

“ESTRUCTURAS SALINAS DE LA ZONA CENTRAL DE LA CUENCA HUALLAGA”

*Michael Valencia Muñoz – Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Lima - Perú*

Las Estructuras Salinas emplazadas como domos afloran en la Cuenca Huallaga, alcanzando la Faja Subandina Nor-Peruana. Estudiaremos tres estructuras representativas en extensión y exposición.

Existe relación morfoestructural entre la faja subandina y los domos. Inicialmente estas estructuras se formaron durante la tectónica Quechua 3 facilitando sus pulsos intrusivos, asociándolos a fallas inversas. Posteriormente adquieren características de cuerpos intrusivos emergentes con ensamble morfo-estructural local debido a actividad emergente del domo.

Las sales son producto de procesos de evaporación de un mar epicontinental de cuenca restringida, caracterizado por un clima árido poco humedo.

Los periodos principales de depósito de las sales son: Pensilvaniano–Permiano durante la regresión de los Grupos Tarma–Copacabana, formando evaporitas del Grupo Mitu. Luego, la fuente principal provendría de transgresiones Triásico–Jurásico de la Cuenca del Grupo Pucará: inclusiones líticas del triásico a post-triásico, corroboradas por niveles evaporíticos del Grupo Pucará encontradas en áreas adyacentes.

Estas evaporitas permanecieron pasivas hasta que la Fase Peruana de la Tectónica Andina las movilizó como intrusivos, que al alcanzar espesor necesario, ascendieron como intrusiones emergentes durante el Mioceno (domos de origen mixto) originando el actual ensamble morfoestructural, permitiendo que se emplazaran en fallas regionales inversas y en menor medida en los anticlinales.

ESTUDIOS ANTERIORES

Los principales estudios de geología regional corresponden al boletín de la Carta Geológica de las hojas de Tarapoto, Utcuraca, Yanayacu y Papa Playa: **Sánchez A., Chira J. y Valencia M. (1997)**; los estudios de empresas petroleras como los trabajos de **Benavides V. (1968)** y de **Rodríguez A. (1979)** sobre las estructuras salinas en esta parte de la cuenca Huallaga; el de **Alvarez E. (1999)** referente a la falla Chazuta (Aguano-Muyuna). Entre otros trabajos tenemos el de **Rodríguez A. y Chalco A. (1975)**, **Caldas J., Soto F. y Valdivia H. (1985)**; **Le Vot M. y Froute J. (1999)**; y el de **Díaz G. (1999)** concernientes a la Cuenca Huallaga.

Se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas (Fig 1):

75°52'05" 76°25' Longitud Oeste
6°15'48" 6°52'28" Latitud Sur

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Se ha distinguido las siguientes unidades estratigráficas:

Grupo Pucará: calizas micríticas gris claras, limolitas y areniscas pardas. Niveles de evaporitas, calizas recristalizadas y limolitas bituminosas. En el área de estudio se tienen niveles de secuencias evaporíticas interestratificadas con calizas y limolitas (**Calderón E.,1999**).

Formación Sarayaquillo: Areniscas arcósicas líticas y subcuarzosas rojas, con presencia de limolitas y lodolitas roja marrones. Sobreyace concordante y transicional al Grupo Pucará (**Díaz G.,1999**).

Grupo Oriente: Conformado por areniscas cuarzosas blancas de las formaciones Cushabatay y Agua Caliente, y entre ambas las limoarcillitas gris verdosas de la Formación Esperanza. Sobreyace concordante y transicional a la Formación Sarayaquillo (**Díaz G.,1999**).

Formación Chonta: Limoarcillitas y lodolitas gris claras interestratificadas con niveles de margas y calizas micríticas a biomicríticas. Representa la mayor transgresión marina en la Cuenca Huallaga (**Alvarez E.,1999**).

Formación Vivian: Areniscas cuarzosas blancas bien seleccionadas interestratificadas con limoarcillitas y lodolitas. Sobreyace concordante a la Formación Chonta (**Díaz G.,1999**). Sus grosores varían entre los 75 m. a 135 m. (**Alvarez E.,1999**).

