

APUNTES GEOLOGICOS-AEROPUERTO CHINCHERO
CUSCO.

Por: José Angel Bueno Galdo.

Consultas e mail: jbjanbug80@gmail.com

Cusco, Marzo del 2012.

CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.	PAG.1
GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA GENERAL DE CHINCHERO.	PAG-1
GEOMORFOLOGÍA.	PAG.4
TIPIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA GEOLÓGICA.	PAG.6
OBJETIVO.	PAG.10
JUSTIFICACIÓN.	PAG.10
BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS GEOLOGICOS HALLADOS.	PAG.11
RIESGOS.	PAG.16
BIBLIOGRAFÍA. (Por orden de Consulta).	PAG.17

APUNTES GEOLOGICOS - AEROPUERTO CHINCHERO-CUSCO

Por: J. Angel Bueno Galdo.

Decano Emérito de la Facultad de: Ingeniería geológica y Geografía- Univ. San Antonio Abad del Cusco.

Consultas-Preguntas:

Email: jbjanbug80@gmail.com

1.-INTRODUCCIÓN.

La necesidad de formular y construir un nuevo aeropuerto para la ciudad del Cusco, me ha motivado revisar una de las áreas más posibles para el emplazamiento de este nuevo aeropuerto, que sin duda ha de tener un diseño con visión a la demanda y seguridad para el cual tiene que ser concebido.

Debo advertir que los resultados de haber visitado la zona de Chinchero con el objeto de percibir la estabilidad geológica de la zona, es una preocupación normal de cualquier ciudadano, que además, la Constitución política del Perú, hace posible que un ciudadano participe, y alcance a las autoridades pertinentes, situaciones que deben ser consideradas en los estudios y por ende en el diseño estructural, así como en la construcción de la obra y finalmente durante toda la vida de su explotación.

El presente trabajo, pretende justamente informar algunos puntos geológicos que evidentemente van estar relacionadas con todo el proyecto de construcción y seguridad del nuevo aeropuerto del Cusco, ubicada en la zona de Chinchero.

Palabras claves: disolución, carbonatos, sales, cavernas, dolinas, uvalas, karts, aguas subterráneas.

2.-GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA GENERAL DE CHINCHERO.

Localmente la estratigrafía de la zona (estratigrafía es saber como se distribuyen las rocas y los suelos, en relación al tiempo geológico en la cual se han formado, es decir del más antiguo que inicia la base, al más

moderno que culmina en la parte superior), en sí muestra cuatro tipos importantes de estructuras rocosas y depósitos de rocas.

El más moderno es un material de orígenes fluviales, las encontramos bordeando los lagos principales de la altiplanicie de Chinchero y en la parte oeste pegada al pueblo de Chinchero; estos depósitos fluviales que pueden ser sub clasificados como lacustres y algún otro tipo, no van ha estar muy vinculados o relacionados con la s posibles alternativas de la ubicación del aeropuerto, pero que por sus concentraciones de arcillas, turbas y diatomitas, evidentemente van ha ser removidas. (En el boletín n° 65 de la serie A: carta geológica Nacional del INGEMMET, está codificada como Q-I.).

Se ha encontrado algunos pequeños afloramientos de volcánicos, compuesto por rocas andesíticas, uno de estos pequeños afloramiento se encuentra al sur del poblado de Maras, algunos otros de menor área de afloramiento por el poblado de Chequerrec y cerca a Mojopampa, al sur oeste, un afloramiento de mayor extensión (2 km en su eje mayor, y, 1.5 en su eje menor). Un estudio geológico riguroso, podría posiblemente ubicar rocas andesíticas en puntos no aflorantes. Estas rocas pueden ser utilizadas como parte de los agregados para el proyecto. (En el boletín N° 65 dela serie A: Carta Geológica Nacional del INGEMMET, estos afloramientos pertenecen a la Formación Rumicolca, y está codificada como Q-ru)

Continúa como secuencia (sin que esto sea lo definitivo), afloramientos de areniscas, lutitas , arcillas, incluso conglomerados, que según los restos fósiles hallados por Cabrera, pertenecen a la formación San Sebastián, ubicada en el pleistoceno inferior, del sistema cuaternario. Estas estructuras sedimentarias, probablemente han de estar vinculadas con el proyecto.

La formación San Sebastián prácticamente rodea todo Maras, existiendo grandes áreas de afloramientos el este y oeste del poblado, y en menores exposiciones al sur.

La Formación San Sebastián, está codificada como Q-sa, en el Boletín N° 65 de la serie A: carta geológica Nacional del INGEMMET.

Al sur del poblado de Chinchero existe un pequeño afloramiento de brechas, constituida por clastos de calizas, lutitas, yesos y otros, las cuales están cementadas por una matriz de composición arcillo arenosa, no se observa esta roca entre el poblado de Chinchero y Maras.

El INGEMMET, codifica a esta formación Chinchero, como Np-cc.

