

DETECCION DE LOS CONDUCTOS PREFERENCIALES DE CIRCULACION EN MACIZOS KARSTICOS

Por Isaac Santesteban

RESUMEN

En este trabajo se analizan la disposición que ocupan las distintas capas y estructuras principales existentes en el macizo de Andía, relacionando directamente la morfología externa, con las características y situación de los conductos preferenciales de circulación subterránea

RESUME

Dans ce travail s'analyse le disposition que occupe les différents nappes et structures principaux existences, dans le massif de Andia, relationné directement le morphologie extérieur, avec les caractéristiques et situation de les conduites préférentiels de circulations souterraines.

LABURPENA

Lan honetan, Andia mendi taldea osotzen duten geruza ezberdinek eta eura printzipalek betetzen duten jarrera aztertzen da, kanpo morfologia, lurpeko zirkulazioa duten lehen eroaleen berezitasunekin eta egoerarekin zuzenean erlazionatuz.

MACIZO DE ANDIA

- 1.—GEOGRAFIA
- 2.—GEOLOGIA
 - 2.1.—Litología
 - 2.2.—Tectónica
 - 2.3.—Morfología
 - 2.4.—Estratigrafía
- 3.—ESPELEOLOGIA
- 4.—HIDROLOGIA
 - 4.1.—Drenaje sinclinal de Satrustegui

- 4.2.—Drenaje anticlinal de Ergoyena
 - Eje Peñablanca-Txargain
 - Eje Esaide-Borderre-Lordia
 - Eje Dorrocoteca-Sta. Quiteria-Lordia
- 4.3.—Drenaje sinclinal Arbelz
- 4.4.—Drenaje sur Erragoz-Riezu
 - Polje Zabilde-Arbiotz-Riezu
 - Altos Urre-Iranzu-Riezu
- 5.—HIDROQUIMICA
- 6.—CONCLUSIONES
- 7.—BIBLIOGRAFIA

1.—GEOGRAFIA

La sierra de Andía en la parte occidental de la provincia, tiene una extensión de unos 200 kilómetros cuadrados, comprendiendo en este conjunto, desde la falla de Lizarraga en el Oeste, que la separa de Urbasa, hasta las estribaciones del puerto de Azanza, Guembe, y el valle de Goñi por el Este, y desde el macizo de Satrústegui limite por el Norte, al valle de Yerri por el Sur. Esta unidad geográfica no coincide en extensión con la unidad hidrológica, pues una parte del macizo de Sarbil alimenta el manantial de Arteta. Por lo tanto habría que incrementar en su extensión unos 10 kilómetros cuadrados, que nos daría una superficie aproximada de unos 210 kilómetros cuadrados. (Ver mapa.)

La parte norte del macizo es la más elevada con unos 1.494 metros en la Peña de Beriain, que forma parte de un gran cordal calizo de unos 15 kilómetros de extensión oeste-este llamado de Satrústegui, entre el morro de San Donato sobre el pueblo de Arbizu en el valle de la Barranta, por donde corre el río Araquil, hasta la Peña de Txurregui sobre Osquía. Por el sur los pueblos de Estella forman depresión por este lado, con una serie de barrancos de ejes norte-sur, entre ellos los de Erendazu, Arbiotz, Ondalan, Lordia, Erragoz. Por el oeste la falla de Dulanz mediante el raso de Zalbide da origen al macizo, y por el este la sierra de Saldise y montes de Sarbil que comprenden al diapiro de Salinas de Oro, Anoz, Ollo, el barranco de Arteta, dejando a nivel superior y formando una gran artesa al valle de Goñi.

La zona central del macizo, de menor nivel que la anterior, está cruzada por una serie de valles paralelos estrechos de desarrollo oeste-este, formando dientes de sierra de norte a sur, y que desembocan en varias cuencas cerradas al este de gran importancia hidrológica, recubiertas de pastos y limitantes por formas karsticas de gran desarrollo, como las del norte de los corrales de Goñi, Peñablanca, Trecu, Dorrocoteca, Icomar, Sagarra, Borderre, etc. Estas altiplanicies entre los 950 y 1.150 metros de nivel, se encuentran rodeadas por cumbres calizas de mayor altura, sobre todo en el norte y este, y limitadas por el sur por varias series paralelas de calcarenitas y margocalizas.

El clima es continental con inviernos fríos, precipitaciones de lluvias y nieve siendo variables sus índices, que pueden estar comprendidos entre los 1.800 mm. al norte y los 1.100 mm. al sur, con medias que pueden superar los 1.500 mm. metro cuadrado, y siendo las medias de temperatura anuales los siete grados centígrados.

2.—GEOLOGIA

La sierra de Andía la definen los geólogos como una altiplanicie caliza ondulada, que en el norte alcanza sobre el valle del Araquil un desnivel de unos setecientos metros, y que por el sur y este por efectos estructurales forma dos depresiones bajo los materiales de la zona de Estella y las margas de la cuenca de Pamplona, siendo por el oeste limitada por la falla de Lizarraga, que la separa del macizo de Urbasa.

Esta gran extensión de calizas está constituida por una potente serie del Paleoceno-Eoceno Medio, de un espesor de unos 800 metros en la parte norte y unos 400 metros en la parte sur, existiendo alternancias de calizas y margas, así como importantes tramos de margocalizas y margas que se acuñan en la parte sur y que desaparecen.

Todo este conjunto de materiales donde las calizas y las calcarenitas son los componentes más importantes, forman un conjunto kárstico de gran importancia, abundando entre sus formas los lapiaces, dolinas, uvalas, poljes, cañones, simas, cuevas, que su distribución sobre estructuras importantes, hemos tenido que situar y analizar, marcando los distintos derroteros y desniveles sobre los materiales margosos del cretácico, sobre los que descansan.

2.1.—Litología

El conjunto calizo de la sierra de Andía comprende al Norte en la zona de Satrústegui a una formación de rocas blanquecinas del Montense, muy fisuradas, con estructuras en ejes Norte Sur, donde abundan las dolinas y están fuertemente plegadas en su parte Norte, formando acantilados en sus bordes, con grandes canchales calizos en partes bajas y que se hacen extensivas a los flancos Oeste y Sur, donde se encuentran los valles de la Barranta y Ergoyena. En las depresiones del centro zona de gran desarrollo del karst son las calizas Lutecienses las que lo forman, existiendo gran número de simas y cuevas que son parte activa importante en la circulación subterránea. Estas calizas suelen tener algunas intercalaciones de calcarenitas Biarritzienses que afloran en diversas zonas del macizo, dando bloques pequeños cuarteados de color más oscuro que las calizas, y es en los flancos de los cañones y bordes del macizo donde aparecen las calizas arcillosas del Cuisiense por debajo de las capas anteriores, continuando con las dolomías del Paleoceno que son bien observables en el barranco de Arteta, coincidiendo con el afloramiento de las aguas del manantial y siendo el nivel de base del conjunto las margas del Maestrichtiense.

2.2.—Tectónica

Es de destacar en primer término el fuerte plegamiento del contrafuerte de Satrústegui, que en una quincena de kilómetros se extiende al Norte, entre el morro de San Donato al Oeste y el pico de Txurregui al Este, con elevaciones entre los 1.500 metros a los 1.100, donde en una primera parte hasta la cumbre llamada de Amorro es observable el sinclinal colgado, cuyo eje Oeste-Este se encuentra un poco desplazado al Norte, motivado por el mayor buzamiento de los estratos de las calizas superficiales del Montense y de la base de margocalizas del Cuisiense, que en tres capas sucesivas, sufren una inflexión, tomando dirección hacia Peñabelate, balsas de Idosia, borde Sur del diapiro de Ollo a la altura del puerto de Goñi y que son cortadas y afloran claramente en el barranco de Arteta, con gran buzamiento Sur, y que son portadoras de agua entre sus planos.

