

# Evidencias y Pruebas Significativas sobre la Degradación Subaérea en Formas Menores Graníticas: Análisis de Casos

## Varied Evidence and Significant Test on Subaerial Degradation on Granitic Minor Forms: Several Case Analysis

UÑA ALVAREZ, E. de

### **ABSTRACT**

This paper deals with a whole significant questions on the subaerial evolution stage in the granitic minor forms, starting from several gnammas database. First, the ratio depth values (maximum/minimum) are inspect at their theoretical interpretation, related to the expected exposure time for the cavity; the following analysis test differential thresholds in order to establish development patterns, outcome from multivariate statistical techniques application on varied geomorphic environments. The results discussion and derived explanation show that gnamma degradative process is contemporary to the agradative process in epigenic conditions; the present observations variety is associated to special nature and temporary change of the different mechanism regulator components (lithology, morphometry, denudation magnitude, geomorphological evolution and microtopography).

**Key words:** Granite, Gnamma, Subaerial, Degradation, Depth Ratio, Statistical Analysis.

UÑA ALVAREZ, E. de. Area de Geografía Física. Facultade de Humanidades. Campus de As Lagoas-Ourense. Universidade de Vigo. As Lagoas s/n, 32004-Ourense.

## INTRODUCTION

Las concavidades de rango centimétrico (pías, pilas, vasques, weather pits), habituales en las superficies de los afloramientos graníticos, son formas menores de naturaleza ubicua (CAMPBELL & TWIDALE, 1995a). Se ha mostrado en diversos contextos geomorfológicos que las variables de control evolutivo para las pías conciernen sobre todo a las propiedades endógenas del sustrato rocoso, en función de las cuales se responde diferencialmente a mecanismos de desagregación físico-química, cuya intensidad se relaciona con las condiciones epigénicas (TWIDALE, 1990; VIDAL ROMANI et al, 1990; UÑA ALVAREZ, 1997a). En ambiente subaéreo tienen lugar los procesos que generan la morfología secundaria de las cavidades: tales procesos han sido identificados, en el marco de las hipótesis polifásicas evolutivas, como interacciones propias de la secuencia final de diversificación y destrucción de la forma (TWIDALE & VIDAL ROMANI, 1994a; CAMPBELL & TWIDALE, 1995b). En este sentido, la razón de profundidad ( $R_p$ ) proporciona información sobre las modificaciones que, en términos degradativos, sufre la microforma en superficie (VIDAL ROMANI, 1982 y 1983).

Muchos investigadores han mostrado evidencias morfológicas del desarrollo activo de las pías en los tiempos actuales (por ej. escalonamiento de planos de fondo y de familias de coalescencias). Para algunos, un cambio en la posición original de la cavidad es suficiente para ralentizar la perpetuación de su apertura

y ahondamiento, iniciándose una destrucción que progresa con rapidez (CENTENO CARRILLO, 1989); esta influencia de la microtopografía (superficie basal del desarrollo) sobre los rasgos morfológicos secundarios ha sido analizada en diversas muestras (UÑA ALVAREZ, 1996 y 1998), observándose un grado de asociación positiva de intensidad moderada. En cualquier caso, la evolución subaérea de las pías (sea cual sea su origen) ha sido caracterizada por el incremento continuo de sus dimensiones, de manera que parámetros de longitud, anchura y profundidad pueden utilizarse como indicadores de su edad relativa epigénica (TWIDALE, 1989; VIDAL ROMANI & TWIDALE, 1998). Sin embargo este proceso puede estabilizarse o ser detenido, siendo causa de mayor frecuencia el avance de la destrucción de las paredes y del borde superior de la concavidad, relacionado con la ampliación de una escotadura que actúa como canal de desagüe (exutorio). La relación de profundidad  $R_p$  (máxima/mínima) permite cuantificar el proceso en unidades fácilmente comparables entre casos o muestras, obviamente significativas en el análisis del micromodelado (VIDAL ROMANI, 1989). En este trabajo se aportan nuevos resultados operativos para la interpretación de la etapa subaérea en el micromodelado sobre granitos, contemplando la posible dinámica de retroalimentación positiva y los mecanismos degenerativos coetáneos en la secuencia evolutiva de las microformas conocidas como pías en Galicia.