Finalmente (sin que esta apreciación sea definitiva), cerraría la estratigrafía, la Formación Maras, Formación que aflora por lo menos en el 80 % de la planicie de Chinchero-Maras, es razonable pensar que esta Formación estará muy fuertemente ligada al proyecto del aeropuerto.

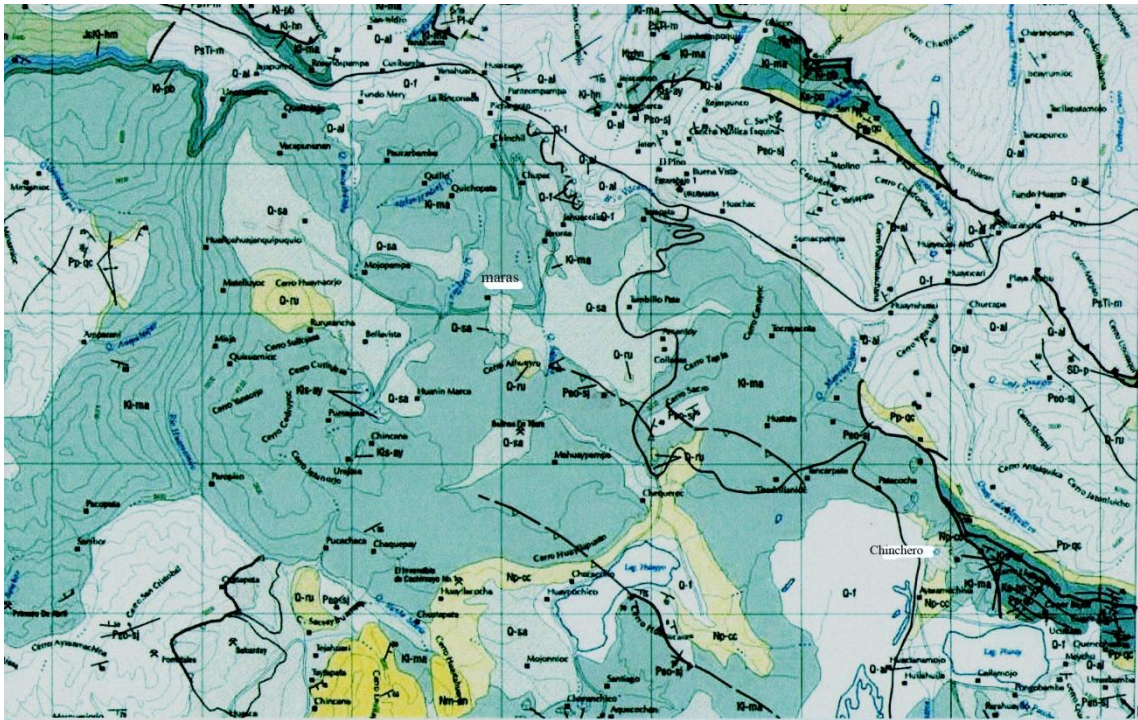
La Formación Maras, realmente es compleja, requiere de un minucioso estudio geológico, ya que está constituida por rocas sedimentarias del tipo Lutitas de diversos colores, calizas, yesos, anhidritas, halitas, etc.

La Formación Maras, está codificada por el INGEMMET, como Ki-ma, además indica que es parte del Grupo Yuncaypata, del Sistema Cretácico.

La Columna Estratigráfica (no definitiva) de la altiplanicie Chinchero-Maras, tiende al siguiente diseño:

CROQUIS ESTRATIGRÁFICO					
ALTIPLANICIE: CHINCHERO-MARAS					
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	CODIGO	COLOR
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Sedimentos fluviales	Q-I	Amarillo
	Cuaternario	Pleistoceno	Fm-San Sebastian	Q-sa	Ambar
	Neogeno	Plioceno	Fm-Chinchero	Np-cc	Naranja
Mesozoico	Cretaceo	C-Inferior	Fm-Maras	Ki-ma	Verde
fuente: Elaboración propia					

El mapa geológico entre el poblado de Chinchero y Maras, es el siguiente:



Fuente: Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional- INGEMMET.

