



AVENIDA ESPAÑA 1098  
TEL. 9-4246  
CASILLA DE CORREO 1039  
ASUNCIÓN - PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
INSTITUTO DE CIENCIAS



MISION ASISTENCIA TECNICA  
CABLES: TECABOARD

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
BIBLIOTECA  
DPTO. DE GEOLOGIA

PUBLICACIONES

SERIE C: INVESTIGACION

N° 12

TRABAJO DE TESIS

INVESTIGACION DE LA SALINIDAD DEL ARROYO YUKYRY

por

Juan H. Palmieri<sup>1</sup>

1. Licenciado en Ciencias (Geología). Instructor de Petrología del Instituto de Ciencias. Geólogo Asistente de la Dirección de Recursos Minerales del MOPC.



AVENIDA ESPAÑA 1098  
TEL. 4-4246  
CASILLA DE CORREO 1039  
ASUNCIÓN - PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
INSTITUTO DE CIENCIAS



MISION ASISTENCIA TECNICA  
CABLES: TECABOARD

atte: Al D. Fernando Rozas.

*Palmieri*

El Instituto de Ciencias ha considerado oportuna la publicación del trabajo de tesina del Lic. Juan H. Palmieri por tratarse de un tema de investigación relacionado con los recursos naturales del país.

Como puede verse en las conclusiones, hay posibilidades de ampliar el trabajo basándose en recomendaciones de estudios de Paleogeografía y Geofísica.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CHILE

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
GEOLOGICAS Y MINERARIAS

#### Agradecimiento

El autor expresa su agradecimiento al Prof. Geol. Gustavo Vera Morinigo, por haber asesorado el presente trabajo, también a profesores y compañeros que cooperaron en la realización experimental y en la discusión del trabajo.

## INTRODUCCION

El presente trabajo fué suscitado por la existencia de sal gema (cloruro de sodio) en cantidades que se consideran superiores a la normal en las aguas del arroyo Yukyry.

La salinidad se manifiesta principalmente en el curso inferior del citado arroyo. Los numerosos caminos y sendas permitieron el acceso a la zona de estudio por distintos puntos, aunque la mayor parte de los recorridos se efectuaron a pié o a caballo.

La zona de estudio está comprendida entre la Estación Yukyry al Norte; San Lorenzo y Capiatá al Sur; Areguá al Este y Luque al Oeste.

## HISTORIA

Según informes de antiguos pobladores de la zona, en época de la Guerra del 65-70 se explotaba sal en la zona raspando la superficie del terreno con eflorescencias que luego lavaban en tamices de palma. La solución así obtenida se sometía finalmente a evaporización.

Dichos lugares de explotación aún se pueden ubicar en la 3a. Compañía de Capiatá y al Norte del Puente José Pé (ver mapas), correspondiendo a las estaciones 39 y 15.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron cartas topográficas de escala 1/50.000, fotografías aéreas de escala 1/25.000, estereoscopio, clinómetro, brújula geológica, pala barrena y materiales de laboratorio para análisis cualitativo y cuantitativo.

### a) Geología de campo

En primer término se elaboró un mapa base geológico y fisiográfico en escala 1/25.000 por interpretación de fotografías aéreas con estereoscopio marcando límites geológicos. Posteriormente se fijó y realizó un programa de recorridos del terreno para el reconocimiento y muestreo de las unidades cartografiadas más representativas.

Se investigaron en total 64 estaciones, incluyendo sondeos (pala barrena) de hasta 1 m. de profundidad e inventarios de pozos de agua. Todas se ubicaron en el mapa base con convenciones apropiadas.

### b) Controles químicos

Los ensayos cualitativos fueron realizados en el campo. Las reacciones usadas para cloruros fué la de nitrato de plata: se utilizó una solución N/10 adicionando 5 o 6 gotas del reactivo a 10 ml. de la muestra en todos los casos. En esas condiciones otros ensayos de laboratorio señalaron un límite de detección de 1/1.000.000, considerando por debajo de esta sensibilidad en el presente trabajo se considera negativo. Para sulfatos se utilizó cloruro de bario en medio ligeramente ácido.