## VALOR Y SIGNIFICADO DE LA RAZON DE PROFUNDIDAD (Rp)

Consideraremos inicialmente las medidas de profundidad máxima y profundidad mínima de la cavidad (PMX, PMN) para 399 observaciones sobre granitos en Galicia (Fig. 1). Los registros (cfr. VIDAL ROMANI, 1982 & DE UÑA ALVAREZ, o.c.) proceden de macizos localizados en torno al Golfo Artabro (A Coruña: Montes do Xalo=MX), las Rías Centrales (Traba: Plataforma inferior=RT, Replano superior=ST; Muros: Monte Louro-Seixos Brancos=ML), y la Depresión ourensana (Ourense: As Chairas-Monte Lombo=AC), así como en el sector de cumbres de las tierras altas surorientales (Manzaneda: Penapetada-Cabeza Grande=MZ). En esta secuencia espacial, marcada por un gradiente altitudinal positivo (línea de costa-1.778 m), los regímenes termoplumiométricos templado-húmedos (litoral NO) se diversifican en tipos cálido-subhúmedo (planicies del interior SE) y fresco-húmedo (montaña del interior SE), sentido en el que aumenta la amplitud térmica anual.

Adicionalmente se han tomado referencias (204 observaciones) sobre microformas de Madagascar (Macizo de Andringitra=MDG, 2.052-2.500 m), en condiciones de montaña tropical (VIDAL ROMANI, RAMANOHISON & RABENANDRASANA, 1997). Los valores de Rp se contrastan, pues, bajo supuestos de

diferenciación geológicas, morfológicas y ambientales, utilizando técnicas de análisis estadístico y multivariado. En todos los casos, la naturaleza de las megaformas (replanos isotopográficos y residuales convexos) responde a procesos de corrosión química combinados con la acción de desmantelamiento por la red de drenaje (UÑA ALVAREZ, 1986 y 1997b; PAGES VALCARLOS & VIDAL ROMANI, 1997; YEPES TEMIÑO, 1998).

*Las claves de interpretación* teórica para valores de Rp (Tabla 1) asumen un modelo de crecimiento continuo para las pías, contrastado experimentalmente (VIDAL ROMANI, 1983; UÑA ALVAREZ, 1996 y 1998): en la primera etapa, tiene lugar la apertura del plano horizontal superior (similar en patrón geométrico pero de menor magnitud en el plano basal) y el incremento rápido de la profundidad; en la segunda etapa, el desarrollo de las dimensiones iniciales diferencia tipologías que mantienen la prevalencia de la expansión en longitud (L) sobre la anchura (A), tanto en superficie (S) como en fondo (F), y sobre la profundidad; entre algunas de las muestras citadas se mantiene  $PMX > LS > AS > LS > AF$  con valores  $< 10\%$  de las observaciones siendo relación común para todas ellas  $LS > LF > AS > AF > PMX$ ; la incidencia de los procesos epigénicos (las formas más evolucionadas deberían presentar entonces mayor Rp) es decisiva en la segunda etapa.