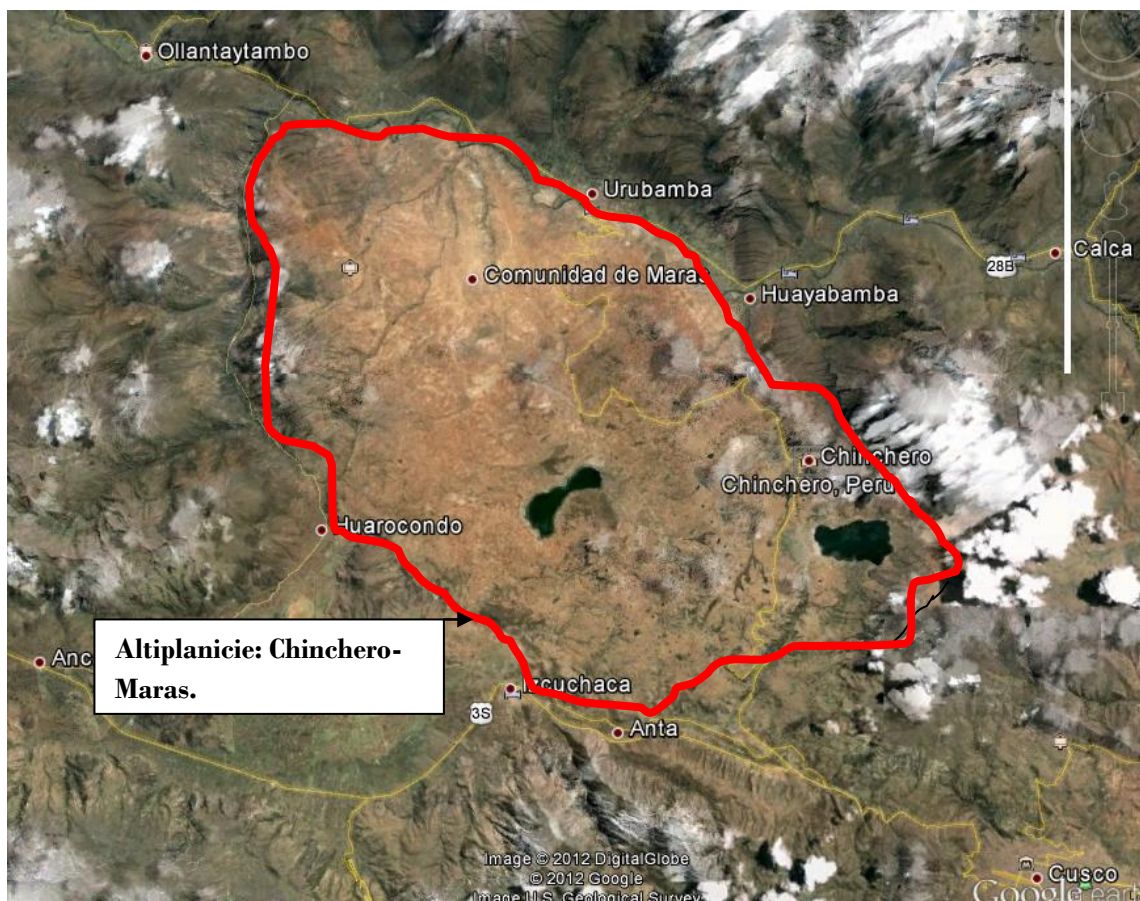
3.-GEOMORFOLOGÍA.

La geomorfología, sin duda alguna es ya una ciencia muy extendida y casi completa, esta trata de la identificación de las formas que tiene un sector geográfico, debido a las acciones históricas, recientes y presentes de eventos geológicos (Sin olvidarnos que existen también eventos No geológicos que contribuyen al tallado de los relieves geográficos).

La información que reporta el Boletín N° 65, Serie A: Carta geológica Nacional, GEOLOGIA DE LOS CUADRÁNGULOS DE URUBAMBA Y CALCA, INGEMMET- 1996. Señala que la zona se encuentra entre los 3600 a 3750 msnm, dentro de la cual aún existen algunas estructuras montañosas que alcanzan alturas de más de 4100 m, para finalmente indicarnos que se trata de un relieve algo plano y que caóticamente presenta afloramientos de la Formación geológica Chincheros, así como

remarca el afloramiento de evaporitas, lutitas, calizas ; además precisa la presencia de los lagos de Piuray y Huaypo; El plano geomorfológico que acompaña esta descripción, encierra este relieve plano dentro de las altiplanicies de la zona.

En el presente artículo denominado “Apuntes geológicos y aeropuerto Chinchero-Cusco”, a esta estructura geomorfológica se ha preferido denominarla como la altiplanicie de: “Chinchero-Maras”, en cuanto el término “Pampa” tiene una relación más aguda entre un llano o relieve plano y sus escaseces arbóreas.



Fuente foto: Google.com.pe

Altiplanicie: "Chinchero-Maras", propuesta del autor.

Por otro lado, la información que proporciona este boletín, es extremadamente escueto, que por lo mismo a ignorado la presencia de geoformas de relevada importancia, aún cuando no existiera la posibilidad de construcciones que signifique desarrollo, es así que no

menciona la existencia tanto histórica (antiguas) , recientes ni actuales de DOLINAS y UVALAS, geoformas que son el resultado de fenómenos geodinámicos de suma importancia y de delicado tratamiento, aún para la seguridad de los pequeños poblados existentes en la altiplanicie Chinchero-Maras, y de la población creciente en el propio Chinchero, como en Maras a consecuencia del crecimiento turístico.

4.-TIPIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA GEOLÓGICA.