### c) Determinación cuantitativa

Se practicaron en muestras de suelos en los laboratorios de investigaciones del Instituto de Ciencias. Arrojaron un pH entre 6,69 a 7,40. Se utilizó el conocido método de Mohr.

### FISIOGRAFIA

Desde el punto de vista fisiográfico la zona comprende: zonas altas residuales de areniscas con altitudes que oscilan entre 80 y 150 metros s.n.m., y valles aluviales con altitudes entre los 70 y 80 m. (ver mapa topográfico).

El curso del Arroyo Yukyry presenta pendiente suave. La mayor parte de las tierras altas están dedicadas a diversos cultivos en mini fundio, en tanto que en los lugares bajos no se cultiva y la vegetación natural es escasa. La abundancia del cocotero (*Acrocomia totai*) es característica en ambas zonas.

### HIDROGRAFIA

Desde el punto de vista hidrográfico la región no ofrece importancia por la ausencia de ríos. Sin embargo abundan los manantiales, especialmente en la zona de Maramburé (valles).

En las tierras altas, tal como la estación 19, también existen algunos manantiales. El principal curso de la zona es el arroyo Yukyry cuyos tributarios son: el arroyo San Ramón, que tiene sus nacientes en las proximidades del kilómetro 17 de la vía férrea; el arroyo Itá Kuá cuyas nacientes se encuentran al Sur de Luque y de la Avenida "De la Residenta"; el arroyo Mbói con su continuación el Mburicáó.

Existen otros tributarios menores, especialmente en la jurisdicción de San Lorenzo. El arroyo Yukyry por su moderada pendiente y escaso caudal tiene poco poder erosivo y de transporte, excepto en las épocas de lluvias en que, en la 3a. Compañía de Capiatá, todo el valle se inunda, formando lagunas que no tardan en desaparecer.

### AGUAS SUBTERRANEAS

En los valles, el nivel freático se halla en la zona de Maramburé a los 1 m. de profundidad, no así entre Luque y Capiatá y en Yukyry donde se realizaron sondeos de hasta 2 m. sin poder alcanzarlo.

En las tierras altas, la posición del nivel freático varía, ya que en la estación 19 y el pozo N° 5 se lo encuentra a 1 m. de profundidad, en tanto que en la zona de Maramburé se lo halla a 8 m. de profundidad y en la 3a. Compañía se requieren pozos de hasta 12 m.

En el tramo de Valle Pucú a Yukyry se lo encuentra a los 4 m. de profundidad.

### GEOLOGIA

La zona de estudio pertenece a la Formación Misiones, de edad Triásica Superior. La misma está constituida por areniscas rojas muy friables, con afloramientos muy escasos. La estación 12 corresponde a uno de ellos, donde se puede observar una arenisca de grano mediano, coloración pardo rojiza, masiva y bien diagenizada.

En superficie, la mayor parte de ésta formación está reducida a suelos residuales arenosos, compactos y profundos, con algunas intercalaciones lenticulares de arcilla y/o limo.

La zona se halla surcada por pequeños valles aluviales, constituidas por sedimentos cuaternarios de textura limo-arcillosa, que adquieren su mayor desarrollo en la 3a. Compañía de Capiatá y en la zona de Maramburé.

SUELOS

Los suelos aluviales de los valles presentan textura variada. En las zonas de la 3a. Compañía de Capiatá y Yukyry la textura es predominantemente arenosa, mientras que en Maramburé es areno-limosa a areno-arcillosa. Algunos de estos valles están compuestos de suelos salinos. Muestras representativas de estos suelos dieron un pH de 6,69 a 7,40.

Los suelos de las zonas altas, residuales de las areniscas de Misiones, presentan textura arenosa dominante, son profundos, bien drenados y friables, pobres en materias orgánicas. Razones por las cuales, junto con la ausencia de prácticas conservacionistas, ofrecen poca resistencia a la erosión.

RESULTADOS

La presencia de sal gema en la zona estudiada se manifiesta tanto en forma de eflorescencias y diseminaciones en el suelo, como disuelta en las aguas de los arroyos Yukyry y Mburicaó y en las aguas subterráneas. El mineral es predominantemente cloruro de sodio (halita, sal gema) y no contiene mayores impurezas.

