



**Espacio Interdisciplinario**  
Universidad de la República  
Uruguay

# **TERCER SEMANA DE REFLEXIÓN SOBRE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

**7-11 de Noviembre de 2011**

**Organizan**

**Facultad de Agronomía (FAGRO)  
Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y  
Variabilidad Climática (CIRCVC)**

**Universidad de la República**

**Título:** TERCER SEMANA DE REFLEXIÓN SOBRE CAMBIO Y  
VARIABILIDAD CLIMÁTICA

© 2011 Facultad de Agronomía. UdelaR

ISBN: 978-9974-0-0809-0

Depósito Legal: 357-059/11

Reservado todos los derechos de la presente edición para todos los países. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente por ningún método gráfico, electrónico, mecánico o cualquier otro, incluyendo los sistemas de fotocopia o fotoduplicación, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento de los editores.

Impreso en Talleres Gráficos de

Editorial Hemisferio Sur

Buenos Aires 335. Tel.: 2916 4515 2916 4520 (Fax)

Correos electrónicos: [editorial@hemisferiosur.com.uy](mailto:editorial@hemisferiosur.com.uy)

[libreriaperi@hemisferiosur.com.uy](mailto:libreriaperi@hemisferiosur.com.uy)

[www. hemisferiosur.com](http://www.hemisferiosur.com)

# **Tercer Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática**

## **ORGANIZA:**

**Facultad de Agronomía (FAGRO)  
Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y  
Variabilidad Climática (CIRCVC)  
Universidad de la República**

**7 a 11 de Noviembre de 2011**

La actividad de la semana apunta a realizar una actualización de la investigación nacional sobre el impacto del cambio climático y de la variabilidad climática sobre la respuesta de diferentes sistemas productivos, en particular los sistemas agropecuarios.

## **PROGRAMA**

**Lunes 7 de noviembre  
Espacio Interdisciplinario (se trasmite por videoconferencia  
a FAGRO)**

- |               |                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.15 – 10.00  | Apertura y bienvenida. F. García Préchac (FAGRO), V. Picasso (CIRCVC y FAGRO), J. Bossi (FAGRO), J. Sutz (Espacio Interdisciplinario), J. Rucks (MVOTMA), M. Hill (MGAP)                                             |
| 10.00 – 10.40 | Cambio Climático: problemática, ejemplos, evidencias tempranas en Uruguay y el Cono Sur. M. Caffera (CIRCVC)                                                                                                         |
| 10.40 – 11.15 | Sistemas de información para contribuir a la gestión de riesgos en la producción. D. Cal, A. Giménez (INIA GRAS)                                                                                                     |
| 11.15 – 11.30 | Café                                                                                                                                                                                                                 |
| 11.30 – 12.45 | Mesa redonda: Información e investigación científica en Clima: R. Pedochi (Dirección Nacional de Meteorología) M. Renom (Facultad de Ciencias), A. Giménez (INIA GRAS), G. Cruz (CIRCVC y FAGRO), I. Lorenzo (SNRCC) |

Fortalecimiento Institucional del Sistema Nacional de  
Respuesta al Cambio Climático).

12.45 Cierre de la actividad de la mañana

---

**Espacio Interdisciplinario (se transmite por videoconferencia a FAGRO)**

- 14.00-14.40 Decisiones frente a incertidumbre asociada a la variabilidad y el cambio climático: el caso de la planificación en el sistema eléctrico uruguayo. R. Terra (CIRCVC y Facultad de Ingeniería)
- 14.40 – 15.20 Vulnerabilidad y adaptación de los sistemas agropecuarios a la variabilidad climática. G. Cruz (CIRCVC y FAGRO)
- 15.20 – 16.00 Estrategias de adaptación a la sequía de los productores ganaderos. H. Morales (Instituto Plan Agropecuario)
- 16.00 – 16.15 Café
- 16.15 – 16.30 Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad. C.Toranza (CIRCVC y Facultad de Ciencias)
- 16.30 – 16.45 Del cielo a la tierra: percepción ambiental en las praderas naturales. M. F. de Torres (CIRCVC y Facultad de Ciencias Sociales)
- 16.45 – 17.00 Análisis de la variabilidad climática a través de índices bio-climáticos y sus impactos sobre la vid (cv.Tannat) en el sur de Uruguay. M. Ferrer (FAGRO) y M. Fourment (CIRCVC y FAGRO)
- 17.15 – 17.30 Evaluación de la resiliencia biofísica de los sistemas ambientales a escala cuenca hidrográfica: Aplicación en la cuenca del arroyo Tomas Cuadra-Durazno. M. Ceroni (CIRCVC y Facultad de Ciencias -FAGRO)
- 18.00 Cierre de la actividad
- 

