IMPACTO DO CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE O COMPOÑENTE ORGÁNICO DOS SOLOS GALEGOS

GUNTIÑAS RODRÍGUEZ, María Elena
IES As Fontiñas. (Santiago de Compostela)

Introdución.

Unha das características da comunidade autónoma galega, situada ao NW da Península Ibérica, é a súa gran diversidade climática. De forma xeralizada se poden diferenciar tres tipos de climas que se caracterizan por:

1) Temperatura media anual inferior a 8º C con un déficit absoluto anual de precipitación moi pequeno, que implica menos de 45 días de seca ao año. Define ás *zonas de alta montaña galegas.*
2) Temperatura media anual entre 8-12º C con un déficit de precipitación equivalente a 45-90 días de seca ao ano. Corresponde, basicamente, á *zona central de Galicia.*
3) Temperatura media anual superior a 12º C e con mais de 90 días ao ano de déficit absoluto de precipitación. Caracteriza, fundamentalmente, ao *sector litoral das rías Baixas e do val do río Sil.*

Como existen transeptos altitudinais de temperatura e precipitación que representan a esta diversidade climática, é factible facer o estudio "in situ" da influencia do cambio climático global sobre os solos de Galicia.

Materiais e métodos.

Materiais

O estudio realizouse con mostras de solos pertencentes ás tres zonas climáticas distintas de Galicia, esto é, alta montaña, zona central e sector litoral – Rías Baixas. Para elo seleccionáronse áreas nas tres zonas climáticas deseñadas: *Navia de Suarna,* **N,** (910m de altitude, correspondente a alta montaña), *Sobrado dos Monxes,* **S,** (500 m de altitude, correspondente á zona central) e *Pontearéas,* **P,** (50 m de altitude, correspondente á zona litoral).

Na selección tívose en conta a posición topográfica (fondo de val) e o soporte vexetativo (prado natural). En todos eles se analizaron súas principais propiedades físicas, químicas e bioquímicas (Táboa 1).

Táboa 1: datos xerais dos tres solos control.

Solo	Localización	Latitude	Lonxitude	Altitude	Rango mensual * das temperaturas	Precipitacións Anuais*	Rochas mai dos solos
N	**Navia**	**42°57´10" N**	**6°52´02" W**	**910 m**	**15.5 - 3.6 ºC**	**1453 mm**	**Lousas**
S	**Sobrado**	**43°02´45" N**	**8°01´00" W**	**500 m**	**16.5 - 6.7 ºC**	**1428 mm**	**Xistos básicos**
P	**Pontearéas**	**42°10´55" N**	**8°31´10" W**	**50 m**	**21.7 - 8.5 ºC**	**1543 mm**	**Granitos**

*** valores para o período 1960 - 1990**

En Xulio de 1997 tomáronse mostras dos solos de “alta montaña” e “zona central” mediante o procedemento seguinte: extraéronse monolitos de solo introducindo cilindros de PVC (40 cm. de ∅ y 25 cm. de alto) nos solos, que, a continuación, foron protexidos; estes monolitos de solo non desturbado, foron transportados e enterrados en zonas climáticas diferentes ás de procedencia, mais todas elas teñen un tipo similar de solo, topografía e vexetación. Para elo procedeuse do seguinte modo:

- oito monolitos de solo de Navia de Suarna **(N)** foron enterrados en Sobrado dos Monxes **(NS)** e outros oito en Pontearеas **(NP);**
- oito monolitos de Sobrado dos Monxes **(S)** foron trasladados e enterrados en Pontearеas **(SP).**
- ö mesmo tempo, en cada área de estudio, se estableceron “cilindros control”, con súas correspondentes réplicas.

Este montaxe permitiu estudiar e contrastar o efecto dunha variación climática suave: (alta montaña **(N)** - zona central **(S)**; zona central **(S)** - zona litoral **(P)**) e dunha variación intensa: (alta montaña **(N)** – litoral **(P)**) sobre as propiedades bioquímicas do solo.