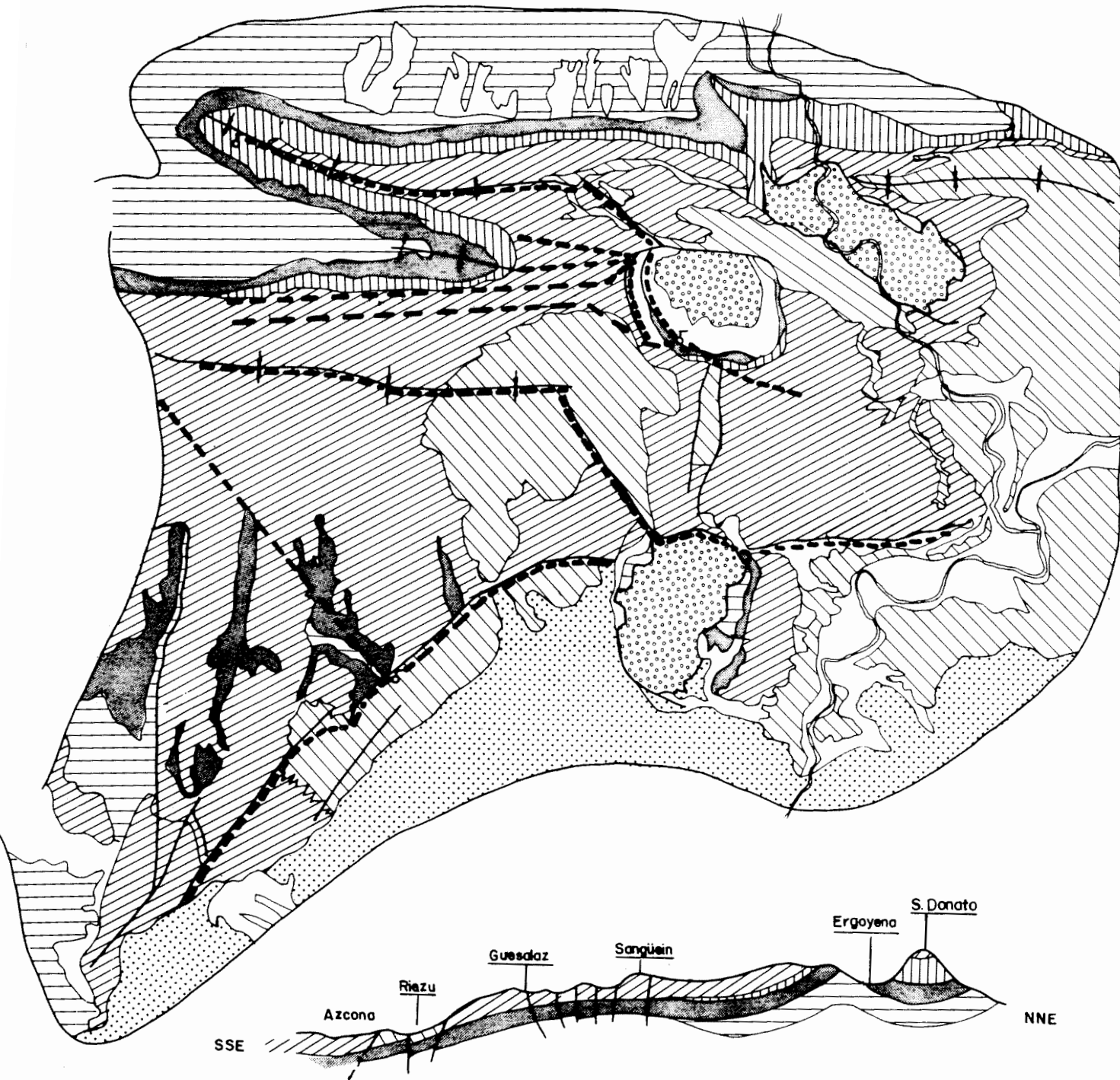
La parte central del macizo unos trescientos metros más baja de nivel, es el principal origen del acuífero de Arteta, pudiéndolo dividir en dos zonas, el flanco Norte del anticlinal de Ergoyena, con instalación del valle por hundimiento y erosión posterior, que está situado en la parte Oeste y bajo los acantilados del macizo de San Donato al Norte y bordes al Sur de Peña Sarasa y Escalaborro, y la continuidad al Este por cercanías de Peñablanca, continuando en ligera depresión por el Sur de Satrústegui, cercanías también de Peñabelate, corrales de Senosiain, estribaciones de Txargain y falla de borde del diapiro de Ollo. El flanco Sur del anticlinal que tiene su origen en las cercanías del



SIERRA DE ANDIA

E 1:100.000





SIERRA DE ANDIA

E 1:100.000

-  Margas
-  Calizas
-  Calcarenitas
-  Diapiros
-  Paleoceno
-  Calizas arcillosas
-  Aluvial
-  Conglomerados
-  Linea de flujo

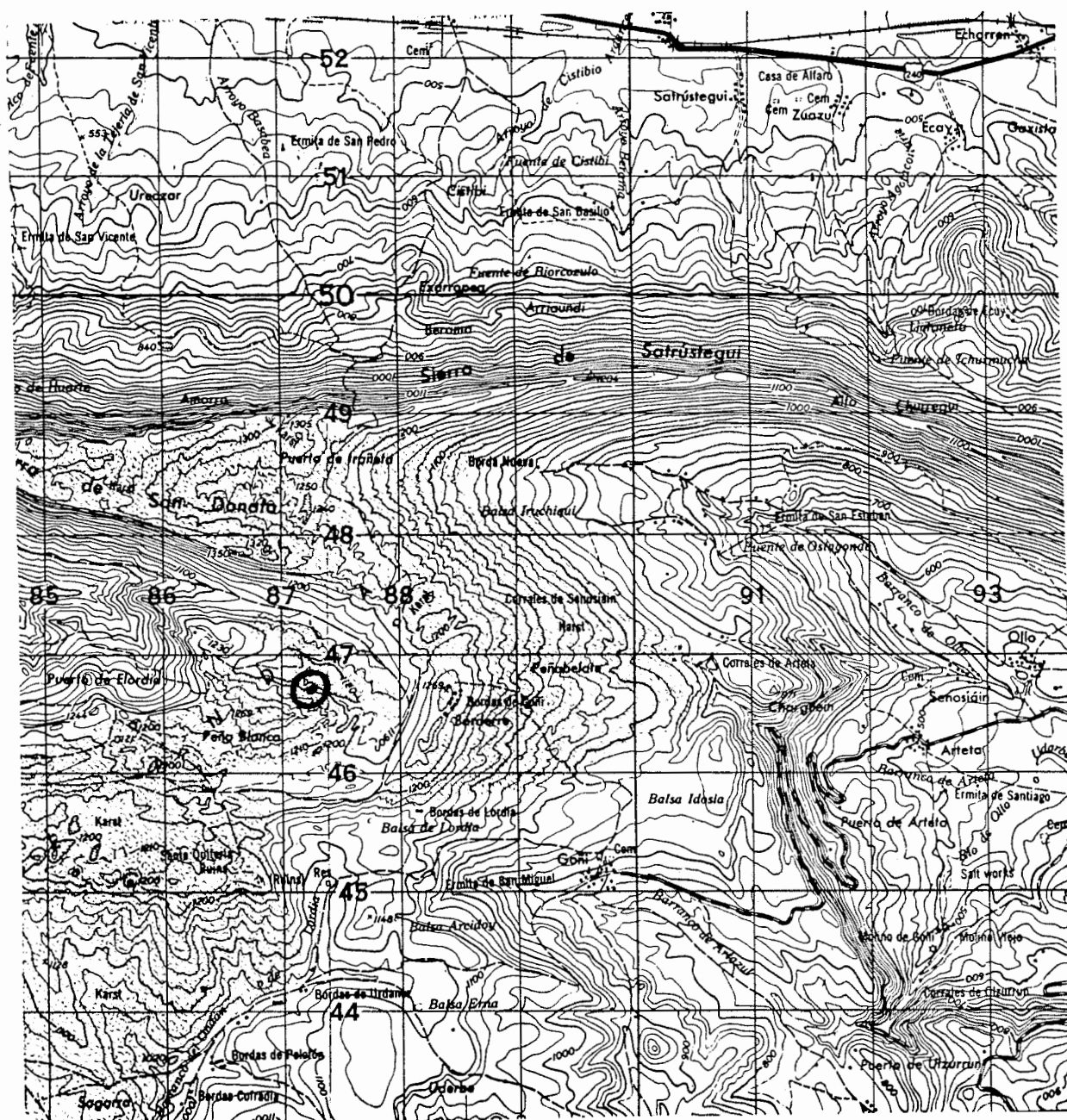
Datos topográficos de S. MUGALEZE
 Término municipal COMUNAL DE ANDIA
 Toponimia PEÑA BLANCA