**Martes 8 de noviembre**  
**FAGRO (se transmite por videoconferencia a Espacio Interdisciplinario)**

- 9.00 – 9.40 Variabilidad climática: amenazas y oportunidades de los sistemas ganaderos. L. Astigarraga (CIRCVC y FAGRO)

|               |                                                                                                                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.40 – 10.20  | Estimación de emisiones de GEI de suelos en diferentes sistemas de producción. A. del Pino (FAGRO)                                               |
| 10.20 – 11.10 | La Huella de Carbono de los productos agropecuarios. G. Becoña (CIRCVC)                                                                          |
| 11.10 – 11.30 | Café                                                                                                                                             |
| 11.30 – 12.00 | Relevamiento de proyectos, programas y publicaciones en CC en Uruguay. M. García Cartagena (CIRCVC) y C. Toranza (CIRCVC y Facultad de Ciencias) |
| 12.00 – 12.30 | Robustez de los sistemas de producción ganaderos a la variabilidad climática. V. Picasso (CIRCVC y FAGRO)                                        |
| 12.30         | Cierre de la actividad de la mañana                                                                                                              |

---

**Espacio Interdisciplinario (se transmite por videoconferencia a FAGRO)**

|               |                                                                                                                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13.30 – 14.00 | Gestión de riesgos climáticos y adaptación a la variabilidad climática. W. Baethgen (International Research Institute for Climate and Society, Columbia University) |
| 14.00 – 14.45 | Cambio climático en la Laguna de Rocha: selección de servicios ecosistémicos y evaluación de metodología de valoración monetaria. Andrew Fannig(C-MCIsur).          |
| 14.45 – 15.30 | La evolución de la costa frente al cambio climático: el caso del sistema costero La Paloma -Cabo Polonio. Daniel de Álava (C-MCIsur).                               |
| 15.30 – 16.00 | Café                                                                                                                                                                |
| 16.00 – 16.45 | Estudio de la variabilidad del oleaje en la costa atlántica uruguaya. Sebastián Solari -Kathryn Powell. (C-MCIsur)                                                  |
| 16.45 – 17.30 | Inclusión de la dimensión de género en las políticas territoriales costeras y de adaptación al cambio climático. Clara Piriz(C-MCIsur)                              |
| 17.30 – 18.15 | Centro Interdisciplinario para el manejo costero integrado del Cono Sur. Daniel Conde (C-MCIsur)                                                                    |
| 18.30         | Cierre de la actividad                                                                                                                                              |

---

### **Miércoles 9 de noviembre FAGRO**

- 9.00 – 10.30 Fitólitos y minerales de arcillas en sedimentos plio-pleistoceno como indicadores paleo-ambientales en el arroyo Tegua Córdoba Argentina. Rosa Ayala
- 11.00 – 12.30 Gas shales y otras técnicas de uso en el futuro y su impacto en el clima. David Rubin

---

### **FAGRO**

- 14.00 – 15.30 Aspectos paleo-climáticos provenientes del sitio arqueológico "Colonización" hacia los 2600 años C14 A.P. Laura Beovide y Sara Santos
- 15.30 – 17.00 Necesidad de una base de datos de tormentas severas en Uruguay. Fernando Torena
- 17.00 Cierre de la actividad