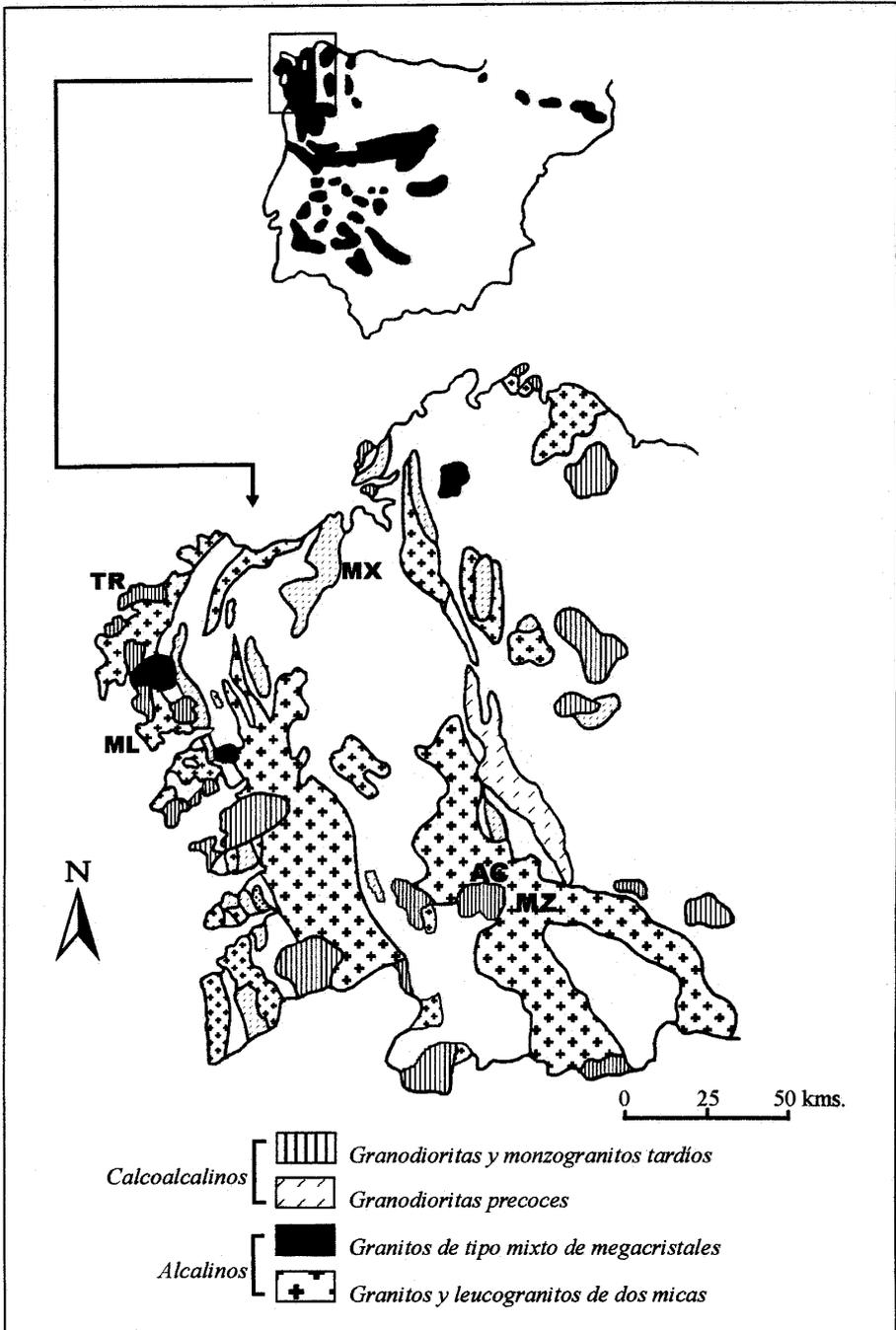


Fig. 1. Croquis de situación

En este caso, al considerar los tipos de estado diferenciados en su distribución de frecuencias obtenemos una *estructura teórica de referencia* para cada muestra (Tabla 2): la existencia de clases vacías, el bajo peso de las clases intermedias y la prevalencia de los intervalos superiores manifiestan la posible existencia de varias generaciones de cavidades. En los macizos cuyas pías activas presentan mayoritariamente estados de degradación elevada (>80% de las observaciones), las microformas en estado de crecimiento están ausentes (ML, MX) o son muy poco frecuentes (AC); ciertos tipos codificados por una degradación incipiente-moderada (siempre los de menor relevancia) se registran en los macizos cuyas pías activas se encuentran generalmente muy degradadas

(60-80% de las observaciones), pero que, a su vez, ofrecen un porcentaje respetable de microformas no degradadas (RT, ST, MZ).

El peso representado en todas las muestras por los tipos superiores (E5) y por los tipos inferiores (E1) no hace sino constatar, por tanto: que *las pías de mayor edad epigénica teórica* son características de los replanos (fragmentos de superficies grabadas) de menor altitud en el SE de Galicia (AC 380-430 m) así como de los residuales (colinas convexas) del litoral W (ML 100-240 m); y que *las pías de menor edad epigénica teórica* son características de los replanos de mayor altitud en el SE de Galicia (MZ 1190-1778 m) así como de las superficies de abrasión del litoral W (RT 0-20 m, Camelle) y los replanos adyacentes (ST 250-300 m, Alto de Rascalobos).

| E | RP        | RB    | TE   | DEG         |
|---|-----------|-------|------|-------------|
| 1 | 1,00      | 0     | Mín  | Nula        |
| 2 | 1,01-1,32 | 1-24  | <25  | Incipiente  |
| 3 | 1,32-1,99 | 25-49 | <50  | Moderada    |
| 4 | 2,00-3,99 | 50-74 | <75  | Elevada     |
| 5 | 4,00      | 75-99 | <100 | Muy Elevada |
| 6 | PMN=0 cm  | 100   | Max  | Total       |

E=Tipos de Estado Actual. RP=Relación de Profundidad. RB=Rebajamiento del Borde (%). TE=Tiempo de Exposición Esperado en % (Mín=Mínimo, Max=Máximo). DEG=Magnitud de la Degradación.

**Tabla 1. Valores Teóricos de la Rp**

| RP        | RT          | ST          | ML          | MX          | AC          | MZ          |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1,00      | 14          | 18          | -           | -           | 3           | 19          |
| 1,01-1,32 | 2           | 2           | 7           | -           | -           | -           |
| 1,33-1,99 | 6           | 21          | 3           | 13          | 3           | 6           |
| 2,00-3,99 | 29          | 33          | 27          | 56          | 27          | 39          |
| 4,00      | 49          | 26          | 63          | 31          | 67          | 36          |
| Total     | 100<br>n=35 | 100<br>n=43 | 100<br>n=30 | 100<br>n=32 | 100<br>n=30 | 100<br>n=36 |

\*Frecuencias Relativas (%). Valores redondeados sobre total de Pías activas (n).

