El Hierro, donde la escasez de erupciones históricas —sólo una en 1793— enmascara una cadencia de la actividad volcánica reciente que puede considerarse como una de las más intensas del Archipiélago, dado el gran número de lavas que conservan in-

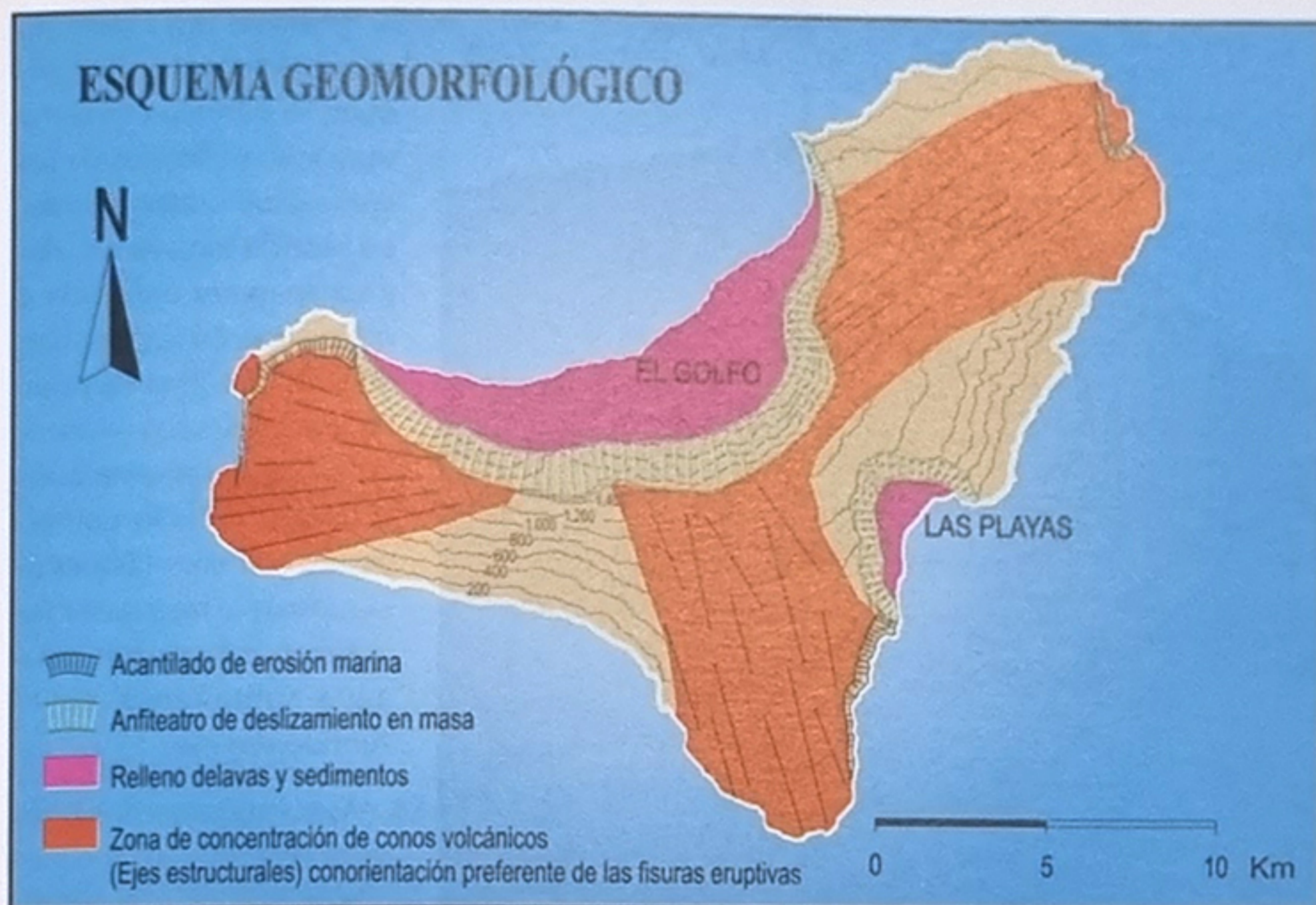


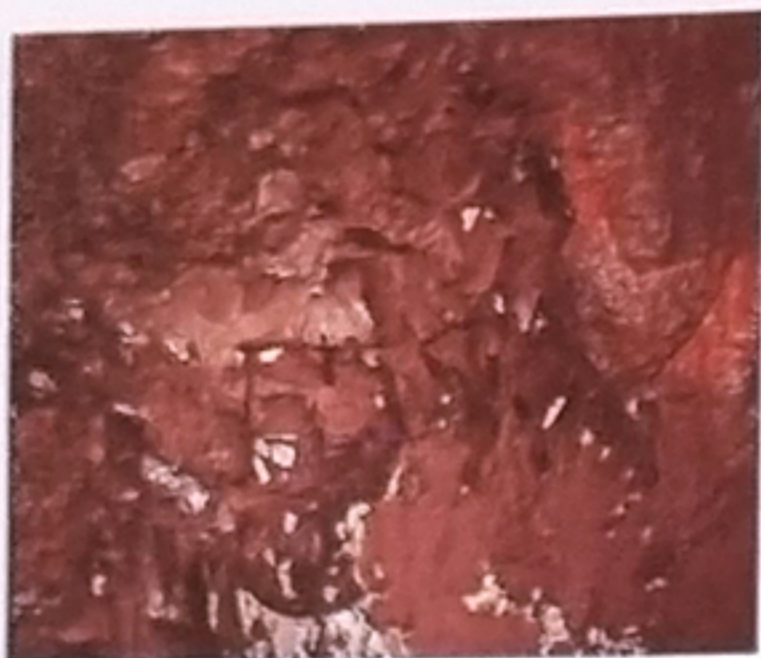
Figura 12: Esquema geomorfológico de la isla de El Hierro.

tribuido las erupciones durante el crecimiento de la Isla, en el siguiente apartado se analizan las pautas seguidas por la actividad volcánica.

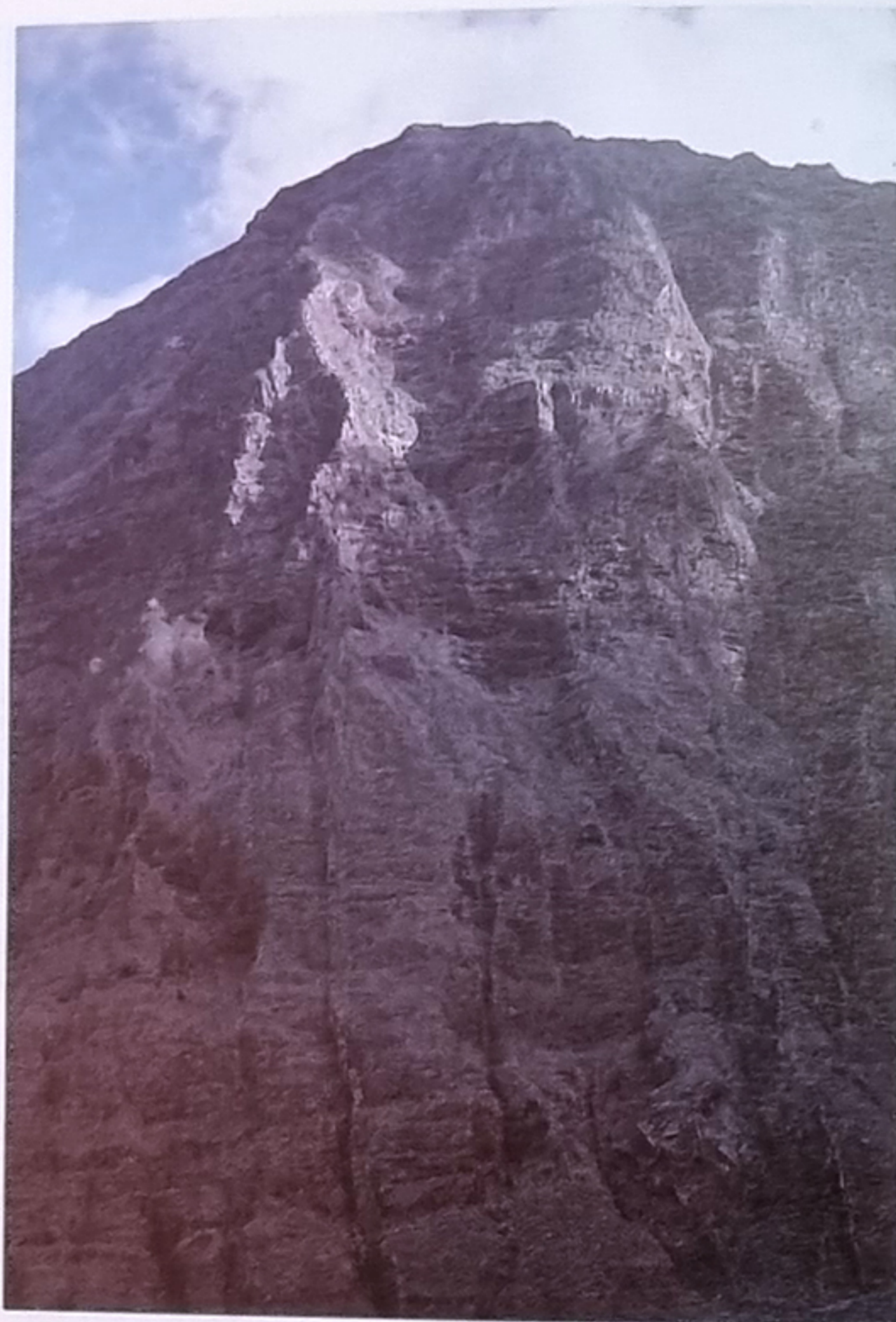
Ejes estructurales

A lo largo de la historia geológica de la Isla, las erupciones no se han producido al azar en cualquier punto de la superficie, sino que se han concentrado preferentemente en tres franjas, conocidas como ejes estructurales, que convergen en el centro de la Isla con ángulos de unos 120° . De este modo, el crecimiento paulatino del relieve ha estado siempre vertebrado en torno a los tres ejes, lo que explica que la forma de la Isla se asemeje a una pirámide de base triangular, con caras cóncavas. Los ejes estructurales, que coinciden con las aristas de la pirámide, muestran en superficie una densa agrupación de aparatos volcánicos (conos de picón), mientras que en el subsuelo se caracterizan por tener un extraordinario número de diques, más o menos verticales. Como cada fisura eruptiva se corresponde en profundidad con un dique, analizando en superficie las alineaciones de volcanes podemos averiguar cuál será la orientación preferente de los diques en profundidad. Utilizando este sistema —y, sobre todo, la observación directa en los acantilados y en el interior de las galerías— se puede afirmar que, los ejes estructurales abarcan al mayor porcentaje de diques y éstos, por tanto, tienden a orientarse paralelamente a las direcciones generales de los ejes.

Observados en el terreno, los diques son como delgadas paredes verticales, compuestas por una roca más densa y compacta que el conjunto de lavas que atraviesan. A pesar de su escasa anchura (1–2 m, por lo general), el agua encuentra dificultades para pasar a través de ellos, de tal manera que, cuando no están fracturados, juegan el papel de pantallas impermeables o semipermeables. Este hecho guarda una estrecha relación con su proceso de enfriamiento en el subsuelo.



Diques en la pared de El Golfo y en el interior del Pozo de los Padrones.



Aunque en todo el subsuelo insular hay diques, su número es mucho mayor en el ámbito de los ejes estructurales, donde, en sentido transversal, llega a aparecer uno cada 4 ó 5 metros. En los ejes hay, además, una gran cantidad de grietas abiertas —orientadas paralelamente a los diques o incluso coincidentes con ellos (diques fisurados)—, las cuales favorecen la circulación del agua subterránea en el sentido del eje.

Los numerosísimos diques enteros —más o menos paralelos y que dificultan la circulación en sentido transversal—, unidos a la presencia de fisuras abiertas que favorecen el flujo en sentido longitudinal, otorgan a los ejes un comportamiento hidrogeológico tan particular que es difícil, por no decir imposible, encontrar algo pare-

cido fuera de las islas de origen volcánico. A efectos prácticos, este comportamiento puede sintetizarse así: el agua que se infiltra y alcanza el acuífero en el ámbito de un eje estructural, queda canalizada por la múltiple pantalla de diques y difícilmente podrá salirse de él, a no ser en los extremos; fuera de los ejes, en cambio, el agua tiene mayor libertad de circulación y se dirige a la costa por el camino más corto posible. ◆

Culminación del crecimiento insular

El Hierro antes de la formación de El Golfo

Los ejes estructurales no son privativos de El Hierro: también en Tenerife existen tres ejes análogos que coinciden con otras tantas dorsales topográficas, y la zona de convergencia es precisamente el área más elevada de la Isla (Las Cañadas y el Teide). Esto último no es una casualidad, puesto que en el punto de intersección de los tres ejes, la probabilidad de que se produzca una erupción es tres veces mayor que en cualquier eje. Por este motivo las mayores alturas aparecen siempre en los puntos triples.

Sorprende, por ello, que en El Hierro no haya coincidencia entre la actual zona de cumbres y la unión triple, que viene a estar situada más bien dentro de una depresión topográfica (el valle de El Golfo). A esta anomalía viene a sumarse otra: la parte alta del escarpe de El Golfo está constituida por lavas que, aún siendo muy jóvenes, quedan interrumpidas bruscamente por el acantilado; la dirección e inclinación de estas coladas indica, además, que proceden de centros de emisión que estaban situados a mayor altura que el reborde superior del acantilado y dentro de la zona que hoy está ocupada por la depresión (ver Figura 13).

Los hechos precedentes sólo pueden tener un significado doble:

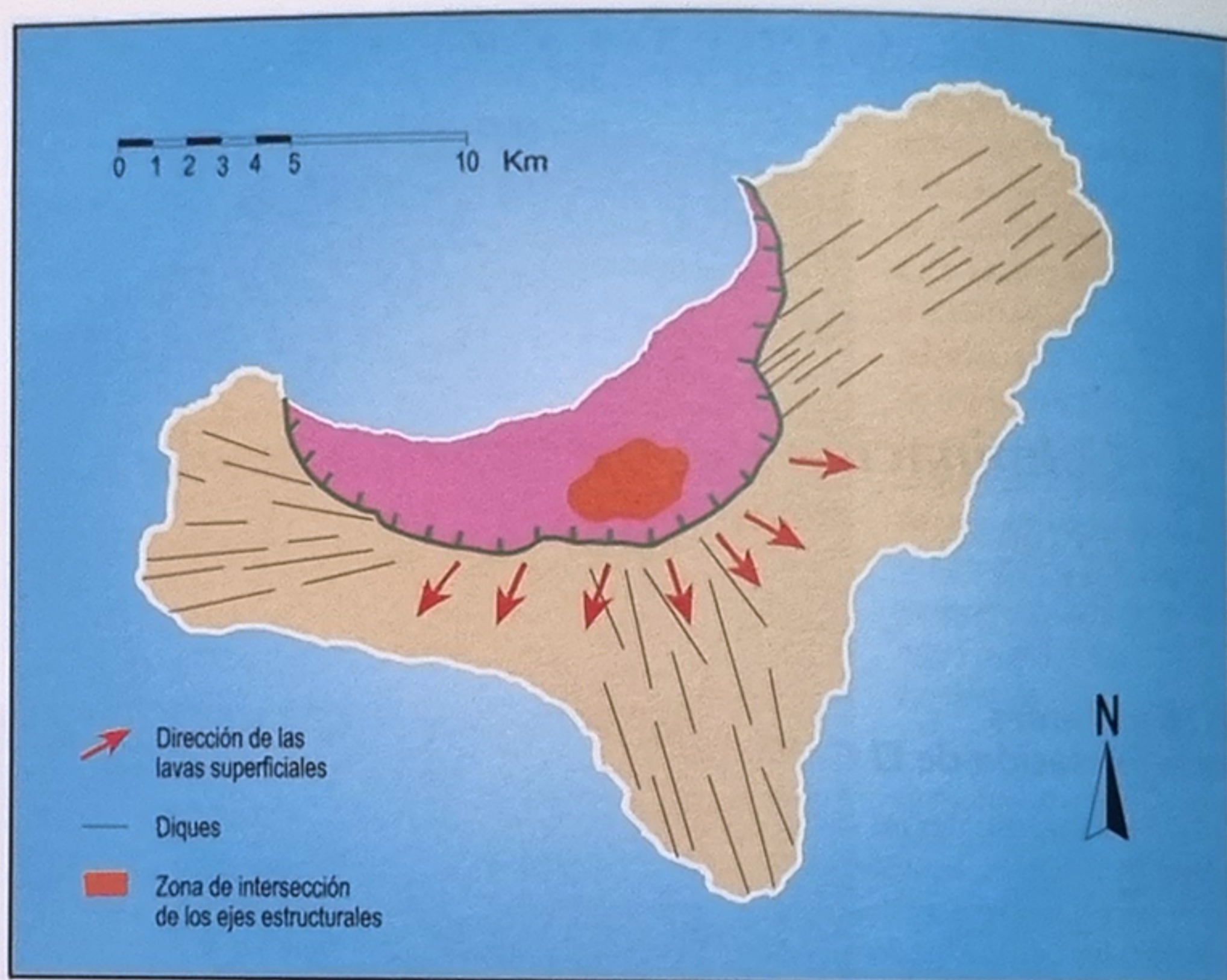
- 1) El actual valle de El Golfo se corresponde con una porción desaparecida de la Isla.



Volcán Tanganasoga.



Figura 13: El acantilado de El Golfo trunca los ejes estructurales, cuyos diques quedan claramente expuestos en las paredes casi verticales. También corta bruscamente las lavas superficiales, que, a juzgar por su inclinación, fueron emitidas en centros que estaban situados en el área de la depresión, pero a mayor altura que el escarpe actual.



2) La desaparición de esta porción se ha producido en un pasado muy reciente, geológicamente hablando, dada la extrema juventud de las lavas que son cortadas por el acantilado.

¿Cómo era la Isla antes de la formación de El Valle? Apoyándonos en las evidencias geológicas observables, así como en el conocimiento que existe sobre otros edificios volcánicos similares, es posible reconstruir idealmente la forma y estructura de la primitiva Isla (ver Figura 14). Antes de que existiese El Golfo, el sistema insular de alimentación magmática había ido experimentando, poco a poco, un proceso de centralización, y El Hierro culminaba en una cumbre bien definida en donde se concentraba gran parte de la actividad volcánica, ya fuese a través de un gran edificio singular (tipo Teide) o por medio de numerosos conos imbricados de dimensiones modestas (como sucede hoy en el Tanganasoga).

Esta cumbre estaría situada, más o menos, entre Malpaso y Tigaday, y probablemente superaba los 2.000 m de altitud, es decir, varios centenares de metros por encima de la elevación máxima actual. En ella convergían tres ejes estructurales, a lo largo de los cuales también se verificaban erupciones de vez en cuando, aunque su frecuencia (y probablemente el volumen de magma emitido) se hacía menor al alejarse de la zona de cumbres y aproximarse a los extremos de la Isla. El Hierro, por tanto, sería un gran edificio volcánico en cuya cima confluían tres dorsales topográficas más o menos marcadas, lo que hacía asemejar la forma de la Isla a una pirámide de base triangular, con las aristas biseladas.

La mayor altura del relieve en este momento de la historia geológica de la Isla, determinaría un régimen de precipitaciones diferente, ya que, análogamente a lo que sucede en La

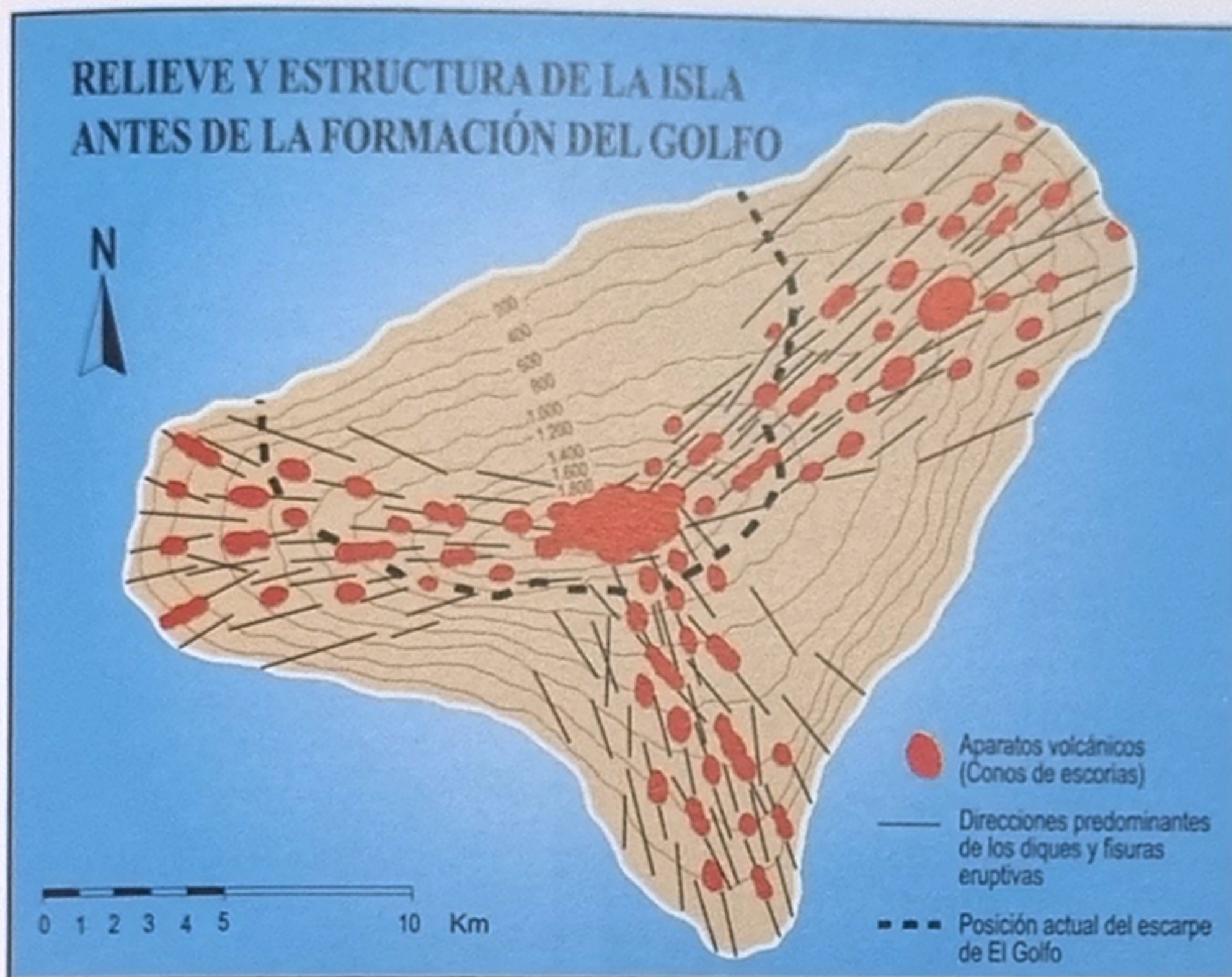


Figura 14: Reconstrucción ideal de la morfología de El Hierro antes del deslizamiento de El Golfo. Tres dorsales topográficas (ejes estructurales) convergen en una cumbre bien individualizada que, probablemente, superaba los 2.000 m de altitud.