---

### **Jueves 10 de noviembre FAGRO**

- 9.00 – 17.00 CURSO DE POSGRADO: Mapas de riesgo de alteración del paisaje Prof. Rosa Ayala

En simultáneo, en el marco del proyecto Lechería Familiar Sustentable se desarrollará en la ciudad de San José (Espacio Cultural de San José, 18 de Julio 509)

Seminario regional "Manejo sustentable del agua en la producción lechera"  
[http://lecheriafamiliar.imsj.gub.uy/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=50](http://lecheriafamiliar.imsj.gub.uy/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=50)

---

### **Viernes 11 de noviembre FAGRO**

- 9.00 – 10.30 Evolución del conocimiento de la geología del cuaternario en la región central de Córdoba desde fines de Siglo XIX hasta la actualidad. Jorge Sanabria
- 11.00 – 12.30 Huella ecológica: los desafíos del planeta. Sergio Lattanzio
- 14.00 – 17.00 CURSO DE POSGRADO: Mapas de riesgo de alteración del paisaje (cont.) Prof. Rosa Ayala
-

## PRÓLOGO

Esta semana de reflexión sobre variabilidad y cambio climático es la tercera que se realiza en Uruguay demostrando que el tema ha tomado cuerpo. En 2006, en el Congreso Argentino de Cuaternario quedó en evidencia que la Geología podía contribuir en forma cuantitativa a descifrar la evolución paleoclimática con valores precisos y si se obtenían un mínimo suficiente podrían ser tratados matemáticamente.

Se nos ocurrió entonces organizar una semana de reflexión incluyendo exposiciones orales, conferencias, cursos y una excursión de campo. Esto lo logramos en julio de 2007 con una publicación de 243 páginas. Fueron invitados dos profesores argentinos y los costos fueron financiados por el MVOTMA con el apoyo del Arq. IGORRA.

El objetivo fundamental fue promover la idea de desarrollar el tema en un curso de Facultad de Agronomía para que los futuros profesionales tuvieran la idea de que el clima podía cambiar cuando los ahora estudiantes tuvieran 50 años.

La realización de la segunda semana en julio de 2009 y de esta tercera, muestra con claridad que el objetivo planteado fue ampliamente logrado al punto que existe un Espacio Interdisciplinario denominado Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y a la Variabilidad Climática que compartió con el Grupo Disciplinario de Geología del Departamento de Suelos y Aguas de la Facultad de Agronomía, el montaje con cinco exposiciones, y el PEDECIBA financiando esta publicación, conteniendo los resúmenes, las conferencias y algunas exposiciones.

Esta publicación va a ser completada con un segundo volumen conteniendo las restantes exposiciones.

La tarea está hecha. Hay más de 500 investigadores con temas vinculados al cambio climático. El Grupo de Geología puede volver a sus estudios convencionales de la Formación Libertad y el Cuaternario en Uruguay.

**Prof. Jorge Bossi**

## PRÓLOGO

El Centro Interdisciplinario «Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática» tiene como objetivo general aportar fundamentos académicos a la elaboración de una estrategia nacional para responder al cambio climático en diversos sistemas productivos (agropecuarios, industriales, energéticos), sanitarios, y sociales. Está conformando nuevos equipos de investigación para el estudio de la vulnerabilidad frente a la variabilidad y cambio climático, la identificación y diseño de sistemas resilientes en particular a nivel agropecuario, y la propuesta de alternativas para responder a dichos cambios.

Este Centro fue creado en el 2009, en el marco de Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República, una apuesta a fortalecer y desarrollar la investigación interdisciplinaria para resolver problemas complejos, trascendentes, que escapan al enfoque disciplinar clásico de la investigación. La metodología de trabajo se basa en talleres frecuentes con presentaciones de investigación de los diferentes integrantes y discusión de proyectos interdisciplinarios comunes, así como charlas de investigadores invitados, sobre diferentes perspectivas del problema del cambio y variabilidad climática. Estamos aportando a elaborar una agenda de investigación del país en este tema, trabajando en conjunto con actores públicos interesados en la temática (ej., Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, MGAP, MVOTMA, MSP, MIEM, INAC, etc.).