**Tabla 2. Estructura Teórica de Referencia para Rp**

## MAGNITUDES DIFERENCIALES Y PATRONES EVOLUTIVOS

Resulta obvio que variables tales como la alterabilidad potencial del sustrato granitoide, la naturaleza de los eventos geomorfológicos a escala regional, la evolución del ambiente subaéreo, y la consecuente oscilación de los balances denudativos, deben ser consideradas (TWIDALE & VIDAL ROMANI, 1994b). En este caso, los estadísticos exploratorios pueden utilizarse para efectuar una primera aproximación a las condiciones reales de la Rp; al considerar los tipos de estado en sus medidas de posición y en sus registros altos (detectados sobre los límites externos de las observaciones ordenadas), obtenemos una *estructura empírica de referencia* para cada muestra (cfr. UÑA ALVAREZ, 1999) y los resultados proporcionan información relevante (Tablas 3 y 4).

En primer lugar, los contrastes apreciados entre los *valores límite de estado* por lo que respecta al rebajamiento de las pías (Rb=% de pared ausente): se definen claramente dos tipos asociados a las formas menos degradadas (B: Rb<50, Rb>50) y moderadamente degradadas (C: Rb<75, Rb>75); estas diferencias se mantienen, si bien con menor rango, para las formas de degradación elevada (D para Rb=76-89) o muy elevada (E para Rb=85-94), grupos en los que algunas pías activas presentan similares Rp; y se atenuan en sus estados degradativos extremos (F para Rb=91-97). En segundo lugar, las *secuencias derivadas del progreso diferencial* en el proceso (Re=Ratio Rp entre estados) expresan dos tipos principales de comportamiento (Fig.

2.1 y 2.2), que solo poseen en común la atenuación notable en la fase previa a la degradación total (E, F con Re<1,1): para T1 (ML, AC) el incremento muy rápido de la etapa inicial (ReB>50), se ralentiza de forma intensa en la etapa intermedia (ReC=1,4) y superior (ReD=1,1); para T2 (RT, MZ) el incremento rápido de la etapa inicial (ReB<50), se ralentiza de forma moderada en la etapa intermedia (ReC=1,7), y con mayor intensidad a partir de la etapa superior (ReD=1,1).

La identificación de umbrales de estado y de tipos evolutivos genéricos, entre los que se encuentran variedades (Fig. 2.3) definidas por la desigual intensidad del mecanismo bien en la etapa intermedia (para T1 ReC=1,1 en MX) bien en la etapa superior (para T2 ReD=1,4 en ST), *confirma supuestos previamente descritos* (VIDAL ROMANI, 1982): la degradación de la pía progresa aceleradamente hasta que se destruye cerca el 50% de su pared, experimentando una ralentización posterior. De hecho, las desigualdades entre las muestras (con referencia a Rp máxima de estado) mantienen un recorrido de 3-10% para Rb en las cavidades activas menos degradadas (B+C) sin obtener registros idénticos para Rp; oscilan entre 1-8% para Rb en las observaciones de degradación elevada (D) entre las que se encuentran registros de Rp similares; y se reducen al 1-3% para Rb en las cavidades activas más degradadas (E+F) donde volvemos a encontrar registros parejos de Rp.

Por otra parte, tanto el valor de Rp como la naturaleza de los tipos evolutivos *avanza una serie de relaciones especialmente significativas*. Resulta evidente, por ejem-

plo, que existe cierta asociación entre los caracteres del sustrato rocoso (edad, composición, textura) y los estados degradativos superiores (cfr. Tablas 3 y 4); o que los patrones de comportamiento reflejan situaciones en las que los mecanismos degradativos han experimentado cambios de magnitud más o menos recientes (cfr. Figs. 2). Asimismo se observa, al menos en virtud de los ambientes actuales, una posible asociación entre las condiciones subaéreas y la intensidad relativa del proceso.

A partir de tales referencias y de las secuencias de desarrollo estimadas, en las que subyace indudablemente una correspondencia con *medios geomórficos más o menos*

*estables* manifestada por las pautas de regularidad, ralentización y/o revitalización relativa del proceso, abordamos el análisis de las variables reguladoras y las condiciones específicas que controlan el estado actual de las pías por lo que respecta a los caracteres derivados de la existencia de mecanismos degenerativos. Tales caracteres, habitualmente, se emplean como criterios taxonómicos desde el punto de vista epigénico (por ej. formas en cuello de camisa, plato, rosquilla) y como indicadores relativos de la magnitud geomorfológica para los procesos subaéreos (degradativos y/o destructivos).

| E  | TE   | TD | ML        | MX       | MZ        |
|----|------|----|-----------|----------|-----------|
| 2  | <25  | B  | <2,5      | <2,1     | <1,6      |
| 3  | <50  | C  | 2,5-4,5   | 2,1-2,5  | 1,6-2,7   |
| 4  | <75  | D  | 4,5-6,2   | 2,5-5,0  | 2,7-5,0   |
| 5a | <100 | E  | 6,2-10,0  | 5,0-7,5  | 5,0-10,0  |
| 5b | <100 | F  | 10,0-11,0 | 7,5-11,4 | 10,0-18,0 |

TD=Tipo Degradativo (B Incipiente; C Moderado; D Elevado; E Muy Elevado; F Extremo) en Pías activas.