Formación Huchpayacu-Cachiyacu-Casablanca: Lodolitas y limoarcillitas interestratificadas con calizas micríticas, en relación concordante y transicional con la Formación Vivian (**Díaz G.,1999**), y la Formación Casablanca, esta última conformada de areniscas cuarzosas blancas.

Formación Yahuarango: Lodolitas, areniscas y limolitas rojas a púrpuras con interestratificaciones de yeso. Grosos en más de 600 m (Alvarez E.,1999).

Formación Pozo: Lodolitas abigarradas, niveles de carbón, areniscas tobáceas, limoarcillitas y calizas. Se distinguen dos secuencias: un miembro tobáceo y un miembro arcilloso, mostrando una relación concordante con la infrayacente Formación Yahuarango (Díaz G.,1999).

Formación Chambira: Lodolitas rojas interestratificadas con limolitas y areniscas rojas con presencia de niveles de anhidrita y yeso. Sobreyace concordante y transicional a la Formación Pozo (Díaz G., 1999). Sus grosos son estimados en 3300 m. y 4350 m. (Alvarez E.,1999).

Formación Ipururo: Areniscas líticas y subarcólicas gris claras a marrones interestratificadas con lodolitas y niveles de conglomerados.

Formación Ucayali: Arenas limosas y conglomerados semiconsolidados. Ubicada entre la Faja Subandina y la Llanura Amazónica, esta zona forma un alineamiento de montañas de rumbo Noroeste-Sureste que toman la denominación de Cerros Cushabatay, en la parte Sur y Cerros Cahuapanas, en la parte Norte. Al Oeste de esta Faja se encuentra la Cordillera Oriental constituido por un basamento Paleozoico levantado (Bloque del Maraón), y entre ambas se emplaza la Cuenca Huallaga (Rodríguez A. y Chalco A. 1975)

La evolución tectónica de esta parte de la cuenca Huallaga es muy compleja. El impulso más reciente es probablemente el más importante y el que se ha superpuesto a los anteriores. Característicamente el basamento de la cuenca se asocia a fallas normales, fallas laterales y a sal presente en esta área (Alvarez E. 1999).

DOMOS DE SAL

El cartografiado geológico superficial evidencia morfológicamente un rápido y novísimo levantamiento, manifestado en las geofomas actuales. Teniendo en cuenta la intensa precipitación y humedad actuantes sobre las geofomas salinas, se concluye que las fuerzas erosivas no han destruido estas geofomas debido a que la emersión salina está en proceso (Benavides V. 1968). Estratigráficamente, estos cuerpos salinos muestran una relación concordante con las estructuras regionales e íntimamente asociadas a las fallas inversas, pero localmente muestran estructuras que no tienen ninguna relación con otra tectónica, y que son dependientes de la actividad emergente del domo. Estas intrusiones han originado estructuras de sobreescurreamiento con y sobre la Fm. Sarayaquillo, afectando a las unidades sobreyacentes, asociándolas a juegos de fallas normales radiales y concéntricas, producto del reacomodo asociado al empuje vertical de las intrusiones salinas (Valencia M.,2000).