Este trabajo presenta resúmenes y ponencias de la Tercer Semana de Reflexión sobre el Cambio y Variabilidad Climática, co-organizada por el Centro Interdisciplinario y la Facultad de Agronomía, en noviembre del 2011. Estas semanas recogen desde el 2007, el estado de investigación nacional en la temática, inicialmente desde la perspectiva de la geología, luego con aportes de otros grupos de la Agronomía (agrometeorología, sistemas ambientales, sistemas de producción), y hoy con aportes más interdisciplinarios (Ingeniería, Ciencias, Ciencias Sociales). Esperamos que sirvan para consolidar (y sobre todo articular) una comunidad creciente de investigadores y gestores en la temática del cambio climático, y a dar respuestas como país a los desafíos que éste nos presenta.

**Ing. Agr. Ph.D. Valentín Picasso**

## CONTENIDO

Pág.

|                                                                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>RESÚMENES .....</b>                                                                                                                               | <b>13</b>  |
| <b>PONENCIAS .....</b>                                                                                                                               | <b>47</b>  |
| Fitolitos y minerales de arcillas en sedimentos plio-pleistoceno<br>como indicadores paleo-ambientales en el arroyo Tegua<br>Córdoba Argentina ..... | 49         |
| <i>Rosa Ayala</i>                                                                                                                                    |            |
| Gas shales y otras técnica de uso en el futuro y su impacto<br>en el clima .....                                                                     | 65         |
| <i>David Rubin</i>                                                                                                                                   |            |
| Aspectos paleo-climáticos provenientes del sitio arqueológico<br>"Colonización" hacia los 2600 años C14 A.P. ....                                    | 73         |
| <i>Laura Beovide y Sara Santos</i>                                                                                                                   |            |
| Necesidad de una base de datos de tormentas severas en<br>Uruguay .....                                                                              | 83         |
| <i>Fernando Torená</i>                                                                                                                               |            |
| Evolución del conocimiento de la geología del cuaternario en la<br>región central de Córdoba desde fines de Siglo XIX hasta la<br>actualidad .....   | 93         |
| <i>Jorge Sanabria</i>                                                                                                                                |            |
| Estudio comparativo de lasilice amorfa preservada en<br>sedimentos .....                                                                             | 101        |
| <i>Cecilia Loyola y Rosa Ayala</i>                                                                                                                   |            |
| <b>CURSO .....</b>                                                                                                                                   | <b>113</b> |
| Mapas de riesgo de alteración del paisaje .....                                                                                                      | 115        |
| <i>Rosa Ayala</i>                                                                                                                                    |            |



# RESÚMENES



## Decisiones frente a incertidumbre asociada a la variabilidad y el cambio climático: el caso de la planificación en el sistema eléctrico uruguayo

Rafael Terra<sup>1</sup>

### RESUMEN

Los tomadores de decisión en sistemas que se ven afectados por el clima han lidiado, desde siempre, con la dificultad de planificar actividades frente a incertidumbre. El clima esperado se puede representar por una distribución de probabilidad de la variable de interés, la cual se suele estimar a partir de los registros históricos. Dicha distribución, que describe la variabilidad climática, representa la incertidumbre esperada. Sea que la decisión considere explícitamente dicha incertidumbre o no, inevitablemente se está incurriendo en un análisis, al menos implícito, de riesgo climático. La existencia de un pronóstico climático, por ejemplo a escala estacional (como es el caso de los pronósticos asociados al fenómeno de El Niño Oscilación Sur – ENOS-), consiste por tanto en un sesgo en dicha distribución que naturalmente podría modificar la estrategia de acción a adoptar. Como en la mayoría de los casos la relación entre la distribución del clima esperado y la línea de acción a seguir no está explicitada, suele ser muy difícil incorporar la información de pronóstico climático –necesariamente probabilístico- a los procesos de toma de decisión. El caso de los escenarios climático de largo plazo es formalmente análogo, aunque el origen de los sesgos y el tipo de decisiones que se ven afectadas sean muy distintos. Los escenarios climáticos también se pueden representar mediante sesgos esperados en la distribución de ciertas variables climáticas. La incorporación de dicha información a la planificación sufre, al menos, de las mismas dificultades mencionadas para los pronósticos estacionales del clima. Por lo dicho anteriormente, el trabajo de incorporación de información de pronóstico climático estacional a la toma de decisión y la adaptación al cambio climático, tienen elementos en común. En ambos casos se debe empezar por explicitar, corregir y ampliar las estrategias y herramientas de cálculo, gestión y protección al riesgo climático actual. Se presenta un ejemplo particular de incorporación de información climática a la planificación en el sistema eléctrico uruguayo. En este caso, la consideración de la incertidumbre climática está