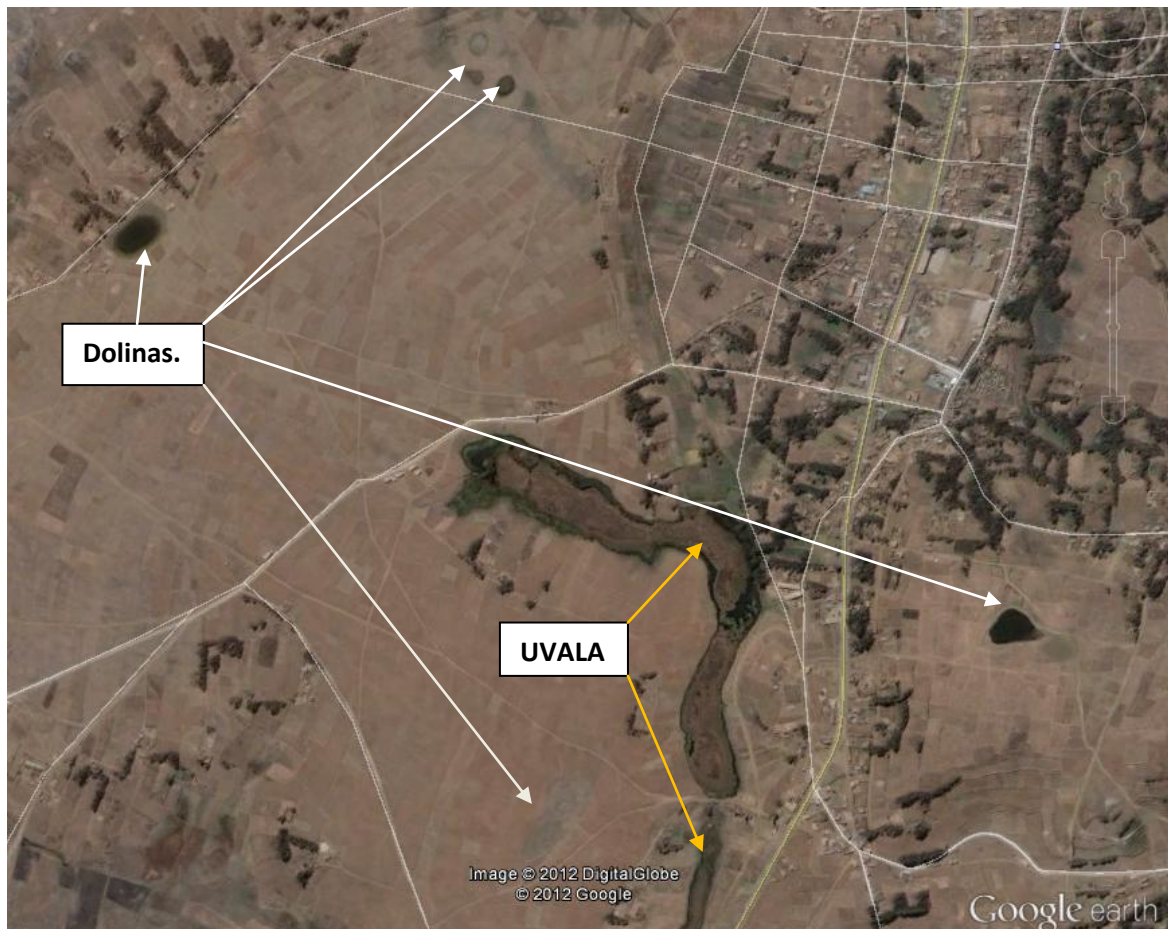
La altiplanicie “Chinchero-Maras”, es un área geográfica seleccionada para la construcción del nuevo aeropuerto internacional que exige la población y el crecimiento económico turístico a consecuencia de la existencia de la ciudad del Cusco, y de legados históricos como: Machupicchu, el Centro Histórico de la ciudad del Cusco, Saqsaywaman, Choquequirao, el propio Chinchero, etc.

La existencia **ACTIVA**, como histórica de fenómenos geoquímicos, geodinámicas, geo hidrológicos, exige en primer lugar: “**sentar**”, que estos fenómenos son claramente y sin duda alguna, factores de **INSEGURIDAD FISICA** para todo tipo proyectos que involucran inversiones importantes, y además incluye posibilidades de riesgo de pérdida de vidas humanas de no considerarlas en el diseño, construcción y explotación del futuro aeropuerto.

El moderno proyecto puede verse truncada en sus objetivos y metas así como “contribuir” a la suspensión y al colapso de inversiones de terceros complementarias al mismo, como eje principal del futuro desarrollo. (Hoteles, servicios diversos, etc.).