**Tabla 3. Tipos Degradativos en Granitos Precoces**

| E  | TE   | TD | RT        | ST       | AC        |
|----|------|----|-----------|----------|-----------|
| 2  | <25  | B  | <1,7      | <1,5     | <2,3      |
| 3  | <50  | C  | 1,7-3,8   | 1,5-2,2  | 2,3-5,3   |
| 4  | <75  | D  | 3,8-8,0   | 2,2-4,1  | 5,3-9,0   |
| 5a | <100 | E  | 8,0-15,0  | 4,1-6,8  | 9,0-18,0  |
| 5b | <100 | F  | 15,0-24,0 | 6,8-30,0 | 18,0-20,0 |

TD=Tipo Degradativo (B Incipiente; C Moderado; D Elevado; E Muy Elevado; F Extremo) en Pías activas.

**Tabla 4. Tipos Degradativos en Granitos Tardíos**

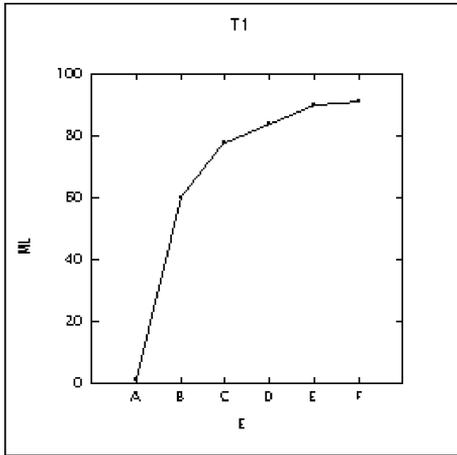


Figura 2.1. Patrón Degradativo T1

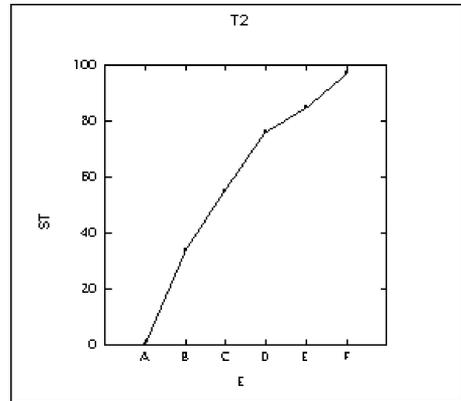


Figura 2.3. Patrón Degradativo T2 (Subtipo)

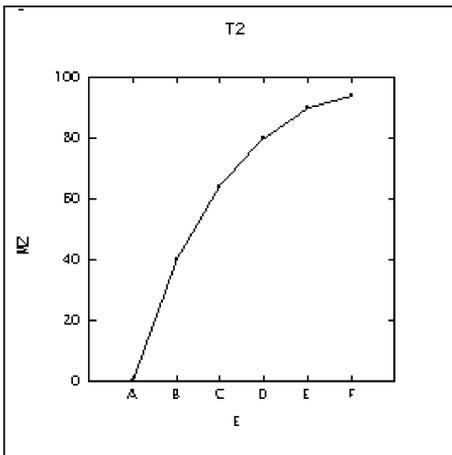


Figura 2.2. Patrón Degradativo T2

## VARIABLES REGULADORAS DEL MECANISMO DEGRADATIVO

Los valores obtenidos para  $R_p$  presentan distribuciones muy apuntadas, sesgadas positivamente, y coeficientes de variación elevados respecto al promedio ( $M$ ); todos ellos son motivos que aconsejan la utilización de estadísticos robustos, como

la mediana ( $Med$ ), en el tratamiento multivariado de datos; en la Tabla 5 se observa la mayor bondad de los registros centrales de posición ( $NDS P=0,05$ ). Los datos señalan que para las pías en los replanos de MDG (desarrolladas sobre sienitas en ambiente tropical contemporáneo) se obtienen valores de  $R_p$  muy cercanos a los de las pías en la plataforma marina exterior de Traba ( $RTa$ ) sobre granitos tardíos en ambiente templado); pero, en el contexto de este último macizo, otros registros de  $R_p$  son mucho menores (interior de la plataforma litoral  $RTb$  y relieves superiores  $STt$ ). La atención debe concentrarse en la variabilidad, que manifiesta una situación más homogénea en MDG, y en los porcentajes sobre la muestra total de las cavidades totalmente degradadas, sensiblemente mayores en las sienitas. Así, parece clara la mayor incidencia de los mecanismos degradativos en MDG, lo cual subraya las aseveraciones precedentes.