<sup>1</sup>IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

explícitamente incorporada en los modelos de optimización, por lo cual la incorporación de sesgos previstos es factible. Dicha incertidumbre está representada por procesos estocásticos que modelan los aportes a las represas en la etapa de optimización de la cual surge la política de operación óptima del sistema. Se ha trabajado en formas como corregir y modificar dichos procesos estocásticos de tal manera que la política de operación (más informada) se define en función de la incertidumbre esperada que presenta sesgos respecto de la climatología. Los resultados económicos evaluados en casos concretos con la utilización de la política de operación más informada son muy significativos.

## Amenazas y vulnerabilidad en contextos de variabilidad climática

Gabriela Cruz Brasesco<sup>1, 2</sup>

### RESUMEN

El enfoque de la adaptación al Cambio Climático (CC) jerarquiza la disminución de la vulnerabilidad de sectores/comunidades a la variabilidad climática actual (histórica). Este abordaje permite explorar y justificar nuevas formas (más sustentables) de gestión de los recursos naturales a escala local. A través de las medidas de adaptación al CC, se intenta revertir (o mejorar) la situación ambiental actual abordando el problema desde la perspectiva del desarrollo. El riesgo - en este caso climático - representa la pérdida esperada, obtenida de la evolución simultánea de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos (amenazas) y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas. A diferencia de la amenaza que actúa como detonante, la vulnerabilidad es una condición que permanece en el tiempo y que está ligada a los aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades. Puede aspirarse a reducir la vulnerabilidad (y el riesgo) si se logra la realización de la capacidad adaptativa de un sistema o comunidad, en adaptación. La adaptación no ocurre instantáneamente, la capacidad adaptativa representa una potencialidad; los sistemas requieren tiempo para realizar su capacidad adaptativa (en el caso que exista). Considerando la sequía en Uruguay como evento amenaza, puede entenderse la capacidad adaptativa del sistema ganadero pastoril, como su capacidad por unidad de tiempo, de adaptarse a una futura (y probable) sequía, basada en las condiciones existentes (presente). En Uruguay, las regiones más sensibles a las sequías agronómicas se ubican en la región de Basalto en el Norte y Noroeste del país y en la región de Sierras del Este, debido fundamentalmente a la baja capacidad de almacenaje de agua de los suelos. En estas dos regiones, se identificó como una de las forzantes de la vulnerabilidad social el elevado número de productores ganaderos (7649), siendo el 64% (4900) productores familiares. Desde el punto de vista biofísico, siguiendo con el caso de la sequía agronómica como evento amenaza, se incluye el suelo como fuente de variación – además de la lluvia y la evapo-

<sup>1</sup>Unidad de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática de la Universidad de la República, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República.