Por tanto, No podemos, desde mi punto de vista, pasar de alto la existencia activa de los siguientes fenómenos:

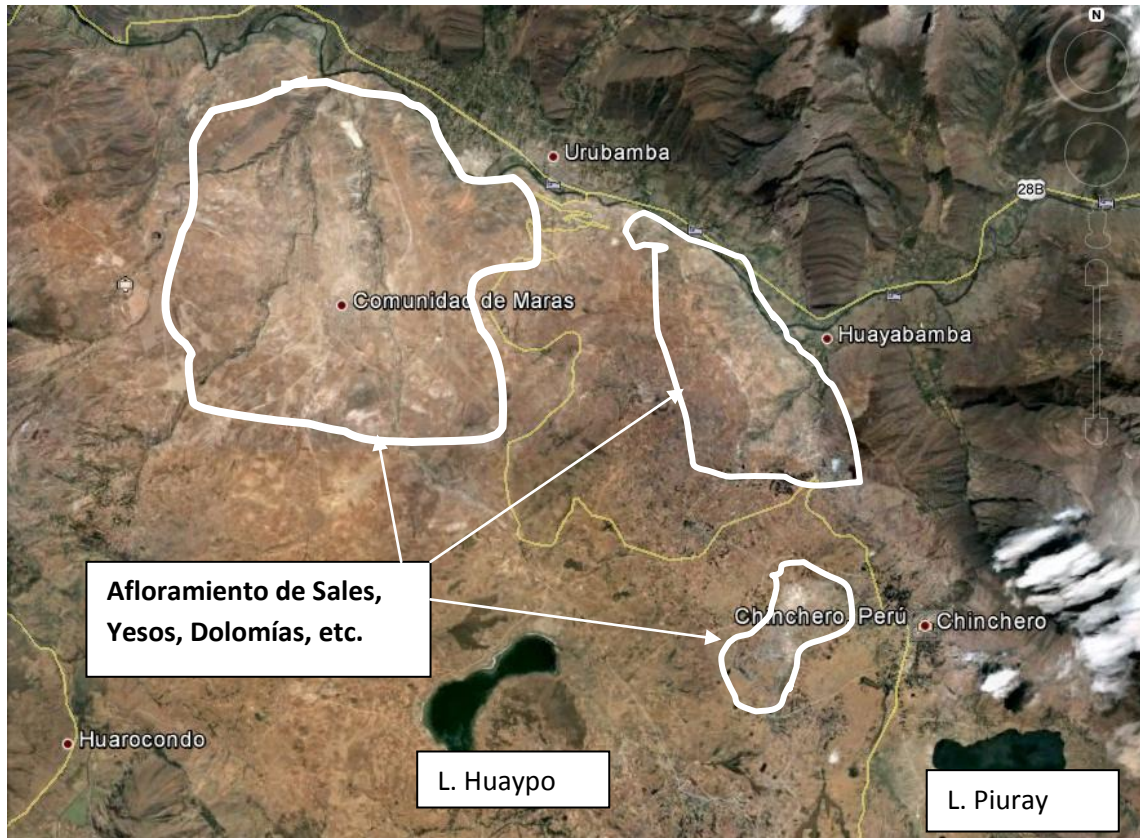
A.-Formación de DOLINAS Y UVALAS.



Fuente foto: Google.com.pe

La fotografía Satelital tomada de Google.com.pe, nos evidencia la presencia de Dolinas y Uvalas, en la Altiplanicie de Chinchero-Maras.

B.-La activa acción geoquímica de **DISOLUCIÓN de sales y sulfatos, evidenciada por la concentración de sales y otros, en los afloramientos de aguas en el sector de Maras y alrededores.**



Fuente foto: Google.com

La Imagen satelital de Google.com.pe, evidencia zonas (Marrones claro blanquecinos), que representan la presencia de concentraciones de sales, yesos, dolomías, etc.; las cuales están encerradas con línea blanca para su identificación rápida.

C.-La probable activa circulación de aguas subterráneas que adicionalmente al segundo punto, contribuye a la disolución de rocas, en especial calizas, yesos, dolomías, evaporitas en general, que en síntesis significa la formación de **KARST**, y una energía suficiente de flujo de la aguas a través de un sistema existente y la existencia indudable de evacuación de dichas aguas (La cual se observa en la Salineras de Maras y que debe existir en otros puntos).



Fuente foto: Google.com.pe

La imagen satelital de Google, muestra claramente la concentración de sales en los puntos de evacuación (afloramiento) de aguas del sistema subterráneo, en la altiplanicie de Chinchero-Maras. Para su apreciación rápida, el autor ha encerrado en un círculo de línea blanca, el aforo de las sales disueltas en el agua, es probable que existan otros puntos de afloramiento semejantes.

5.-OBJETIVO.

El objetivo de “Apunte geológicos – aeropuerto Chinchero-Cusco”, es dar a conocer la existencia del fenómeno geodinámico de Karstificación, como uno de los procesos de históricos, recientes y actuales presentes en la altiplanicie de Chinchero-Maras, y sentar que los mismos requieren de un estudio detallado geológico, geotécnico, geomorfológico, hidrogeológicos, etc. Que permita en primer lugar la construcción del nuevo aeropuerto internacional del Cusco y a la vez que otorgue y garantice la seguridad física de la misma, únicos caminos para que las estructuras civiles a proyectarse y construirse, sean estables, seguros, accesibles y sostenidas.-

6.-JUSTIFICACIÓN.