Las orientaciones de las foliaciones de las capas salinas, rumbos y buzamientos de estratos son muy variables. La disposición de la sal a manera de una estratificación es denominado como "foliación", en razón de ser producto del movimiento de partículas a causa del flujo de la sal (López C. et al, 1990). En Tiraco, zona nuclear del domo, hay presencia de bandas esencialmente verticales de rumbos predominantes N 70°-50° O, caracterizados por niveles de sal blanca y niveles de sal ploma, esta última con numerosas inclusiones de clastos de evaporitas y líticas, muchas de los cuales muestran una imbricación y sentido de arrastre (Fig. 2 y 3). En sectores periféricos se tienen rumbos de N65°E/65-70°NO y N60°O/80°NE, y en las zonas más periféricas tenemos rumbos N50°E/55°SE con abundantes niveles de impregnaciones rojizas. Se describe la presencia de fallas concéntricas con cierto paralelismo a las quebradas y numerosas fracturas radiales al mismo (Valencia M. 2000). En Callanayacu las orientaciones de las capas son más homogéneas con rumbos de los estratos de N60°-30°E/50°-30° al SE y NO muy replegados. Se ha distinguido en las columnas secciones geológicas de tres niveles evaporíticos: caliza con yeso, yeso negro y calizas con halitas. Destaca la presencia de abundante material de cobertura residual producto de la intensa lixiviación de las sales (Valencia M. 2000). En Pilluana las orientaciones de las zonas nucleares de las bandas evaporíticas dan rumbos de N15°O/ 25°NE que muestran concordancia con los niveles de la Fm. Sarayaquillo, evidenciadas en las columnas sección-geológicas. Se han diferenciado hasta 4 niveles o capas de sal (horizontes): blanca, rosada, marrón y roja debido a la presencia de numerosas impurezas (Valencia M. 2000). Benavides V. (1968) por lo que se atribuye el origen de estas impurezas en las unidades de capas rojas. Se aprecian también numerosas inclusiones de clastos de evaporitas y líticas, que muestran una imbricación y sentido de arrastre (fig 4). En algunos fragmentos líticas de calizas se han identificado fósiles como el *Myophoria pascoensis* del Triásico superior en el domo de Pilluana; igualmente

se ha encontrado *Arietites sp.*, un ammonite del Jurásico temprano (**Benavides V. 1968**). Haciéndose un análisis de las orientaciones e inclinaciones de las bandas de sal se observa un comportamiento del flujo salino con predominio de la componente horizontal en las zonas periféricas al domo, que se debe a la interacción de los flujos salinos con la roca caja (fig 5) (**Valencia M. 2000**).

EVOLUCION TECTONICA

Las sales son producto de procesos de evaporación de un mar epicontinental de cuenca restringida, cuyas características como la coloración de las evaporitas e impregnaciones líticas, evidencian un clima árido o de poca humedad.

Dos son los periodos principales en los cuales se depositaron las sales: el primero en el Pensilvaniano–Permiano, depositadas con las regresiones de los Grupos Tarma – Copacabana, para formar las evaporitas del Grupo Mitu (**Megard F.,1968 y Dalmayrac et al,1988**), descritas en otras cuencas (**Rodríguez A.,1979**). Otras fuentes podrían provenir de la Formación Sarayaquillo (**Kobe H.,1995**). Sin embargo, la principal fuente provendría de las transgresiones Triásico – Jurásico correspondiente a la Cuenca del Grupo Pucará (**Dunin E.,1997 y Valencia M.,2000**), esto se demuestra analizando inclusiones xenolíticas en los domos.

Se consideraba a la sal como un cuerpo intrusivo que en su ascenso incorporaba xenolitos de las unidades atravesadas, por lo que se pensaba que la edad de la litología más antigua debería contener la primera unidad intruida por la sal, debajo de la cual se habría depositado ésta (**López C. et al, 1990**). Sin embargo, en los tres domos no se ha observado la variedad litológica esperada. Se encontró tres tipos básicos de sales: blanca, ploma y roja, en los tres domos y aparentemente en idéntica sucesión estratigráfica. En Tiraco, son más notorias estas inclusiones. La sal blanca es la sal sin inclusiones, más pura y que conforma la parte central (núcleo) del domo. La sal ploma contiene abundantes inclusiones de yeso negro en muchos casos calcáreos los cuales serían equivalentes a niveles del Grupo Pucará. En Tiraco este último nivel contiene también abundantes inclusiones de una limoarcillita verdosa que al parecer pertenece a la misma unidad estratigráfica. La sal roja más periférica pertenecería a inclusiones correspondientes a capas rojas de la Formación Sarayaquillo. Ambas inclusiones muestran claras evidencias de haber sido transportadas. Los dos niveles de sal indican dos eventos diferentes. La sal ploma correspondería a rocas que se hallaban interestratificadas con la sal y que se fracturaron al ocurrir el movimiento ascendente, así que la datación de estas litologías permiten establecer la edad del evento evaporítico (**López C. et al, 1990**). Las inclusiones encontradas en Tiraco tienen parecido a algunos niveles del grupo Pucará; además los fósiles encontrados (**Benavides V., 1968**) nos indicarían que la edad de sedimentación sería Triásica. En cuanto a las inclusiones rojizas nos indican un segundo evento relacionado al inicio de la intrusión diapírica.