Palma, las nubes cargadas de humedad del alisio podrían ser detenidas con mayor eficacia. Así pues, las lluvias serían en general más abundantes, y las precipitaciones máximas tendrían lugar en la zona de cumbres y, sobre todo, en la vertiente norte), que estaría cubierta por una extensa franja de laurisilva.

El ciclo del agua en la isla primitiva

La abundancia de lluvia no se traduciría, sin embargo, en una mayor presencia de aguas superficiales, pues, al igual que ahora, la acusada permeabilidad de las lavas jóvenes que cubrían la Isla favorecería la infiltración. En lo que sí influiría decisivamente es en una recarga más copiosa del acuífero profundo, cuyo techo estaría situado en el centro de la isla y a mayor altura que ahora, pues no sólo habría más recarga en tal zona, sino que el entrecruzamiento de diques en la intersección de los ejes dificultaría el movimiento lateral del agua.

Desde esta zona central del acuífero, cuya elevación podría ser de unos centenares de metros sobre el nivel del mar, el agua fluiría radialmente hacia la costa. La presencia de los ejes estructurales no introduciría modificaciones significativas en este esquema centrífugo, ya que su disposición es también radial; sin embargo, es posible conjeturar una mayor altura del techo del acuífero dentro de estas estructuras con relación a sus flancos inmediatos, dado que, al no ser todos los diques estrictamente paralelos, aquellos con dirección sesgada favorecerían una cierta retención del agua.



Incidencia del alisio sobre las Islas.

En conjunto, la calidad del agua no sería muy buena a causa del aporte generalizado de CO_2 en el subsuelo de la Isla, si bien la mayor infiltración de agua de lluvia tendería a compensar este factor. Las aguas con un contenido en bicarbonatos más alto serían las canalizadas por los ejes estructurales, mientras que la descarga al mar tendría mejor calidad en las caras de la pirámide, especialmente la norte y éste, por ser en ellas donde se verificarían las mayores precipitaciones. ◆

Deslizamiento de El Golfo

Al crecer excesivamente en altura, el edificio insular pasó a ser una construcción inestable. Por ello, y coincidiendo probablemente con un período de fuerte sismicidad asociada a alguna erupción, se produjo el derrumbamiento hacia el mar de una parte de la Isla hace unas decenas de miles de años.

Este gigantesco deslizamiento en masa decapitó la región de cumbres y dio lugar a la formación de una bahía (El Golfo), circundada por un escarpado anfiteatro de 25 Km de perímetro y 15 Km de anchura. Por debajo del mar, el deslizamiento dejó sobre el talud submarino una huella a modo de brutal zarpazo: un valle de 16 Km de longitud que disminuyendo su altura termina a la cota -2.000 m. El material deslizado y que originó ese tremendo surco se encuentra adosado al talud submarino a partir de esa batimetría de -2.000 m, formando un amplio cono de deyección en superficie (ver Figuras 15 y 16), este gigantesco deslizamiento, hizo que la línea de costa entrara hacia el interior, paralelamente a la línea del actual anfiteatro y el mar con ello se adentró hasta las actuales poblaciones de Tigaday y Los Llanillos, donde algunos pozos, y más concretamente sus galerías de fondo, permiten ver antiguas playas fosilizadas por posteriores erupciones.

No es fácil para la imaginación concebir transformaciones tan colosales ocurridas en tan corto tiempo, pero hay que señalar que fenómenos similares, aunque de magnitud menor, han tenido lugar recientemente. En mayo de 1980 —y después de dos meses de sismicidad y de fuertes deformaciones del terreno— tuvo lugar el derrumbamiento instantáneo de un gran sector de cumbres en el volcán St. Helens (Estados Unidos), el cual tenía unas dimensiones algo mayores que el Teide. La masa deslizada, que totalizaba un volumen de 3 Km³, se disgregó durante el movimiento y dio lugar a una enorme avalancha de escombros que llegó hasta 23 Km de distancia, alcanzando en algunos momentos una velocidad de 250 Km/hora. La zona del derrumbamiento quedó transformada en una depresión con forma de herradura —de unos 2 Km de anchura y casi 1 Km de altura—, en cuyo interior se produjeron violentas erupciones inmediatamente después del deslizamiento.

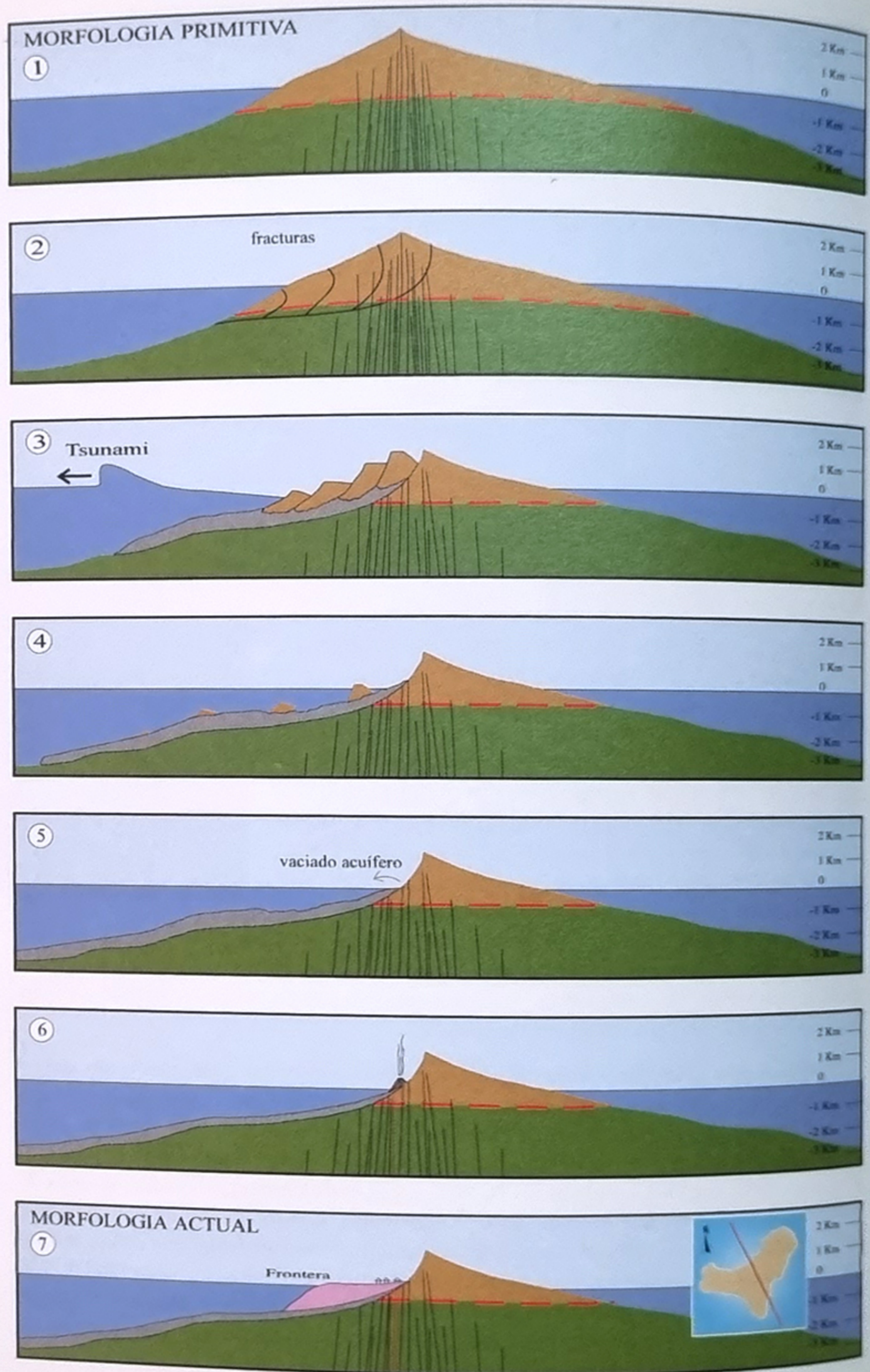


Panorámica general del Valle de El Golfo en donde han tenido lugar procesos de deslizamiento.



Figura 15: Secuencia de formación de El Golfo por deslizamiento gravitacional.

- 1) Isla primitiva que, por crecimiento excesivo en altura, ha pasado a ser inestable.
- 2) Ruptura del equilibrio debida, tal vez, a movimientos sísmicos relacionados con alguna erupción.
- 3) Deslizamiento instantáneo de la porción norte, que se fragmenta en bloques que se disgregan durante el movimiento. Todo ello da lugar a una avalancha fragmentaria que se desplaza a gran velocidad, derramándose por el talud submarino y el fondo oceánico.
- 4) La profunda bahía resultante queda parcialmente ocupada por la brecha (mortalón) resultante de la avalancha fragmentaria.
- 5) El gran anfiteatro resultante permite la evacuación del acuífero albergado en la Isla primitiva.
- 6) La descompresión inducida por el desalojo de la masa deslizada favorece la generación y/o ascenso del magma, de modo que el período subsiguiente está caracterizado por un intenso volcanismo; esta última fase todavía continúa en la actualidad.
- 7) Morfología actual.



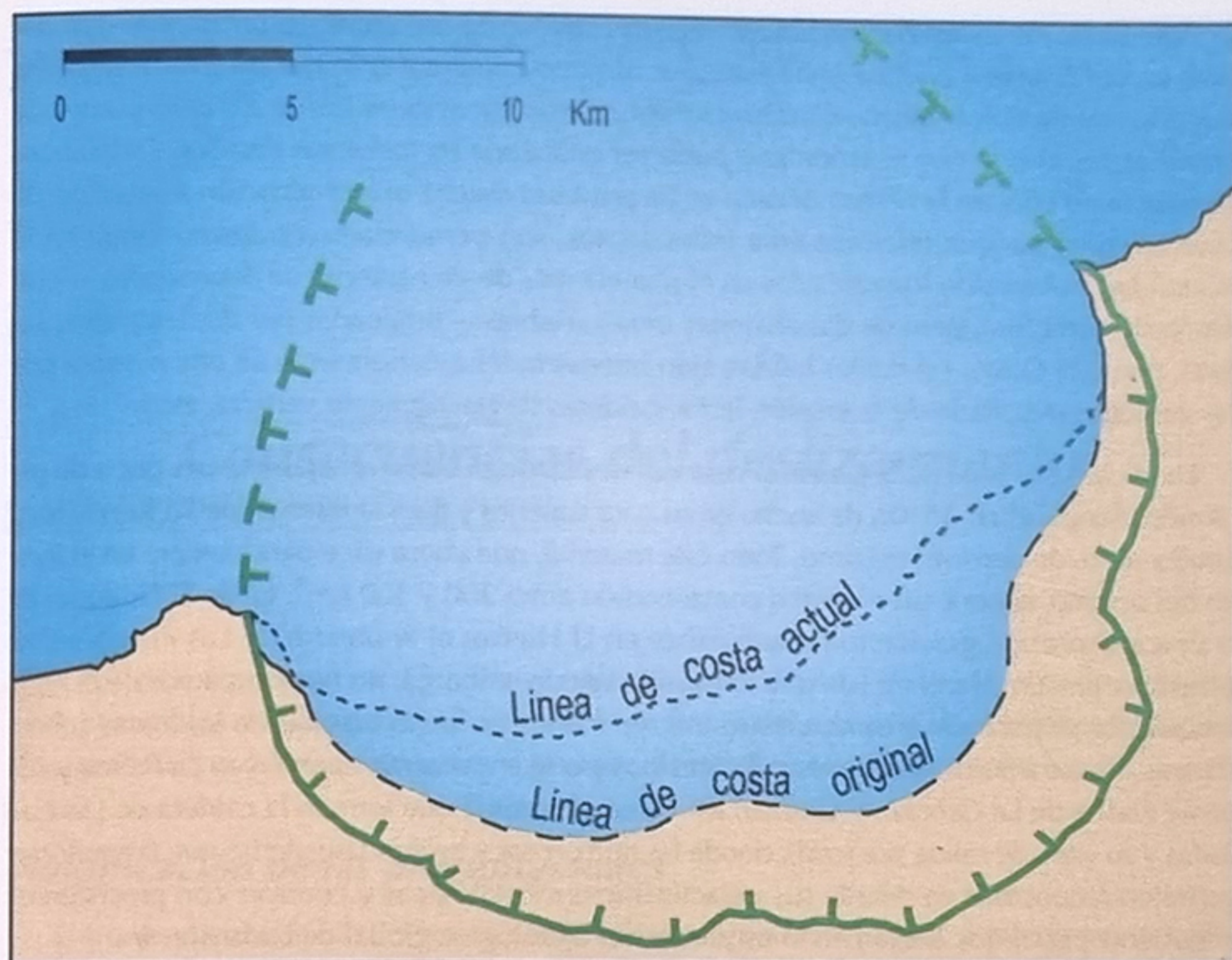
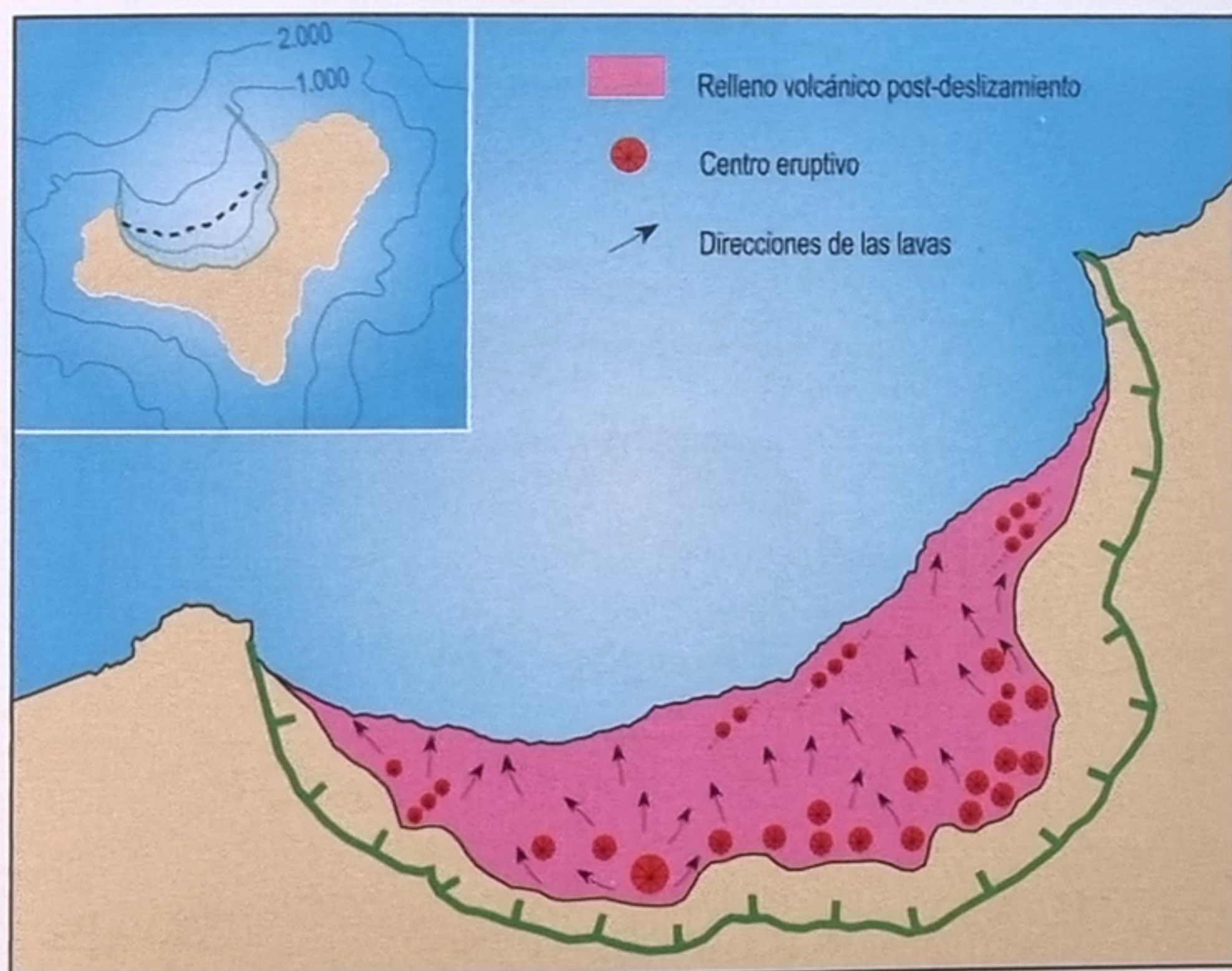


Figura 16: Evolución morfológica de El Golfo. 1.- Con el deslizamiento queda una profunda bahía, limitada por paredes casi verticales, que se prolonga en la porción submarina hasta la cota 2.000 m aproximadamente (ver recuadro con batimetría). 2.- El intenso volcanismo subsiguiente al deslizamiento arroja un gran volumen de lavas que rellenan parcialmente la bahía, haciendo retroceder la línea de costa; estas lavas proceden de numerosos centros de emisión que apenas resaltan topográficamente por haberse emplazado sobre una pared muy abrupta, lo cual impide acumularse a su alrededor los productos eruptivos.



Algo parecido sucedió en el volcán Bezymianny (URSS) en 1956 y en el Bandai-San (Japón) en 1888, pero a diferencia de éstos, los acontecimientos del St. Helens fueron seguidos por decenas de volcanólogos e incluso se obtuvieron filmaciones desde distintos puntos de observación, con lo que el fenómeno pudo ser analizado en todos sus detalles. Como consecuencia de ello, en la última década se ha prestado mucha mayor atención a este tipo de eventos, que, aunque relativamente infrecuentes, son tremendamente destructivos; en la actualidad ya han sido identificadas en el planeta más de un centenar de depresiones —con forma de herradura, pero de dimensiones muy variables— originadas por deslizamiento lateral, como El Golfo, las cuales habían sido interpretadas anteriormente de otra manera por los geólogos (resultado de la erosión lenta, calderas de hundimiento vertical, etc.).

En el caso del valle de El Golfo, el material deslizado puede asemejarse a un tronco de pirámide triangular: de 15 Km de ancho en su cara superior y 8 en la inferior, de 16 Km de longitud y 4 Km de desnivel máximo. Todo este material, que ahora yace para siempre en el fondo del océano, supone un volumen comprendido entre 200 y 300 Km³. La de El Golfo no es la única depresión gravitacional que existe en El Hierro: el anfiteatro de Las Playas se ha generado, presumiblemente, de una forma similar; sin embargo, no nos ocupamos de él aquí porque por su posición y dimensiones influye menos en la circulación de las aguas subterráneas. Por otra parte, depresiones del mismo tipo se encuentran también en La Palma y Tenerife (valles de La Orotava y Güímar, así como el sistema que forman la caldera de Las Cañadas y su valle de salida por Icod), donde las numerosas y profundas galerías que las perforan permiten reconstruir en detalle sus características morfológicas y conocer con precisión el importante papel que juegan en el esquema hidrogeológico global de cada Isla. ♦

Consecuencias del deslizamiento

El gran deslizamiento de El Golfo no sólo modificó la forma de la Isla, sino que introdujo cambios drásticos en el clima y en la estructura del subsuelo, los cuales, a su vez, repercutieron decisivamente sobre el modo de circulación del agua subterránea.

Modificación de las precipitaciones

El truncamiento de la cumbre de la Isla rebajó el relieve hasta sus dimensiones actuales y facilitó el paso de las nubes húmedas del alisio, lo que hizo disminuir la intensidad de las precipitaciones y cambiar su distribución (ver Figura 17).



Interacción de la orografía y la humedad del alisio en la conformación de las precipitaciones en la cara norte de la isla.