Igualmente, el presente e inicial trabajo, responde a los propósitos de aportar un diseño estructural y arquitectónico del futuro aeropuerto del Cusco, teniendo en cuenta y con profunda responsabilidad, la existencia de un karstismo activo en las altiplanicies de Chinchero-Maras, y por ende, de esta manera, disminuir y desde ya mitigar estos procesos geodinámicos, en bien de las inversiones futuras y de vidas humanas.



Formación de una dolina por violento colapso: Guatemala

Fuente: Internet.



Formación de una dolina por colapso: España-Zaragoza.

Fuente: Internet.

Ambas fotografías, son ejemplos que ocurren en muchas partes del mundo, donde la actividad kárstica, genera hundimientos violentos y en muchos casos afectan gravemente las economías y a las vidas humanas.

7.-BREVE DESCRIPCION DE LOS PROCESOS GEOLOGICOS HALLADOS.

A.-El proceso básico geoquímico de la formación de Karst, se denomina “karsificación”, que se ha definido como un proceso de meteorización de las rocas, por disolución, hidratación, sustitución iónica, e incluso reducción por oxidación.

Este proceso de Meteorización que produce Karst, actúan con mayor frecuencia sobre rocas del tipo Calizas, dolomías, yesos, anhidritas, haluros, rocas con cementos carbonatadas o sulfatadas, etc. Materiales que justamente son los componentes de las estructuras rocosas de la altiplanicie de Chinchero-Maras.

De lo expresado, se concluye rápidamente, que al interior de las rocas presentes en la Altiplanicie de Chinchero-Maras, “debe” existir un proceso geodinámico de Karsificación, que en términos comunes las conocemos como CAVERNAS-GRIETAS, etc.

La interpretación geomorfológica que he realizado en las imágenes tomadas de Google, vía Internet, y algunas visitas a la altiplanicie, certifican la existencia de este proceso geodinámico de meteorización y generación de karst, ya que se ha identificado la presencia de Dolinas, Uvalas y además la explotación de sales en Maras, corrobora la disolución por aguas subterráneas en partes de las estructuras rocosas internas.



Fuente Imagen: Google.com

La fotointerpretación geomorfológica de la imagen satelital, muestra la presencia de Dolinas y Uvalas, en la altiplanicie de Chinchero-Maras, y además más de una zona de concentración de sales y otros. Estas estructuras geomorfológicas, son los elementos probatorios de la existencia activa del proceso geodinámico de karsificación interna de las rocas.

Debo así mismo indicar, que la escala de las imágenes tomadas de Google, no permite la ubicación e identificación de estructuras geomorfológicas más pequeñas, y muchas de las dolinas históricas, es decir que se formaron en tiempos atrás, no necesariamente son

detectables vía imágenes, dado que los mismos han podido ser rellenadas por sedimentación natural.

El proceso Básico de formación de karst desde la visión geoquímica es la siguiente:

-La atmósfera proporciona casi permanentemente CO_2 , luego este compuesto se combina con el agua (H_2O) formando H_2CO_3 , que finalmente ingresa hasta las rocas para terminar formando $CaCO_3$. Estas reacciones geoquímicas son más efectivas cuanto mayor sea la agresividad y movilidad de las aguas que circulan al interior de las rocas, que son las portadoras del dióxido de carbono.

Coadyuvante a la formación de la karsificación, es la disolución de los haluros (halitas) y otros con la simple presencia del agua subterránea y el flujo de este (Salineras de maras).

No obstante, es necesario indicar y precisar que la formación de dolinas, no necesariamente requiere de la existencia de cavernas o cavidades internas, dado que pudieran existir otras estructuras geológicas como Fallas, fisuras, diaclasas, fracturas, etc. Las cuales son “agrandadas” por la acción de las aguas subterráneas e incluso superficiales.

La formación de dolinas por meteorización, es decir en síntesis, por disolución de las rocas, siempre es un proceso lento, y va dando señales de su formación, la presencia de pequeñas ondulaciones en el terreno así como pequeños hundimientos (pocos centímetros); en contraposición, la generación de dolinas por efectos de disminución en las propiedades mecánicas de las rocas, sobre todo en el techo de una caverna, genera una dolina por colapsamiento, mostrando paredes casi verticales; este tipo de dolinas se producen en forma rápida y violenta, normalmente sin previo aviso, como el ocurrido recientemente al sur del poblado de Chinchero.