Datos campo	Cálculos	Correcciones	Sist. angular
-------------	----------	--------------	---------------

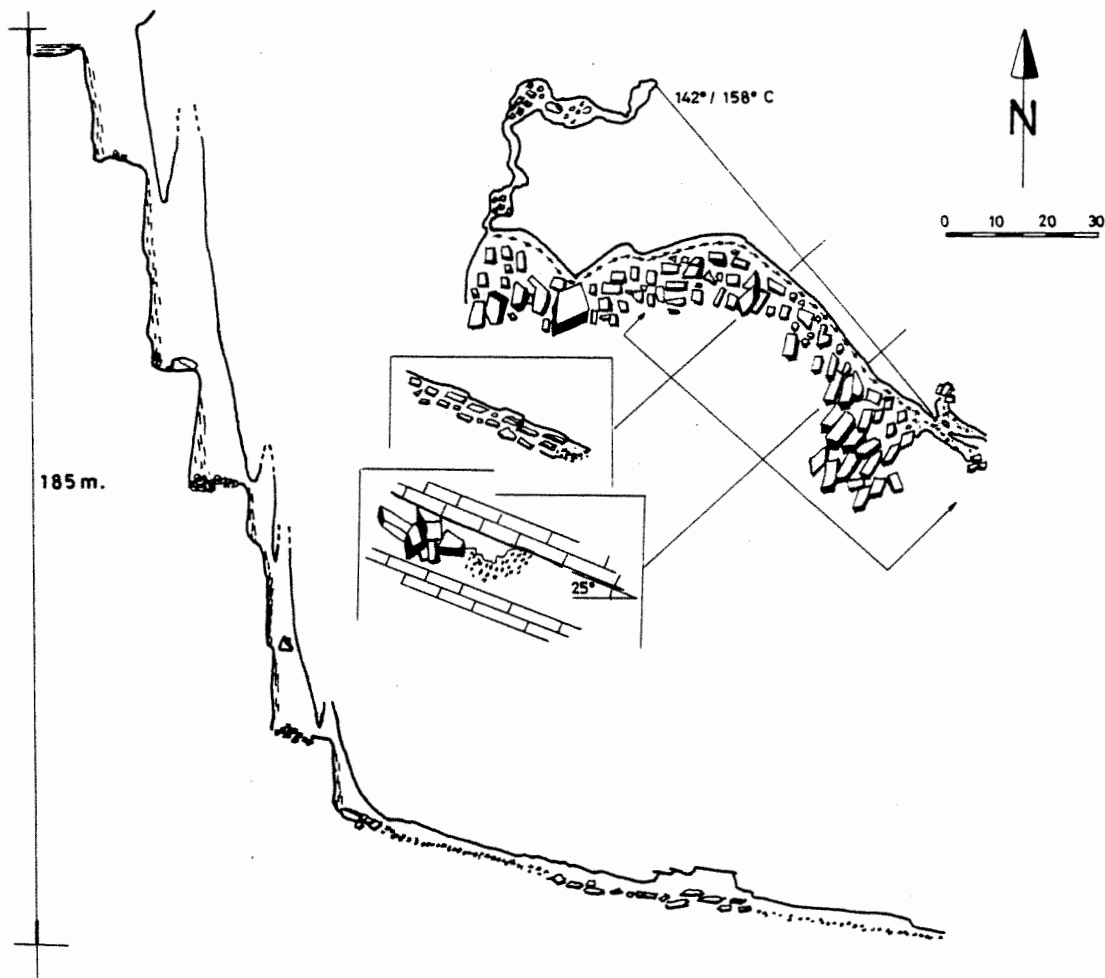
Fechas				
--------	--	--	--	--

	X	Y	Z
Coordenadas geográficas	1.45.15	42.52.00	1.156
Coordenadas U.T.M. . .	58150	4746820	

Número del Archivo	
Número de orden	297 / 119



Datos topográficos de	SIMA DE MUGALECE	Número del Archivo	
Término municipal	COMUNAL DE ANDIA	Número de orden	297 / 114
Toponimia	PEÑA BLANCA		
Datos campo	Cálculos	Correcciones	Sist. angular
Fechas			
	X	Y	Z
Coordenadas geográficas	1° 45' 15"	42° 52' 00"	1.156
Coordenadas U.T.M. . . .	587.150	4.746.820	1.156



tunel de Lizarraga, en el llamado puerto de Esaide, forma en superficie una serie de valles estrechos paralelos de dirección Oeste-Este, que están limitados al Sur por margocalizas, estableciéndose en sus ejes grandes alineaciones de dolinas, que desembocan en las dos zonas deprimidas más importantes del macizo, al Sur de Peñablanca y al Oeste de Trecu la primera, y al Suroeste de Trecu o ruinas de Santa Quiteria, con formación de alineaciones kársticas desde la zona llamada de Dorroteca.

Al sur de la zona anterior se instala el sinclinal de Arbelz, entre la carretera de Lizarraga al oeste y el diapiro de Salinas de Oro al este, la zona anterior que hemos citado al norte, de la cual está separada por un nivel de margocalizas en buzamiento fuerte hacia el norte y limitado por el

sur con las laderas impermeables de la Trinidad de Iturgoyen y con los bordes más elevados del barranco, dejando al Sangüein (Siasgain) al sur en los rasos de Ikomar y Sagarra, dos fuertes zonas de captación donde abundan las dolinas.

También desde el punto de vista tectónico es de destacar el desarrollo de los cañones en la parte sur del macizo por estar en relación con unidades estructurales y entre ellos cabe destacar los de Erendazu, Arbiotz, Ogancio u Ondalan, Buron, Erragoz y Arteta, todos ellos sin agua en gran medida. La penetración de las aguas a través de sus materiales calizos, ha dado con dos cotas importantes, el primero en Riezu en el barranco de Arbiotz, entre los 500 y 510 metros, al cortar el flujo subterráneo en varios puntos,

y el segundo en el barranco de Arteta entre los 530 y 540 metros de nivel con varios aportes sobre las dolomías y margas. En este socavamiento de los cañones son observables las distintas capas que componen el macizo, como las calcarenitas que adquieren formas suaves en superficie, material que se cuarteja fácilmente y se desprende, calizas Lutecienses, calizas margosas, calizas marmóreas, dolomías, etc, variando bastante el comportamiento, siendo el mayor poder de penetración el que se produce en el barranco de Arbiotz entre los 1.140 metros de nivel de su cabecera y los 500 metros de su fondo, sin embargo el de mayor envergadura es el de Lordia con más de 7.000 metros de longitud.