| R               | MDGa                  | MDGb                  | RTa                  | RTb                  | STt                  |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| M<br>LC         | 12,0<br>(±2,2)        | 14,3<br>(±3,4)        | 13,8<br>(±2,8)       | 8,2<br>(±3,2)        | 7,9<br>(±3,6)        |
| S<br>K<br>CV    | 1,9<br>5,0<br>0,9     | 3,5<br>15,5<br>1,2    | 2,2<br>5,8<br>1,1    | 2,9<br>8,6<br>1,7    | 5,2<br>32,9<br>2,3   |
| Med<br>LC<br>IV | 10,0<br>(±2,2)<br>1,5 | 10,0<br>(±2,1)<br>1,4 | 8,0<br>(±2,3)<br>2,1 | 2,1<br>(±0,9)<br>2,3 | 2,1<br>(±0,6)<br>1,9 |
| P6              | 66,0                  | 56,8                  | 30,7                 | 18,0                 | 8,0                  |
| N               | 103                   | 102                   | 130                  | 72                   | 99                   |

R=Registro. Muestras: MDGa (Amparambatsoa), MDGb (Pic Bobby), RTa (Rasa Exterior), RTb (Rasa Interior), STt (Total Superior). M=Media Med=Mediana (LC 95%). S=Sesgo. K=Curtosis. CV=Coef. Variación. IV=Índice de Variabilidad. P6=Porcentaje de Pías totalmente degradadas. N=Número de casos.

**Tabla 5. Estadísticos Comparados para Rp**

Según revelan los coeficientes producto-momento obtenidos (testados por la matriz de probabilidades ajustadas Bonferroni para LC=95%), *las asociaciones positivas* entre las variables PMX & Rp son de mayor intensidad ( $r > 0,7$ ) en las muestras más degradadas y con mayor variabilidad de estado como RTa; y se caracterizan por grados moderados ( $r = 0,5-0,6$ ) tanto en las muestras más degradadas con menor variabilidad de estado (MDG) como en las que presentan valores degradativos intermedios con menor variabilidad de estado (STt). Esta situación constata, en términos estadísticamente significativos, que existe un mecanismo de retroalimentación positiva acelerada característico en la dinámica inicial del proceso degradativo (ahondamiento+rebajamiento), manifestando además la sensibilidad del sistema (la pía)

ante los posibles cambios en las variables reguladoras.

Los resultados del análisis multivariado (ACP), tomando pues como registros de referencia tanto los valores medianos (representativos del estado genérico degradativo) y máximos (representativos del estado límite) para Rp como sus homónimos para las medidas de longitud, anchura y profundidad, en los macizos de Madagascar, A Coruña, Traba y Ourense (representativos de condiciones epigénicas tipo), *demuestran que el desarrollo del proceso es efectivamente secuenciado al tiempo que las pías incrementan sus dimensiones* (Fig. 3). Se obtienen asociaciones positivas elevadas de Rp con la longitud máxima, la profundidad máxima y el volumen mediano/máximo de las pías ( $r = 0,7$ ), y moderadas con la anchura máxima ( $r = 0,5-0,7$ ). Pero para

identificar otras variables influyentes en las diversas magnitudes de  $R_p$ , detectadas por la tipología de los patrones degradativos expuestos, han de considerarse *los registros de referencia geoambientales*.

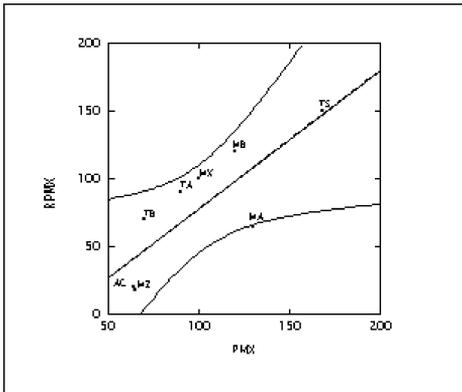


Figura 3. Relación  $R_p$  máxima y  $P_{mx}$  (LC 95%)

En el análisis elaborado estas variables aluden tanto a propiedades concretas del emplazamiento de las pías (altitud, orientación, pendiente de la superficie de desarrollo), del material rocoso de partida (edad, composición, grano) y del ambiente subaéreo (temperatura, precipitación, amplitud térmica); como a la presencia de depósitos o formas indicadores de meteorización física (gelifracción, abrasión) y físico-química (humectación/desecación, disolución); asimismo, se han utilizado los registros estimados para tasas de denudación actuales y pasadas (HUGGETT, 1991; BLANCO et al, 1991).