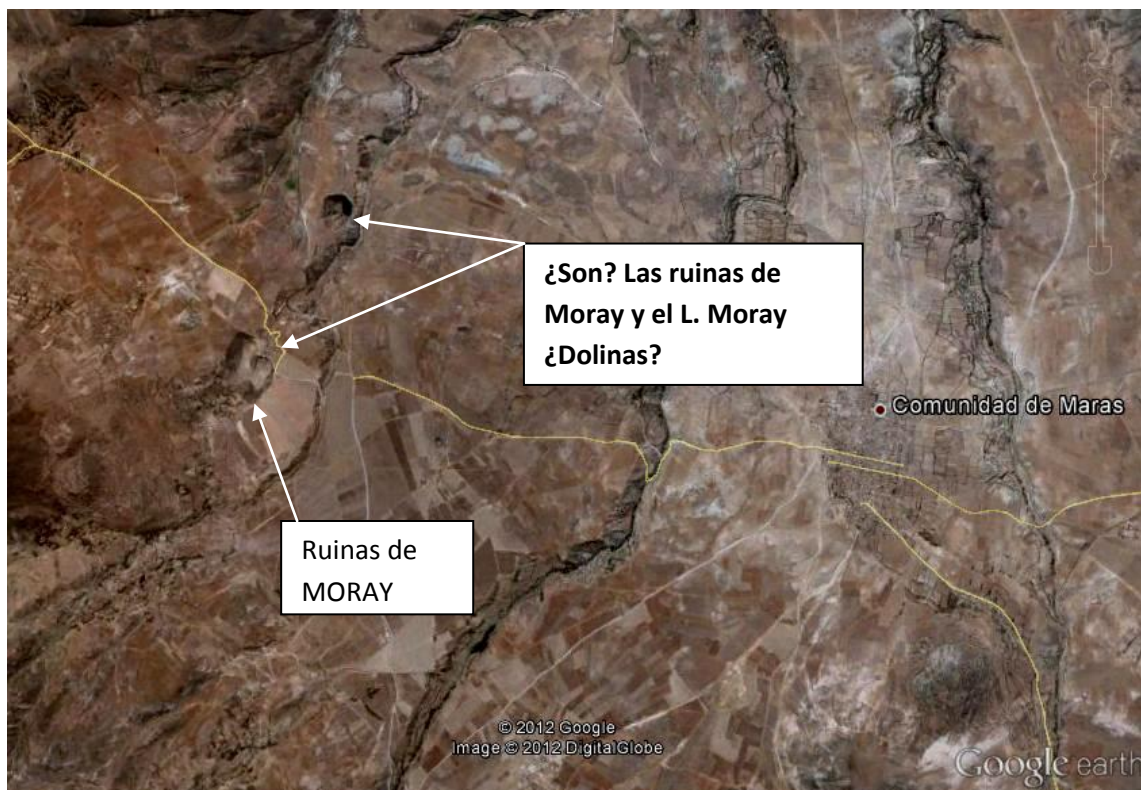
Foto: J. Ángel Bueno G.

Dolina reciente formada por colapso al sur del poblado de Chinchero, aproximadamente de 15 metros de diámetro, 18 m de profundidad y paredes verticales.



Fuente: Google.com

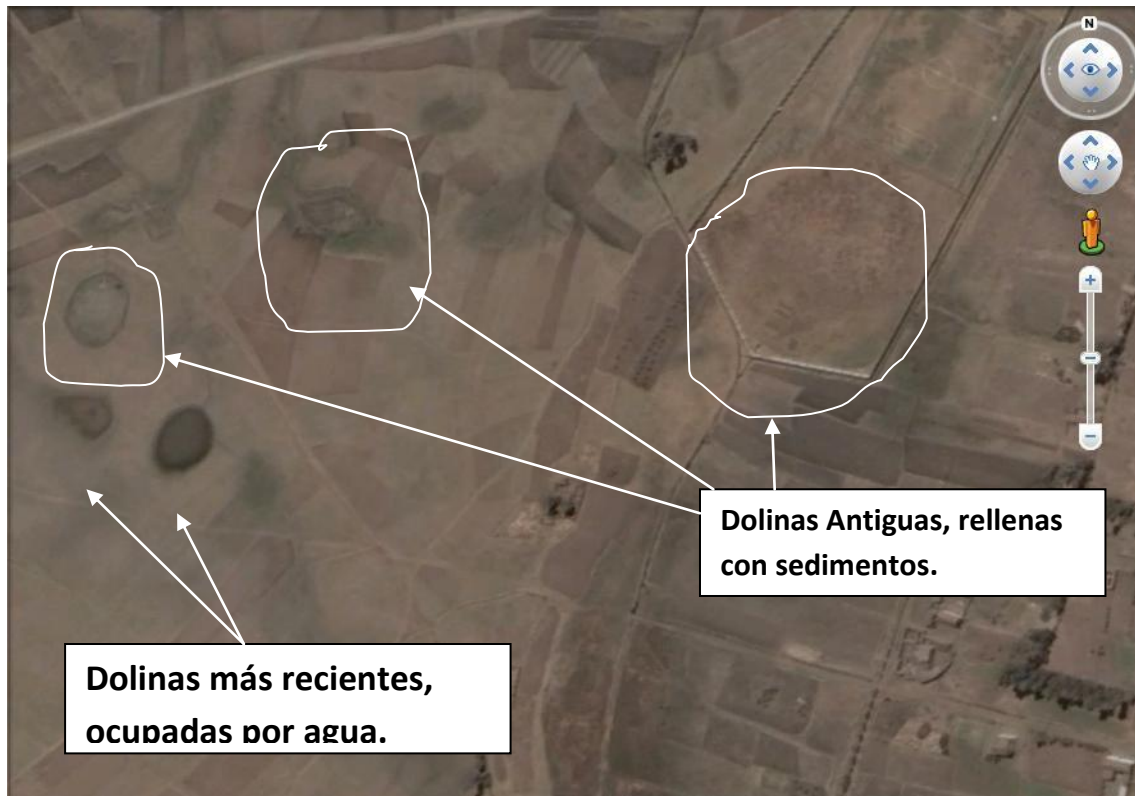
La Imagen Satelital de Google, muestra la dolina actualmente ocupada por agua, es la misma Dolina que se ve en la foto anterior.