Otro fenómeno de interés, son los diapiros de Ollo en la parte central, al noreste el de Anoz, y al sureste el de Salinas de Oro, que forman en línea una serie de fracturas radiales entre ellos y así como un conjunto de fracturas circulares, con gran desnivel en los flancos, que en el caso de Salinas forma unos grandes desgajados en las calizas y fuertes derrubios de ladera, quedando los materiales del Keuper deprimidos a modo de grandes conos volcánicos, que en el caso de Ollo dan a perfectas formas circulares en sus bordes y también a grandes graveras.

2.3.—Morfología

En el conjunto es de destacar los cordales calizos en extensiones oeste-este, el karst tiene un desarrollo determinado con formas donde las dolinas, simas, cuevas, diaclasas, etc, tienen su esplendor, destacando por zonas el macizo de Satrústegui en el norte con una karst cerrado en artesa y dentro del sinclinal con simas verticales situadas en cruces estructurales.

En la parte central destaca la zona de Peñablanca donde existe una gran formación de karst en que se encuentran las simas mayores del macizo, generalmente instaladas en diaclasas sur-norte, con penetración de agua en alguna de ellas. Estas calizas Lutecienses se encuentran muy karstificadas y limitadas por grandes rasos cerrados donde las dolinas abundan, aun cuando se encuentran rellenas por tierra vegetal y arcillas por donde se sumen fuertes cantidades de agua. A esta zona viene a converger diversos cordales calizos que a lo largo de estructuras oeste-este alinean y sitúan a gran cantidad de dolinas y que están separadas entre ellas por series de margocalizas que se distinguen por su distinto colorido y que vienen a formar conductos preferenciales de circulación, como son los del puerto de Esaide a Peñablanca o los que paralelamente y más al sur forman las calizas de Dorroteca a las ruinas de Santa Quiteria, que por estribaciones del macizo de Treku continúa con grandes formas en corredor, para pasar a las bordas de Goñi con abundancia de dolinas, balsas de Lordia, donde aparecen los materiales de calcarenitas, con formas más suaves y que recubren las calizas que vuelven a aparecer en las estribaciones del barranco de Arteta, diapiro de Ollo en sus flancos, pared de Txargain, unión con Peñabelate, con simas de bocas anchas y formación de dolinas.

Otra zona de captación importante donde abundan las dolinas es la situada al sur en el sinclinal de Arbelz, destacan los rasos de Ikomar y Sagarra y que desembocan por el oeste en el raso del Encinar o de Zabilde, cuyas estructuras dan origen a uno de los aportes del barranco de Riezu, con gran cantidad de dolinas y simas de más de 100 metros de profundidad, con circulación de río subterráneo, como el de la sima del Roble.

La zona límite por el sur con la formación de los grandes barrancos ya ha sido citada al mencionar los fenómenos tectónicos, así como también a los fenómenos diapíricos que cabe destacarlos como formaciones morfológicas de cierta envergadura, ya que existen una serie de fenómenos derivados de la erosión y composición de sus materiales, fáciles de una transformación en cortos periodos de tiempo.

2.4.—Estratigrafía.

La sierra de Andía tiene una estructuración compleja por el número de accidentes tectónicos producidos a lo largo de estructuras importantes que en unos ejes oeste-este se han desarrollado y en donde la existencia de unas familias de fallas en dirección NNE-SSO, cruzadas por otras NE-SO, han hecho descender escalonadamente la sierra, entre ellas la de Lizarraga, que separa el macizo de Urbasa de Andía y las estructuras de los cañones, donde las calizas penetran bajo los materiales detríticos del Terciario continental de la tierra de Estella.

Estas fallas llevan por otra parte asociadas varias familias de diaclasas, que juegan un papel importante en la evolución morfológica de las calizas.

Es de mencionar como estructuras importantes también las producidas en los bordes de los diapiros y sus reflexiones circulares y radiales en zonas próximas con grandes plegamientos y roturas, y en donde los hundimientos tienen su manifestación reiterada.

Citamos a continuación las estructuras de mayor importancia:

1.—En el macizo de Satrústegui al norte, eje oeste-este con manifestaciones en San Donato y continuidad al este por el sur de Amorro, Peñabelate, balsas de Idosia, bordes del diapiro de Valdeollo y barranco de Arteta, con manifestación o afloramiento en las calizas arcillosas del Cui-siense.

2.—Flanco norte del anticlinal de Ergoyena, eje oeste-este que es visible en la proyección del valle del mismo nombre, en las campas al norte de Peñablanca al límite con las calizas que forman un fuerte desnivel a modo de pared, continuidad por cercanías de Peñabelate a macizo de Txargain donde se aprecia en hendidura vertical anterior, en entrada a la cueva y en plena pared vertical, manifestación de afloramiento de agua en los manantiales de abastecimiento al pueblo de Arteta, con referencias anteriores de haber existido una gran balsa, y continuidad entre las calizas y estructura del borde del diapiro de Ollo a la balsa de Urcelay en posible contacto en su fondo con materiales del Keuper y para continuar la estructura hasta cercanías del manantial de Arteta.

3.—Estructura clara oeste-este, entre el puerto de Esaide en las cercanías de la carretera de Lizarraga, continuar hacia el este por balsa de Sosa, Sarasa, Sur de Peñablanca en solución de continuidad clara entre calizas y margas, con grandes alineaciones de dolinas, con progresión al norte de Treku en falla de Borderre, que une a la depresión de Lordia.

4.—De Dorroteca en el oeste, eje importante de dolinas que continúa hacia el este hacia ruinas de Santa Quiteria, paso en collado muy marcado a depresión de balsas de Lordia, con progresión a cercanías de la ermita de San Miguel de Goñi y continuar entre calcarenitas a encontrar las calizas del barranco de Arteta.

5.—Sinclinal de Arbelz, cuyo centro o eje parte de la curva de la carretera de Lizarraga, formando un pequeño valle en dirección este que remonta ligeramente hacia los rasos de Ikomar y Sagarra, penetra en el barranco de Arguiñano por su parte alta que coincide con ancho camino de carros, progresa hacia el barranco de Buron, al sur de Munarriz, sur del monte Garindo, donde cruza a la falla del diapiro de Salinas con la grieta de Azanza y cercanías del embalse de Pozoberri y falla de Sarbil.

6.—Estructura norte del barranco de Guembe o Erragoz, falla importante que se observa en paredón después de pasar la foz, continuar por Ondalan a la altura de los corrales de Arguiñano, barranco de Iturgoyen a la altura del pueblo y dar con el de Arbiotz, a la situación del manantial de Riezu.

7.—Falla de Lizarraga en el polje de Zabilde con farallón calizo a lo largo de la carretera entre venta Berri y venta Zumbelz y que posteriormente se divide en dos para formar el valle de Lizarrate hacia el oeste y dar con el barranco de Arbiotz en la falla del este.

8.—De los caseríos de Urra al sur de Urbasa, estructura clara, peñas de Echavarrri al norte de Eraul, cercanías de Abárzuza a la altura de los depósitos de agua, cruce del barranco de Irazu, norte de Azcona, sur de Arizaleta y barranco de Arbiotz.

9.—Estructuras en macizos de Saldise y Sarbil, con capas de calizas margosas muy visibles en el diapiro de Ollo hacia el barranco de Arteta.

10.—En la sierra de Andía a partir de Amorro hacia Txuregui y proyección hacia Ilzarbe y Anoz.

11.—Red de diaclasas intermedias en conexión con la red anterior y en abundancia en las cercanías de los conos diapíricos.

Estas estructuras consideradas como las más importantes, están, como decimos, en conexión con esta red complicadas de diaclasas y fisuras de todo tipo, en ejes transversales que hacen a algunas de ellas de gran interés en la circulación, ya que en los puntos donde afloran pueden reunir a veces varios metros cúbicos de agua al segundo, como son los casos de Arteta y Riezu.