En novembro do mesmo ano, despois de catro meses de estabilización, se tomaron mostras dos 10 cm. superficiais de todos os cilindros dos solos (monolitos), tanto dos transportados como dos “in situ”. Estas mostras foron pasadas por un tamiz de < 4 mm. de malla, para logo determinar sobre mostra seca ao aire: carbono total e nitróxeno total. Con posterioridade en Novembro 1997, 1998 e 1999 e en Marzo 2000 repetiuse o mostreo dos solos, tomando sempre os 10 cm, superiores dos monolitos que aínda non se habían mostreado, para determinar as mesmas propiedades.

Métodos

Para a determinación de carbono e nitróxeno total se utilizaron os métodos de Guitián Ojea F. e Carballas T. (1976).

A respiración do solo determinouse mediante incubación a 25º C de 25 g de solo húmido, baixo condicións óptimas de humidade (pF 1,8-2), en frascos de cerre hermético, durante dez días. O CO_2 desprendido polo solo retense nunha trampa alcalina de NaOH de concentración coñecida; o álcali non consumido na adsorción de CO_2 valorouse utilizando un valorador automático (Crison Compact Titratior, SN: 14301) con HCl de concentración coñecida. Previamente á valoración é preciso facer a precipitación dos carbonatos presentes con $BaCl_2$. Este feito determinou que se fixase en 9,50 o pH final de dita valoración, co fin de minimizar a disolución dos carbonatos precipitados previamente. Realizáronse determinacións de CO_2 desprendido aos días 1, 2, 4, 7 e 10 de incubación dos solos, e os resultados expresáronse como mg C-CO_2 desprendido/100g de solo desecado en estufa a 110°C.

Os datos climáticos, temperatura máxima e mínima diaria e precipitacións diarias, foron recollidos nos observatorios: *Folgueiras de Aigas, Sobrado* e *Pontearеas,* próximos ás áreas estacionais.

Para caracterizar a influencia do clima sobre as propiedades do solo se determinaron os coeficientes seguintes:

1) **Factor hídrico (F_m)**: obtido de diagramas *Thornthwaite´s;* modelouse o réxime hídrico dos solos, cuantificando os días nos que a sección de control do solo permaneceu totalmente húmido, parcialmente seco ou totalmente seco. A cada día se lle deu un factor distinto en función do estado de humidade da sección de control, tal como: (1) saturado de humidade, (0,75) seca lixeira, (0,5) seca intermedia, (0,25) seca intensa, (0) seca total; de tal forma que a suma de estes factores ó largo do mes proporciona unha medida cuantitativa da reserva hídrica ó longo do mes.
2) **Factor térmico (F_t)**: mediante a *integral térmica*, considerando as temperaturas medias de todos os períodos nos que a temperatura mínima foi superior a 5º C. Para estudiar la influencia conxunta dos factores térmico e hídrico, multiplicouse para cada mes o valor de ambos los dous coeficientes.
3) **Factor climático** que é un factor combinado obtido do producto **(F_t x F_m)** *(Wildung et al. 1995).* Este factor considerase como unha estimación da eficiencia climática sobre a actividade biolóxica.

Resultados

Factores climáticos

Factor térmico

A partir da integral térmica determinamos que a temperatura media en todo o período experimental se mantivo igual ou superior a 10ºC, temperatura biolóxicamente activa, así na estación de Navia foi de 10ºC, na de Sobrado 11,3ºC e na de Ponteareas 14ºC; en consecuencia se pode deducir que a estación máis cálida foi Ponteareas e a máis fría Navia, (Figura 1).