transpiración potencial (ETP), para utilizar la metodología de cuantificación del balance hídrico. En sistemas pastoriles, para la identificación de indicadores de sequía, es necesario relacionar estadísticamente el efecto de la deficiencia hídrica sobre el crecimiento de la pastura. Un posible indicador es la relación ETR/ETP, donde ETR representa la evapotranspiración real de la pastura, obtenida como una de las salidas del balance hídrico para un sitio. Para obtener un valor predictivo, se estimó el valor «umbral» de ETR/ETP a partir del cual el rendimiento de la pastura se afecta significativamente. Utilizando un modelo lineal de efectos fijos para Salto, considerando los datos crecimiento de la pastura natural en tres suelos (S) de Basalto para 14 años como la variable dependiente y los datos de lluvia, ETR/ETP (I), Temperaturas máxima (TM) y mínima (Tm) como independientes, se confirmó el efecto altamente significativo de la relación ETR/ETP. Posteriormente, se utilizó un modelo de covarianza para estimar el valor umbral de ETR/ETP que fue aplicado de manera preliminar:

$$\text{Tasa crec.} = \mu + \beta \Delta I + Tm + TM + S + \varepsilon$$

De la comparación de modelos para diferentes valores de I (umbrales), se obtuvo el mejor ajuste cuando se utilizó una relación ETR/ETP = 0,7 (I = 0,7). Del análisis del balance hídrico mensual para Salto en un período de 60 años (1948-2008), se obtuvo que la probabilidad de ocurrencia de valores del índice menor al umbral [ $P(I < 0,7)$ ] en verano, fue de 52% en suelos superficiales y de 42% en suelos medios. A la vez, la mayor diferencia de I entre suelos superficiales y medios de Basalto, se verificó en primavera. Aunque la metodología presentada debe evaluarse y ajustarse a otras regiones del país, resulta promisorio el análisis biofísico que permite identificar umbrales como forma de alerta. Más complejo y menos trabajado aparecen los indicadores de vulnerabilidad social. Esta línea debería ser más explorada ya que ambos, amenaza y vulnerabilidad, son los factores de la ecuación de riesgo.

**Palabras clave:** adaptación, riesgo climático, sequías

## **Desarrollo participativo de un modelo de simulación multiagentes para contribuir a la mejor adaptación de productores ganaderos del Basalto uruguayo a la sequía**

**Bartaburu D.<sup>1</sup>, Bommel P.<sup>2</sup>, Corral J.<sup>3</sup>, Dieguez F.<sup>1</sup>, Duarte E.<sup>1</sup>,  
Montes E.<sup>1</sup>, Morales H.<sup>1</sup> y Pereira M.<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

Las sequías son un evento climático que afecta la vulnerabilidad de las empresas ganaderas del noroeste uruguayo. El Plan Agropecuario ha abordado la problemática de la sequía desde un enfoque adaptativo y participativo. Dado que se trabaja en sistemas complejos, que interactúan elementos físico-biológicos, económicos y la dimensión humana, se ha desarrollado un Modelo de Simulación Multiagentes (SMA) para integrar todos ellos. Describe el crecimiento del pasto en función del clima y la dinámica de los rodeos, y las decisiones de los ganaderos frente a las sequías, y evalúa su impacto en los resultados. Dos estrategias contrastantes representan los ganaderos que monitorean la pastura y los que monitorean los animales, como indicadores para las decisiones. Con paso de tiempo estacional, las simulaciones comprenden 10 años (2000-2009). Los ovinos no son afectados por la sequía. La producción de pasto, las lluvias y los precios son los ocurridos en el período considerado. La interacción animal-pastura es explorada en detalle. La performance de los animales es acorde a los datos publicados y a la experiencia de los modelizadores. Los productores afectan la producción a través de la carga animal incidiendo en la altura de pasto y el consumo animal. Se capitalizó la información local existente, a través de instancias participativas (talleres), resultando también en la validación del mismo. El SMA desarrollado podrá tener una multiplicidad de usos, algunos aún no previstos, pero que pueden considerar desde la evaluación de instrumentación de políticas públicas hasta el desarrollo de herramientas lúdicas-educativas para actividades con productores.

<sup>1</sup> Instituto de Profesores Artigas (IPA), Uruguay.

<sup>2</sup> CIRAD, Francia.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.