3.—ESPELEOLOGIA

Un resumen de las exploraciones espeleológicas en el macizo tendría que comprender por zonas a las llevadas a cabo en Satrustegui en sus bordes, destacando las dos cuevas con fuertes salidas de agua sobre la badina de Anoz, que en verano permanecen secas y abastecen a niveles más bajos el manantial existente en su ribera derecha, llamado Iboro. En su parte oeste en plena Peña de San Donato, la exploración efectuada al túnel artificial realizada para aumentar el caudal de las cascadas que después son aprovechadas para el abastecimiento de Arbizu y Lacunza, surgen las aguas en un contacto de materiales, al fondo de un túnel en herradura, con una ventana donde se precipitan las aguas hacia el lado de Torrano, están en relación con el sinclinal colgado del macizo que reparte las aguas hacia el este al manantial de Arteta y al oeste al manantial de Ubei, existiendo al norte en los derrubios y graveras algunos manantiales y cuevas elevadas, que lo mismo sucede al sur en el valle de Ergoyena o sobre el puerto de Lizarraga.

En la parte oeste del macizo es de destacar el polje de Zabilde con simas de bastante profundidad y entre ellas

destaca la del Roble, en su fondo discurre un río subterráneo que teñido nos aparece en las cercanías del manantial de Riezu a unos diez kilómetros de distancia, esta corriente en las grandes avenidas, no pudiendo evacuar con facilidad el conjunto de la cuenca cerrada va remontando de nivel hasta colmar el conjunto de las galerías de más de 500 metros de longitud y unos 120 metros de altura, aflorando al exterior forma un gran lago de varios kilómetros de longitud, que con el descenso va saliendo por la cueva llamada de Katazulo enfrente del manantial de Riezu.

La zona de captación del manantial de Arteta es la más extensa y para su exploración fue dividida en:

- 1.—Karst de Peñablanca.
- 2.—Bordas del Peloton o corrales de Urdanoz.
- 3.—Montes de Goñi.
- 4.—Sinclinal de Satrustegui.
- 5.—Macizo de Saldise, Sarbil.

De entre las simas exploradas merece destacarse en Peñablanca a la llamada de la Fonfria o Mugaleze, que en pleno karst y en sus estribaciones las aguas de la fuente Fria penetran en una diaclasa sur-norte que forma su boca, con diversas verticales en cascadas hasta llegar a galerías a doscientos metros de profundidad y que se desarrollan en dirección sureste en 500 metros de longitud, no permitiendo el paso debido a hundimientos de grandes bloques y que sin embargo los trazadores en poco tiempo afectan al manantial de Arteta, que se encuentra situado a unos 5.000 metros de distancia.

La segunda zona de las bordas del Peloton situadas al suroeste del manantial destaca por sus pérdidas y entre ellas dos que se encuentran en el camino a la ermita de San Miguel de Goñi y al sur de las bordas de Lordia, zona de mucho interés al encontrarse sobre estructura importante, con fuertes dolinas y con posibilidad de formarse un embalse subterráneo de cierta consideración. Las exploraciones no dieron gran resultado ya que los conductos se encuentran obturados por materiales del bosque existente.

Los montes de Goñi nos han dado diversas cavidades colgadas verticales sin que la mayor parte sobrepasara los cincuenta metros, también existen cuevas en los flancos de los cañones como las de Itxitxo.

En el macizo de Sarbil fueron vistas diversas cavidades en relación con la posible alimentación del barranco de Arteta en los manantiales de sus riberas y que tienen su manifestación en las crecidas y alimentación constante durante el año por el flujo subterráneo. Las simas vistas se encuentran rellenas de materiales y no permiten grandes descensos.

Dado el espesor que tienen las calizas, solamente una parte de ellas ha podido estudiarse en los descensos en el macizo en el tramo de las calizas Lutecienses, hasta 200 metros de profundidad, y también en alguna cueva, en tramos de calizas arcillosas pero con desarrollo horizontal, considerando por tanto existir en zonas más bajas, grandes huecos que dado las condiciones de colmatación de sus fondos en diversos procesos tectónicos y erosivos observados en los niveles colgados, no podemos abordarlos.

4.—HIDROLOGIA

La presencia de los grandes manantiales de Arteta en Valdeollo, con cerca de tres metros cúbicos al segundo de módulo anual, situado en la margen izquierda de un gran cañón de unos 6 kilómetros de extensión y a la cota de unos 530 metros de nivel, los de Ibero Echauri y Belascoain en las cercanías del diapiro de Salinas de Oro un poco más al sureste, manantiales que son de agua termal entre los 19 y 26 grados centígrados, que surgen entre los 385 y 395 metros, y el de Riezu en la margen izquierda del barranco de Arbiotz, al sur del macizo y a la cota de 509 metros, han sido el origen y causa de estas prospecciones y estudios.

La detección de los ríos subterráneos de más interés, así como su ubicación, derroteros y orígenes en las zonas de captación preferentes, demostraron la existencia de un gran colector, que distribuye sus aguas en tres grandes áreas geográficas, jugando un gran papel los fenómenos tectónicos, fallas, anticlinales, sinclinales, la morfología, con situación de campos de dolinas, alineaciones y clasificación de sus formas, así como simas, sumideros, cuevas, también sus fenómenos estratigráficos y litológicos, que no dieron muchas veces más que una parte de ayuda a comprobaciones mediante ensayos de trazadores en exploraciones parciales.

La disposición estructural en unos ejes paralelos oeste-este condicionan una circulación preferencial en los estiajes y el establecimiento de grandes zonas de karst donde van a desembocar estas estructuras, acrecientan en medida fuerte la recogida de grandes unidades de agua, que unidas a las grandes depresiones a modo de poljes de Peñablanca, Santa Quiteria, Lordia, Satrústegui, forman las grandes zonas de captación del manantial de Arteta. Por otro lado los rasos de Ikomar, Sagarra en donde desemboca la estructura del sinclinal de Arbelz son causa y origen a las aguas de Valdechauri que están conectadas a través de la falla del Garindo donde se encuentra la grieta de Azanza, Pozuberri, falla de Echauri y manantiales del Araquil.

La parte sur tiene una doble zona de captación, en el este desde el puerto de Guembe en estructura que condiciona la circulación hacia el manantial de Riezu estando conexiada a una red compleja de diaclasas y estructuras en el fondo de los barrancos, de otra zona que es el polje de Zabilde, el aporte se hace a través del barranco del Arbiotz y del oeste, al sur de Arizaleta, hacia la ribera derecha del río Ubagua, como es el manantial de la Mina, etc.

Los resultados de las visitas y exploraciones efectuadas clasificando cientos de dolinas (son cerca de 300), que han sido situadas en mapas 1/10.000 con direcciones de flujos, 200 cavernas exploradas con interpretación direccional de sus galerías, estudio de los niveles estratigráficos y fondos de las mismas, así como las coloraciones efectuadas en sus aguas, han determinado la existencia de seis corrientes preferenciales que forman el manantial de Arteta, así como los de Riezu y Echauri.

Por otro lado teniendo en cuenta la extensión del macizo de 210 kilómetros cuadrados y los índices medios de precipitación situados en los 1.500 litros metro cuadrado año, un volumen de unos 300 hectómetros cúbicos pueden precipitarse en el macizo de Andia, de los cuales un 40% puede suponer la evapotranspiración, lo que daría una infiltración de unos 180 hectómetros. De esta cantidad

una buena parte la lleva el manantial de Arteta, que puede estar evaluado entre los 90 a 100 hectómetros, otra cantidad alrededor de los 60 a 65 hectómetros pertenecen a Riezu y sus manantiales y el resto, unos 20 a 25 hectómetros, forman las salidas de Echauri y Ergoyena, existiendo una pequeña escorrentía formada por el río Udarbe.