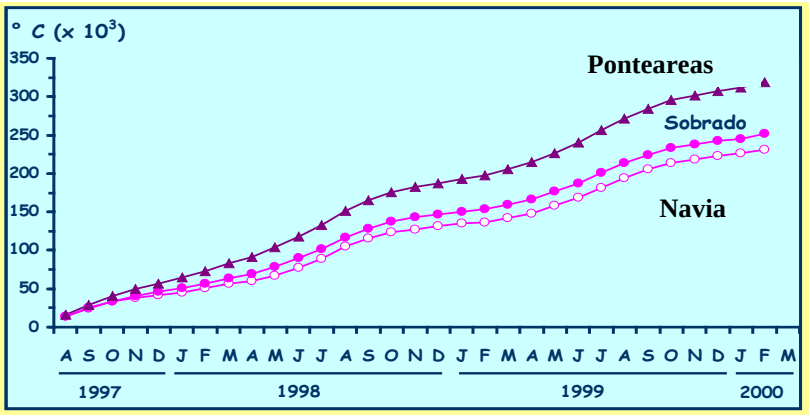

Figura 1: Integráis térmicas dos tres solos

En todas as estacións: o período máis cálido do ano se da nos meses de xullo e agosto e o máis frío nos meses de xaneiro e febreiro; destaca, por súa irregularidade térmica, a primavera de 1998, e o mes de febreiro de 1999 como o máis frío de todo o período; o período térmico de inactividade biolóxica, temperatura media inferior a 10ºC, é o comprendido entre o final do outono e o comezo do inverno mais, prolongase ata a metade da primavera nas estacións de Navia e Sobrado.

As curvas de integral térmica reflicten nas súas pendentes os períodos fríos (pendentes suaves) e cálidos (pendentes abruptas). O factor térmico é sempre maior en Ponteareas

(estación cálida) e xeralmente menor en Navia, anque ten tendencia a aproximarse en verán e outono aos valores de Sobrado.

Factor hídrico

Durante o período experimental a estación máis chuviosa foi Pontearéas con unha precipitación acumulada de 4.478 litros e a menos chuviosa Navia, na que a precipitación acumulada de 2.481 litros é un 44,6% inferior a Pontearéas e un 37,89% inferior a Sobrado cuxa precipitación acumulada foi de 3994 litros. As precipitacións son regulares ao largo do ano en todas as secciones control coincidindo seus mínimos cos meses de verán de xuño a agosto; é notorio o valor "cero" do mes de agosto de 1999 de Navia.

Cando se fai o estudio do estado da sección de control para avaliar o factor hídrico pódese observar que Navia presenta os períodos de menor humidade, tanto absoluta como relativa, mentres que os de Sobrado e Pontearéas son idénticos. Agora ben, o comportamento do factor ao longo do ano, en todas elas, foi similar, xa que: os períodos de seca prodúcense na metade do verán e durante seis meses (de Novembro a Maio) o valor é máximo (1); este valor descende ao longo da primavera e do verán chegando a seu mínimo (0), recupera e alcanza seu valor máximo no outono. Cabe destacar o comportamento diferencial do factor do ano 1999 na estación de Navia, sendo seu ano máis seco, (Figura 2) .

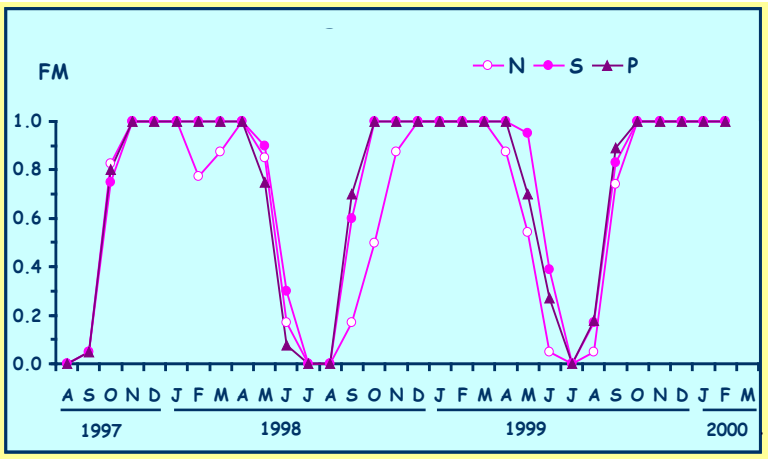

Figura 2: Factores hídricos dos tres solos

Factor climático (F_T x F_M)

Os valores máis elevados deste factor combinado se obteñen na zona control de Pontearéas e os máis baixos en Navia. Basicamente a evolución é a mesma en todas as zonas control, así no outono e primavera alcánzanse valores máximos e no verán os mínimos (0).