En la investigación se comprobó que las manifestaciones del mineral abarcan una superficie de aproximadamente 7,5 km<sup>2</sup> en la zona comprendida entre la 3a. Compañía de Capiatá, Maramburé, Valle Pucú y Yukyry y además en algunos puntos aislados, tales como la estación 17, de la jurisdicción de San Lorenzo, y en la estación 1 del kilómetro 17 de la vía férrea.

Dentro de la zona mineralizada principal, se registra la mayor concentración de cloruro de sodio en forma de eflorescencias en la 3a. Compañía de Capiatá y en cantidades menores en Maramburé y Yukyry.



La mayoría de los terrenos afectados por éstas manifestaciones son aluviales y presentan textura predominantemente arenosa.

El mineral presente en estos suelos no parece ser de arrastre, ya que también se halla disuelto en las aguas subterráneas de las zonas altas. Las cotas de estos terrenos se hallan de 20 a 30 m. por encima del nivel de los valles aluviales. Tal los casos de los pozos N° I, X, XII, XVII, XVIII y XX, donde el nivel freático se encuentra a profundidades que varían entre 3 y 12 m.

Llama además la atención la ausencia de otras sales solubles en cantidades apreciables, que suelen ser frecuentes en casos de arrastre. No se descarta por ello que la mineralización refleje condiciones del subsuelo.

La definición de este problema escapa al alcance de éste trabajo, pues requiere estudios detallados de paleogeografía y prospecciones adecuadas. Los análisis químicos cuantitativos demuestran que las mayores concentraciones se encuentran en las estaciones 2, 3, 13, 14, 31 y 41. Los pozos de agua salada tienen una profundidad media de 7 m. En el tramo de Valle Fucú a Yukyry, las aguas del pozo N° XIV, de 3,5 m. de profundidad, presentan abundancia de cloruros, está excavado en terreno aluvial de textura arenosa, con cota algo superior a la del valle del arroyo Yukyry (70 a 80 m. s.n.m.).

En la misma zona existe otro pozo, el N° XII, de 5 m. de profundidad, cuyo uso fué abandonado por los pobladores debido al elevado contenido de cloruro de sodio que presentan sus aguas.

El pozo N° I, de 7 m. de profundidad, ubicado al Este de Luque cerca del km. 17 de la vía férrea y excavado en terreno alto de textura arenosa, acusó igualmente fuerte reacción de cloruros.

#### CONCLUSIONES

1. Se delimitó un área de 7,5 km<sup>2</sup> mineralizada por cloruro de sodio.
2. El mineral se encuentra principalmente diseminado en el suelo, habiéndose comprobado su presencia por sondeos de 1 m. de profundidad.
3. La concentración del mineral en la superficie y espesor estudiados constituyen un recurso mineral susceptible de explotación.
4. Existen acuíferos salados en las zonas altas que podrían ofrecer igualmente posibilidades de explotación.
5. El origen de la mineralización requiere estudios adicionales que escapen al alcance de este trabajo.

#### RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios detallados sobre Paleogeografía regional.
2. Ejecutar sondeos más profundos en las estaciones 14 y 15 de Maramburé; 36 y 39 de la 3a. Compañía de Capiatá y 3 y 4 de Yukyry.
3. Realizar estudio geofísico de la zona mineralizada, por ejemplo gravimetría.
4. Ejecutar algunas perforaciones profundas en los terrenos altos indicados y donde recomiende el estudio geofísico.
5. En el caso de hallazgo de acuíferos salados importantes, realizar estudios químicos y determinaciones de caudales.

### ANÁLISIS QUÍMICOS

En el presente trabajo se tomaron muestras representativas de suelo de las zonas de Yukyry, Maramburé y de la 3a. Compañía de Capiatá, para su análisis químico cualitativo y cuantitativo.

En los análisis cualitativos se registró la ausencia de otras sales solubles en cantidades apreciables.