Por tanto y resumiendo tenemos las siguientes zonas de alimentación:

4.1.—Drenaje sinclinal de Satrústegui

Tiene dos vergencias que se originan a la altura de la Peña de Beriain, un flujo va hacia el morro de San Donato a los manantiales de Ubei, cascadas que afloran a la cota de los 900 metros sobre los materiales margos calizos, la otra parte tiene vergencia hacia el sureste a través del eje del sinclinal cuyo derrotero ya ha sido mencionado y sobre las mismas capas de calizas margosas que dan aporte al manantial de Arteta a la cota de 530 metros y por tanto con un recorrido de cerca de 10 kilómetros.

4.2.—Drenaje anticlinal Ergoyena

Corriente subterránea que de la zona norte de Peñablanca al límite con las calizas del contrafuerte de Satrústegui, toma dirección hacia Txargain, existiendo huellas en su pared de nacedero antiguo en boca de cueva, balsa de Arteta desaparecida, manantiales de abastecimiento al pueblo, badina de Urcelay con 6 metros de profundidad que mantiene todo el año el mismo nivel y su relación directa con el manantial de Arteta en contacto entre las calizas y los materiales del Keuper de su fondo.

Río subterráneo de Arteta que en origen está formado por dos brazos, el del norte que toma el eje de calizas de Esaide a Peñablanca y que en superficie es fácilmente seguido por la proyección y alineamiento de las dolinas en el karst, formando un valle que está limitado por su parte sur por margocalizas y que desemboca al oeste en la zona cerrada al sur de Peñablanca, lugar en que es posible se embalse al no poder progresar hacia el este por obstaculizar los materiales del macizo de Treku y sin embargo en su parte norte las alineaciones de tres fuertes dolinas en estructura clara, falla de Borderre, paso clave, hacen que las aguas tomen al otro lado de la montaña bajo las bordas de Goñi las depresiones de Lordia, lugar interesante donde acude el brazo sur que del lado del oeste en zona Dorrocoteca, forma otro aporte importante hacia las ruinas de Santa Quiteria y que por paso obligado en collado al sur de Treku y con limitación por el sur de margocalizas, no tiene otro remedio que pasar hacia la depresión de Lordia, lugar en que puede formarse otro gran embalse, como lo determinan ciertas características de las dolinas existentes y el encuentro de las dos estructuras en cercanías de la ermita de San Miguel de Goñi, donde unas grandes dolinas limitan la zona de karst con el comienzo de las calcarenitas en superficie y las margas de la artesa de Goñi, condicionantes forzados del flujo hacia el barranco de Aizpun y manantial de Arteta. El agua que en su recorrido puede hacer los doce kilómetros, puede estar situada sobre las calizas arcillosas en las campos de Peñablanca y ruinas de Santa Quiteria, para pasar por los estrechamientos en Borderre y collado de Treku hacia Lordia, el agua puede encontrarse a menor nivel según lo atestigüe el sondeo de Arguiñano, 600 a 650 metros.

4.3.—Drenaje sinclinal Arbelz

Formación de agua a lo largo del sinclinal hacia los rascos de Ikomar y Sagarra, grandes zonas de captación con paso por estructura clara en cabecera de Arguiñano u Ondalan, hacia norte de Artesa, sur de Munarriz, sobre cabecera de Erragoz-Garindo y balsa de Pozoberri que puede ser una manifestación de su circulación profunda, ya que el agua en su fondo de unos diecisiete metros se encuentra a unos siete grados de temperatura, para de aquí tomar la falla de Sarbil donde el agua penetra en profundidad y toma concentración en sales y temperatura, como lo demuestran los 19 grados de Ibero y los 26 grados de Belascoain.

4.4.—Drenaje sur Erragoz-Riezu

Todas las aguas desde la cabecera del puerto de Guembe, están condicionadas por la estructura que es observable con claridad al descender el puerto en la foz de Erragoz, que después continúa por acantilado vertical en dirección hacia la pista de Vidaurre a Zoyola, que atraviesa para seguir por los corrales de Arguiñano un poco al sur y cruzar los brazos de los barrancos de Ondalan e Iturgoyen que por su parte baja, cercana al comienzo de la pista a la Trinidad de Iturgoyen y sobre el pueblo, dar con los prados en declive fuerte sobre el manantial de Riezu. Lo mismo el agua que acude hacia la zona de Echauri desde el oeste, que la que analizamos que pasa más al sur pero en dirección contraria este-oeste, está condicionada su altura por el paso por bajo de los grandes cañones de Ondalan la primera en la parte superior del mismo, y de Ondalan e Iturgoyen a menor nivel la segunda. Los informes de la exploración de inmersión en el nacedero de Riezu dieron con un conjunto de agua de unos cinco metros de profundidad en dirección este, estructura muy clara que es continuada en pisos superiores de cavernas que quedan libres en los estiajes y en superficie en las crecidas donde se detecta salidas de agua.

Una gran red de diaclasas intermedias está conexional formando un conjunto de gran extensión a partir de las faldas de la Trinidad de Iturgoyen. El segundo aporte de agua hacia el barranco de Arbiotz o río Ubagua, procede del polje de Zabilde que a través de una de las estructuras en la fallada zona de Lizarraga forma el barranco, para dar a lo largo de él diversos manantiales y entre ellos los de Katazulo, experiencia efectuada mediante trazadores en distancia de 10 kilómetros y permanencia de 15 días. El tercer aporte de agua se hace de manera doble en el pequeño sinclinal bajo el pueblo de Arizaleta y que alimenta el cruce de las estructuras de Arbiotz en las cercanías del manantial de la Mina, que son sobrantes de un flujo profundo que viene y se alimenta de mucho más lejos, ya que esta estructura continúa por el norte y sur de Azcona para pasar por bajo de Irazu, cuya manifestación clara la tenemos en la pared o borde bajo los depósitos de abastecimiento de aguas a Abárzuza y falla paralela al sur que toma dirección al manantial de Monjaliberri. Estas dos fallas toman dirección hacia la sierra de Urbasa en la proyección de la falla de Echávarri y altos de Urrea.

Estas corrientes subterráneas que a lo largo de los macizos se encuentran a distintos niveles, no son cortadas por las aguas superficiales, de no encontrar unos fenómenos de socavamiento fuerte como son los cañones o desfiladeros de Arbiotz en Riezu en que se produce el afloramiento entre los 500 y 510 metros de nivel en tres puntos

en la margen derecha del río Ubagua y uno en su margen izquierda, así como los ya referenciados de Arteta.

En ambos casos a la proximidad del manantial correspondiente, existe un gran zona de saturación donde las distintas estructuras son los conductos preferenciales de circulación fáciles de cortar en casos de explotación y con rendimientos óptimos como es el caso de los sondeos realizados en la zona de Riezu, donde afluye el agua de tres zonas de captación diferentes y que no tienen ningún contacto hasta penetrar en los niveles inferiores a 509 metros del manantial de Riezu.

5.— HIDROQUIMICA

Desde este punto de vista es de notar la influencia que toman las aguas según los materiales por los que atraviesan sus distintas corrientes subterráneas, como son en las crecidas las arcillas y arenas en el manantial de Arteta, procedentes de las calizas margosas y calcarenitas o el poco residuo en los estiajes al estar los niveles por donde discurren las aguas en el acuífero completamente limpios, o el residuo más alto de Riezu característico de circulación en mayor proporción de calcarenitas y calizas margosas, o el caso de Ibero, Echauri y Belascoain donde la incidencia del diapiro de Salinas se hace notar en la concentración de cloruros y sulfatos así como en la temperatura que toman sus salidas, pues al penetrar de las zonas altas de Andía, que en el caso de la balsa de Pozoberri es de siete grados y una pequeña mineralización en el borde del diapiro y conectar con la falla de Sarbil podría progresar en profundidad tomando el incremento de temperatura, diferencia que en el caso de Ibero es de doce grados centígrados, considerando por otra parte que su distancia al manantial es de unos 8.000 metros, de los cuales una buena parte se realiza en profundidad en terrenos calizos y sin influencia por tanto de los materiales del Keuper, que le dieron grado y concentración. Lo mismo ocurre con las aguas de Belascoain con una mayor trayecto en los materiales del diapiro como lo demuestra la situación y proyección de la falla donde puede circular el agua y una menor distancia al afloramiento en materiales del Terciario continental, teniendo como resultado que la concentración en sulfatos es mayor que en Ibero y la temperatura es superior en siete grados centígrados.