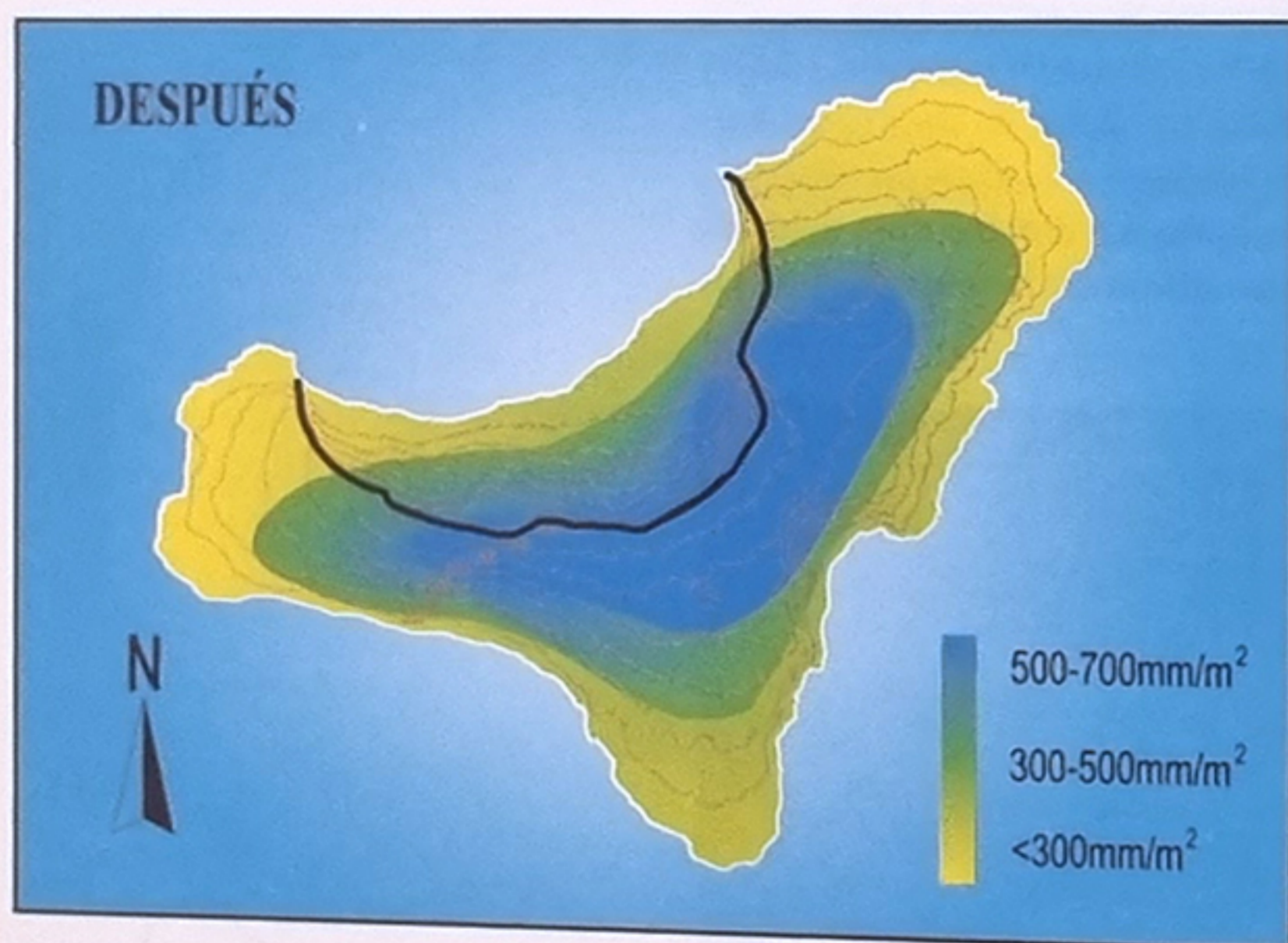
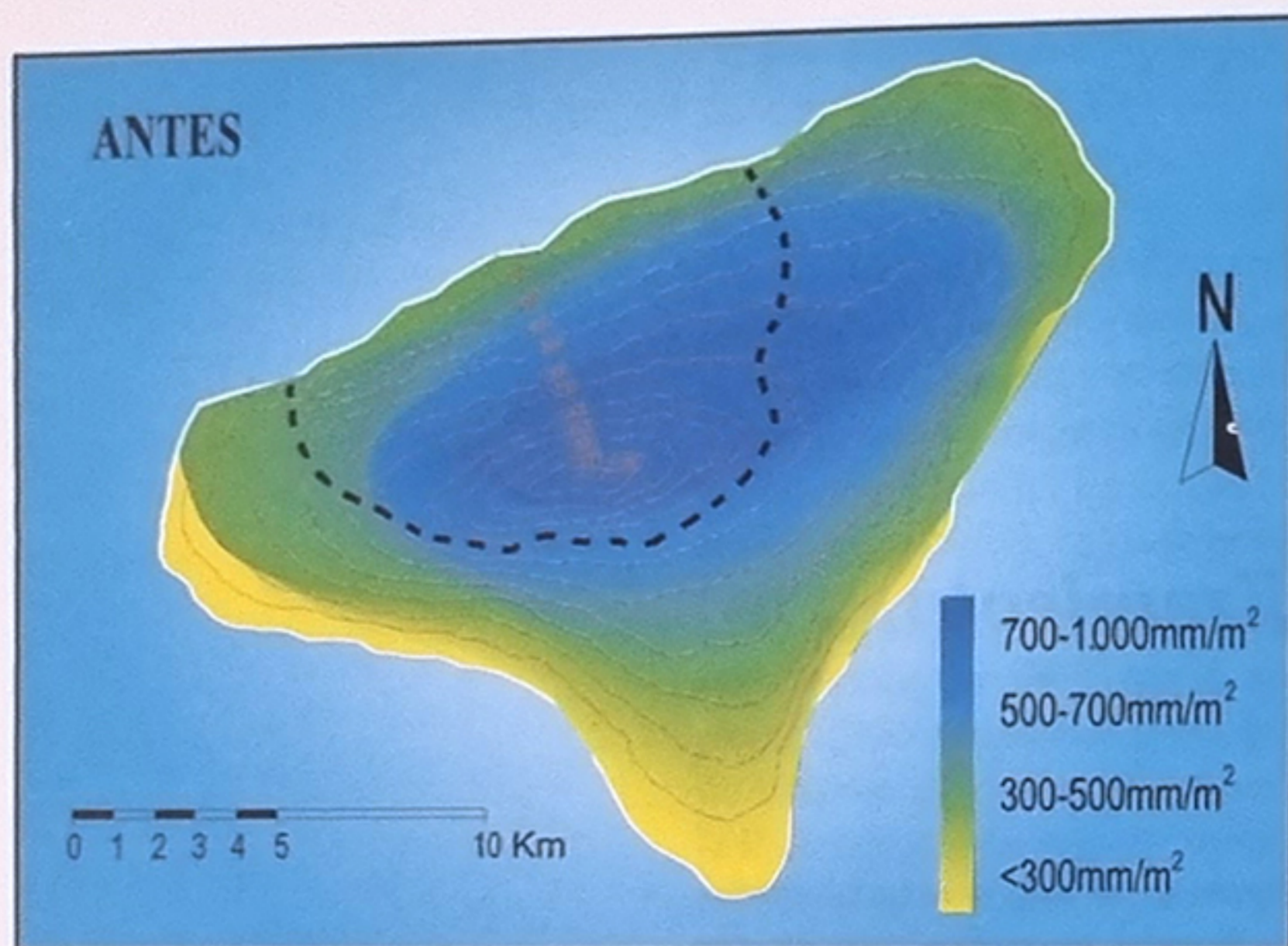


Figura 17: Distribución de las precipitaciones antes y después del deslizamiento de El Golfo.

nicos muy recientes. Estos materiales son extremadamente permeables y carecen de la apretada red de diques que compartimenta el resto del subsuelo insular, por lo que el agua fluye en ellos con mayor libertad, aunque limitada en la base por la brecha resultante del deslizamiento, que es impermeable.

Cambios en la distribución del volcanismo

El hecho de que la depresión de El Golfo sea considerablemente más baja que los terrenos circundantes, ha determinado que el ascenso del magma se concentre preferentemente en el interior de la cubeta, quedando desactivados los segmentos de los ejes estructurales si-

Cambios en el volumen del acuífero

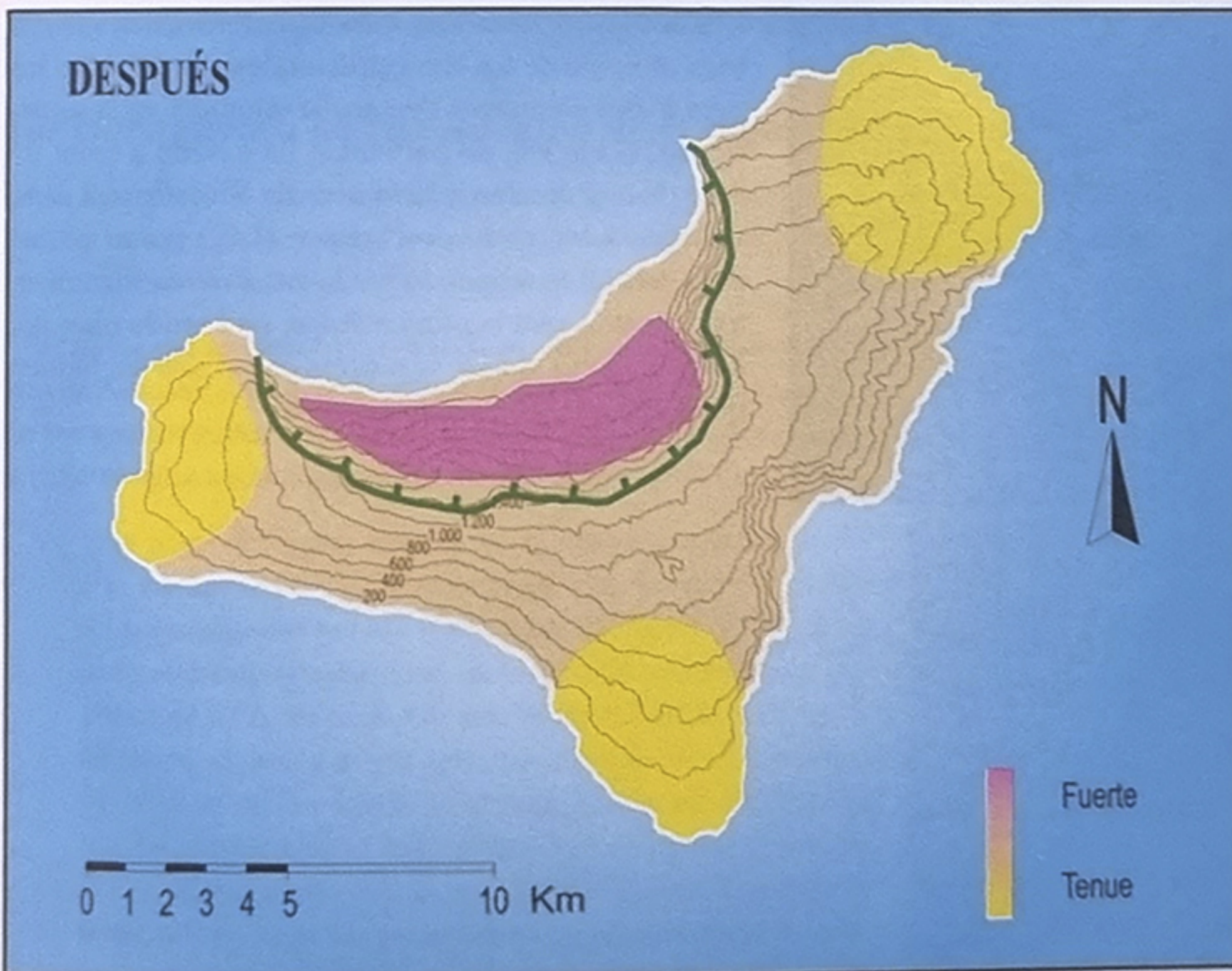
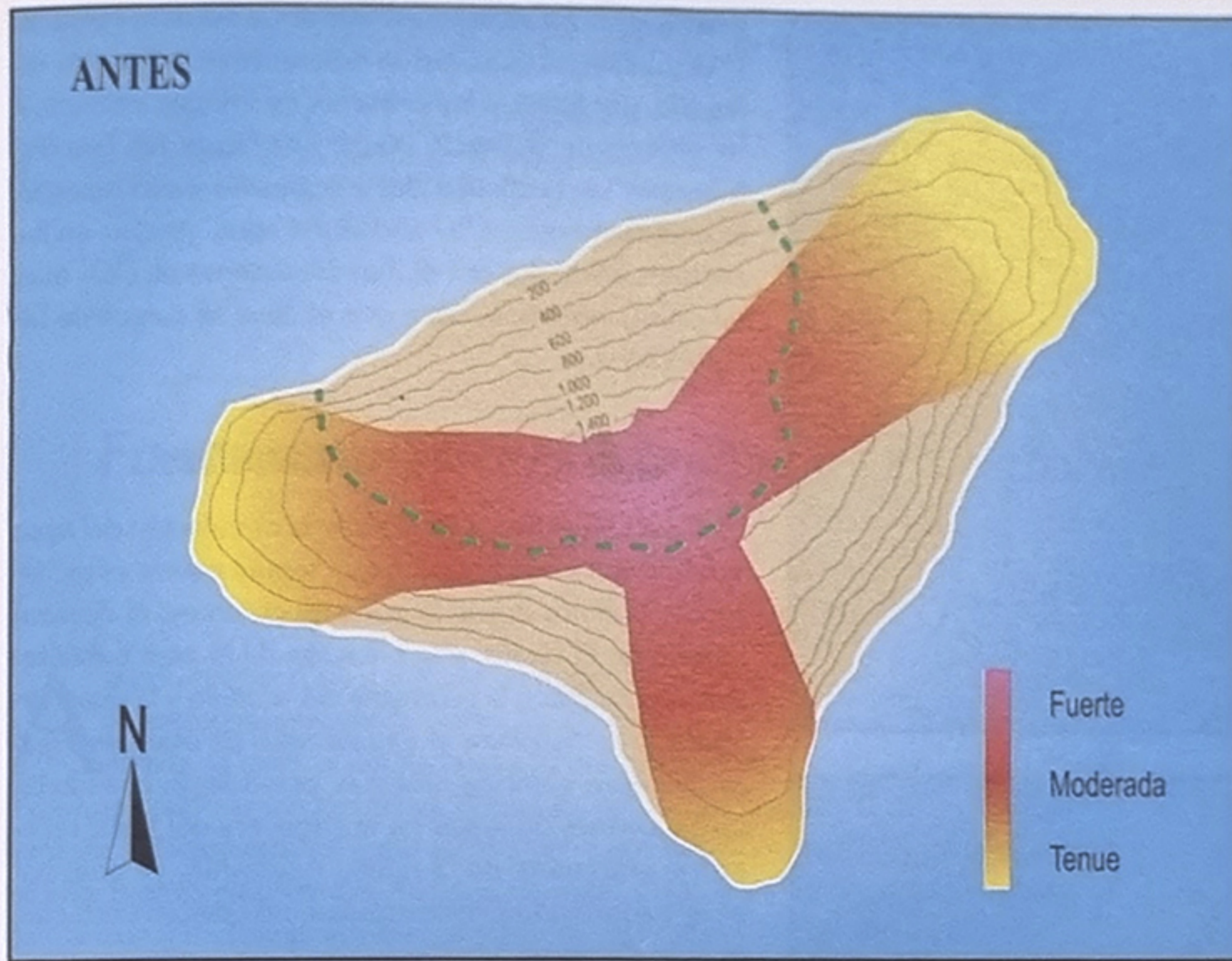
El acuífero profundo quedó abierto en la bahía de El Golfo, por lo que el agua subterránea fluyó hacia el mar sin trabas, en una descarga que sin duda fue colosal, aunque de corta duración. Al restablecerse el equilibrio hidráulico en la nueva situación, el volumen de reservas menguó considerablemente, ya que el entrante de El Golfo no sólo recortó el tamaño efectivo de la Isla sino que también tuvo que hacer disminuir la altura del techo del acuífero.

Relleno de El Golfo

La decompresión inducida por la brusca desaparición de una masa rocosa de unos 2 Km de espesor, llevó a una mayor generación de magma en profundidad, y el deslizamiento fue seguido de un largo período de volcanismo intenso en la región de cabecera del anfiteatro, que es donde se sitúan los núcleos de los ejes estructurales y donde, en consecuencia, es más probable que haya actividad eruptiva. Este volcanismo no tuvo carácter explosivo, como en el St. Helens, sino que estuvo dominado por la emisión de lavas muy fluidas.

Salvo el Tanganasoga, los numerosos aparatos volcánicos de esta fase tienen un aspecto que resulta poco llamativo por haberse emplazado en una ladera empinada, con lo que las lavas y el picón tuvieron dificultades para acumularse alrededor de las bocas eruptivas. Esta modestia morfológica contrasta con la importancia de su actividad, ya que, en el período relativamente corto que siguió al deslizamiento, emitieron un volumen tal de lava que la primitiva bahía redujo su longitud en más de 3 Km, quedando rellena por un espesor superior a los 300 m de materiales volcá-

Figura 18: Distribución de la intensidad del volcanismo (en frecuencia de las erupciones y/o volumen de magma emitido) antes y después del deslizamiento de El Golfo.



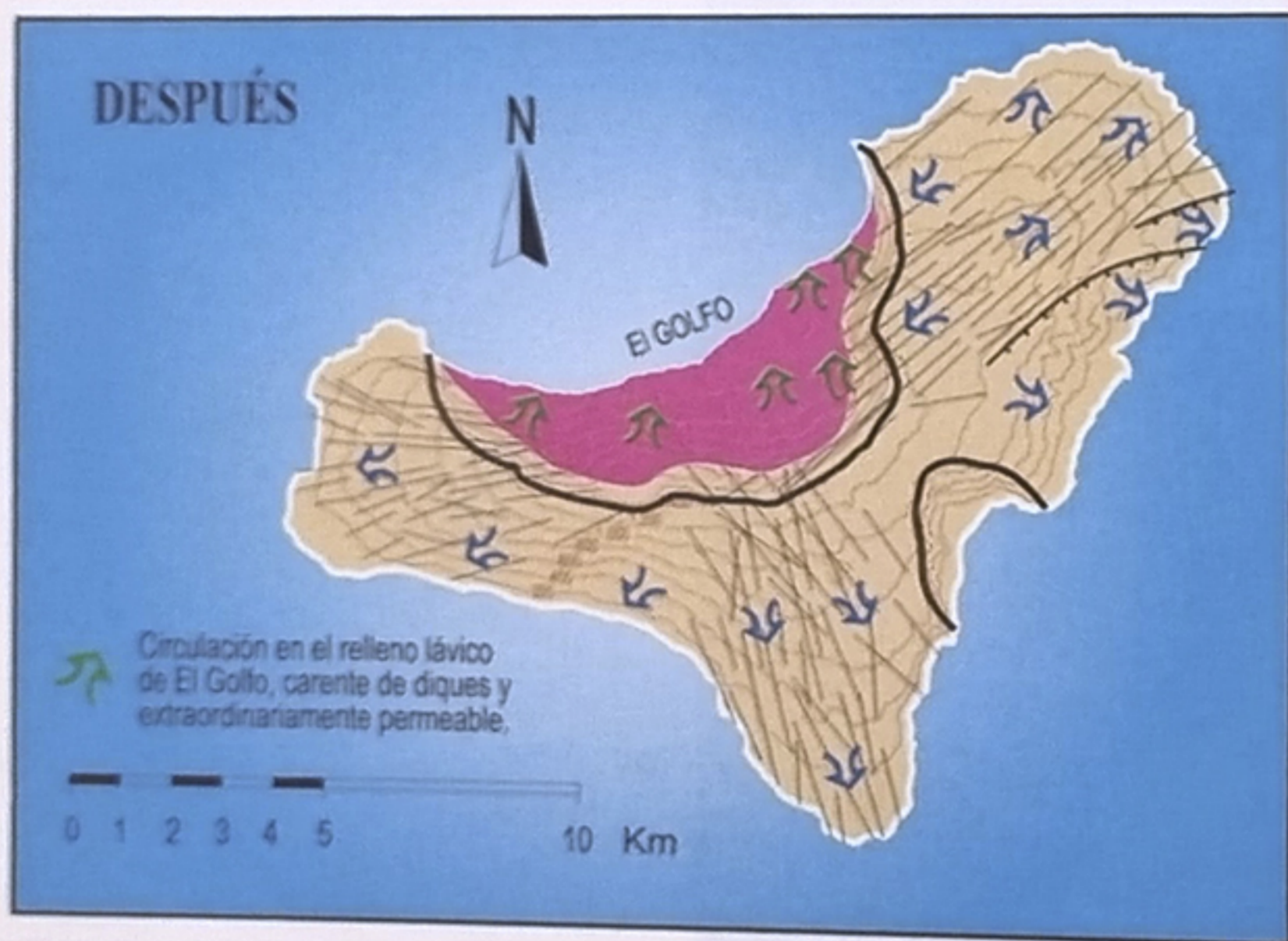
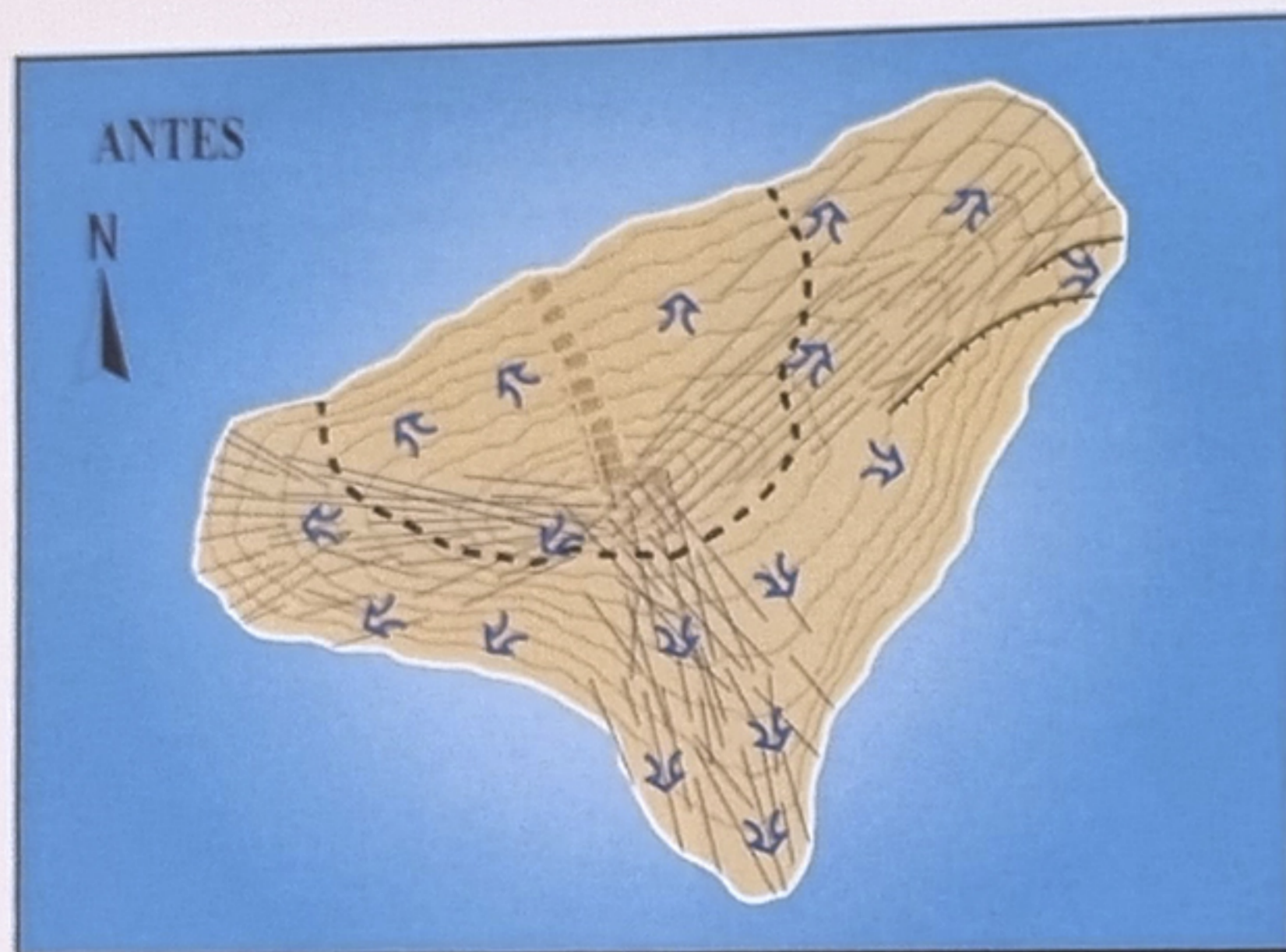


Figura 19: Circulación en el acuífero profundo antes y después del deslizamiento de El Golfo.

tuados en la inmediata periferia del anfiteatro. Fuera de la depresión, el volcanismo más reciente se ha visto relegado, por tanto, a los extremos de los ejes, es decir, a los vértices del triángulo insular (ver Figura 18). Esta distribución tan particular del volcanismo joven repercute enormemente en la calidad del agua, ya que, en los sectores afectados por él, hay un ascenso de CO_2 que, en última instancia, hace que el agua se cargue de bicarbonatos.