Los análisis cuantitativos fueron supervisados por el Dr. Jorge M. Weiss y realizados en los laboratorios del Instituto de Ciencias. En ellos se determinó el tenor de cloruros por el método de Mohr, obteniéndose los siguientes resultados:

<u>Muestra 1</u>	:	<u>Procedencia Yukyry</u>
NaCl 6,2		(estación 2)
<u>Muestra 2</u>	:	<u>Procedencia Yukyry</u>
NaCl 6,3		(estación 3)
<u>Muestra 3</u>	:	<u>Procedencia Maramburé</u>
NaCl 4,6		(estación 13)
<u>Muestra 4</u>	:	<u>Procedencia Maramburé</u>
NaCl 5,8		(estación 14)
<u>Muestra 5</u>	:	<u>Procedencia Capiatá</u>
NaCl 4,7		(estación 31)
<u>Muestra 6</u>	:	<u>Procedencia Capiatá</u>
NaCl 6,5		(estación 41)

$$\text{Cálculo \% NaCl} = \frac{\text{ml NaCl} \cdot 0,00583 \cdot 100}{\text{Peso muestra}}$$

Se obtuvo un promedio de 5,7% de cloruro de sodio.

CUADRO I

CLORUROS EN CLORURO DE SODIO EN ALGUNAS AGUAS DE LA

REGION ORIENTAL (X)

<u>Dirección</u>	<u>Procedencia</u>	<u>Cant. por Litro</u>
Villa Morra	Agua de pozo	11,70 mlg.
Ypacaraí	Agua de pozo	17,55 "
Capiatá	Agua de pozo	11,70 "
Ysaty	Agua de pozo	11,70 "
Fdo. de la Mora	Agua de pozo	58,00 "
Villarrica	Agua de pozo	23,40 "
Paraguari	Agua de pozo	17,55 "
San Lorenzo	Agua de pozo	29,25 "
Cnel. Martínez	Agua de pozo	11,70 "
Caaguazú	Agua de pozo	17,70 "
Caacupé	Agua de pozo	17,55 "
Itaguá	Agua de pozo	17,55 "
Yukyty	Agua de pozo	23,40 "
San Bernardino	Agua de pozo	76,05 "
San Ignacio	Agua de pozo	23,80 "
Carayaó	Agua de pozo	23,40 "
Arroyos y Esteros	Agua de pozo	23,40 "
Carapeguá	Agua de pozo	146,4 "
Posta Ybycuá	Agua de pozo	58,0 "