Si bien por su naturaleza de ligado a los medios confinados, las evaporitas ocurren principalmente en los momentos de retirada o depresión de la lámina de agua oceánica sobre los continentes (regresión), existen ejemplos bien documentados de muchas formaciones evaporíticas depositadas en una situación global transgresiva (**Orti F.,1992**). Además, se tienen abundantes reportes de niveles evaporíticos en el Pucará de otras áreas adyacentes (**Hoempler A.,1953; Rosas S. y Fonbote L.,1995**). Todas estas unidades estuvieron controladas por el marco estructural Hercínico, con rumbos de entre N110° y 160° y que se manifiestan en las actuales orientaciones de la Cuenca Huallaga (**Le Vot M. y Frouté J. 1999**).

Estas evaporitas permanecieron pasivas hasta la fase Peruana (Cretáceo superior) de la Tectónica Andina que las movilizó como cuerpos intrusivos, que al alcanzar el espesor necesario ascendieron a superficie como intrusiones emergentes durante el Mioceno (estructuras salinas de origen mixto, **Rodríguez A.,1979**) originando el actual ensamble morfoestructural de esta parte de la faja subandina, razón por la cual los domos se emplazan preponderantemente en las fallas regionales inversas, y en menor medida en los anticlinales. En esa fase los replegamientos y los empujes estuvieron asociadas a la extensión regional superficial del Jurásico y de las evaporitas contenidas en ellas y que actuaron como niveles de despegue a escala de la cuenca (**Le Vot M. y Frouté J. 1999**). Es evidente que esa tectónica origina un sistema de fallas de bajo ángulo y que toma como nivel de despegue las evaporitas de la cuenca Huallaga (**Robertson Research, 1990**). La deformación orogénica compresiva y lateral probablemente fue la responsable de la extrusión salina; compresión adicional se obtuvo por fuerzas isostáticas resultado de la ruptura de los pliegues (**Benavides V. 1968**). Mecánicamente estos domos

necesitarían una carga de 400 a 600 Kilopounds/cm² para que la halita pierda su carácter rígido de roca sólida y pasar a la fase “viscoplástica” adoptando un comportamiento de un fluido altamente viscoso ante la acción de los esfuerzos (**Richter G., 1980**). Al final las dimensiones del domo, así como su altura en superficie dependerían del grosor del lecho original (**Borchert H. y Muir R., 1964**).

La influencia tectónica es evidente en la concordancia de los domos con las estructuras principales, como las grandes fallas inversas y los ejes de los anticlinales. Además se encontró concordancia entre las direcciones de las foliaciones y los niveles de capas rojas de la Formación Sarayaquillo en las zonas nucleares de los domos: las relaciones concordantes entre niveles de la Formación Sarayaquillo y el domo en Tiraco (sección geológica) y el domo de Pilluana (ver Fig 4), así como entre niveles relictos del Grupo Pucará y el domo de Callanayacu en Yuracyacu. En cambio, con las unidades que sobreyacen a la Formación Sarayaquillo como el Grupo Oriente, la relación ha sido de contacto fallado e inclusive de contactos de carácter diapíricos. En las zonas periféricas al domo, debido a la influencia de la roca caja y al componente horizontal, los niveles salinos no guardan relación con las capas de la roca caja.