## Biodiversidad y Cambio Climático

Carolina Toranza<sup>1, 2</sup>

### RESUMEN

La biodiversidad representa la variabilidad de la vida a distintos niveles de organización, comprendiendo la diversidad dentro de cada especie, entre especies y la variedad de ecosistemas. Además de tener un valor intrínseco, la misma brinda una serie de servicios ecosistémicos: beneficios obtenidos por la sociedad a partir de los ecosistemas naturales (soporte, regulación, provisión y estéticos o culturales). La biodiversidad y por ende los servicios ecosistémicos, se encuentran actualmente amenazados por el Cambio Global (i.e. cambio en el uso del suelo, Cambio Climático, invasiones biológicas, sobreexplotación, contaminación). Estas modificaciones de origen antrópico, han provocado una pérdida acelerada de especies y la alteración o destrucción de un gran número de ecosistemas, fenómeno conocido como Crisis de la Biodiversidad. En este contexto, el Cambio Climático (CC) ha sido señalado como una de las principales amenazas, y se prevé que su impacto se incremente a lo largo del Siglo XXI. Fenómenos como incrementos en la temperatura, aumento en el nivel del mar, o en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, pueden afectar de diversas formas a la biota. Numerosos estudios han reportado efectos biológicos producto del CC durante el Siglo XX, que van desde cambios a nivel genético hasta alteraciones en ecosistemas tanto terrestres y marinos. A nivel de especies se han reportado: alteraciones en la época reproductiva, extensión del período de crecimiento, modificación de los patrones migratorios, disminución de la condición corporal y extinciones locales y globales. Asimismo, se han registrado cambios en la distribución de las especies (latitudinales y altitudinales) y en consecuencia, modificaciones en los patrones geográficos de diversidad. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), predice que durante el Siglo XXI, se profundizarán los cambios climáticos ya observados. En particular, en Uruguay se esperan aumentos en la temperatura y la precipitación. Dada la estrecha relación entre el clima y la distribución de las especies, se vuelve relevante el desarrollo de estudios con base regional, para explorar los efectos potenciales del CC sobre la distribución y la riqueza de distintos taxones. Se presentarán aquí

<sup>1</sup>Grupo BEC, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

<sup>2</sup>Centro de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República, Uruguay.

a modo de ejemplo dos casos de estudio realizados en nuestro país, en los que se analizaron posibles cambios en la distribución y riqueza de especies leñosas (Brazeiro *et al.*, 2010) y de anfibios (Toranza, 2011). En ambos casos, se aplicaron técnicas de modelación (GLM y Maxent), a fin de analizar el impacto potencial de los cambios climáticos proyectados por el IPCC en los escenarios A2 y B2, para las décadas de 2050 y 2080.

## Del cielo a la tierra: percepción ambiental en las praderas naturales

María Fernanda de Torres Álvarez<sup>1, 2</sup>

---

### RESUMEN

---

En este trabajo quiero mostrar la durabilidad de una percepción ambiental que surge de habitar la pradera natural opuesta a otra percepción que surge en la ingeniería agronómica. El trabajo sostendrá junto con Ingold (2000) que las personas aprendemos moviéndonos en el mundo con otros, a través de un proceso de imitación e improvisación. Se dirá que persiste una percepción lisa (smooth) de la tierra, donde la mirada pasa a través de las cosas buscando la variación de luz y sombra y la textura superficial que descubre (Ingold, 2011). La prevalencia de esta percepción resulta de habitar las praderas incambiables, debido a un trato excepcional que le dio la República. Es decir, el *tempo* de los movimientos en el campo fue librado al patrimonialismo de los representantes de la ganadería y voceros de lo rural durante buena parte del Siglo XX. Habitar la pradera natural es estar inmerso en los incesantes movimientos del viento y el tiempo, la superficie lisa abraza el cielo, reflejan la luz y responden a la sequedad y humedad del aire, dependiendo del calor y la lluvia (Ingold, 2011). Hay continuidad entre el cielo y la tierra. Por otra parte, la ingeniería agronómica surge como parte de un sistema de innovación que imagina un futuro nacional signado por el progreso y el conocimiento técnico. Este conocimiento se opone jerárquicamente al que emerge de la perspectiva de habitar, es decir, aquel que proviene de la experiencia. La ciudad desarrolla la ciencia que resiste la tierra, estriándola y educando la atención en lo volumétrico y homogéneo (Deleuze y Guattari: 2004: 524-525). La percepción estriable reparte la tierra y la cierra contra el cielo, su percepción de la tierra es homogénea y volumétrica, es un recorte que atiende a distinguir los objetos que tienen lugares asignados (Ingold, 2011). En esta clave, podemos comprender de otro modo el devenir de la cuestión rural durante el siglo pasado y este, en el contrapunto entre la ganadería y la agricultura. Para la ganadería la naturaleza de su actividad la sostienen sobre el fundamento robusto de la per-