Estas grandes disoluciones que pueden efectuarse en los materiales del diapiro y en zonas próximas a sus bordes donde se instalan sus estructuras más importantes y por tanto sus conductos preferenciales de circulación, originan en superficie grandes hundimientos de bordes con desplazamientos laterales hacia su interior, creando un paisaje completamente atormentado como es el que se encuentra bajo la Peña de Sarbil en el flanco hacia Muniain de Guesalaz, donde existen grandes grietas y corrimientos de frisos calizos de gran envergadura al perder su base de sustentación, ya que en unidades cortas de tiempo los volúmenes de disolución de sales profundas pueden ser grandes.

Así la penetración de las aguas kársticas de Andía en el diapiro de Salinas y por el lado sur origina la balsa de las Sanguiguellas que con gran desplome de materiales en el contacto entre las calizas y las sales, yesos, arcillas y al recorrer estas aguas por el interior del mismo, forma un flujo subterráneo, con hundimientos de campos de labor y originando posteriormente el nacimiento del río Salado, que es aprovechado de su concentración de sales median-

te la instalación de dos pozos de extracción de sus 20 gramos por litro que lleva de cloruro de sodio y dejando parte a su recorrido hasta el pantano de Alloz. Estas grandes disoluciones a través del tiempo han originado el descenso de los niveles de los terrenos por donde discurren estas aguas, quedando los pueblos que como en el caso de Muniain se encuentra sobre materiales duros como ofitas, elevados, a modo de castillos estando sus campos en hondonadas.

Respecto a la disolución del agua en las calizas los procesos de tipo químico están en relación con el fenómeno de la decalcificación por el ataque de las aguas ácidas a los componentes de las rocas carbonáticas con separación de las arcillas y arenas o con los depósitos in situ de los famosos travertinos, como es el caso del cerro de Leguin sobre el pueblo de Ibero lugar situado a unos trescientos metros de distancia, por donde surgían las aguas del manantial, actualmente unos cincuenta metros más bajo de nivel.

En el macizo de Andía por tanto al distribuirse el agua en tres zonas geográficas, hemos observado como cada una de ellas toma sus características químicas, así como su comportamiento está en relación directa al volumen de precipitaciones, extensión de acuífero y disposición geométrica del mismo, de acuerdo con las leyes de circulación gravitacional del mínimo esfuerzo. La gran alimentación se hace a través, del aparato kárstico más importante que es el del manantial de Arteta, con gran profusión del desarrollo y número de dolinas y espesor de los materiales calizos, acuífero muy regular y que puede estar alimentado por tres zonas de embalses subterráneos. El de Riezu en el sur puede considerarse un caso claro de circulación preferencial a través de un complejo enrejado de fallas y diaclasas en perfecta conexión, mientras que el caso de Valdechañuri, se puede considerar un sistema mixto entre los materiales calizos de Arbelz, los del borde del diapiro de Salinas y las fallas calizas de Echauri en el caso de Ibero, y los materiales del Terciario en el caso de Belascoain, a añadir a los anteriores.

6.— CONCLUSIONES

Una región como Navarra que tiene una extensión de macizos calizos de unos 1.250 kilómetros cuadrados, tiene que pensar en mejor aprovechar estos grandes recursos que se pierden en gran medida. Así que proyectos de regulación de manantiales que tanto incremento tienen en otros países, comienzan a tener en nuestra nación su importancia, pues siguiendo el caso más conocido en Francia de la ciudad de Montpellier, varias zonas españolas se abastecen con esta técnica; y fué en el VI Congreso Nacional de Espeleología celebrado en 1964 en Valence, Francia, donde se presentó una carta hidrogeológica por el profesor Paloc en la que se incluían las instalaciones de numerosos pozos y galerías de abastecimiento a poblaciones importantes, aumentando las posibilidades de explotación de los macizos calizos en que los estudios de regulación son abordados más tarde por el Dr. Avias.

Así en 1971 es abordado el abastecimiento a Montpellier mediante la regulación del caudal de las aguas de Lez, manantial que en estiaje tiene los 250 litros por segundo, cantidad insuficiente, y que consigue aumentar su dotación gracias al estudio llevado a cabo, donde el concurso de los equipos de buceo en inmersiones continuas y acompañados de magnetómetros dieron con el punto

adecuado de perforación en las galerías saturadas, detectadas desde el exterior, con el siguiente paso dado por la instalación de los pozos necesarios de captación, motobombas e instalaciones de salida.

Es en julio de 1982 cuando en el barranco de Arteta comienza un plan de explotación y regulación del manantial; han pasado 20 años desde que nuestro amigo y gran hidrogeólogo Dr. Llopis presentaba un plan de estudio para la provincia. No considero el plan desarrollado en el barranco como el más propicio o adecuado, ya que sería oportuno el haber investigado en el único conducto existente de manera natural, el que dá salida a las aguas del manantial, sobre el que hay que efectuar la debida perforación o sondeo con rendimientos totales. Sin embargo las dificultades de tipo topográfico para el acceso de la maquinaria de perforación no ha permitido acercarse en la medida adecuada al conducto preferencial de salida, siendo los rendimientos en relación al grado de fisuración o karstificación del barranco por donde discurre el agua superficial, y donde han penetrado las torres de perforación en sondeos de reconocimiento y explotación adecuados.

Se conocen los resultados de los sondeos de reconocimiento y se espera el resultado final de las pruebas de bombeo de los sondeos de gran diámetro en estiaje, esperando que las nuevas vías artificiales creadas sepan obedecer técnicamente a las demandas exigidas por el proyecto de regulación.

El plan de investigación que se planteaba ahorraría en gran medida los costes de investigación al eliminar gran parte de los sondeos de reconocimiento, por otro lado no aborda éste el problema principal de la detección de los conductos preferenciales al situarse en proyección distinta el barranco, distanciándose de las vías de alimentación.

Sin embargo la regulación es necesaria de efectuarse, pues si los recursos que están estimados en unos 90 hectómetros sólo un 10% se aprovecha, en los estiajes hay que sobreexplotar el manantial en unos 500 litros por segundo, para conseguir los 1.000 necesarios. Estos 500 litros de déficit hay que sacarlos del almacén, que en los tres meses de estiaje podrían hacer los cuatro hectómetros cúbicos... volumen que podría extraerse de las reservas. La geometría del acuífero en sus últimos 500 metros, así como los recursos existentes en el resto del mismo, tienen la palabra.

Los estratos profundos de las capas almacén están alimentadas por otros grandes reguladores, principalmente del:

- 1.—Sur de las balsas de Lordia, 5.000 metros de distancia y 630 metros de nivel.
- 2.—Suroeste de ruinas de Santa Quiteria a 6.000 metros de distancia y 630 metros de nivel.
- 3.—Campas de Peñablanca 6.000 metros de distancia y 750 metros de nivel.

Estas tres grandes zonas son las que alimentan regularmente el manantial en los grandes estiajes.

Esperamos con gran confianza los resultados de los estudios de explotación que los ingenieros y geólogos llevan adelante en el proyecto de regulación del manantial de Arteta.