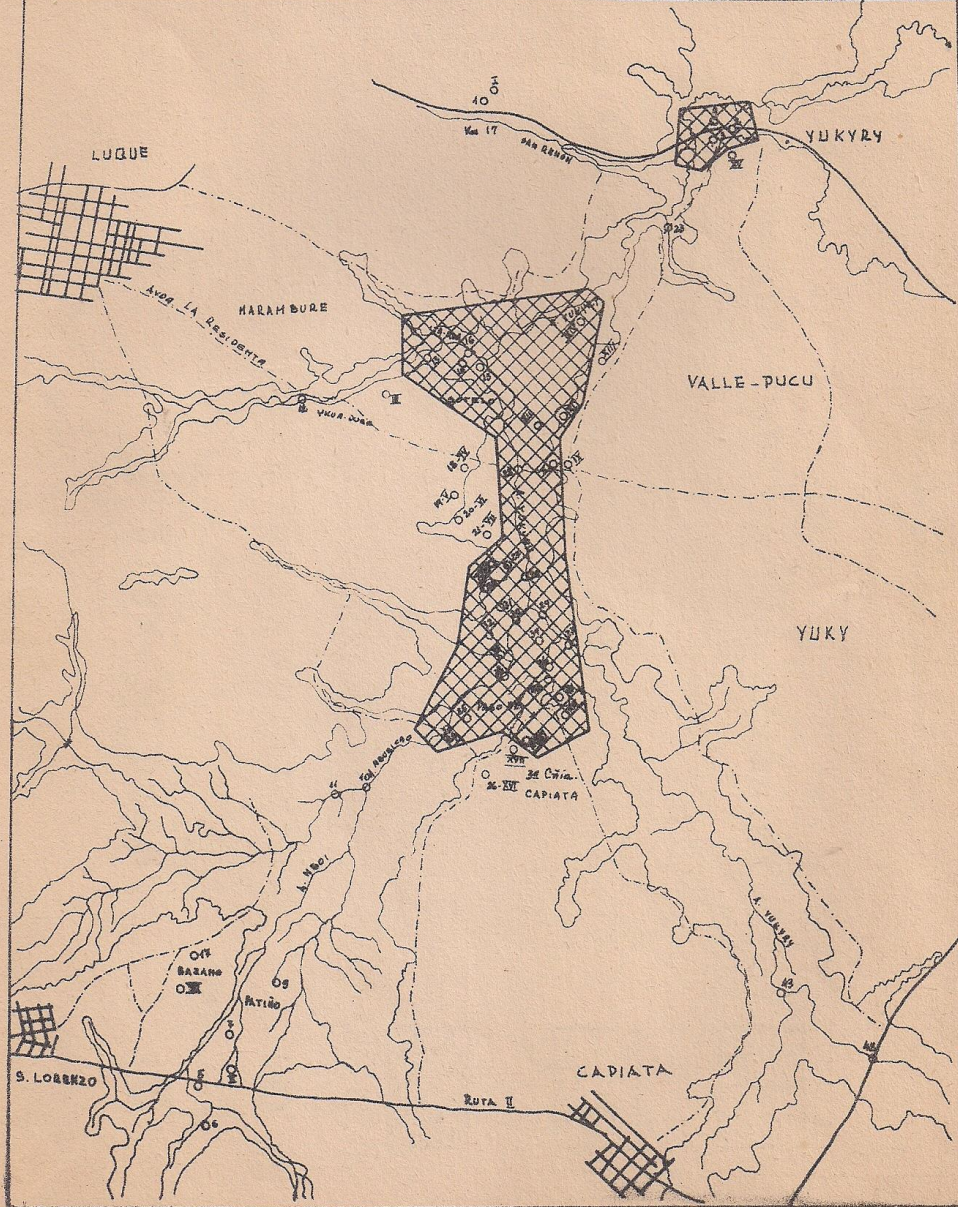
(X) Datos obtenidos en la Oficina Química Municipal.



ZONA DE YUKYRY  
CON DEMARCAACION DE ESTACIONES GEOLOGICAS  
Y AREA MINERALIZADA  
escala 1: 25.000

JUAN H. PALMIERI A.

INSTITUTO DE CIENCIAS 1968



CONVENCIONES



TRIASICO SUP. = FORMACION MISIONES



CUATERNARIO = SEDIMENTOS ALUVIALES



AREA MINERALIZADA

O<sup>10</sup>

ESTACION GEOLOGICA

O<sub>2</sub>

POZO DE AGUA





BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. TREADWELL, F.P. "Tratado de Química Analítica"  
Tomo II, pág. 635-638
2. DANA-HURLBURT "Manual de Mineralogía"  
Pág. 324-327
3. KLOCKMANN-RAMDOHR "Tratado de Mineralogía"  
Pág. 396-398
4. VILLAVECCHIA, Victor "Tratado de Química Analítica Aplicada"  
Pág. 17-30-31
5. VOGEL, I. Arthur "Química Analítica Cuantitativa"  
Pág. 354-355
6. WILLARD, Furman "Análisis Químico Cuantitativo"  
Pág. 196-198
7. FONT-ALTABA, M. "Atlas de Geología"
8. TREADWELL, F.P. "Tratado de Química Analítica"  
Tomo I, pág. 68 y 315
9. BATEMAN, Alan M. "Yacimientos Minerales de rendimiento económico"  
Pág. 184, 204, 387 y 839
10. SAZ "Los minerales su reconocimiento sistemático"
11. LAHEE, Frederic H. "Geología Práctica"  
Pág. 311, 416, 440, 462, 543 y 584
12. LOW, Julián W. "Geología de campo"  
Pág. 35, 79, 153, 197, 279, 341, 393 y 423