Cambios en el flujo del acuífero

Como ya se ha mencionado, la circulación del agua subterránea en la Isla primitiva seguía pautas esencialmente radiales desde la zona de cumbres. El deslizamiento de El Golfo, y la creación de la gran bahía resultante, modificó la geometría del acuífero y la dirección con que se desplaza el agua dentro de éste (ver Figura 19); estos cambios, además, persistieron cuando las lavas jóvenes emitidas en la cabecera del Valle rellenaron gran parte de la nueva depresión, ya que, por su extraordinaria permeabilidad, no ofrecen obstáculo al flujo del agua.

Las transformaciones más importantes derivan del truncamiento de los ejes estructurales, por ser éstos los principales elementos de canalización del agua subterránea. El eje NE, en particular, ha pasado a tener un flujo divergente desde la Meseta de Nisdafe: una parte del agua subterránea descarga en el mar por el vértice de la Isla (al igual que lo hacía antes del deslizamiento), mientras que la otra se dirige, en sentido opuesto, hacia El Golfo, donde se mezcla con el sistema hídrico que fluye por las lavas jóvenes. ◆

Funcionamiento hidrogeológico global

Anteriormente hemos tratado en forma separada los cambios ocurridos en la Isla tras el deslizamiento de El Golfo. Ya se sabe, pues, cómo son en el presente la pluviometría, la infiltración, la posición del acuífero, la circulación en este último, los motivos que condicionan la calidad del agua, etc. Ahora vamos a tratar estos factores conjuntamente, relacionándolos entre sí para ver cómo funciona globalmente la Isla desde el punto de vista hidrogeológico. Por claridad de exposición dividimos la Isla en regiones geográficas con personalidad propia, y en cada una de ellas, tras analizar sumariamente las circunstancias que condicionan el flujo y la calidad del agua subterránea, diagnosticamos la situación actual y proponemos algunas sugerencias sobre la explotación futura.

Funcionamiento hidrogeológico de la región Noreste

Es la región de máxima infiltración de la Isla, con valores superiores a 300 mm/año, a los que habría que sumar, al menos en la cabecera de El Golfo, el aporte procedente de la condensación de la niebla sobre la densa masa vegetal.

El techo del acuífero profundo debe estar situado bajo la Meseta de Nisdafe, o bien entre ella y el Golfo. Desde esta cumbre de la zona saturada, cuya altura real es desconocida por el momento, el agua subterránea fluye en dos direcciones opuestas:

- a) Una parte del agua, aunque no la más importante, se dirige hacia el vértice NE canalizada por los diques, fallas y fisuras abiertas del eje estructural. En su recorrido debe atravesar una amplia zona del subsuelo afectada por ascenso de CO_2 , el cual procede de la actividad volcánica latente que afecta al vértice; la presencia de CO_2 vuelve agresiva el agua y favorece la adquisición de bicarbonatos. En consecuencia, las captaciones del extremo NE de la Isla drenan aguas que ya primariamente tienen mala calidad, a lo que hay que sumar la facilidad con que son afectadas por la intrusión marina, dada la gran permeabilidad



Húmeda y frondosa vegetación.

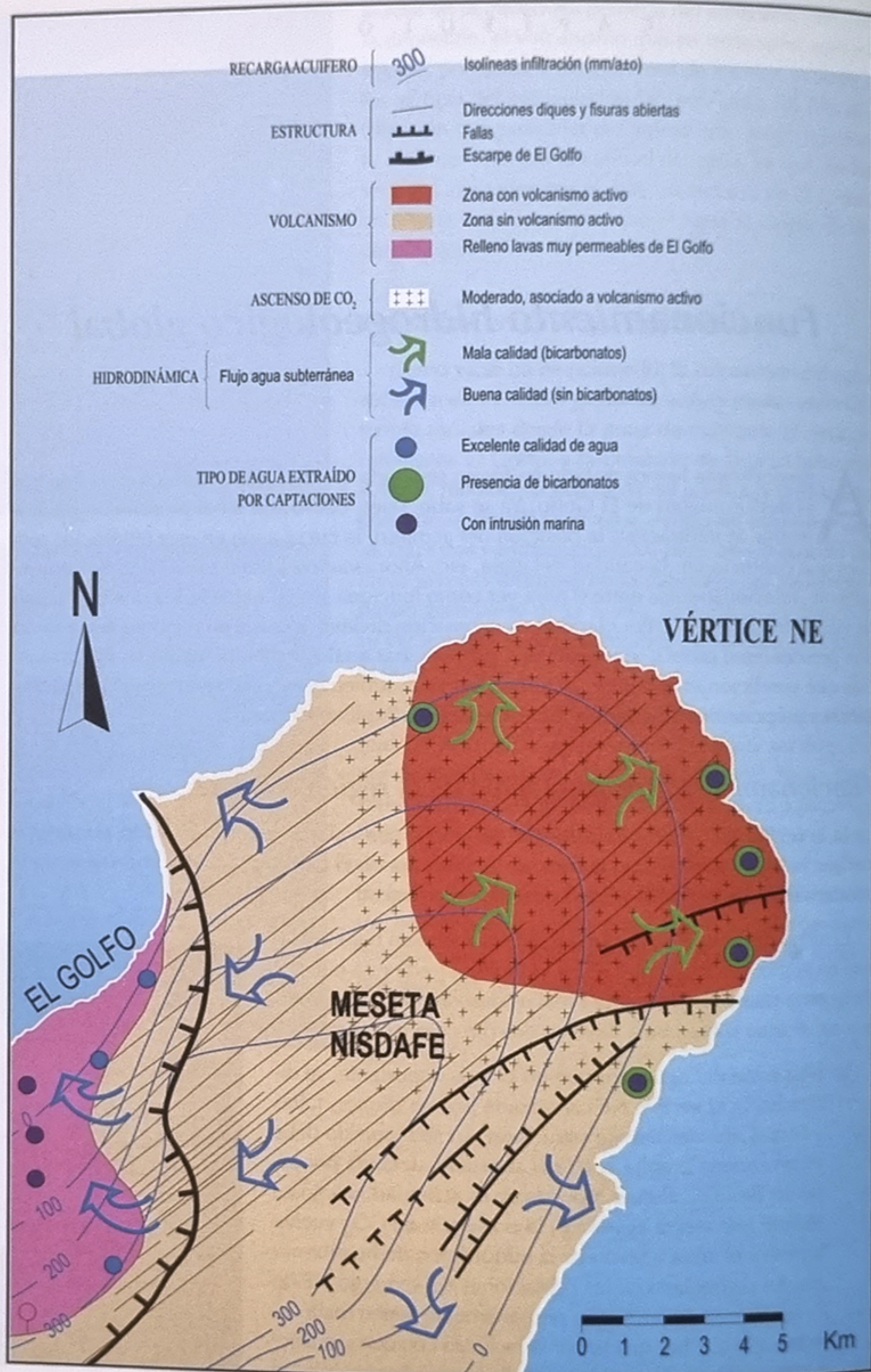


Figura 20: Funcionamiento Hidrogeológico global de la región NE. La máxima recarga del acuífero profundo se encuentra entre la Meseta de Nisdafe y El Golfo. Desde la Meseta, el flujo del acuífero se realiza en direcciones opuestas, aunque canalizado en ambos casos por los diques y fisuras abiertas del eje estructural.

1) Parte del agua subterránea se dirige hacia el vértice NE atravesando un sector con ascenso de CO_2 (volcanismo activo), lo que se traduce en adquisición de bicarbonatos; las captaciones del vértice NE tienen, pues, aguas de mala calidad inicial, lo que se agrava con una localización muy favorable a la intrusión de agua salada.

2) El volumen más importante de agua subterránea descarga hacia la base del escarpe de El Golfo, atravesando terrenos en donde no hay ascenso de CO_2 ; este voluminoso flujo de agua, excelente por carecer de bicarbonatos, es extraído en parte por tres captaciones situadas en la base del escarpe (pozos Frontera, Los Padrones y Las Casitas)

Perspectivas: El sector comprendido entre la base del escarpe de El Golfo y la Meseta de Nisdafe es el mejor de la isla en cantidad y calidad de recurso hídricos. Hay que subrayar que en la actualidad está subexplotado, por lo que en él deben concentrarse los esfuerzos orientados a mejorar y aumentar el suministro insular.



de los terrenos de la franja litoral y la excesiva proximidad al mar de todas las explotaciones.

- b) El agua subterránea restante, más voluminosa que la anterior, descarga en sentido contrario, es decir, hacia la depresión de El Golfo. Este flujo, cuya trayectoria también está fuertemente controlada por los diques y fisuras abiertas del eje estructural, atraviesa un subsuelo en donde no tiene lugar ascenso de CO_2 por estar desactivado desde el punto de vista volcanológico, con lo que el agua no adquiere bicarbonatos. Las captaciones que se encuentran en la base de la pared de El Golfo (pozos Frontera, Los Padrones y Las Casitas) son las principales beneficiarias de este abundante flujo de agua subterránea de excelente calidad.

Perspectivas: Mientras que las captaciones del vértice NE extraen aguas con alto contenido en bicarbonatos y están muy expuestas a la intrusión marina, el sector comprendido entre la Meseta de Nisdafe y la base del escarpe de El Golfo es, con gran diferencia, el mejor de la Isla en cuanto a calidad y cantidad de agua disponible. Hay que enfatizar que, por el número y las características constructivas de las obras que lo drenan actualmente, este sector está subexplotado. Esto significa que cualquier intento de incrementar el abastecimiento insular debe ser orientado a ampliar o mejorar la explotación de esta extraordinaria porción del subsuelo; para ello sería necesario cuantificar con más detalle los recursos disponibles y su distribución en el sector.

Funcionamiento hidrogeológico de la región Sur

Al igual que la Meseta de Nisdafe, la zona de cumbres tiene una abundante infiltración de agua meteórica (200–300 mm/año), lo que hace suponer que el acuífero profundo tiene su máxima elevación en tal zona.

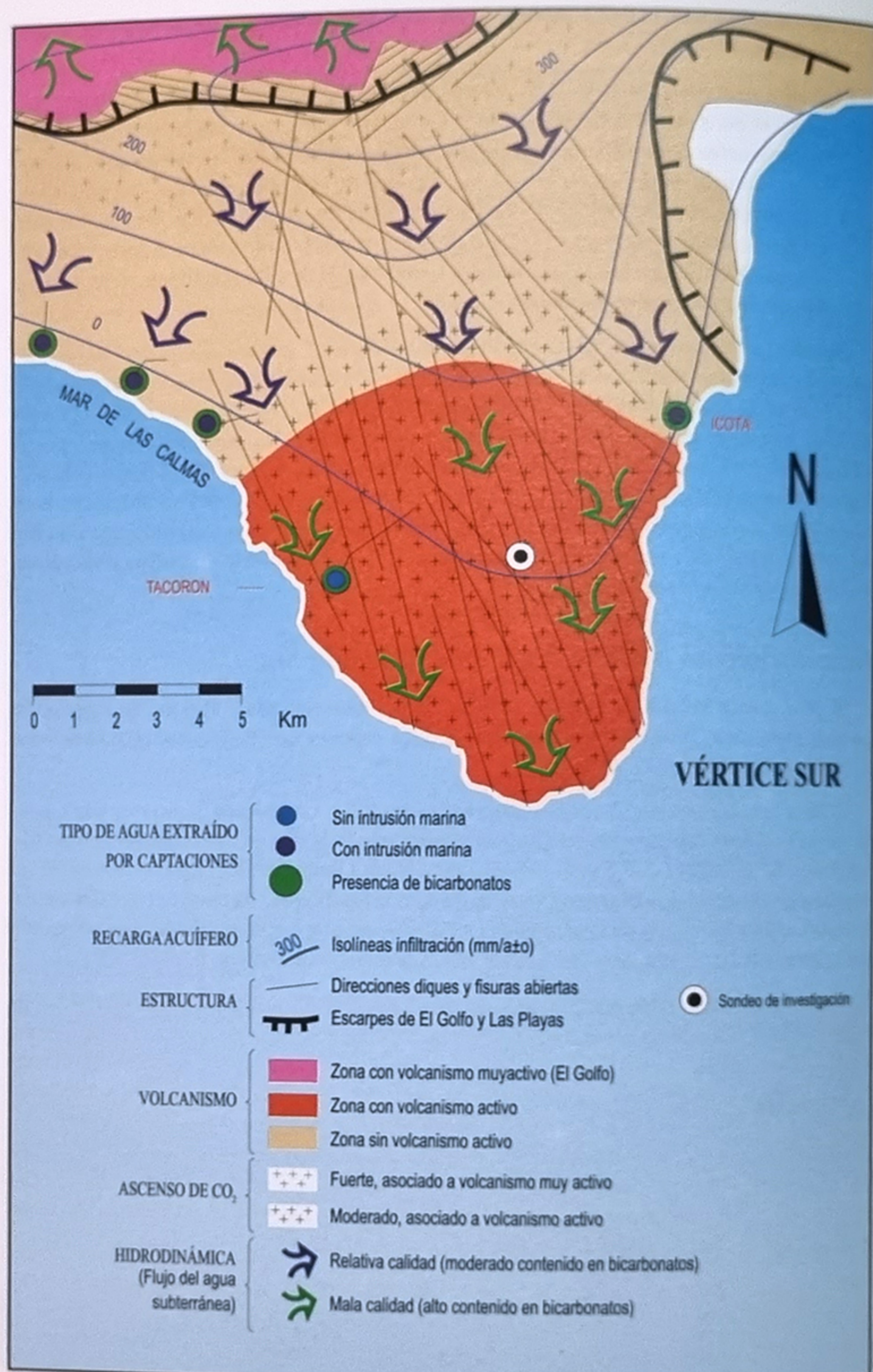
El agua subterránea no puede dirigirse hacia El Golfo, como sería lógico suponer, porque en la franja de cabecera de éste hay una densa malla de diques transversales al flujo (direcciones NE y WNW) que hacen el papel de pantalla impermeable. En consecuencia, el agua se encamina hacia el vértice sur canalizada por los diques y fisuras abiertas del eje estructural, o bien lo hace hacia el Mar de Las Calmas, en una trayectoria más condicionada por la porosidad primaria de las lavas que por la presencia de diques.



Alineación de conos en el eje estructural sur.

Figura 21: Funcionamiento hidrogeológico global del Sur. La región de cumbres tiene una fuerte infiltración (200–300 mm/año) y, en correspondencia, ahí debe estar la parte más alta del acuífero. El agua subterránea no puede dirigirse hacia la depresión de El Golfo a causa de la densa barrera de diques transversales (NE y WNW) que existe en la cabecera del anfiteatro; en consecuencia, se dirige hacia el vértice sur (canalizada por los diques y fisuras abiertas del eje estructural). El agua parece tener ya una cierta cantidad de bicarbonatos en la región de cumbres, pues el ascenso de CO_2 ligado al intenso volcanismo de El Golfo no puede limitarse, estrictamente, a la proximidad del área de volcanismo, sino que probablemente llega más al sur. Este contenido debe incrementarse cuando el agua subterránea atraviesa el área de volcanismo activo del vértice sur. La intrusión marina afecta a todas las captaciones con la excepción de Tacorón, la cual ha avanzado hacia el núcleo del eje estructural cruzando numerosos diques que impiden que llegue al frente el agua salada.

Perspectivas: zona con buenos caudales y algunos problemas de calidad que deben ser investigados más a fondo.



Es muy posible que el agua subterránea comience ya a adquirir un cierto contenido en bicarbonatos en la zona de cumbres, pues no es fácil que el ascenso de CO_2 relacionado con el intenso volcanismo de la cabecera de El Golfo no se extienda algo más hacia el sur. Esto puede explicar la presencia de bicarbonatos en las captaciones del Mar de Las Calmas. Por otra parte, en el sistema hídrico que fluye por el eje estructural, debe aumentar el contenido inicial de bicarbonatos al atravesar el área de volcanismo activo del vértice sur, lo que empeora más todavía la calidad del agua que se descarga en el mar.

Un hecho esencial a considerar es la elevada permeabilidad que existe en la franja litoral, lo que determina que casi todas las captaciones adolezcan de intrusión marina (Icota, Las Alcusas, El Julan, Los Jables). La única que se libra de este deterioro es Tacorón, cuya larga galería de fondo ha avanzado hacia el núcleo del eje estructural cruzando numerosos diques, los cuales impiden que el agua salada pueda penetrar hasta el frente. En la misma favorable situación se encontraría Icota si se perforase una galería hacia el W, pues al interponer diques entre el frente y el mar, evitaría los actuales problemas de intrusión marina, a la vez que cortaría perpendicularmente el flujo de agua canalizado por este eje estructural sur.

Perspectivas: En conjunto, la zona es prometedora en cuanto a cantidad de agua subterránea disponible. Este hecho queda empañado por el problema del contenido en bicarbonatos, el cual debe ser estudiado con más precisión para tratar de delimitar con detalle su área de influencia. En este momento se está perforando un sondeo exploratorio —posicionado a la cota 400 m en el núcleo del eje estructural— para adquirir información adicional sobre la calidad del agua y el nivel del acuífero; este estudio debe ser complementado con un seguimiento de los cambios que se producen en Tacorón conforme avanza el frente (control de calidad y ensayos de bombeo). En resumen, y con la información disponible, esta zona debe de poder afrontar un hipotético desarrollo futuro que haga aumentar la demanda.

Funcionamiento hidrogeológico de la región Oeste

La recarga del acuífero profundo es casi desdeñable (inferior a 100 mm/año), dada la gran aridez de este extremo de la Isla; el techo de la zona saturada debe encontrarse, por tanto, muy cerca del nivel del mar.

Aunque no puede excluirse una intercomunicación con la depresión de El Golfo, intrascendente desde el punto de vista práctico, el escaso flujo subterráneo parece dirigido hacia el vértice W, abriéndose en abanico a causa de la orientación de los diques y fisuras abiertas. A la poca cantidad de agua disponible hay que sumar una pésima calidad (alto contenido en bicarbonatos), originada por el aporte de CO_2 que proviene tanto del volcanismo activo del vértice como del que existe en la cabecera de El Golfo, donde hay numerosos centros de emisión recientes. La única captación del área (Verodal) está prácticamente inutilizada por las dos razones mencionadas (escaso caudal y elevado contenido en bicarbonatos), a las que hay que agregar la facilidad con que se produce la intrusión marina.

Perspectivas: Esta zona no es explotable hidráulicamente, lo cual no representa un grave problema al carecer de núcleos de población. Cualquier proyecto futuro (si es que lo hay) deberá contemplar el coste adicional que supone traer el agua desde algún punto alejado o tratar el líquido local mediante potabilizadoras.



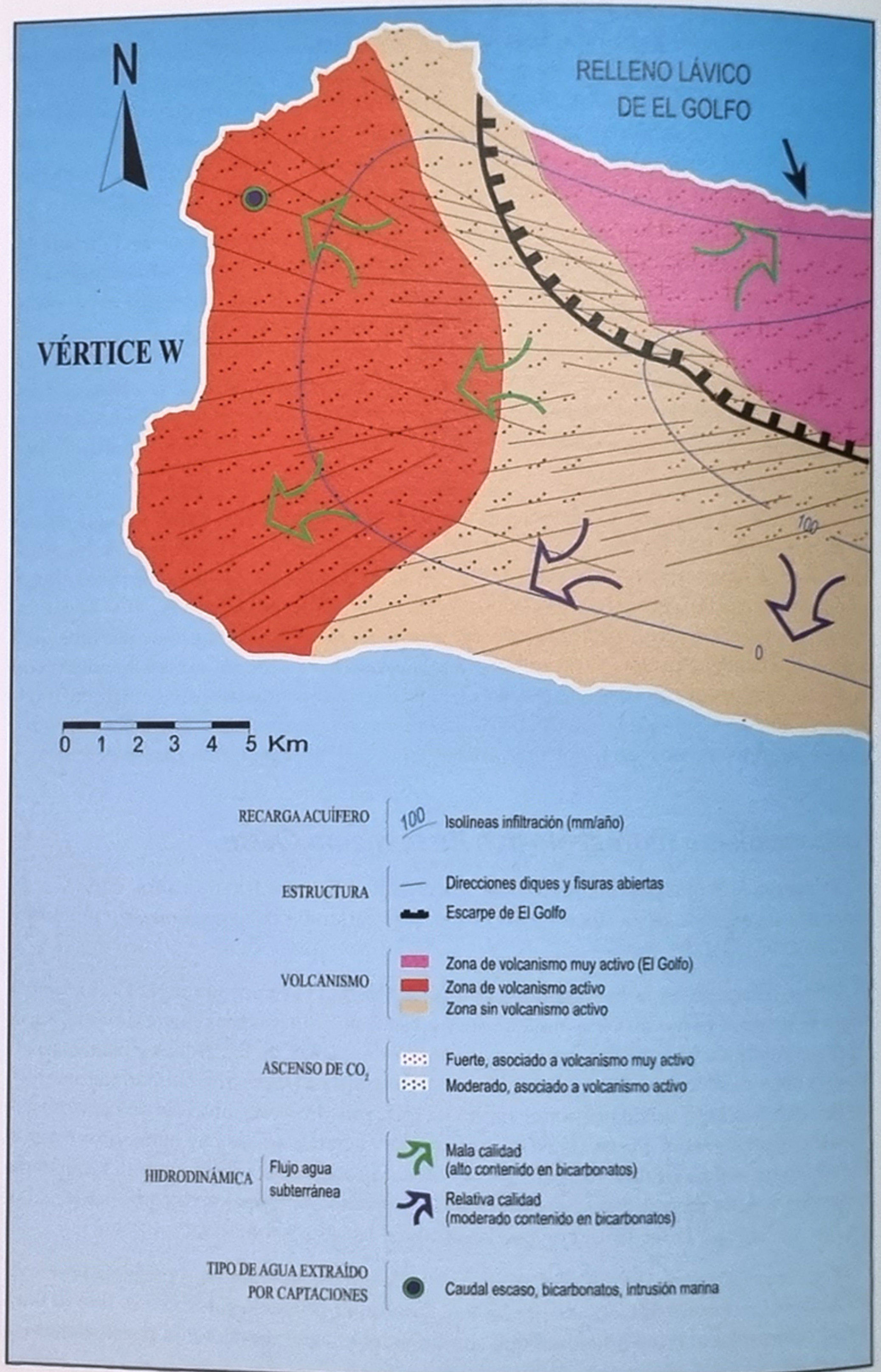
Pozo de la Salud.



Figura 22: Funcionamiento hidrogeológico de la región W. Existen aquí dos graves problemas:

- 1) La aridez, que determina una recarga del acuífero insignificante.
- 2) El fuerte ascenso de CO_2 , que procede tanto del volcanismo activo del vértice como del que se asienta en el valle de El Golfo. En consecuencia, las aguas subterráneas son escasas y de mala calidad (alto contenido en bicarbonatos), como queda atestiguado por la única captación existente (Verodal), que está sujeta, además, a una fuerte intrusión marina.