Do análises da gráfica de F_T x F_M (Figura 3) pódese concluír que o período biolóxico nulo (< 1,5) prodúcese na metade da estación de verán e que o resto do ano, salvo Navia en 1999, mantense a actividade biolóxica.
Obsérvese que o comportamento de F_T x F_M acumulado é similar ao da integral térmica.

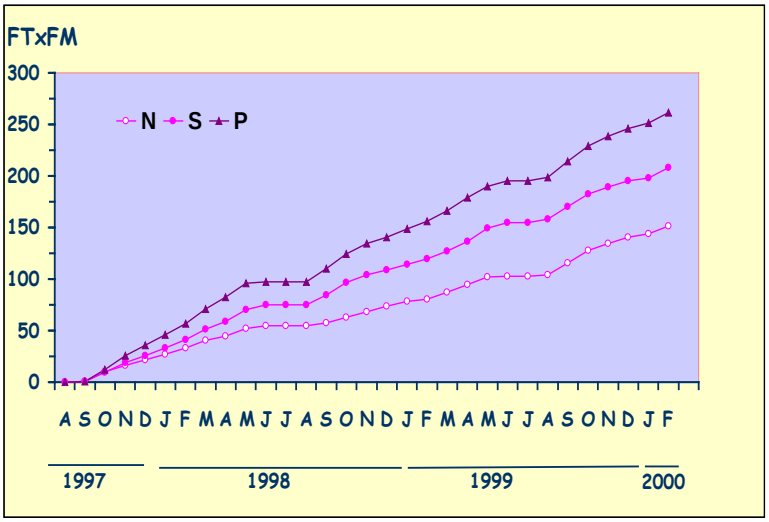

Figura 3: Factores climáticos dos tres solos

Carbono total

Aos tres meses de ser trasladados os solos presentan a tendencia a perder carbono, como é o caso do solo de Navia no que o contido de carbono total diminúe no orden seguinte: N> NS > NP, é dicir, a perdida acentúase nas zonas máis cálidas.

O contido en carbono total despois dos tres anos de experimentación na estación de Navia é, practicamente, o mesmo co de partida; aumenta, de forma lixeira, nos solos estacionais de Sobrado e Ponteareas, 0,48% e 0,41% respectivamente, en relación aos obtidos inicialmente. Tódolos solos trasladados teñen valores inferiores aos iniciais, (Táboa 2); sendo acusada a diferencia, en porcentaxe, cos valores iniciais de (**NP**) 1,81% e (**SP**) 1,2%; de menor rango é a de (**NS**) 0,54%, (Táboa 2); esta tendencia a perder carbono repítese aos tres meses do traslado.

Táboa 2: Propiedades xerais dos solos

Solo	C Total %	N Total %	C/N	Textura	% Arena	% Arxila
N	**6.87±0.35**	**0.553±0.119**	**12**	**limosa**	**39**	**18**
S	**6.02±0.26**	**0.371±0.063**	**16**	**Areno-limosa**	**54**	**14**
P	**3.19±0.14**	**0.200±0.015**	**16**	**Areno-arxilo-limosa**	**49**	**24**

Nitróxeno total

Os resultados de nitróxeno total seguen a mesma tendencia que os de carbono total, é dicir pérdese nitróxeno nos solos trasladados, sobre todo na estación máis cálida, isto é, Ponteareas; así os solos de Navia trasladados aos tres meses manifestan unha secuencia de pérdida: N> NS> NP.

Os resultados porcentuais de nitróxeno total mantéñense, nos solos estacionais, ao inicio e ao final da experiencia. Este comportamento no se da nos solos trasladados se non que diminúen, destacando as pérdidas, en relación aos valores iniciais, de (**NP**) 0,106% e (**SP**) 0,110% no seu contido de nitróxeno total, (Táboa 2).