A la vista de la matriz de Pearson resultante, examinando la varianza explicada por los coeficientes de determinación ( $r^2$ ), se diferencian respecto a  $R_p$  una serie de variables asociadas; éstas son las referentes a propiedades litológicas ( $r^2=55-$

56%), condiciones subaéreas actuales ( $r^2=59-61%$ ) y condiciones subaéreas pasadas ( $r^2=64-67%$ ). Por lo tanto, se refleja la influencia tanto de los rasgos endógenos del sustrato como de la magnitud de los balances denudativos epigénicos; y en este último caso, las tasas antiguas se asocian con mayor intensidad a los registros de  $R_p$  máxima lo cual nos aproxima al rango evolutivo explicitado para la misma.

Indudablemente, existen ausencias de correlaciones elevadas también significativas. Las propiedades del emplazamiento, por ejemplo, presentan asociaciones de grado muy moderado con los valores de  $R_p$  ( $r=0,4$ ); sin embargo, sabemos que son variables influyentes; lo que diferencian estos resultados es la magnitud temporal de su acción: la oscilación del bloque o superficie basal, y la orientación del eje mayor de las pías pueden variar pero habitualmente lo hacen en el contexto específico de una mesoforma (tor, penedo, bolo) en respuesta a episodios que, podríamos decir, pertenecen a su dinámica interna (equilibrio de cargas, lavado diferencial de diaclasas). La prueba es que a nivel de componentes explicativos detectados por el ACP, estas variables aparecen agrupadas invariablemente por su pesos en el tercer o cuarto factor (VE 10%) mientras que las demás seleccionadas se detectan en los dos primeros (VE 70%).

La morfología actual de las pías, derivada fundamentalmente de la evolución de sus rasgos primarios, muestra que los mecanismos degradativos epigénicos son tanto mayores cuanto mayores son la alterabilidad del sustrato y la antigüedad relativa de la forma (rango dimensional), en

ambientes subaéreos meteóricos más agresivos. Refleja, por otra parte, el grado de estabilidad geodinámica al que ha estado sujeto su funcionamiento, más o menos favorable a la replicación de las condiciones iniciales de desarrollo. Las muestras que presentan estados degenerativos muy avanzados tanto en el grupo de pías activas como en el de pías fósiles representarían mayor tiempo de exposición epigénica en medios estables (MDG), mientras que aquéllas en que conviven estados degenerativos contrastados, similares en las pías no activas a los anteriores, sugieren idéntica secuencia temporal en medios inestables (RT). Por el contrario, las muestras que presentan estados degenerativos de menor relevancia con ausencia de casos totalmente degradados representarían menor tiempo de exposición epigénica en medios estables (MZ).

## CONCLUSIONES

El empleo de los valores de Rp, significados en el contexto de una hipótesis de crecimiento para las pías, representa una aproximación teórica en tanto que presupone estabilidad geodinámica. Mediante la aplicación de técnicas estadísticas exploratorias es posible identificar, tal y como se ha mostrado, umbrales degradativos asociados a patrones de evolución del proceso, en términos relativos de exposición epigénica. La interpretación de estas secuencias utilizando técnicas multivariadas avanza una serie de cuestiones sobre los mecanismos de diversificación epigénica de las gnammas.

Los valores de posición y centralidad de las muestras estudiadas señalan que las

pías presentan, en general, un estado de degradación elevado; sin embargo, los registros extremos son muy desiguales. Los casos de mayor dimensión son los que han sufrido mayor rebajamiento de las paredes y el plano superior, con la salvedad de los que han sido afectados por mecanismos de frenado y/o detención en el proceso de crecimiento.

El mecanismo de la degradación progresa de forma rápida hasta el momento en que la cavidad pierde aproximadamente la mitad de su borde y plano superior; esta referencia es siempre relativa al estado actual y no cabe su interpretación si la microforma ya no es activa. La dinámica de esta fase inicial y su evolución posterior ralentizada tiene lugar bajo control de variables de naturaleza epigénica (balances denudativos) y de naturaleza no epigénica (geometría de base, alterabilidad primaria, inestabilidad geomorfológica), tal y como se ha podido apreciar, sobre todo, para los registros máximos de Rp.

Este mecanismo de degradación subaérea es coetáneo, al menos en ciertas etapas, al proceso agradativo en el plano horizontal y vertical de las gnammas. En virtud de condiciones específicas, varía notablemente su ratio de magnitud. Se comprende, por tanto, el interés del estudio de los casos presentados y la necesidad de continuar la investigación en el contexto metodológico reseñado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la disponibilidad de los datos al Prof. J.R. Vidal Romaní (Facultade de Ciencias, Universidade da Coruña), y a los

Profs. H. Ramanohison y S. Rabenandrasana (Ecole Supérieur Polytechnique de Tana, Madagascar), así como las observaciones realizadas sobre la evaluación de resultados del

trabajo por el doctor J.R. Vidal Romaní y los comentarios particulares sobre las gnammas en el macizo de Manzaneda debidos al doctor J. Yepes Temiño.