Perspectivas: Esta zona es inexplorable, la única demanda es la de Sabinosa que se abastece con nacientes y transportando agua desde Frontera. De existir algún proyecto futuro (turismo, por ejemplo), el abastecimiento de agua tendrá que hacerse con una red de transporte desde algún punto alejado.



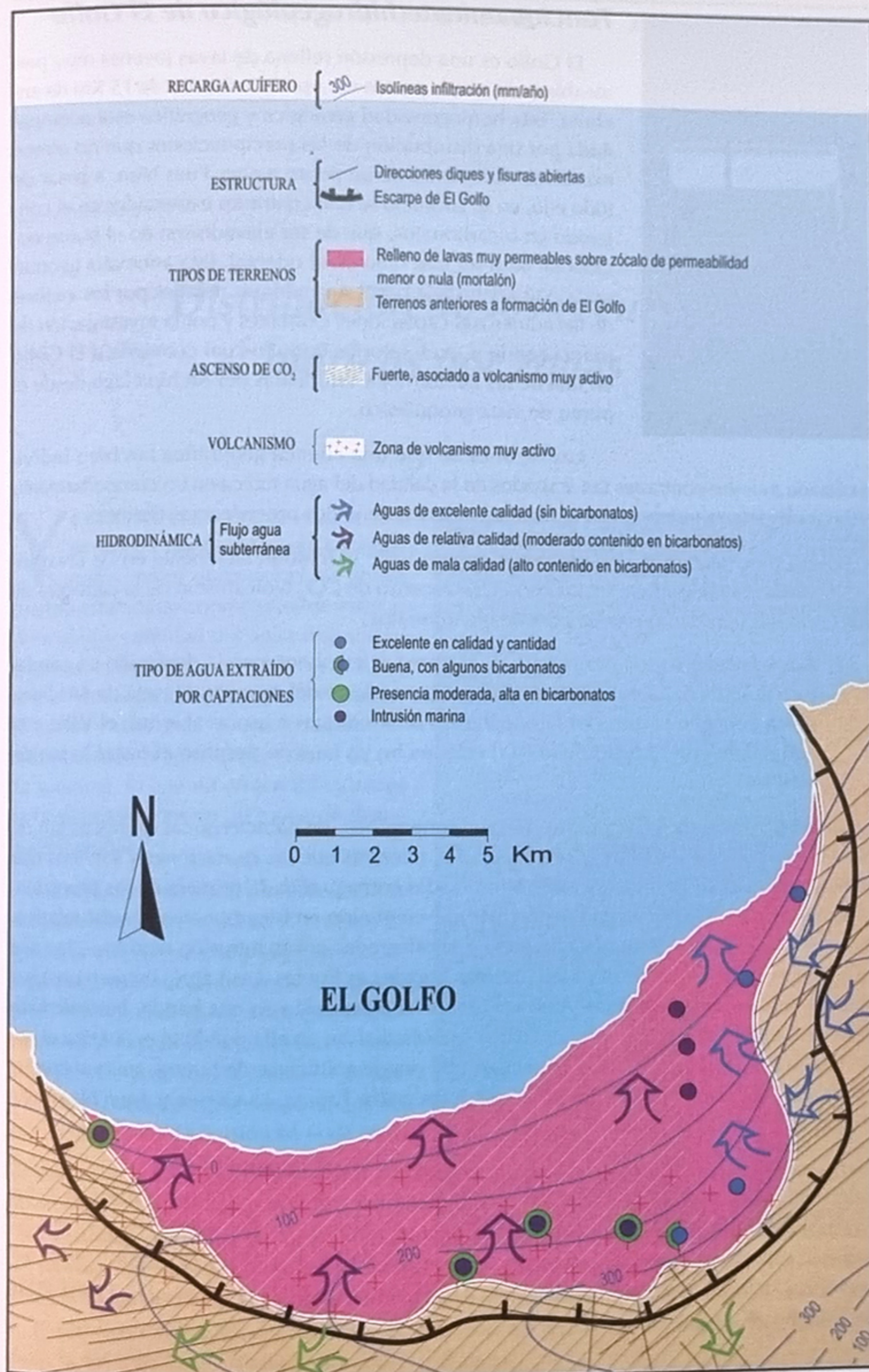
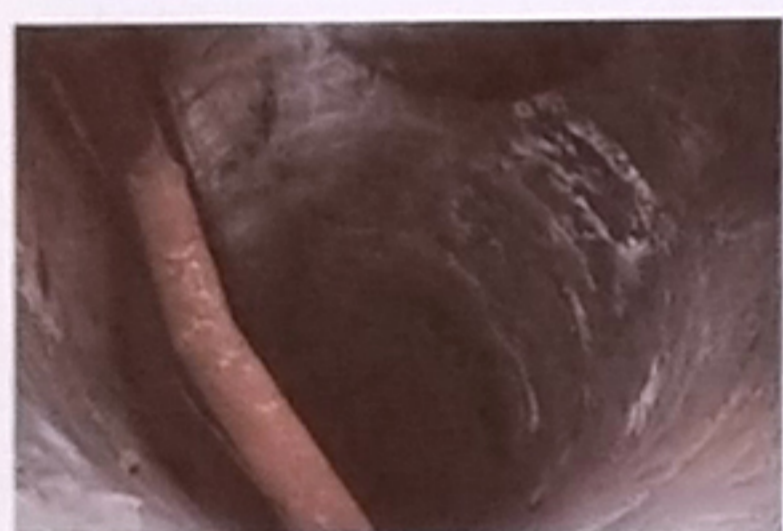


Figura 23: Funcionamiento hidrogeológico de El Golfo.

Esta singular depresión, ya tratada en parte en la región Noroeste tiene acentuada homogeneidad geográfica y geológica, y poca variabilidad climática (Pluviometría). Sin embargo, las aguas subterráneas encontradas por captaciones y sondeos muestran un enorme contraste en el contenido en bicarbonatos: máximo en el área occidental (Tigaday-Sabinosa) y casi inexistente en la más oriental. Esto es debido a que las aguas tienen dos procedencias muy diversas:

- 1) Las que se originan por infiltración en la propia depresión, pues el anfiteatro está incomunicado del sur por una barrera de diques impermeables; este flujo interno circula por un subsuelo de lavas jóvenes que recibe en intenso ascenso de CO₂ (volcanismo activo), lo que determina un elevado contenido en bicarbonatos.
- 2) Las que, viniendo de la Meseta de Nisdafé, entran por la base de la pared oriental (ver región Noreste); este excelente flujo es drenado por los pozos Frontera, Los Padrones y Las Casitas.
- 3) Una banda en que se mezclan las aguas precedentes, con calidad intermedia (Pozo Tigaday).

Perspectivas: La explotación de aguas subterráneas es inviable al W de Tigaday. Entre Tigaday y el mar puede mejorar la calidad si se controlan las extracciones (sobre todo en el pozo Fátima). El sector comprendido entre la base de la pared de El Golfo y la Meseta de Nisdafé es el mejor de la Isla en cantidad y calidad.



Pozo Frontera.



Funcionamiento hidrogeológico de El Golfo

El Golfo es una depresión rellena de lavas jóvenes muy permeables, encerrada por un escarpado anfiteatro de 15 Km de anchura. Esta homogeneidad geológica y geográfica está acompañada por una distribución de las precipitaciones que no ofrece excesivas variaciones de un punto a otro. Pues bien, a pesar de todo ello, en su subsuelo se dan contrastes extremados en el contenido en bicarbonatos, que de ser elevadísimo en el borde occidental para ser casi nulo en el oriental. Esta anomalía geoquímica está controlada hasta sus mínimos detalles por los análisis de las numerosas captaciones existentes y por la investigación de treinta sondeos exploratorios, todo lo cual convierte a El Golfo en una de las zonas mejor estudiadas del Archipiélago desde el punto de vista geoquímico.

Las razones de que una cuenca geográfica tan bien individualizada muestre contrastes tan acusados en la calidad del agua radica en un comportamiento hidrogeológico complejo, pues el flujo subterráneo tiene dos procedencias distintas:

- 1) Las precipitaciones que caen en el propio Valle se infiltran fácilmente en las lavas jóvenes y atraviesan un sector con fuerte ascenso de CO_2 (volcanismo de la cabecera de el Golfo), por lo que se cargan de bicarbonatos.
- 2) Además del anterior, por la base de la pared oriental entra en la depresión un caudaloso flujo de agua de excelente calidad procedente del exterior (Meseta de Nisadfe), única franja en la que, por la orientación de los diques y fisuras abiertas, el Valle está conectado con el resto de la Isla; este hecho ya ha sido descrito al tratar la región Noreste.

La coexistencia de ambos flujos de agua subterránea, de características químicas tan diversas, explica las anomalías encontradas. Así, mientras que las captaciones y sondeos que se encuentran al W de Tigaday están alimentadas con aguas de la primera de las procedencias mencionadas —por lo que tienen elevado contenido en bicarbonatos, caudal relativamente escaso y una acentuada tendencia a ser afectadas por la intrusión marina—, las que se encuentran en el pie de la pared oriental (sector Las Puntas–Las Lapas) extraen un agua abundante y no bicarbonatada. Ambos flujos se entremezclan en una banda, bastante bien definida espacialmente, con características intermedias; es en ella donde se encuentra el pozo Tigaday —cuya agua tiene una calidad que puede calificarse de buena, aunque contiene algunos bicarbonatos— y probablemente los pozos Fátima, La Coruja y Agua Nueva están muy afectados por la intrusión marina.

Perspectivas: La información existente demuestra que la explotación de aguas subterráneas es inviable al W de Tigaday tanto por razones de calidad original como por propensión a la intrusión marina. El sector oriental, en cambio, es el mejor de la isla en cantidad y calidad; sus características ya han sido descritas al tratar la región SE, aunque por razones topográficas debe ser explotado (como ya lo es actualmente) desde la base oriental de la pared de El Golfo. ♦

Distribución de los recursos hídricos por zonas

Ya sabemos cómo circula el agua subterránea y dónde adquiere bicarbonatos, entre otras cosas, es ahora cuando estamos en condiciones de estimar la calidad y cantidad del agua disponible al año en cada área concreta de la isla. Para ello hemos dividido la superficie insular en zonas y subzonas. A continuación hemos calculado el agua que se infiltra en cada subzona, lo que no ofrece dificultades ya que disponemos de un mapa de distribución global.

Como hemos afirmado con anterioridad, el agua de lluvia infiltrada en el acuífero es igual a la que rebosa y se pierde en el mar. A partir de este equilibrio podemos averiguar la cantidad de agua dulce que anualmente va al mar en cada kilómetro de costa. Y valorar, a su vez, el caudal máximo que puede bombear cualquier pozo que no esté afectado por la intrusión en él de agua marina. El caudal varía según el lugar en el que se encuentre el pozo y nos orienta a la hora de extraer el agua en cada área de la Isla como muestra el cuadro de la página siguiente.

El área mas interesante de la Isla es, sin duda, la subzona 2B, con una disponibili-

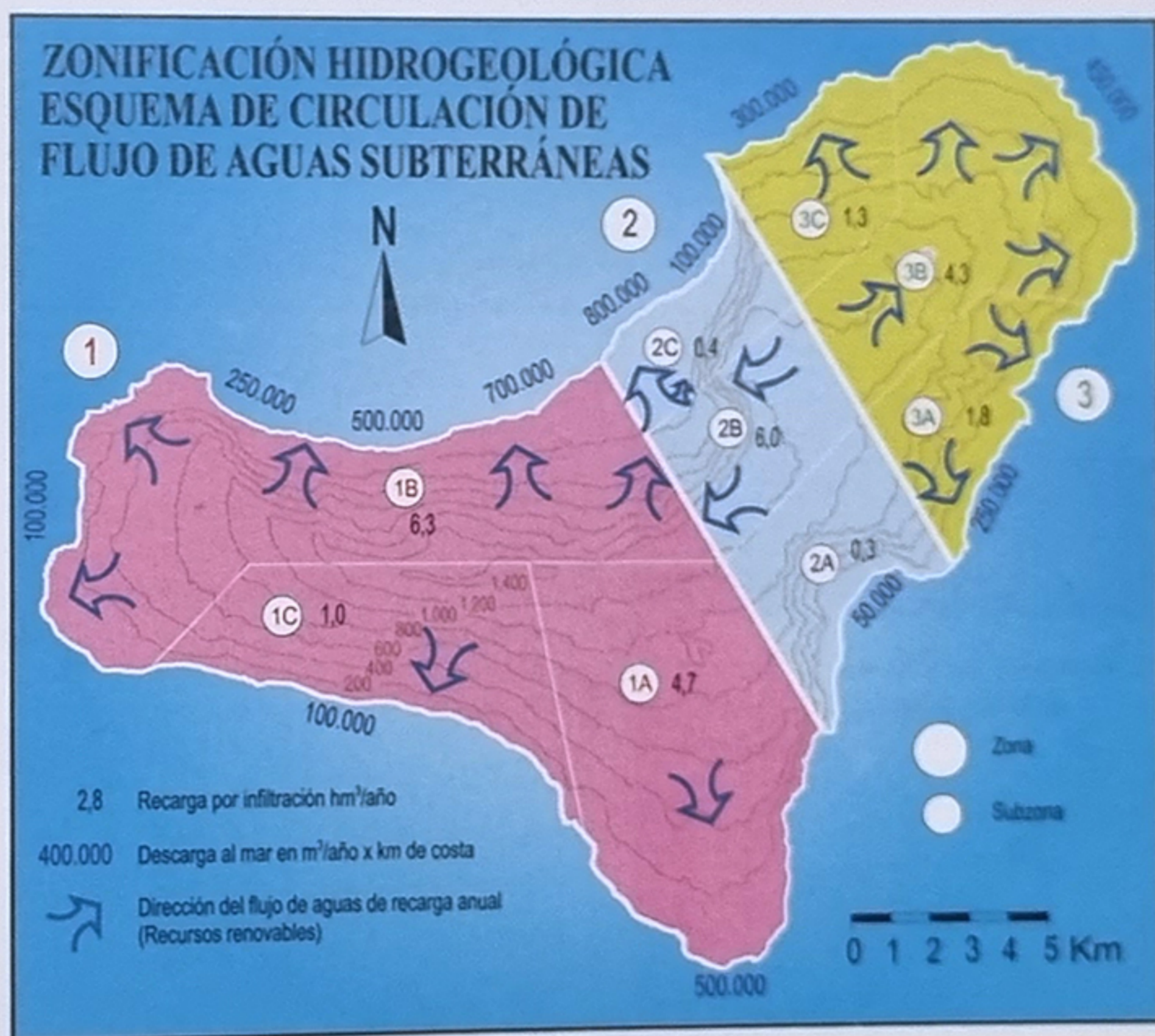


Figura 24: Zonificación Hidrogeológica y esquema de la circulación del flujo de las aguas subterráneas en la isla de El Hierro. División de la Isla en zonas y subzonas, con valores de la infiltración anual (recursos hídricos renovables) y magnitud de la descarga al mar en la línea de costa.

ZONA	SUBZONA	SUPERFICIE (Km ²)	VOLUMEN ANUAL INFILTRACIÓN (Hm ³ /año)	DESCARGA MAR (Hm ³ /año x Km costa)	EXTRACCIÓN MÁXIMA (de pozo simple)
1	A	52,2	4,7	0,50	150.000
	B	39,7	6,3	0,10 - 0,70	50.000 - 150.000
	C	56,9	1,0	0,10	25.000
	SUBTOTALES	148,8	12,0		
2	A	20,7	0,3	0,05	10.000
	B	18,5	6,0	—	400.000
	C	9,2	0,4	0,10 - 0,80	8.000 - 150.000
	SUBTOTALES	48,4	6,7		
3	A	18,6	1,8	0,25	50.000
	B	41,3	4,3	0,45	80.000
	C	12,9	1,3	0,30	20.000
	SUBTOTALES	72,8	7,4		
TOTALES		270,0	26,1		

dad de 6 Hm³/año de agua de excelente calidad, de los que actualmente sólo se aprovecha una pequeña parte. La 1A también dispone de considerables recursos, pero las aguas contienen bicarbonatos y su explotación resulta problemática (en este momento está en marcha un estudio de calidad del agua). En el resto de la Isla, el agua subterránea es difícilmente aprovechable. ◆

Necesidades actuales de agua en la Isla

El agua para el consumo en El Hierro se extrae de dos regiones geográficas claramente diferenciadas: el valle de EL Golfo y el resto de la isla. En el valle existe, desde hace varias décadas, un importante cultivo de regadío abastecido copiosamente por pozos situados en el mismo valle. El resto de la isla posee una producción de agua mucho menor que se destina casi exclusivamente al abastecimiento de la población porque su mala calidad y el coste de impulsión la invalida para el uso agrícola. La producción total, que equivale al consumo más las pérdidas durante la conducción, ha experimentado fuertes variaciones a lo largo del tiempo, variaciones que son debidas a la fluctuación de la demanda agrícola más que a cambios de la infraestructura productiva. El volumen total de agua que se extrae en la actualidad oscila en torno a los 1,4 Hm³/año.

En el Valle de El Golfo, hasta hace unos pocos años, la práctica totalidad de la producción de agua se empleaba en la agricultura, realizándose el abasto urbano mediante aljibes. Esta situación cambió a comienzos de la década de los 80 como consecuencia del fuerte temporal de viento que destruyó gran parte de las plataneras; al disminuir la superficie cultivada disminuyó la demanda de agua, y los excedentes pasaron a ser utilizados en el suministro domiciliario, siendo el pozo Tigaday la captación que lo realiza.

En el resto de la Isla, el abastecimiento urbano se efectúa desde tres captaciones: galería Icota y pozos de La Estaca y Tancajote que extraen aguas de mala calidad, por lo que no es raro encontrar consumos bajísimos (25 litros por habitante y día, por ejemplo) que, en realidad, enmascaran un autoabastecimiento mediante aljibes.

En definitiva, el suministro de los núcleos de población ha estado subordinado siempre a las necesidades agrícolas y, cuando se ha comenzado a satisfacer, ha sido siempre con aguas

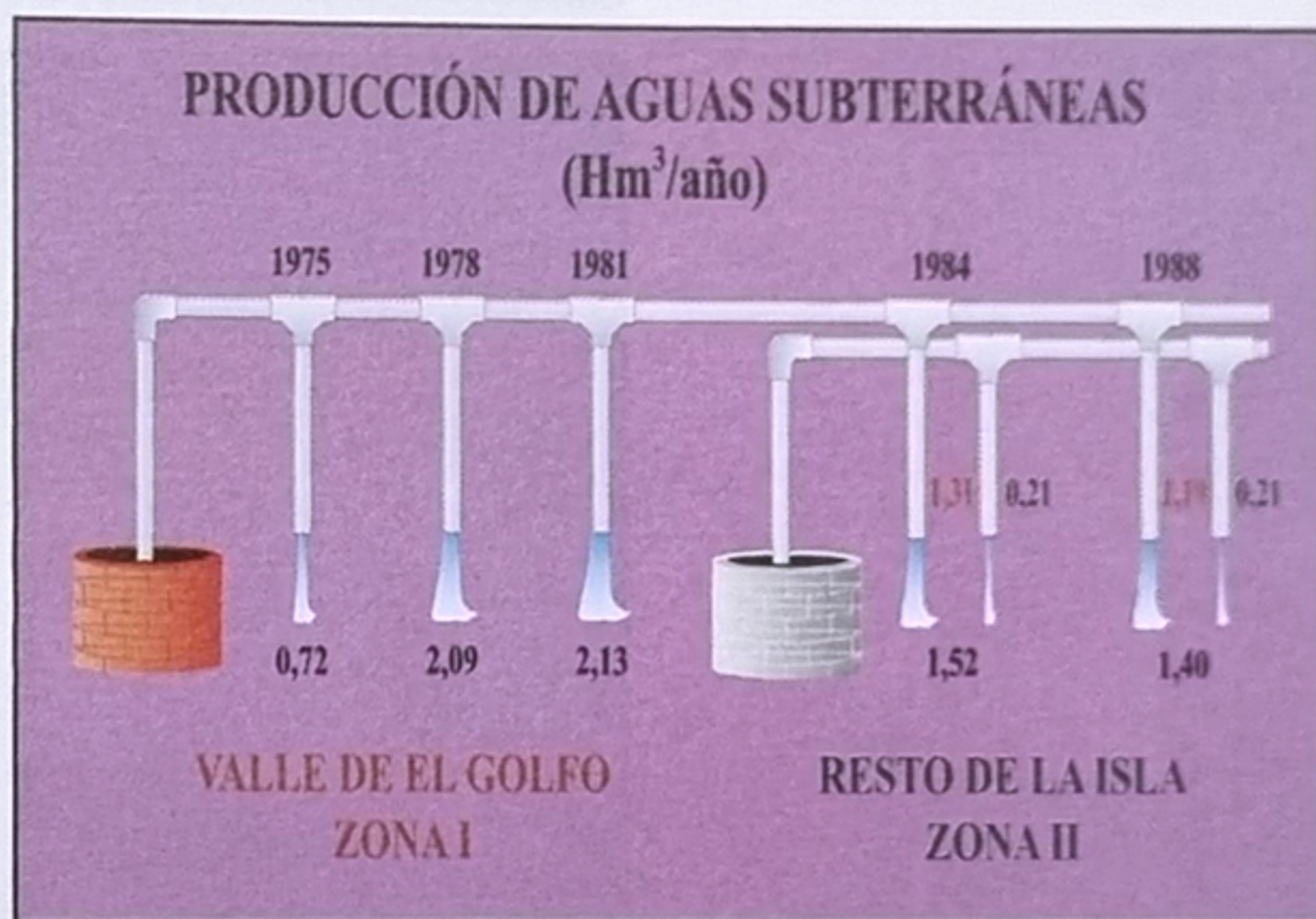


Figura 25: Variación de la producción de agua subterránea a lo largo del tiempo.

que, por su mala calidad, eran inaceptables para el riego o habían sobrado de la agricultura. Esta subordinación queda bien ilustrada por el reparto actual: de toda el agua producida, la agricultura recibe el 88%, mientras que al abastecimiento urbano se destina tan sólo 10%, y el 2% restante es para uso industrial. Dentro del Archipiélago, estas cifras sitúan a El Hierro como la isla que mayores diferencias presenta entre los consumos agrícola y urbano.

En los apartados siguientes se dan los consumos de agua actuales y se evalúa la demanda. Por "consumo" se entiende la cantidad realmente utilizada, mientras que la "demanda" hace referencia a la cantidad que sería preciso disponer, para cubrir dignamente todas las necesidades domésticas y para desarrollar al máximo toda la potencialidad agraria, turística e industrial de la Isla.