Las evaporitas presentan efectos estructurales derivados de la halogénesis, secuencias que pertenecen al Grupo Pucará y se asocian a la creación de estructuras con potencial petrolífero (**Díaz G., 1999**). Además la distribución, los diferentes grosores y orientaciones de la sal a lo largo de la Cuenca de Antepaís y de la Faja de Pliegues y Esfuerzos (Faja Subandina), parecieran estar jugando un rol muy importante, no solo en el estilo estructural sino en las variaciones de anchura de esta parte de la Faja (**Alemán A. y Marksteiner R. 1993**). La presencia de fallas como la de Aguano Muyuna (Chazuta) que indican un desplazamiento del piso a la superficie desde el Jurásico al Cenozoico con presencia de evaporitas en forma de cuña; donde además se puede observar la presencia de características asociadas al movimiento salino (**Alvarez E. 1999**).

Por otro lado su actividad emergente se manifiesta en relación cortante mediante fallas inversas a manera de cuerpo intrusivo y la formación de bloques "basculados" mediante fallas normales producto de la intrusión salina de stocks salinos que afectan a unidades más competentes postJurásicas (Cretáceo: Grupo Oriente), además se nota la presencia de fallas radiales y concéntricas.

CONCLUSIONES

- El actual ensamble morfoestructural de esta parte de la faja subandina se debe a dos factores: las estructuras de carácter regional son producto de la tectónica de la fase Quechua 3 (Pliocena), que afectó a todo el subandino; y a la actividad emergente del domo (halotectónica) que produjo las estructuras de carácter local de edad novísima a reciente.
- Las intrusiones salinas han originado estructuras de sobreescurrecimientos con y sobre la Fm. Sarayaquillo, afectando además a las unidades sobreyacentes, las que están asociadas generalmente a juegos de fallas normales radiales y concéntricas, producto del reacomodo a la actividad emergente del domo.
- Los domos salinos muestran una relación concordante con las estructuras regionales, y en especial una íntima asociación a las fallas inversas, pero localmente muestran estructuras que no tienen relación con otra tectónica y que dependen de la actividad emergente del domo.
- La verticalidad y su constancia en las orientaciones de los flujos son indicativos de zonas centrales y chimeneas de ascensos de los cuerpos salinos. Por el contrario los flujos horizontales y de comportamiento caótico nos indican el alejamiento de estos centros.
- Los domos se caracterizan por la presencia de hasta tres tipos de sales: la sal blanca, la ploma y la roja. La sal blanca es la sal sin inclusiones. Las coloraciones de las sales ploma y roja se debe a las inclusiones que las contienen, y cada una de ellas nos indica un evento geológico. La sal ploma correspondería a rocas que se hallaban interestratificadas con la sal y que se fracturaron al ocurrir el movimiento ascendente, por lo que esta litología permite establecer la edad del evento evaporítico. La sal roja indica el inicio del pulso definitivo que hizo ascender a los domos salinos.
- Los depósitos salinos son producto de los procesos de evaporación de un mar epicontinental (Grupo Pucará) de cuenca restringida y que debió ser en el principio de una salinidad muy elevada, la cual

disminuía gradualmente, hasta que transgredió lo que actualmente es la Cordillera Oriental, comenzando a precipitar grandes cantidades de yeso y sal a lo largo de lo que sería el paso entre el Grupo Mitú y el Grupo Pucará.