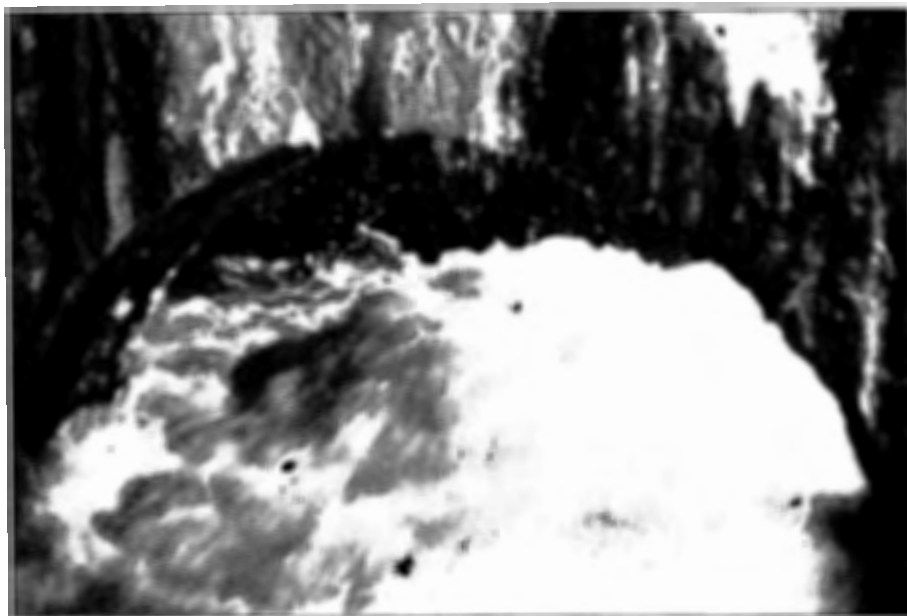
7.—BIBLIOGRAFIA

Es de destacar los magníficos trabajos y estudios llevados a cabo por el... Servicio Geológico de la Diputación Foral de Navarra, resumidos en la publicación de las

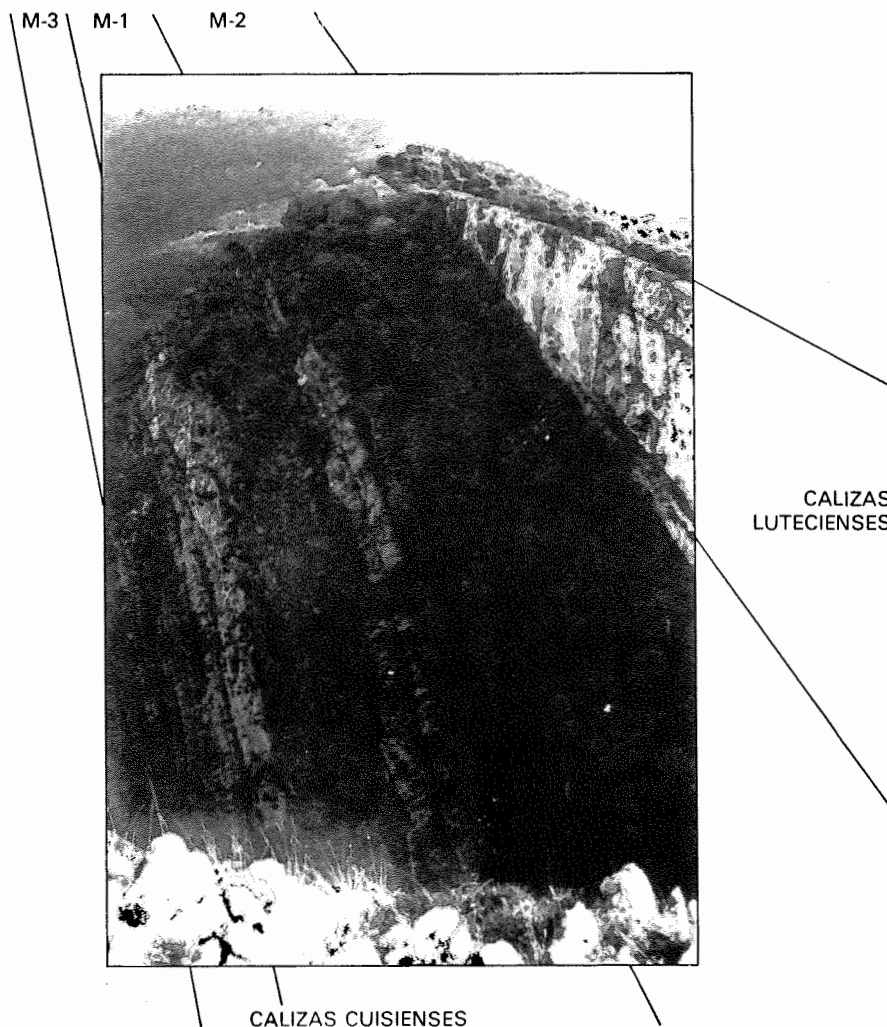
Aguas Subterráneas de Navarra, así como los publicados en Geografía por Dn. Alfredo Floristan.

Por otra parte quiero agradecer la colaboración a mis compañeros D. Carlos Acáz en los trabajos de delineación y a D. Pedro López en las visitas al manantial de Arteta.

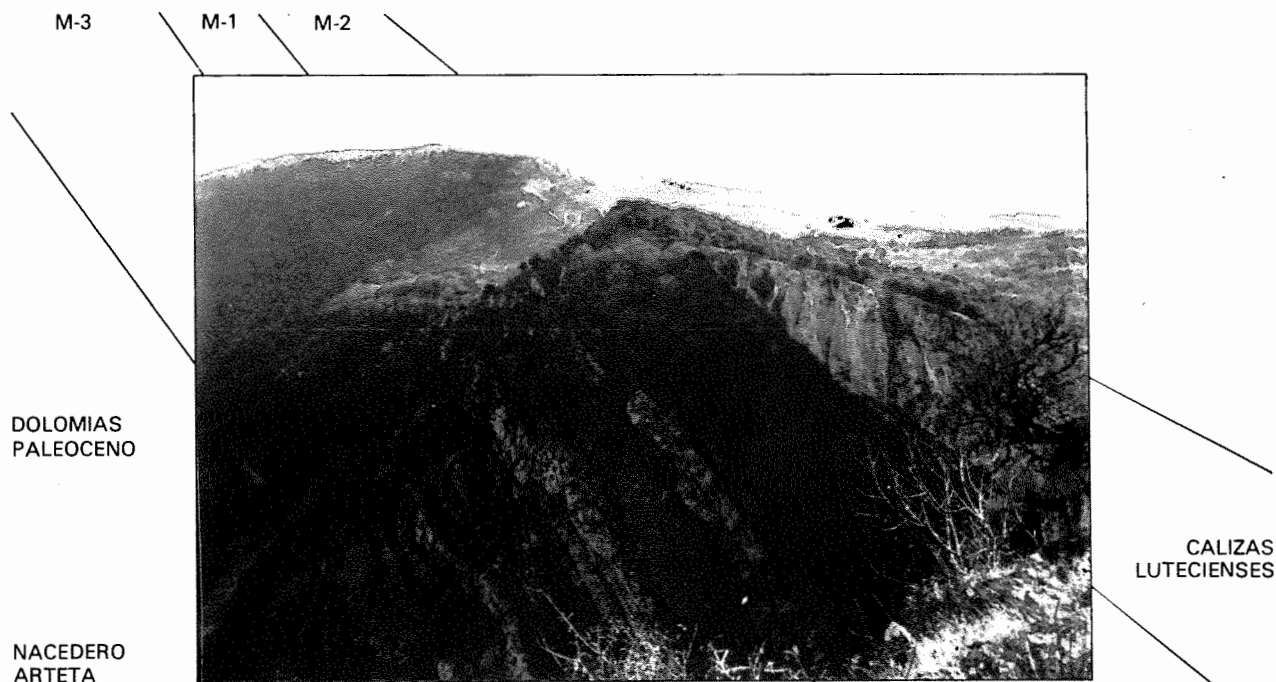
1. Nacedero Arteta



2. Sobranate manantial Arteta



CALIZAS CUISIENSES
3. Barranco de Arteta



4. Niveles conductos preferenciales Arteta