Consumo y demanda urbanos

Según los datos del censo de 1988, la población de El Hierro y su distribución por núcleos resultaba tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

POBLACIÓN DE DERECHO HABITANTES POR MUNICIPIOS Y LOCALIDADES (CENSO DE 1988)					
Municipio	Entidad	Habitantes	Entidad	Habitantes	
Valverde	Caleta (La)	71	Mocanal	607	
	Casas del Monte	—	Playas (Las)	42	
	Cuesta (La)	—	Puerto Estaca	126	
	Betenama	—	Rosas (Las)	—	
	Echedo	13	San Andrés	216	
	Erese	—	Tajace de Abajo	—	
	Guarazoca	372	Tamaduste	58	
	Hoyo del Barrio	—	Temijiraque	66	
	Isora	438	Tesbabo	—	
	Jarales	—	Tiñor	26	
	Llanos (Los)	—	Torre (La)	—	
				Valverde	1.611
	Total Valverde				3.646
Frontera	Casas (Las)	242	Restinga (La)	353	
	Frontera	964	Sabinosa	293	
	Llanillos (Los)	174	Taibique	685	
	Puntas (Las)	142	Tigaday	899	
Total Frontera				3752	
Total El Hierro				7.398	

Los 2.500 habitantes del valle de El Golfo consumen actualmente 70.000 m³ de agua al año, pero sus necesidades quedarían cubiertas mejor con unos 125.000 m³/año. Los 5.000 habitantes del resto de la Isla, que están peor abastecidos que los de El Golfo, consumen 120.000 m³/año y necesitan casi el doble. La demanda urbana total de los casi 7.500 habitantes de El Hierro está muy cerca, pues, de los 360.000 m³/año.

Consumo y demanda agrícolas

Como ya se ha mencionado, la práctica totalidad de la agricultura de regadío está localizada en el valle de El Golfo, ya que el resto de la Isla no dispone de aguas con la calidad mínima que exigen los regadíos. El Golfo ha sido y es, por tanto, la zona de mayor consumo, debido al cultivo del plátano que necesita un riego muy abundante. A lo largo de los últimos años, sin embargo, la fuerte demanda de agua ha ido disminuyendo paulatinamente debido, por un lado, a la sustitución parcial del plátano por otras especies alternativas con menores necesidades hídricas y más resistentes al viento (piña tropical, por ejem-



Sistema de riego por aspersión utilizado en la producción platanera del Valle de El Golfo.



Sistema de riego por goteo aplicado el cultivo de plataneras en el Valle de El Golfo.



plo) y, por otro, a la mejora de las técnicas de cultivo que minimizan el riego (invernaderos, riego por goteo, etc.)

Hay que señalar que, en la agricultura herreña, el consumo y la demanda han coincidido plenamente, ya que este sector de la economía ha absorbido siempre toda el agua que ha necesitado, aún a costa de sacrificar el consumo urbano. En la actualidad, el consumo agrícola total asciende a 1.300.000 m³/año, como queda reflejado en el siguiente cuadro. ♦

Cultivos	Superficie (Has)	Consumo Unitario (m ³ /Ha – año)	Consumo Total m ³ /año
Platanera	62	14.600	905.200
Piña Tropical	69	5.000	345.000
Aguacate-Cítricos	8	7.000	56.000
Total	139	—	1.306.200

Necesidades futuras

Demanda urbana

Las necesidades de agua han sido determinadas para el año horizonte de 2002. El cálculo se basa en estudios de crecimiento de la población y, a la vez, tiene en cuenta los efectos de un probable desarrollo turístico e industrial.

La población total para el 2002 se estima en 8.300 habitantes; de éstos, unos 3.000 estarán en el valle de El Golfo y unos 5.300 en el resto de la Isla. El volumen de agua que demandarán los núcleos de población del valle es de casi 190.000 m³/año y el del resto de la Isla se aproximará a 330.000 m³/año, con lo que la demanda total superará el medio millón de metros cúbicos por año.



Cultivos de secano.

Demanda agrícola

En los cálculos para el año horizonte de 2002 se han tenido en cuenta también las siguientes previsiones (ver Figura 26):

- La platanera estabilizará su superficie en torno a las 60 Has y usará en toda su extensión invernaderos y sistemas modernos de riego, por lo que sus necesidades de agua disminuirán con respecto al momento actual.
- La piña tropical, que hoy por hoy, y a pesar de las dificultades técnicas que comporta su cultivo, es la mejor alternativa a la platanera, ampliará su superfi-



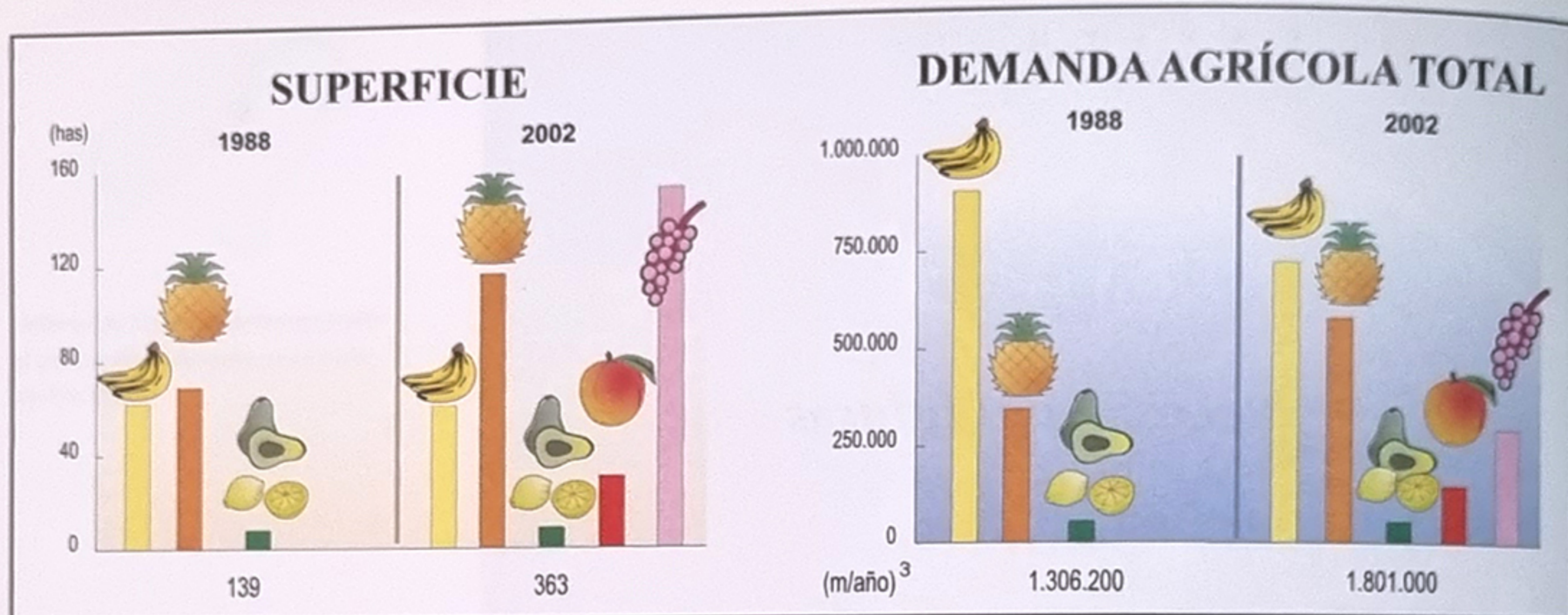


Figura 26: Demanda agrícola según cultivos y superficie.

cie con casi 50 Has que hoy están sin trabajar, de modo que serán unas 115 las Has destinadas a este cultivo.

- Las 30 Has de secano en las que se cultivan diversas especies de frutales serán transformadas en regadío, sumándose a las 8 que ya tienen este régimen.
- También podrían ser puestas en regadío las 150 Has de viñedo que hoy son de secano.

Como resultado de todo ello, las necesidades hídricas de los cultivos de El Golfo pasarán a ser de aproximadamente 1,8 Hm³ frente a los 1,3 actuales. En el resto de la Isla no se ha previsto un desarrollo agrícola a causa de la mala calidad del agua. ♦



Cultivos de regadío



Cómo satisfacer las necesidades de agua futuras

Con qué agua contar

Como hemos visto, las demandas de agua que se prevén en El Hierro son de dos tipos: a) de uso agrícola, que exigirá $1,8 \text{ Hm}^3$, y b) de uso urbano, turístico e industrial, cuya suma será de $0,5 \text{ Hm}^3$, por lo que el total necesario para el año horizonte 2002 asciende a $2,3 \text{ Hm}^3$. Como la producción actual no sobrepasa los $1,4 \text{ Hm}^3$ de algún sitio hay que sacar los $0,9 \text{ Hm}^3$ de diferencia entre ambas cantidades, a lo que hay que agregar la sustitución de aquellos caudales que actualmente no tienen calidad satisfactoria.

¿Cómo conseguir este agua? Ya ha sido expuesto que los recursos hídricos renovables que existen en El Hierro totalizan unos 26 Hm^3 , pero también sabemos que, en lo que se refiere a calidad, casi 20 de ellos presentan un contenido alto o muy alto en bicarbonatos, lo que reduce a unos 6 Hm^3 el agua que puede ser considerada como de excelente calidad. Aunque esta cifra representa tan sólo una fracción del total de recursos, es más del doble de lo que realmente se necesita, de modo que los problemas de suministro de la Isla quedarán resueltos si logramos aprovechar lo que tenemos.

El agua de buena calidad se encuentra localizada en una única área del subsuelo, comprendida entre la Meseta de Nisdafe y la pared oriental de El Golfo (subzonas 2B y 2C), la cual por razones topográficas, solamente puede ser explotada desde la base de la pared, es decir desde dentro del Valle. La mayor parte del abastecimiento futuro debe basarse en el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos de esta área, que tiene la ventaja adicional

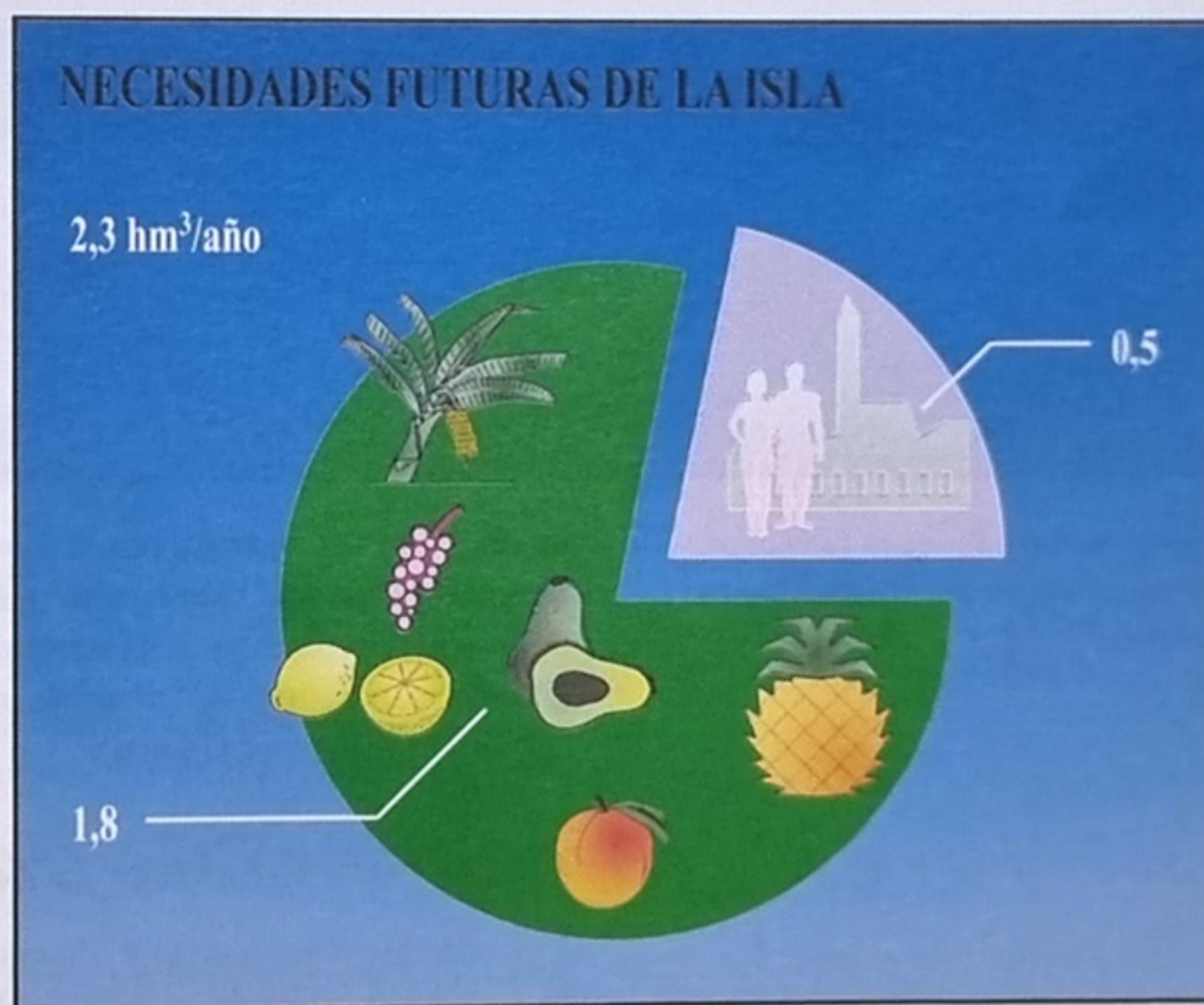


Figura 27: Gráfico ilustrativo sobre las necesidades futuras de agua de la isla.



Figura 28: Infraestructura hidráulica de transporte para el abastecimiento urbano.

de no poder ser afectada por la intrusión marina al existir numerosos diques que actúan como barreras para el avance del agua salada. Para la extracción se utilizarán las captaciones actuales, complementadas con nuevas perforaciones; el suministro se realizará aprovechando gran parte de la infraestructura actual, a la que se agregarán las obras que se describen en los apartados siguientes.

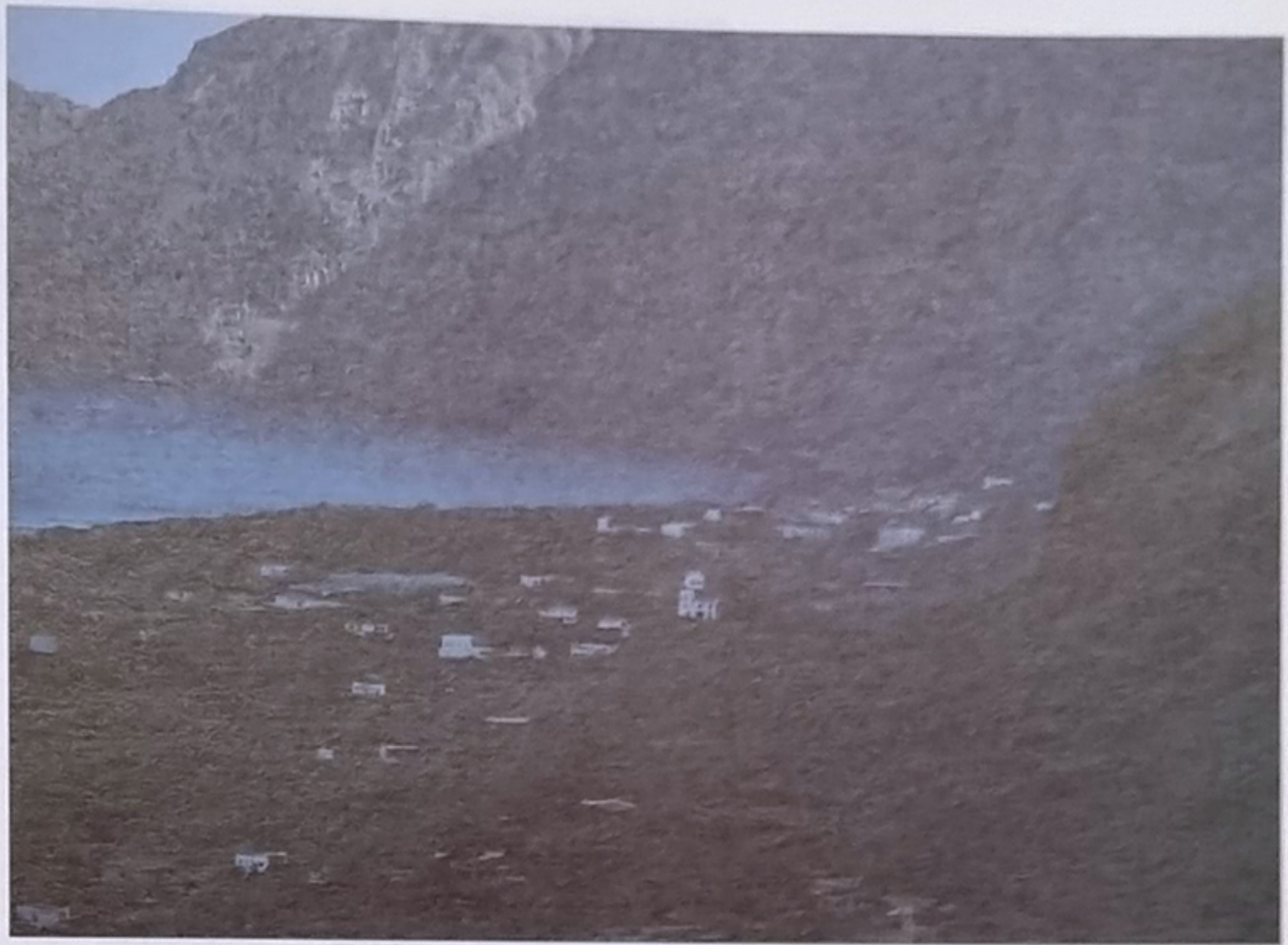
Obras para satisfacer la demanda urbana

El abastecimiento de todos los núcleos de población de la Isla se efectuará desde una única captación, ubicada en el valle de El Golfo, que explotará el agua subterránea de la subzona 2B. Esta captación tendrá una galería de fondo perpendicular al flujo del acuífero, lo que permitirá extraer el medio millón de m³/año que se necesita.

Una vez bombeada el agua hasta la boca del pozo, la mitad del caudal total se conducirá hacia el depósito de Tigaday, desde donde se efectuará la distribución a todos los núcleos del Valle, desde Frontera hasta Sabinosa.

La otra mitad bombeada se dirigirá mediante una tubería de presión hasta Las Puntas. Desde allí, y una vez derivado el caudal necesario para el abastecimiento urbano de este núcleo,

el resto se impulsará hasta Guarazoca utilizando el túnel que actualmente está en construcción. Desde Guarazoca, devengado parte del caudal para el abastecimiento de este núcleo, se volverá de nuevo a impulsar hasta alcanzar el núcleo Erese. Desde aquí, y mediante la actual red de distribución, se abastecerá a El Mocanal, Los Jarales, Hoyo del Barrio, Tesbabo y Betanama. El resto del caudal bombeado hasta Erese (es decir, la mayor parte) se impulsará de nuevo hasta el depósito de regulación de Tifirabe, el cual constituirá el centro de reparto de los restantes núcleos de población. Por un lado partirá una red hacia Valverde, y desde allí se abastecerá Echedo, El Tamaduste, La Caleta, La Estaca, Temijiraque y Las Playas, contando con la presente red de suministro más algunas ampliaciones. Por otro, una segunda conducción enlazará con la ya existente y suministrará los núcleos de: Tiñor, San Andrés, Isora, Las Casas, Taibique y La Restinga.



Vista de la zona oriental del Valle de El Golfo. Entre las casas destaca el edificio que alberga al pozo de Los Padrones.

Con este esquema se consiguen varios objetivos de una sola vez:

- 1) Formación de la Comunidad de pozos del Valle de El Golfo, como única manera de efectuar una extracción ordenada y así evitar el proceso de empeoramiento de la calidad del agua por intrusión marina.
- 2) Dar una dotación a toda la población acorde con las necesidades de la época en que vivimos. Esto se traduce en un mínimo de 150 litros/habitante y día.
- 3) El suministro se efectuará con la misma agua a toda la Isla y con una calidad superior a la de la mayoría de las aguas embotelladas que se venden en el Archipiélago.
- 4) La solución planteada es la más económica, ya que utiliza la práctica totalidad de las conducciones existentes.
- 5) Se posibilita el suministro de una forma regular a todos los habitantes de la Isla, sea cual sea su lugar de residencia.
- 6) El precio del metro cúbico de agua a pagar por el consumidor, estará regulado por los órganos de Administración Insular y, lógicamente, deberá ser inferior al costo actual. Esto es posible lograrlo pues toda la infraestructura de captación y transporte del agua se construirá con cargo a los presupuestos del Estado Autonómico y quedará en propiedad del Cabildo Insular de El Hierro. El usuario deberá pagar solamente los costes de elevación y de mantenimiento, los cuales, con el esquema propuesto, alcanzan unos costes energéticos inferiores en un 50% a los que actualmente paga.





Acceso al pozo de Los Padrones y ascensor.