Para ámbolos dous elementos considerouse un modelo bicompartimental (cun elemento facilmente mineralizable e un elemento recalcitrante)

$$\log (X_t - X_r) = a + b\,[(F_t \times F_m)\,t]$$

onde X_t é o contido total de elemento en cada tempo; X_r é o elemento recalcitrante, que considerase invariable dada a corta duración do experimento; $[(F_t \times F_m)\,t]$ representa a diferencia (para tempo t) entre o valor do factor climático combinado na localidade previamente considerada (Sobrado ou Ponteareas) e a localidade orixinal (p.e. Navia); **a** é unha constante, que a t = 0, p.e. ao inicio do estudio, representa o logaritmo do carbono mineralizable orixinalmente presente, e **b** é a velocidade de mineralización, que loxicamente terá un valor negativo. O valor de **a** correspondente ao solo **N,** indica que o 39% do carbono pode ser considerado como facilmente mineralizable e o 61% restante como recalcitrante, alomenos durante a duración do experimento, (Táboa 3).

Estes valores, deducidos da declinación da curva son similares aos deducidos para os solos de Galicia, considerando a fracción non limitante para a materia orgánica coma a fracción rapidamente mineralizable (Carballas et al., 1979) e confirma que, para os solos na zona temperada, o *pool* (compartimento) de materia orgánica que se renova máis rapidamente representa entre o 35 e o 40% do total da materia orgánica do solo (Trumbore et al., 1996).

Táboa 3: Parámetros cinéticos obtidos por axustes dos cambios dos valores no carbono total e nitróxeno total a un modelo bicompartimental.

	r^2	*Fracción recalcitrante*	*a*	*b*
Carbono total	**0,95*** **	**61%**	**0,357**	**-0,0048**
Nitróxeno total	**0,85** **	**56%**	**-0,660**	**-0,0052**

***, $p \leq 0{,}001$; **, $p \leq 0{,}05$

A aplicación dun modelo similar para os datos do nitróxeno, considerando dous compartimentos (nitróxeno de mineralización lábil e nitróxeno recalcitrante), tamén proporciona un adecuado axuste aos datos experimentais. Los valores de las constantes indican que o 56% do nitróxeno inicialmente presente pode ser recalcitrante (en unha proporción similar á obtida para o carbono) y que el 44% restante pode ser mineralizable en pouco tempo. Ademais o valor de **b** (-0,0052) é moi similar ó obtido para o carbono, suxerindo que o efecto do clima na dinámica de ambos elementos é similar, (Táboa 3).

Respiración

Este parámetro vese afectado dende o inicio da experimentación polo traslado e é dependente do tipo de solo e do tempo que fixera no ano. Obtivéronse parámetros moi similares para os solos trasladados **NS**, **NP** e **SP**, os cales emitiron máis CO_2 no

primeiro ano da translocación en relación cos solos *in situ* e sucedeu o contrario no segundo ano. Os datos exprésanse en emisións de CO_2 por unidade de carbono mineralizable. En Pontearéas os datos obtidos de emisións de CO_2 por unidade de carbono mineralizable para os tres solos (***in situ***, **NP** e **SP**) foron moi similares no primeiro ano do experimento, isto revela que as emisións de CO_2 por unidade de carbono mineralizable nos solos poden estar en función das características climáticas.

No tempo que durou o experimento as emisións de CO_2 por unidade de carbono mineralizable do solo de Navia en Pontearéas (**NP**) foron superiores ás dos outros dous solos (**N** e **NS**). Os solos de Sobrado seguen o mesmo comportamento sobre todo no primeiro ano, xa que no segundo as diferencias entre as emisións relativas tenden a diminuír. O finalizar os tres anos de experimentación observase unha tendencia a diminuír a respiración nos solos trasladados, sobre todo na estación cálida de Pontearéas; (**NP**) e (**SP**) teñen valores de rango similar ao solo control estacional (**P**) e distante aos de seus solos control estacionais, (**N**) e (**S**), (figura 4).

Estes datos suxiren que as variacións nas emisións son función do tamaño do *pool* da materia orgánica lábil do solo, como se demostrou en outros experimentos sobre o cambio climático (Kirschbaum, 2004).