**BIBLIOGRAFIA**

- BLANCO, J.A.; MOLINA, E. & MARTIN SERRANO, A. coords (1991). *Alteraciones y Palealteraciones en la morfología del Oeste peninsular*. ITGMESEG, Monografía nº 6, 286 págs.
- CAMPBELL, E.M. & TWIDALE, C.R. (1995a). Lithologic and climatic convergence in granite morphology. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 20: 381-403.
- CAMPBELL, E.M. & TWIDALE, C.R. (1995b). The various origins of minor granite landforms. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 20: 281-306.
- CENTENO CARRILLO, J.D. (1989). Evolución cuaternaria del relieve en la vertiente Sur del Sistema Central Español. Las formas residuales como indicadoras morfológicas. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 13: 79-88.
- HUGGETT, (1991). *Climate, Earth processes and Earth history*. Springer-Verlag, Berlín, 281 págs.
- PAGES VALCARLOS, J.L. & VIDAL ROMANI, J.R. (1997). Evolución Neógena de la cuenca baja del Tambre. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22: 121-132.
- TWIDALE, C.R. (1989). La iniciación subsuperficial de las formas graníticas y sus implicaciones en las teorías generales de evolución del paisaje. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 13: 49-68.
- TWIDALE, C.R. (1990). The origin and implication of some erosional landforms. *Journal of Geology*, 98: 343-364.
- TWIDALE, C.R. & VIDAL ROMANI, J.R. (1994a). On the multistage development of etch forms. *Geomorphology*, 11: 107-124.
- TWIDALE, C.R. & VIDAL ROMANI, J.R. (1994b). The Pangaeian inheritance. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 19: 7-36.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1986). *El macizo de La Coruña. Análisis estructural y morfología de un afloramiento granítico*. Univ. de Santiago de Compostela, Tesis Doctoral, Inédita.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1996). Análisis morfométrico de gnammas en rocas graníticas. Resultados de un estudio piloto en Galicia. Pub. Univ. de Vigo, *Minius*, V: 141-154.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1997a). Variables de control en la génesis y desarrollo del modelado granítico. Análisis de microformas en el macizo de Manzaneda (Galicia, España). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22: 29-42.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1997b). Morfología y Unidades del relieve en la provincia de Ourense (Galicia, España). Pub. Univ. de Vigo, *Minius*, VI: 141-150.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1998). Estudio multivariado del micromodelado granítico: Interpretación comparada de la génesis y evolución de las gnammas en macizos antiguos. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 23: 271-282.
- UÑA ALVAREZ, E. de (1999). Microformas primarias y condiciones epigénicas: Una valoración de los procesos degradativos en granito (Galicia, España). Pub. Univ. de Vigo, *Minius*, VII: 257-262.
- VIDAL ROMANI, J.R. (1982). El papel del agua en la evolución de la pía (vasque, gnamma). Correlación esta-

- dística de medidas. *Boletín Auriense*, XII: 83-112.
- VIDAL ROMANI, J.R. (1983). *El Cuaternario de la provincia de La Coruña. geomorfología granítica. Modelos elásticos de formación de cavidades*. Pub. Univ. Complutense de Madrid (1985), 2 Tomos, 600 págs.
- VIDAL ROMANI, J.R. (1989). Geomorfología granítica en Galicia (NW España). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 13: 89-163.
- VIDAL ROMANI, J.R. & TWIDALE, C.R. (1998). *Formas y Paisajes graníticos*. Pub. Univ. da Coruña, Monografías nº 55, 411 págs.
- VIDAL ROMANI, J.R.; RAMANOHI-SON, H. & RABENANDRASANA, S. (1997). Géomorphologie granitique du Massif de l'Andringitra: Sa relation avec l'évolution de l'île pendant le Cénozoïque. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22: 183-202.
- VIDAL ROMANI, J.R.; BRUM FERREIRA, A.de; ZEZERE, J.; RODRIGUES, L. & MONGE, C. (1990). Evolución cuaternaria del relieve granítico en la Serra de Gerëz-Xurés (Minho, Portugal; Ourense, Galicia). *Cuaternario y Geomorfología*, 4: 3-13.
- YEPES TEMIÑO, J. (1998). *Geomorfología de un sector comprendido entre las provincias de Lugo y Ourense (Galicia, Macizo Hespérico)*. Univ. Complutense de Madrid, Tesis Doctoral, 203 págs.