Obras para satisfacer la demanda agrícola

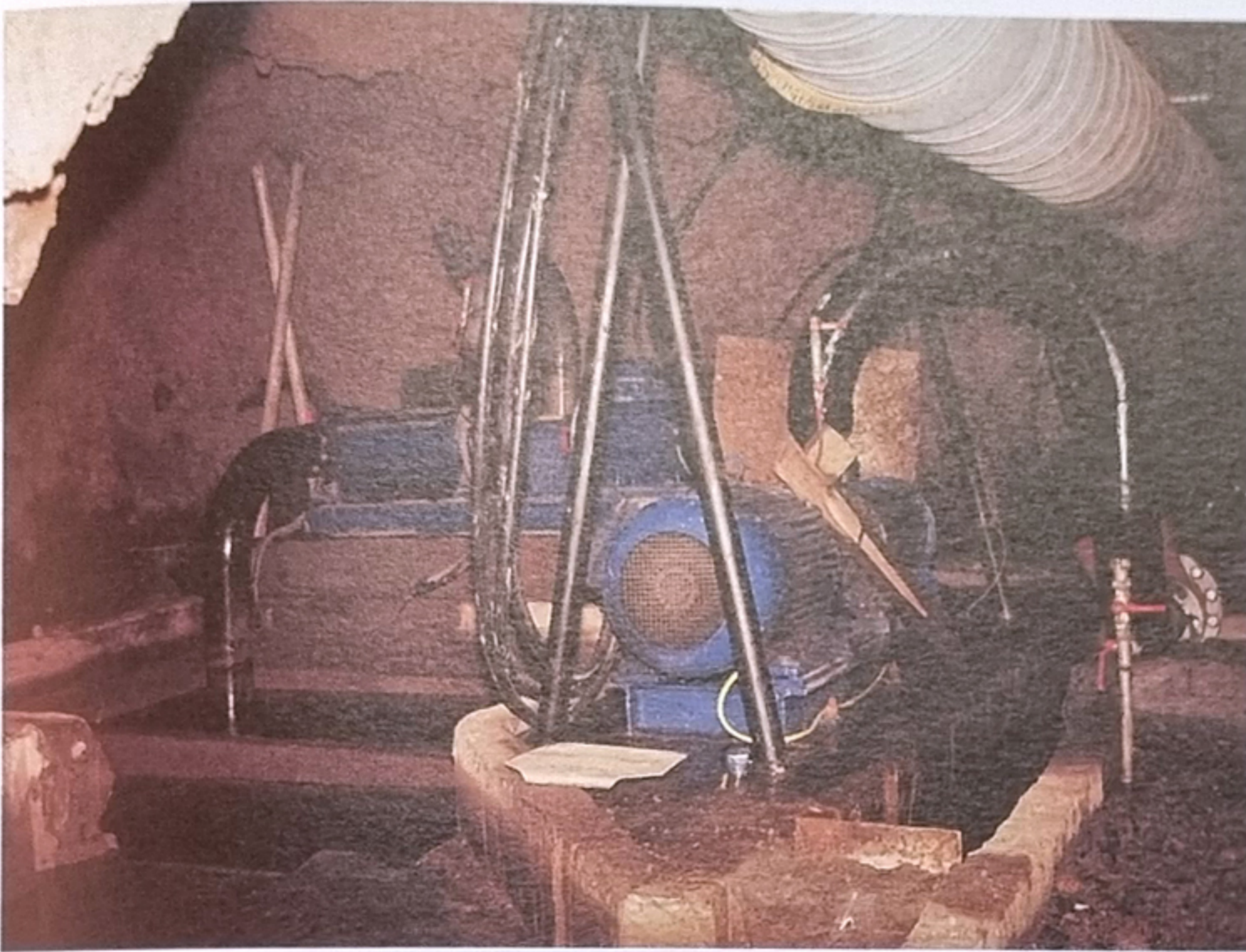
Fuera de El Golfo no se ha previsto, en principio, que exista una demanda agrícola. No obstante, en el momento presente se están llevando a cabo estudios sobre la calidad del agua y el caudal disponible en la parte sur de la Isla; de los resultados que se obtengan dependerá la instalación de nuevos cultivos en esta zona.

En el Golfo, cuyos cultivos absorben ahora 1,3 Hm³/año, serán necesarios 1,8 Hm³ en el 2002. El consumo actual es cubierto por los pozos Frontera y Fátima, a los que hay que sumar algunos pequeños caudales procedentes de Los Llanillos y La Coruja. De los cuatro, únicamente Frontera extrae aguas de buena calidad para cualquier tipo de cultivo. Con ob-

Foto inferior izquierda:
Vista del pozo desde el brocal.

Foto inferior derecha:
Tramo inicial de la galería de fondo del pozo. Se puede apreciar la tubería de aireación y, debajo de ella, la de conducción y elevación de agua.





Bombas de impulsión en el Pozo de Los Padrones.

jeto de obtener la cantidad futura prevista, el Avance del Plan Hidrológico propone cuatro actuaciones:

- 1) Perforación de una captación que, extrayendo aguas de la subzona 2B, no afecte a la captación encargada de suministrar el agua para abastecimiento urbano. Esta obra hidráulica deberá obtener 500.000 m³/año (0,5 Hm³/año).
- 2) Acondicionamiento de dos captaciones ya existentes para que produzcan 900.000 y 300.000 m³/año (0,9 y 0,3 Hm³/año). Ambos pozos han llegado a extraer esos caudales hace algo más de una década, sin haberse producido ningún tipo de empeoramiento de calidad.
- 3) Obtención de 100.000 m³/año (0,1 Hm³/año) procedentes de la red de saneamiento a construir en los núcleos de población próximos a Frontera, con posterior tratamiento de depuración que asegure la no generación de olores desagradables en el Valle.
- 4) Construcción de una balsa de almacenamiento y regulación, conectada con la depuradora y los pozos ya comentados.

En resumen, de los 1,8 Hm³/año necesarios para la agricultura, 1,7 procederán de las aguas subterráneas de la subzona 2B, lo que asegura una calidad óptima (similar a la que actualmente extrae el pozo Frontera). ♦

Goteo en el techo de la galería, lo que significa que ésta se sitúa por debajo del nivel freático.

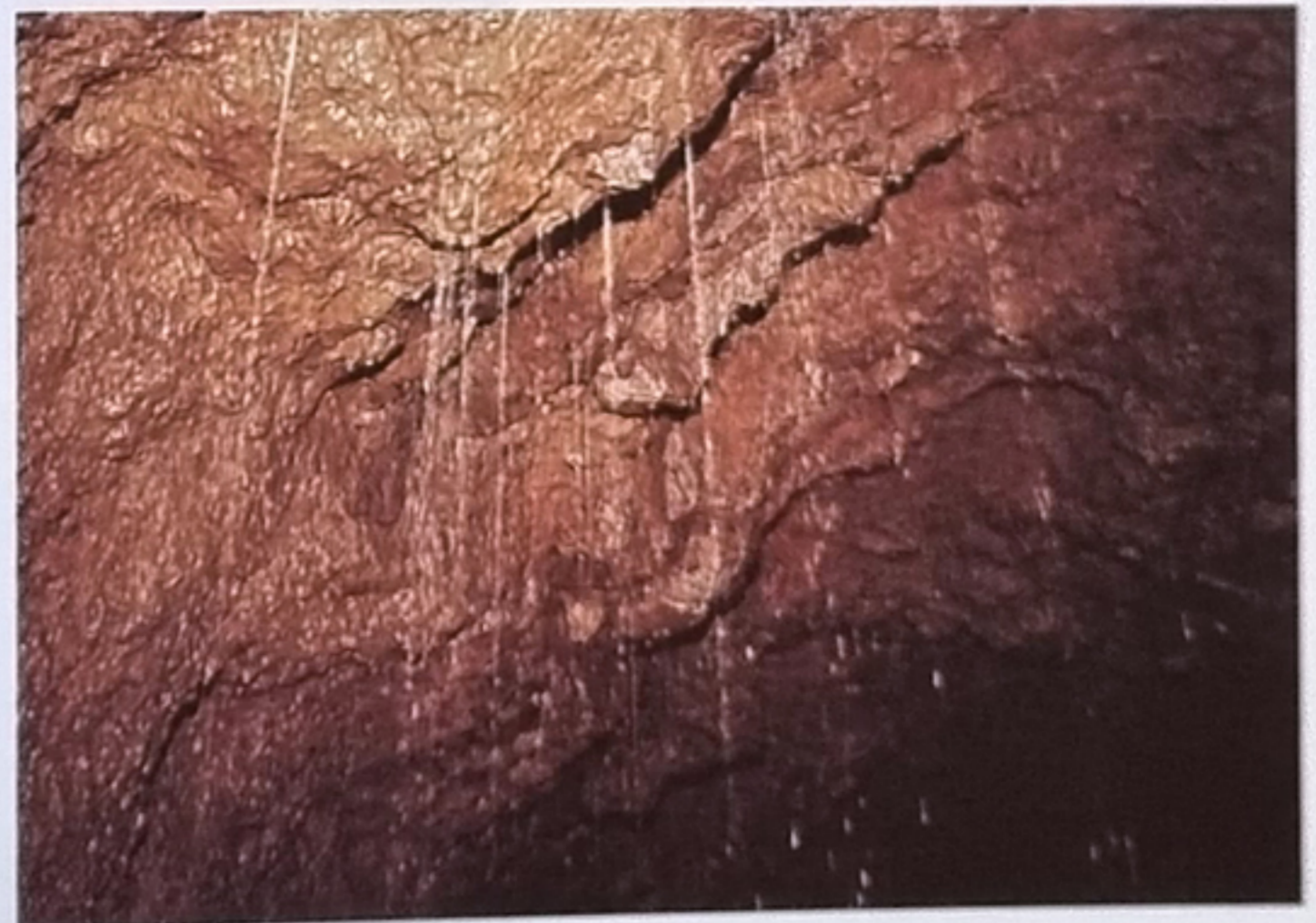
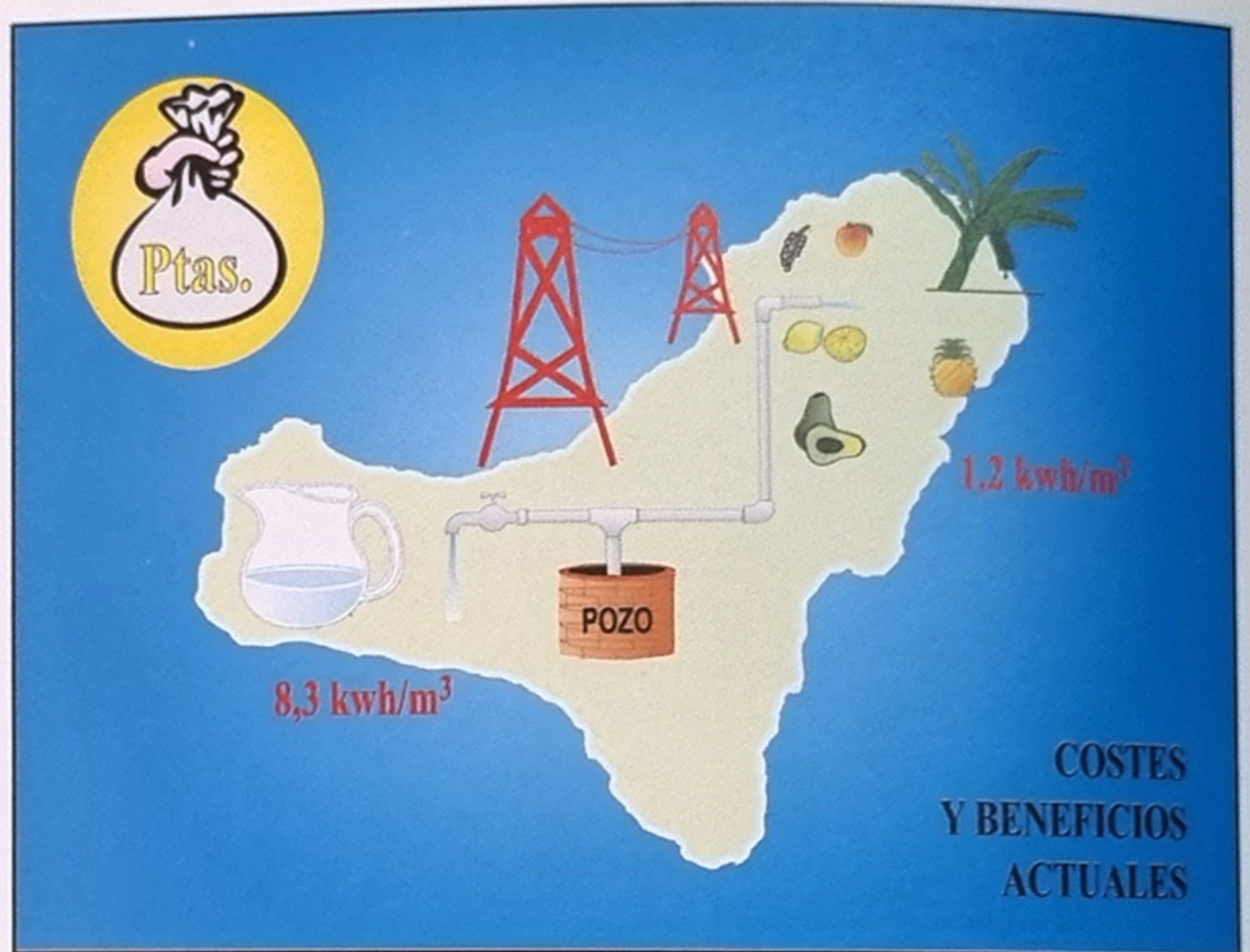


Figura 29: Costes y beneficios actuales y la solución propuesta por el Plan Hidrológico Insular de El Hierro. Con la solución que propone el Avance del Plan Hidrológico se dispondrá de más cantidad de agua, con mejor calidad y a un coste menor.



Anejos

Toda organización de un sistema conlleva la readaptación de lo ya existente, de tal forma que parte de la estructura primitiva se recoge en la nueva, otra se adapta y otra, se abandona.

El Avance del Plan Hidrológico Insular y más concretamente la infraestructura de captación y transporte de aguas que él propone, supone una reorganización del sistema hidráulico que generará cambios drásticos con relación a lo que existe en la actualidad. Los beneficios que se obtengan repercutirán directamente sobre la totalidad de la población, al aumentar la cantidad, mejorar la calidad y abaratar los costes de la dotación urbana y agrícola. Los perjuicios, por el contrario, afectarán solamente a unos pocos: aquellos mismos que quedarían excluidos en un mercado de libre competencia en el que no podrían suministrar la calidad de agua que se propugna en este Avance.

El orden de prioridad que se establece como base de esta reorganización es el siguiente:

- a) El uso urbano antes que el agrícola, industrial y turístico.
- b) La calidad antes que la cantidad, una vez satisfechos unos mínimos indispensables.
- c) Prioridad de las captaciones actuales sobre las de nueva realización.
- d) En la reperforación de captaciones existentes, prioridad en aquellas que supuestamente vayan a extraer aguas de mejor calidad.
- e) Control del caudal de bombeo para aquellas captaciones que puedan afectar a las colindantes por disminución del caudal o alteración de la calidad.
- f) Control del caudal de bombeo para toda captación aislada que pueda provocar fenómenos de intrusión marina.

Los criterios hidrogeológicos utilizados para la elaboración de las normas que regirán la reorganización de la infraestructura hidráulica, han sido:

- a) Gran parte del acuífero insular tiene un contenido tan alto de bicarbonatos que no permite el uso del agua ni para consumo urbano ni para consumo agrícola.

- b) El agua necesaria para el abastecimiento de la totalidad de los núcleos de la Isla se extraerá de la subzona 2B por ser la única que presenta buena calidad de los recursos.
- c) El agua destinada al consumo agrícola del Valle de El Golfo se extraerá desde esta misma subzona. Según los resultados que se obtengan de la investigación que actualmente se desarrolla en la subzona 1A, se podrá disponer de agua para el desarrollo de la zona sur de la Isla.

La Ley de Aguas de Canarias (12/1990 del 26 de julio) dice en su preámbulo:

“Se configura como principio legal básico la subordinación de todas las aguas al interés general, sobre la base de que se trata de un recurso que debe estar disponible en la cantidad y calidad necesarias, en el marco del respeto al medio ambiente de las islas. Objetivo que se persigue con las directrices de la planificación regional y se materializa en las prescripciones de los Planes Hidrológicos Insulares y demás instrumentos de la planificación.”

Las captaciones existentes en la Isla han sido efectuadas por la iniciativa privada, mientras que la red de transporte y distribución ha estado financiada por diferentes Organismos Públicos. El derecho a la extracción de agua, así como su regulación, queda definido en el artículo 73:

- 1) “El agua puede ser producida y aprovechada por personas y entidades públicas o privadas, con arreglo a lo dispuesto en la presente Ley.”
- 2) “La captación de aguas superficiales y el alumbramiento de las subterráneas requiere concesión administrativa”.

El período de vigencia de la concesión se define por Ley para un máximo de setenta y cinco años.

Captaciones ya existentes y ampliación de caudales

En el acto de inscripción en el Registro se asignará el caudal de la captación en función de lo que se obtenga de aplicar las normas de aforo indicadas en el Decreto 186/1990. En el epígrafe segundo del anexo de este Decreto, se especifica que si durante el aforo no se produjera variación en la concentración del ión cloruro, el caudal bombeado será el que figura en el Registro. Si, por el contrario, se observase una variación, la inscripción tendrá carácter provisional y el peticionario queda obligado a repetir el aforo con caudales inferiores, hasta conseguir una estabilización del caudal, del nivel y de la concentración en ión cloruro.

Esta disposición tiende a generar una disminución en los caudales máximos de bombeo, pero no afecta necesariamente a la producción total anual de cada pozo, ya que el régimen de extracción a adoptar compensa el descenso del caudal máximo con un aumento de las horas de bombeo.

Las galerías de fondo se deberán perforar en dirección paralela a la costa. Existen las siguientes excepciones a esta regla:

- 1) En la subzona 1A las galerías de fondo deberán orientarse en dirección E-W, y en las subzonas 2B y 3B serán sensiblemente paralelas a la dirección NW-SE.

- 2) En subzonas o sectores con riesgo de sobreexplotación, la realización de obras de alumbramiento deberá estar supeditada a la fusión de todas las captaciones de la subzona o sector presumiblemente afectados.
- 3) La autorización para perforar una galería de fondo estará supeditada a la existencia de caudales no aprovechados por captaciones legales previamente existentes.
- 4) La distancia de afección requerida entre dos captaciones será de $2R$, siendo R el radio de influencia definido por zonas en el cuadro siguiente:

	D(l/seg x m)	R (m)	N
--	--------------	-------	---

ZONA 1				
Subzona 1A	0,016	200	0,8	
Sector 1B1	0,022	300	0,7	
Subzona 1B	Sector 1B2	0,011	300	0,7
	Sector 1B3	0,003	300	0,7
Subzona 1C	0,003	300	0,7	

ZONA 2			
Subzona 2A	0,001	200	0,7
Subzona 2B	0,015	200	0,8
Subzona 2C	0,003	300	0,7

ZONA 3			
Subzona 3A	0,008	300	0,7
Subzona 3B	0,014	200	0,8
Subzona 3C	0,009	300	0,7

Concesiones para nuevas captaciones

La autorización para la concesión de nuevas captaciones se regirá por lo estipulado en la Ley de Aguas de Canarias (Ley 12/1990) y por las Normas Provisionales Reguladoras del Régimen de Explotación y Aprovechamiento del Dominio Público Hidráulico (Decreto 152/1990). Estas últimas Normas se ampliarán con las siguientes:

- 1) La profundidad máxima permitida para las captaciones de cualquier tipo será siempre la definida por el nivel medio del mar.

- 2) Los caudales máximos objeto de concesión, sin perjuicio de la normativa, son los que se obtienen de aplicar la fórmula siguiente:

$$Q_{\text{máx}} (\text{l/seg}) = N \cdot (L+R) \cdot D$$

Siendo

R = Radio de influencia de la captación.

N = Rendimiento de la captación.

L = Longitud útil de la galería de fondo; corresponde a la proyección de la verdadera longitud sobre una dirección perpendicular al flujo de descarga. Este flujo es perpendicular a la costa excepto para las subzonas 1A, 2B y 3B. Expresado en metros.

D = Caudal de descarga del acuífero al mar, variable con las zonas, subzonas y sectores. Expresado en l/seg x m. En la subzona 2B éste valor debe ser considerado como el caudal de circulación en el subsuelo.

Los valores de cada una de las variables hidrológicas definidas son:

- 3) En el decreto 152/1990, en el anexo 1 y en su epígrafe 1.1.6. queda limitado a 600 mg/l el contenido en ión cloruro del primer análisis. Sin embargo, en la isla de El Hierro, y por encima de la cota 100, el agua de recarga tiene menos de 200 mg/l de ión cloruro (ver capítulo VII). Por este motivo, los 600 mg/l se sustituirán por 200 mg/l.

- 4) En el sector del Valle de El Golfo comprendido entre Las Puntas y Los Llanillos no se otorgará ninguna concesión, debido a la inexistencia de caudales aprovechables.

En el resto de la Isla se podrán otorgar concesiones, manteniendo como separación entre captaciones la distancia de 2R. Esta distancia de no afección se medirá desde el frente de las galerías de fondo.

- 5) El uso prioritario será el del abastecimiento, pero éste no se otorgará más que a Organismos Públicos. La concesión para la obtención de aguas, subterráneas con fines turísticos o industriales, se considera sumida en el abastecimiento urbano siempre y cuando se cumplan los dos requisitos siguientes:

a) Que el transporte y la distribución se efectúe con la red urbana.

b) Que no supere el 20% de la dotación que suministre la red urbana.

En el caso de no cumplirse cualquiera de estos requisitos, el abastecimiento se efectuará a partir de aguas disponibles en el mercado. La instalación de desaladoras de agua de mar o salobres estará supeditada a un especial informe del Consejo Insular de Aguas.

Zonas en riesgo de sobreexplotación

Debido al progresivo empeoramiento de calidades que ha sido detectado en la mayoría de las captaciones productivas de la Isla, los siguientes sectores y subzonas son considerados como áreas en riesgo de sobreexplotación:

Sector 1B1; Subzona 2C; Subzona 3A; Subzona 3B.

Todos los pozos ubicados dentro de las subzonas y sectores señalados, deberán facilitar al Consejo Insular de Aguas un análisis físico-químico completo (anexo III del Decreto

186/1990), junto con su régimen de producción y caudal máximo de bombeo, al menos una vez cada tres meses. El Consejo Insular podrá variar esta disposición en función de la evolución que presenten las captaciones.

Zonas infraexplotadas

De acuerdo con el balance hídrico obtenido en el capítulo V de este Avance, y exceptuando las subzonas y el sector señalados en el apartado anterior, el resto de las zonas, subzonas y sectores de la Isla quedan definidos como áreas infraexplotadas en sus recursos de agua subterránea.

Zonas de afección de una captación

Con el bombeo, todos los pozos producen una depresión en el acuífero. Por ello, cualquier captación cuya depresión se solape con la de otra, generará un proceso de afección que conducirá a una merma en el caudal que potencialmente podrían extraer ambas. Para definir la superficie que asegure la no afección entre captaciones se utilizará el siguiente criterio: El área encerrada por una elipse con centro en el punto de ubicación de la bomba, con el semieje mayor en dirección coincidente con la del flujo de descarga y de 1 Km de longitud, y el semieje menor, perpendicular al anterior, con una longitud igual a la del radio de influencia definido por subzonas, en este mismo capítulo.

Esta definición es aplicable a toda aquella captación que, extrayendo agua mediante una bomba, presente una sección útil de 3 metros. Para el caso de pozos con galerías de fondo, la superficie de influencia incrementará su semieje menor en la misma medida que la longitud útil de dicha galería de fondo; siempre y cuando la galería presente su nivel freático por encima de la solera, independientemente de las oscilaciones producidas por las mareas y a lo largo de toda la duración del bombeo. En el caso de no cumplirse este último requisito, la superficie de afección se reducirá hasta que la longitud útil verifique esta disposición.

Existirá afección entre dos captaciones cuando las superficies de influencia, definidas según el párrafo anterior, presenten una zona de solape.

Sistemas de captación idóneos para acuíferos costeros

El acuífero de la isla de El Hierro se caracteriza por su elevada permeabilidad y bajo caudal de descarga al mar. Ambos factores han facilitado los procesos de intrusión marina, lo que en definitiva ha conducido a un empeoramiento de la calidad de las aguas extraídas.