- Dos serían por lo tanto los periodos principales en los cuales se depositaron las sales: la primera sería la Permiana, que se habría depositado conjuntamente con las capas rojas del Gpo. Mitú y la segunda, y más importante, provendría de las transgresiones Triásico–Jurásico del mar del Pucará.
- Por lo tanto estamos ante estructuras salinas del tipo mixto, que combina las características de estructuras salinas de tipo tectónico y de tipo emergente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEMAN, A. & MARKSTEINER, R. (1993). *Structural styles in the Santiago fold and thrust belt, Perú: a salt related orogenic belt*. Second ISAG, Oxford (UK), 21-23/9/1993.
- ALVAREZ, E. (1999). *Change observed in the reservoir characteristics of cretaceous sediments across the Chazuta thrust fault, Huallaga Basin, Perú*. Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú. Expr-1-EAC-Ingepet-1999.
- BALAREZO, A.; MACAZANA, U. & PAZ, M. (1986). *Estudio de pre-factibilidad del yacimiento salino de Pilluana*. Informe Técnico INGEMMET.
- BENAVIDES, V. (1968). *Saline deposits of South América*. The Geological Society of América, Inc. Special Paper 88.
- BORCHERT, H. & MUIR, R. (1964). *Salts Deposits, the origin, metamorphism and deformation of evaporites*. London D. Van Nostrand Company Ltd.
- CALDAS, J.; SOTO, F. & VALDIVIA, H. (1985). *Evaluación del potencial petrolífero de la Cuenca Huallaga*. Informe Petróleos del Perú S.A.
- DALMAYRAC, B.; LAUBACHER, G.; MARROCO, R. (1988). *Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos*. INGEMMET. Serie D. N°12.
- DIAZ, G. (1999). *Influence of the depositional environment in reservoir characteristics at the Cushabatay, Agua Caliente and Vivian Formations southwest of the Marañón Basin*. Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú. Informe Inédito. Perupetro.
- DUNIN B. E. (1997). *Intento de una interpretación climática y paleogeográfica de la génesis de evaporitas en el Perú*. IX Congreso peruano de Geología. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Esp. Lima –Perú.
- HOEMPLER, A. (1953). *Domos de sal de la Cordillera Oriental*. Rev. El Ingeniero Geólogo N° 7. UNMSM.
- KOBE, H.W. (1995). *Evaporitas y volcánicos, Gpo. Pucará, Perú Central, componentes volcánicos, evaporíticos y sedimentos metalíferos en la parte occidental de la cuenca del Gpo. Pucará, Perú Central*. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Jubilar Albero Benavides de la Quintana. Octubre de 1995. pp. 179-191.
- LE VOT, M. & FROUTE, J. (1999). *Peruvian Foothills: Exploration in a Frontier Area*. Elf Petroleum Peru b.v. Sucursal del Perú. Expr-1-MV-18-Ingepet-1999.
- LOPEZ, C.; BRICEÑO, A. & BUITRAGO, J. (1990). *Edad y Origen de los diapiros de sal de la sabana de Bogotá*. Texas Petroleum Company. División Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- ORTI, F. C. (1992). *Evaporitas Marinas*. En: Sedimentología. Vol. II. Coordinador Alfredo Arche. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid - España.
- QUINTANILLA, R.; CHACON, N.; & RODRIGUEZ, W. (1984). *Estudio geológico minero del yacimiento de salinas Pilluana - Mina López*. Informe Técnico INGEMMET.
- RICHTER, G. (1980). *Salt tectonic, Interior Structures of salt bodies*. Bull des Centres de Recherches Exploration - Production. Elf Aquitaine. Vol. 4 N° 1.
- ROBERTSON RESERCH, U.S. Inc (1990) *Evaluación Geológica-Geofísica por hidrocarburos Lotes 8, 31 y 35*. Vol. 1
- RODRIGUEZ, A. & CHALCO, A. (1975). *Cuenca Huallaga, reseña geológica y posibilidades petrolíferas*. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo N° 45, pp. 187-212.
- RODRIGUEZ, A. (1979). *Las estructuras salinas en la Faja Subandina*. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo N° 62, pp. 141-159.
- ROSAS, S. & FONBOTE, L. (1995). *Evolución Sedimentológica del Gpo. Pucará (Triásico Superior-Jurásico Inferior) en un perfil SW-NE en el centro del Perú*. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Jub. Alberto Benavides.
- SANCHEZ, A.; CHIRA, J. & VALENCIA, M. (1997). *Geología de los cuadrángulos de Tarapoto, Papa Playa, Utcuarca y Yanayacu*. Boletín de la Carta Geológica Nacional, Ingemmet. N° 94.
- VALENCIA, M. (2000). *Estudio Geológico de los domos Salinos en la Faja Subandina al Este de Tarapoto*. Tesis. UNMSM.