Fuente: Imagen Satelital de Google.com

Es posible que las ruinas de Moray, y el lago más al norte, sean dolinas; si así fuesen, podemos inferir que el problema kárstico, está activa en la altiplanicie de Chinchero-maras, desde tiempos bastante remotos.

En cuanto a las Uvales, son formaciones geomorfológicas derivadas de las dolinas, eso quiere decir que las dolinas que se ubican coalescentes, llegan a juntarse o unirse, sin que esto signifique necesariamente un incremento en la actividad geoquímica de meteorización interna.



Fuente Imagen satelital: Google.com

El análisis geomorfológico mediante la interpretación foto geológica, evidencia claramente dolinas antiguas rellenas con sedimentos, y algunas más recientes ocupadas por el agua subterránea fluyente.

8.-RIESGOS.

A pesar de que este estudio de fotointerpretación geológica, geomorfológica en imágenes satelitales, de observaciones de campo rápidas y pre determinadas, viene a ser un estudio en primera aproximación, es un documento que certifica la existencia de dolinas y uvalas, zonas de disolución de evaporitas y otros, las cuales se encuentran en la superficie de la altiplanicie Chinchero-Maras, por tanto “debe” existir cavidades internas por karsificación.

Toda la dinámica evolutiva, tamaños, concentraciones de dolinas, uvalas, zonas de concentración de sales, y la propia karsificación por áreas, debe ser estudiada con la mejor precisión y detalle posible, con el objetivo principal de dar seguridad a las obras civiles que ha de requerir el proyecto del nuevo aeropuerto del Cusco, y además de las inversiones de terceros en obras que serán complementarias al aeropuerto (Agua,

desagüe, regadío, instalaciones eléctricas, accesos, albergues, hostales, hoteles, pistas, restaurantes, parques, zonas de recreo, almacenajes de combustibles, agua etc.).

El peligro principal del proceso geoquímico de karsificación, es sin duda alguna la deformación gravitacional de los elementos materiales que se encuentran en la parte superior, así como hundimientos lentos pero permanente, y los hundimientos violentos por subsidencia, las cuales se expresan como dolinas.

Sin duda alguna todo hundimiento (lento o violento) durante la evolución de las dolinas y uvaes, provocan y generan grandes daños en las estructuras de los edificios, casa, pistas, almacenes, etc. Y puede dañar la vida de los seres humanos.

No es de extrañar que durante la remoción de grandes masas de tierra, debido a la construcción del aeropuerto, se encuentre incluso karst así como dolinas que fueron rellenadas con sedimentos, y otras dolinas, contrariamente, aparezcan o afloren en el momento de la remoción.

Por otra parte desde el punto de vista de la contaminación, dado el incremento de visitantes por la actividad de la explotación del propio aeropuerto y otros, las dolinas puedan ser puntos de acumulamiento de basura, residuos sólidos, aceites, etc. Que luego contaminarán a través del flujo subterráneo de aguas, e incluso los depósitos de sales de Maras, serán afectadas.

9.-BIBLIOGRAFIA. (Por orden de consulta).

- Imágenes satelitales: Google.com.pe

-Gutierrez, F: El riesgo de Dolinas en subsidencia en terrenos evaporíticos, investigación y mitigación. Univ. De Zaragoza- 1999 España.

-Gracia, F y Gutierrez, F: Geomorfología kárstica de la cuenca de Gallocanta y Jiloca: España: 1999.

-Soriano, M. - Simón, J. - Arlegui, L. – Liesa, C. y Pocovi, A. : Problemas causados por el karst aluvial en el centro de la cuenca del Ebro. España: 2000.

-Lamelas, M.: Análisis y cartografía mediante SIG de la susceptibilidad a la formación de dolinas en el entorno de Zaragoza: España-2007.

-Gutierrez, F. – Muñoz, A. y Coloma, P. : Dolinas de subsidencia y de colapso en karst carbonatado-aluvial de grávalos (La Rioja). Origen y Evolución. Univ. de Zaragoza, España. 2006.

-INGEMMET. Boletín N° 65- Serie A: Carta Geológica Nacional, “Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca”: 1966.