La solución para mantener una continuidad en la calidad inicial de las aguas afloradas, consiste en reducir los caudales máximos de bombeo, o bien en aumentar la longitud útil de la captación mediante la perforación de galerías de fondo dispuestas perpendicularmente al flujo de descarga.

Declaración de perímetros de protección

La subzona 2B ha de ser la base del suministro urbano y agrícola de la totalidad de la Isla. Por ello, a lo largo de esta subzona se preservará el agua en cualquiera de sus fases del ci-

clo hidrológico, definiéndose su perímetro geográfico como Perímetro de Protección a todos los efectos señalados en la Ley de Aguas (12/1990).

Los resultados de la investigación que actualmente se está desarrollando en la subzona 1A deberán obtener la calidad del agua de esta subzona. En función de los resultados obtenidos, y pensando en un futuro desarrollo agrícola de la zona sur de El Hierro, se formulará la normativa que ampare y preserve la calidad del agua a extraer en esta subzona.

Explotación de áridos

Debido a la definición del perímetro de protección que abarca la totalidad de la subzona 2B, se prohibirá cualquier extracción de áridos dentro de dicho perímetro. Asimismo, y debido al impacto ambiental que produce la extracción de áridos de barranco, se prohibirá cualquier cantera situada en cauce público.

Costes energéticos

De acuerdo con el esquema propugnado por este Avance en cuanto a consumos energéticos, la instalación de elevación se deberá dimensionar para ser capaz de elevar el caudal máximo dentro de las horas de bajo consumo, al objeto de abaratar en lo posible los costes del agua. ♦

Glosario

ACANTILADO: pendiente escarpada de una costa que retrocede continuamente bajo los ataques de la pendiente.

ACUÍFERO: Zona del subsuelo donde todos los huecos poros y fisuras están llenos de agua.

AGUA DE CALIDAD: Aquella agua dulce cuyo contenido en sales disueltas es inferior a 500mg/l.

AGUA DULCE: Agua que presenta un contenido en sales disueltas que no impide su uso para el abastecimiento urbano o agrícola.

AGUA POTABLE: Agua cuyo contenido en sales es inferior a 1500mg/l y cuyos componentes no rebasan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

AGUA SALOBRE: Agua cuyo contenido en sales disueltas es superior al tolerable para usos urbanos y agrícolas e inferior al que presenta el agua del mar.

AGUA SUBTERRÁNEA: Agua que alcanza el subsuelo mediante la infiltración y procede de la lluvia.

AGUA SUPERFICIAL: Agua procedente de la lluvia o de manantiales que discurre alegre y desenfadadamente por la superficie del terreno.

ALJIBE: Depósito de agua que recibe y almacena el agua de lluvia y que normalmente se sitúa en las proximidades de las casas.

ALTERACIÓN: Proceso físico-químico por el cual un material pétreo cambia de apariencia y composición. El grado de alteración depende esencialmente de la antigüedad, compactación y presencia de agua.

ALUMBRAMIENTO: Acto por el cual una captación consigue captar un cierto caudal de agua.

ALUMBRAR: Ver anterior.

ANTRÓPICO: Efectos producidos por la acción directa e indirecta del hombre.

AÑO HORIZONTE: Fecha límite en la que se establece una planificación.

ÁRIDOS: Cantos rodados originados por los efectos erosivos de un cauce fluvial o por la acción directa del hombre en una planta machacadora.

BAHÍA: Golfo, entrante de la costa que permite un resguardo y amparo del oleaje dominante.

BATIMETRÍA: Líneas de nivel del terreno situado por debajo del nivel del mar.

BOMBLEAR: Acción de elevar agua de una cota a otra superior aplicando y consumiendo energía que normalmente es eléctrica.

CANTERA: Zona de explotación de piedra para construcción.

CAPTACIONES: Cualquier dispositivo artificial o natural que permite disponer de un cierto caudal de agua.

CAUCE: Zona inferior de los cursos fluviales que normalmente queda inundada por el agua en su turbulento discurrir.

CAUDAL: Cantidad de agua que atraviesa una cierta sección en un tiempo dado. ($1\text{Hm}^3/\text{año} = 1.000.000\text{ m}^3/\text{año} = 1.000.000.000\text{ litros/año}$).

CENTRO DE EMISIÓN: Volcán, lugar desde donde se emiten los materiales volcánicos.

COMPACTACIÓN: Proceso físico de consolidación o apelmazamiento provocado por el esfuerzo de compresión originado por el peso de los materiales situados por encima de él.

CONDUCCIÓN: Nombre por el que actualmente se designa a toda aquella tubería o canal por donde se transporta o distribuye el agua.

CONO: Estructura exterior de un volcán, presenta forma cónica y puede tener tamaños muy diferentes según su proceso de formación y materiales constituyentes puede ser un cono de piroclastos o un cono de escorias.

CONSUMO: Cantidad de agua usada para satisfacer las necesidades hídricas de la población o agricultura. (Consumo urbano o agrícola respectivamente).

CONTAMINACIÓN DE BICARBONATOS: Contaminación de origen natural provocada en su inicio por la disolución del dióxido de carbono en el agua del acuífero. El dióxido de carbono aportado por el volcanismo activo o latente provoca la formación de ácido carbónico que al rebajar el PH del agua la convierte en agresiva disolviendo de la roca del acuífero el sodio, potasio, calcio y magnesio que reaccionarán con dicho ácido generando compuestos bicarbonatados.

CRÁTER: Depresión central del cono.

CUMBRE: Cúspide de una montaña.

CURSOS DE AGUA: Cualquier vía de drenaje en la superficie que canaliza los caudales de agua superficial.

DEMANDA: Cantidad de agua necesaria para cubrir dignamente las necesidades hídricas de la población o de la agricultura. (Demanda urbana o agrícola respectivamente).

- DEPRESIÓN:** Hueco producido por la desaparición súbita del material deslizado.
- DESCOMPRESIÓN:** Fenómeno físico que se produce cuando de forma súbita desaparece parte o la totalidad de un volumen de terreno que estaba provocando una compresión.
- DESLIZAMIENTO GRAVITACIONAL:** Caída de cierto volumen de material pétreo como consecuencia de la inestabilidad provocada por su propio peso o por la actividad sísmica.
- DIQUE:** Conducto subterráneo de emisión magmática que cuando se enfría adopta la forma de pantallas delgadas y extensas a lo largo y profundo de las islas volcánicas.
- DORSALES:** Cordilleras formadas por la acumulación de conos volcánicos que constituyen la cumbre de la división de aguas en las vertientes insulares.
- DRENAR:** Captación de agua por efecto físico del vaciado de un acuífero fluyendo por gravedad el agua desde ésta hacia la captación.
- ERUPCIÓN FISURAL:** Tipo de erupción que se caracteriza por propagarse a lo largo de una grieta lo que provoca la alineación de los centros eruptivos.
- ESCARPE:** Parte abrupta del acantilado.
- ESCORRENTÍA:** Caudal de aguas superficiales que, procedentes de la lluvia, discurren por la superficie.
- ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS:** Aparatos de aforo y control de la cantidad de agua de lluvia caída sobre el lugar de ubicación del aparato.
- ESTRATIGRÁFICO:** Concepto geológico por el cual se ordena y clasifica una serie de capas en las que crece la antigüedad de cada una de ellas con la profundidad.
- EVAPORACIÓN:** Volumen de agua procedente de la lluvia que vuelve a la atmósfera.
- EXTRACCIONES:** Caudal aportado por cualquier tipo de captación.
- FISURAS ERUPTIVAS:** Grietas por las que se canaliza una erupción fisural.
- FUENTES:** Manantiales, nacientes, surgencia natural de agua cuya causa puede ser debida a la existencia de niveles impermeables o a un rebose en el acuífero general.
- FUGAS:** Caideros y riscaderos. Zonas en las que la erosión actúa de forma tan continua que la degradación que provoca es perceptible a simple vista.
- GALERÍA:** Captación de agua que consiste en un túnel de pequeña sección (1,80x 1,50m) con traza ligeramente ascendente y con longitudes que pueden alcanzar varios kilómetros.
- GALERÍA DE FONDO:** Galería cuya boca se sitúa en el fondo de un pozo.
- GALERÍA EN TRANCADA:** Galería con traza descendente que al llegar al nivel del mar se sitúa paralelo a él hasta captar el agua de buena calidad.
- GEOMORFOLÓGICO:** Estudio geológico de las formas del relieve.
- HIDRÁULICA:** Arte de captar, extraer y suministrar agua para los diferentes usos cuyo primer tratado fue elaborado por Marco Vitrubio Polión (siglo I después de Cristo).

HIDROGEOLOGÍA: Ciencia que estudia la situación y el movimiento del agua en el subsuelo.

HIDROLOGÍA: Ciencia que estudia el agua en su trayecto descendente con la lluvia en la evaporación y en su curso descendente por los cauces fluviales.

IMPERMEABLE: Toda a quella capa de material cualquiera y diverso que no permite la circulación de agua a su través.

INFILTRACIÓN: Porcentaje de agua de lluvia que no se evapora ni se escurre por la superficie siendo aquella que penetra hacia el interior del subsuelo.

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA: Conjunto de todas aquellas obras hidráulicas cuya misión sea la de captar, transportar y distribuir el agua para cualquier uso al que esté destinado.

ISOLÍNEAS: Líneas de igual valor. Constituyen una herramienta para indicar situaciones comparables dentro del acuífero. Normalmente las más usadas son las isolíneas de conductividad, cloruros, bicarbonatos, etc.

LAPILLI: Producto escoriáceo de granulometría pequeña.

LITORAL: Banda terrestre situada en las proximidades de la costa.

MAGMA: Masa ígnea de fusión existente en el interior de la tierra que alimenta a los volcanes.

MALLA DE DIQUE: Conjunto de diques que se entrecruzan.

MANANTIALES: Idem fuentes, nacientes.

MESETA: Cumbre de una cordillera en la que debido a diferentes motivos en vez de terminar en cumbres termina en una llanura.

MORTALÓN: Debris-avalanche. Capa suprayacente a la superficie de deslizamiento formado por una mezcla caótica de granulometría totalmente dispar.

MOVIMIENTOS SÍSMICOS: Terremotos, movimientos de la corteza terrestre provocados entre otros por las erupciones volcánicas.

NACIENTE: Manantial, fuente.

NIVEL FREÁTICO: superficie del terreno por el cual circula la mayor parte del flujo de recarga de agua.

PLAYA: Ribera del mar formada por arenales.

POROSIDAD: Índice por el que se mide el volumen de huecos que tiene un terreno. Pueden existir materiales porosos y que, sin embargo, sean impermeables debido a la ausencia de comunicación entre los huecos.

PRECIPITACIÓN: Lluvias.

PROMONTORIO: Altura considerable de tierra.

RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES: Volumen total de agua que es factible de ser extraído.

RECURSOS HÍDRICOS RENOVABLES: Idem del anterior, pero sin que ello provoque descensos ostensibles del nivel freático. Esto es, que se extraiga agua de la que cada año se infiltra.

RED FILONIANA: conjunto a nivel insular de los diques.

SALIDERO NATURAL: Surgencia de agua causada por la madre naturaleza y sus agentes erosivos. En canarias se denomina así a la descarga del acuífero por la costa en los momentos de bajamar. Este efecto provoca el uso del topónimo playa dulce en todas aquellas zonas de todas las islas en las que el canario se ha aprovechado de este efecto.

SISTEMA HÍDRICO: Conjunto formado por todas las cuencas hidrográficas más la disposición del acuífero y su circulación.

SUBSUELO: Lo que hay debajo de la superficie.

TALUD SUBMARINO: Pendiente de la corteza terrestre sumergida bajo el mar. ♦

Bibliografía

- Abreu, G. (1977). *Historia de la Conquista de las siete Islas de Canarias*. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
- Afonso, L. (1984). *Por la Geografía de El Hierro*, in Miscelanea de Temas Canarios. Aula de Cultura del Cabildo Insular de Tenerife.
- Agroconsulting, S.L. (1988). *Plan Integral Concertado de Ordenación y Promoción de la Isla de El Hierro*. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias.
- Bravo, T. (1968). *Hidrogeología de la Isla de El Hierro*. Revista Estudios Canarios. V. 11-12, págs. 88-90.
- Bravo, T. (1982). *Formaciones Geológicas en la isla de El Hierro*. Instituto de Estudios Canarios (C.E.C.E.L.). págs. 85-96. Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife.
- C.E.D.O.C. (1988). *Contabilidad Regional de Canarias*. Cambio de Base de la Serie 1974-1979. Consejería de Economía y Comercio. Gobierno de Canarias.
- Coello, J. (1975). *Contribución a la tectónica de la isla de Hierro (Canarias)*. Estudios Geológicos. Vol. XXVII, págs. 335-340. Instituto "Lucas Mallada", C.S.I.C. (España).
- Consejo Económico Sindical Insular (1969). *El Hierro*. V Pleno, Delegación Provincial Sindical, Santa Cruz de Tenerife.
- C.O.P.V.A. (1987). *Plan Hidrológico de Canarias*. Proyecto Agua 2000. Estudio de los consumos y necesidades hídricas agrarias de las Islas Canarias. Vols. I, II y III. Synconsult, S.L. y A.I.C.A.S.A..
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). *Hidrología Subterránea*. Tomo I. Ediciones Omega, Barcelona.
- Dupuy de Lôme, E. y Marín de la Bárcena, A. (1961). *Memoria sobre el estudio hidrogeológico de la isla de Hierro (Canarias)*.
- Fernández-Peyo Martín, L. (1989). *Los paisajes naturales de la Isla de El Hierro*. Excmo. Cabildo Insular de El Hierro y Centro de la Cultura Popular, Santa Cruz de Tenerife.

- Gibbons D.C. (1986). *The Economic Value of Water-Resources for the Future*, Washington.
- Hausen, H. (1964). *Rasgos geológicos generales de la isla de El Hierro*. Ann. Est. Atlántico. Vol. 10, págs. 543-593.
- Heras, R. (1976). *Hidrología y Recursos Hidráulicos*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos. Tomos I y II. Madrid.
- Hernández, J. y Niebla, E. (1985). *El Hierro*. Geografía de Canarias. Tomos III y IV, págs. 145-181. Ed. Interinsular Canaria.
- Hernández Pacheco, A. (1982). *Sobre una posible erupción en 1793 en la isla de El Hierro (Canarias)*. Estudios Geológicos. Vol. 38, págs. 15-25.
- I.G.S. (1987). *estudio sobre costos de suministro de agua potable en la isla de El Hierro*. Ingenieros Consultores. Santa Cruz de Tenerife.
- Jiménez Suárez, J. (1980). *Informe 02/80 Acerca de las Características Hidrogeológicas de la Galería-Pozo Icota*. Dirección General de Obras Hidráulicas, S.G.O.P.U. Santa Cruz de Tenerife.
- Jiménez Suárez, J. (1981). *Informe 05/81 Acerca del Estudio de la Evaluación del caudal disponible del Pozo Tancajote*. Dirección General de Obras Hidráulicas, S.G.O.P.U. Santa Cruz de Tenerife.
- Lorenzo Perera, M.J. (1977). *Contribución al estudio de la transformación de la población de la Isla de El Hierro (Canarias)*. I Congreso Español de Antropología. Vol. I, págs. 606-635. Barcelona.
- Macau, F. (1962). *Informe 06/62 acerca del posible aprovechamiento de las aguas superficiales de la isla de El Hierro*. Dirección General de obras Hidráulicas, S.G.O.P.U. Santa Cruz de Tenerife.
- M.O.P. (1975). *Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)*. Programa U.N.E.S.C.O. Vol. III. Provincia de Santa Cruz de Tenerife, Madrid.
- Padrón Machín, J. (1983). *Noticias relacionadas con la historia de la Isla de El Hierro*. Excmo. Cabildo Insular de El Hierro.
- Pellicer, M.J. (1977). *Estudio volcanológico de la isla de El Hierro (Islas Canarias)*. Estudios Geológicos, nº 33, págs. 181-197.
- Pellicer, M.J. (1979). *Estudio geoquímico del volcanismo de la isla de Hierro*. Archipiélago Canario. Rev. Estudios Geológicos, Vol. 35, págs. 15-29. C.S.I.C., (Madrid)
- Rodríguez Brito, W. (1986). *La agricultura de exportación en Canarias, 1940-1980*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Sobral García, S. (1984). *La ordenación del espacio agrario en el Valle de El Golfo (Isla de El Hierro)*. Revista de Geografía Canaria, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, págs. 272-284. Tenerife.

- Soler Licerias, C. (1984). *Informe 12/84 Acerca del Estudio Hidrogeológico del Acuífero del Valle de El Golfo. T.M. Frontera. Isla de El Hierro (Santa Cruz de Tenerife)*. M.O.P.U. Dirección General de Obras Hidráulicas, S.G.O.P.U. Tomo I. Santa Cruz de Tenerife.
- Soler Licerias, C. (1985). *Informe 01/85 Acerca del Inventario realizado en la isla de El Hierro*. M.O.P.U. Dirección General de Obras Hidráulicas, S.G.O.P.U. Santa Cruz de Tenerife.
- Suárez Donald, L. (1985). *Apuntes del curso sobre Calidad y usos de Aguas bicarbonatadas y sódicas en la agricultura*. Colegio Oficial de Agrónomos de Centro y Canarias.
- Torriani (1959). *Descripción e historia del Reino de las Islas Canarias*. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
- Urtusaústegui, J.A. (1983). *Diario de viaje a la isla de El Hierro en 1779*. Edición de M. Lorenzo Perera, Centro de Estudios Africanos, La Laguna. Tenerife.
- Viera y Clavijo, J. (1982). *Noticias de la historia general de las Islas Canarias*. Tomo I. Goya Ediciones. ♦

Director del Museo del Agua Hidrogeológico

Carta Verde Litoral
 Ingeniero de Caminos, S. U. P.

Secretaría Técnica

Christina Juliana García
 Ingeniero Técnico Agrícola

Ingenieros Consultores

Francisco García Rodríguez
 Ingeniero de Caminos, S. U. P.

Área Hidrogeológica-Geológica

Christina Juliana García
 Geóloga
 José Luis García Rodríguez
 Ingeniero Técnico Agrícola
 Carlos García Rodríguez
 Geólogo

Cartografía

Enrique Manuel Rodríguez López
 Geógrafo

Hidrología

Francisco García Rodríguez
 Geógrafo
 Carlos García Rodríguez
 Ingeniero Técnico Agrícola

Personas que han colaborado en la elaboración del Avance del Plan Hidrológico Insular de El Hierro

Director del Avance del Plan Hidrológico

- Carlos Soler Liceras
Ingeniero de Caminos, C. y P.

Secretario Técnico

- Octavio Lozano García
Ingeniero Técnico Industrial

Ingeniero Consultor

- Eduardo García Rodríguez
Ingeniero de Caminos, C. P.

Marco Histórico-Geográfico

- Esther González García
Geógrafa
- Miguel Ángel Sicilia de Paz
Ingeniero Técnico Agrícola
- Cecilia García Reino
Geóloga

Geología

- José Manuel Navarro Latorre
Geólogo

Hidrología

- Juan José Braojos Ruiz
Ingeniero Técnico de O. P.
- Luis Olavo Puga de Miguel
Ingeniero Técnico de O. P.

Hidrogeología

- José Manuel Navarro Latorre
Geólogo

Hidroquímica

- Carlos Soler Licerias
Ingeniero de Caminos, C. y P.

Zonificación

- Carlos Soler Licerias
Ingeniero de Caminos, C. y P.
- José Manuel Navarro Latorre
Geólogo

Consecuencias de la zonificación

- Carlos Soler Licerias
Ingeniero de Caminos, C. y P.
- José Manuel Navarro Latorre
Geólogo
- Juan José Braojos Ruiz
Ingeniero Técnico de O. P.

Inventario

- María Mercedes Martínez Abril
Geóloga
- Octavio Lozano García
Ingeniero Técnico Industrial

Producción y consumo

- Luis Puga de Miguel
I.T.O.P. y Economista
- Miguel Ángel Sicilia de Paz
Ingeniero técnico Agrícola
- Federico Aguilera Klink
Economista
- Jesús Rodrigo López
Ingeniero Agrónomo

Soluciones técnicas para satisfacer la demanda actual y futura

- Carlos Soler Licerias
Ingeniero de Caminos, C. y P.
- Pedro Calderón López
Ingeniero de Caminos, C. y P.
- Joaquín Herrero Sainz
Ingeniero de Caminos, C. y P.
- José Raul Mosquera Silven
Ingeniero Técnico de O. P.
- Federico Aguilera Klink
Economista

Prioridades en la ejecución de obras de infraestructura hidráulica

- *Carlos Soler Liceras*
Ingeniero de Caminos, C. y P.

Consumos energéticos

- *Octavio Lozano García*
Ingeniero Técnico Industrial

Normas para la explotación del recurso

- *Carlos Soler Liceras*
Ingeniero de Caminos, C. y P.

Tratamiento informático de datos y gráficos

- *M^a de los Ángeles Vila Valero*
Analista de Sistemas
- *Miguel Ángel Sicilia de Paz*
Ingeniero Técnico agrícola
- *M^a del Cristo Ángel González*
Operadora de Ordenador
- *Luis J. Guardia Mateo*
Operador de Ordenador
- *M. Alexis Núñez Cruz*
Operador de Ordenador

Trabajos de campo

- *José Esteve Torner*
Sondista
- *Ángel M. Díaz Hernández*
Conductor

Agradecimientos

Esta relación expuesta corresponde a todas aquellas personas que han contribuido directamente en la confección del Avance del Plan Hidrológico. Sin embargo, existen otras personas que aún no contribuyendo de forma tan directa en el trabajo, lograron que en su día muchos de los profesionales mencionados, se interesaran y conocieran las ciencias relacionadas con el agua. El primero de ellos es Don José Jiménez Suárez, Jefe del Servicio Hidráulico de Las Palmas y Exdelegado del Servicio Geológico de Obras Públicas en Canarias; Don Emilio Custodio, Ingeniero Industrial y Director del curso de Hidrología en Barcelona, que durante años ha mantenido su labor pedagógica formando año a año nuevos hidrólogos y Doña Josefa Serrano, licenciada en Ciencias Químicas y profesora del Instituto de Valverde, quien supo introducirnos en la química del agua.

Por último, queremos también expresar nuestro agradecimiento a las personas y Organismos que depositaron su confianza en nosotros, encomendándonos la elaboración de este Avance del Plan Hidrológico: Don Tomás Padrón, Presidente del Excmo. Cabildo Insular de El Hierro; Don Adolfo Hoyos, Exdirector General de Aguas y actual Director General de Obras Públicas y Don Emilio Alsina, Director General de Aguas.

En El Hierro (Canarias), marzo 1991.



CABILDO INSULAR DE EL HIERRO