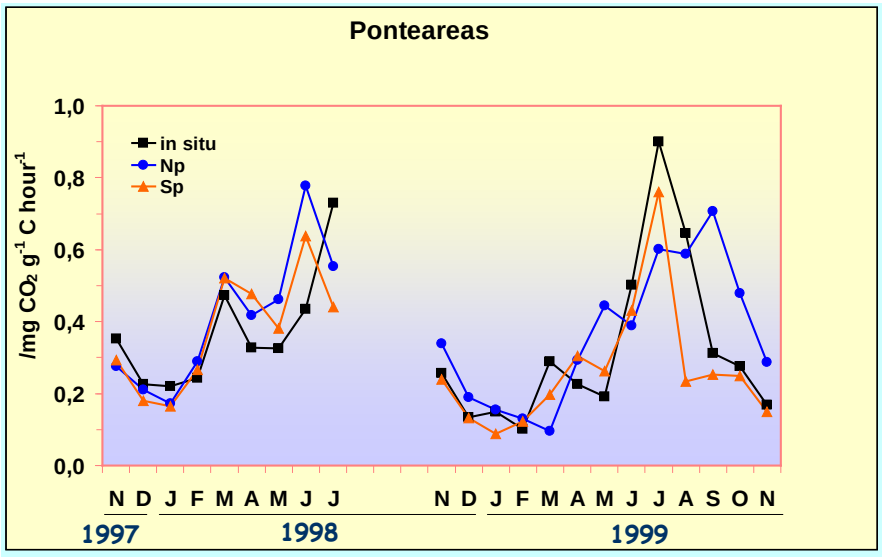

Figura 4: datos de respiración dos solos na estación de Pontearéas

Conclusións.

O traslado de monolitos de solo para simular o efecto do cambio climático causó unha notable diminución no contido da materia orgánica dos solos. Esta diminución está relacionada coa intensidade do cambio no clima, estimada por un *índice climático.* A pesar da corta duración do estudio, os resultados demostraron o perigro ou risco da pérdida de materia orgánica que os solos de Galicia poderían sufrir baixo o efecto do cambio climático coas seguintes consecuencias asociadas:

a) Un incremento da concentración de CO_2 na atmosfera xerado pola mineralización da materia orgánica.

b) A carencia dun *pool* (compartimento) de materia orgánica facilmente mineralizable podería levar a unha diminución da poboación microbiana, causando unha diminución da capacidade degradativa no solo.
c) Se o cambio climático afecta á materia orgánica humificada, aí sería posible unha reducción das propiedades asociadas coa presencia de compostos organo-minerais, causando unha diminución na eficacia da acción filtradora do solo.

REFERENCIAS

- BERMEJO M, F., 1981.*Tratado de Química Analítica: general, cuantitativa e instrumental*. Dossat. Madrid.

- DUCHAFOUR, Ph., 1987. Manual de Edafología. Editorial Masson, S.A.

- GUNTIÑAS, M.E., GIL-SOTRES, F., LEIRÓS, M.C., TRASAR-CEPEDA, C., 2007. Translocation of soils to locations under different climate: effect on carbon and nitrogen contens. En: Jandl, R., Olsson, M. (Eds.) *Greenhouse-gas budget of soils under changing climate and land use (BurnOut)*, COST Action 639, Vienna, pp 95-98.

- GUNTIÑAS, M.E., TRASAR-CEPEDA, C., LEIRÓS, M.C., GIL-SOTRES, F., 2007. CO_2 emissions in translocated soils to simulate the effect of a climate change. *2nd Plenary Meeting COST 639*. Barcelona.

- GUNTIÑAS, M.E.: *La influencia de la temperatura y de la humedad en la dinámica de la materia orgánica de los suelos de Galicia y su relación con el cambio climático*.- Tesis Doctoral.- Universidad de Santiago de Compostela, 2009.728 pp.

- LEIRÓS, M.C., TRASAR-CEPEDA, C., SEOANE, S., GIL-SOTRES, F., 1999. Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 327-335.

- REY, M., GUNTIÑAS, M.E., GIL-SOTRES, F., LEIRÓS, M.C., TRASAR-CEPEDA, C., 2007. Translocation of soils to stimulate climate change: CO_2 emissions and modifications to soil organic matter. *European Journal of Soil Science* 58, 1233-1243.