---

<sup>1</sup>Centro de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática (CIRCVC), Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República.

<sup>2</sup>NESA, Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República.

sistencia del modo de hacerla y su adaptación a los eventos del clima y la economía en una superficie lisa. Cientos de cuentos en los cuales los vientos, la lluvia, las tormentas, las sequías fueron forjando hombres fuertes y las imágenes simbióticas pradera-vaca-hombre. Lo cierto es que las políticas que se implementan de adaptación al CC vuelven a presentar una cosmología de lo estriado para alcanzar la transformación que sueña la ciudad de una superficie que resiste en lo liso. Es probable que la eficacia de un intento que lleva más de cien años pueda también incorporar las cosmologías de otros sin previa etiqueta de *tradicional-atrasado-conservador*. La política en materia de adaptación, tan poblada hoy en nuestro país, debería considerar la distancia en la percepción, para poder ajustar sus propuestas en un sentido más razonado de las medidas. Finalmente, este contrapunto nos invita a pensar siempre en los extremos, es decir, el de ver a la superficie nacional estriable o lisa. Claramente no podríamos vivir sólo de lo liso, pero tampoco es deseable llevar al extremo las condiciones edafológicas-biológicas para estriarlo todo.

**Palabras claves:** liso \* estriado \* percepción ambiental

## **Análisis de la variabilidad climática a través de índices bio-climáticos y sus impactos sobre la vid (*Vitis vinífera* L. cv. Tannat) en el sur de Uruguay**

**Mercedes Fourment<sup>1,2</sup>, Milka Ferrer<sup>1</sup> y Hervé Quéno<sup>3</sup>**

### **RESUMEN**

Es conocido el hecho que las plantas responden a las condiciones climáticas del año. La vid es particularmente sensible a las temperaturas diurnas y nocturnas así como al régimen hídrico que se expresa en la respuesta de la planta: variación en la duración de los estados fenológicos como la maduración, composición de la uva o en su sanidad. Para estudiar el cambio climático en el cultivo, un análisis a nivel de meso escala es primordial para profundizar acerca la adaptación de la vid a las modificaciones del clima en Uruguay. La variedad Tannat está muy adaptada a las condiciones locales y su tipicidad concede identidad a los vinos uruguayos. El estudio tuvo por objetivo evaluar los principales impactos estimados de la variabilidad climática dentro del contexto de cambio climático sobre la vid, en el sur de Uruguay. Los resultados de ensayos de respuesta de la planta y la composición de la uva de parcelas del cultivar Tannat de una serie de 15 años, se confrontaron con variables del clima para el mismo periodo. Paralelamente se analizó la evolución del clima vitícola de una serie de 37 años mediante índices bio-climáticos de la vid. La evolución de los índices bio-climáticos toma interés en la medida que pondera las necesidades y limitantes para un cultivo perenne y se considera una herramienta válida para analizar la variación de las condiciones del clima. Este trabajo permitió identificar tendencias del cambio climático en la principal zona vitícola a través del aumento de los índices térmicos Índice Heliotérmico y el Índice de Frescor de Noches (aumento de 3,7% de IH y 2,03% de IF) y aumento de la variabilidad del Índice que estima la componente hídrica del clima, el Índice de Sequía. Asociado al aumento de la temperatura, se observó una modificación significativa de la duración del ciclo fenológico de la vid con atraso de las fechas de envero (comienzo del período de maduración) y del adelanto en la cosecha.

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Correo electrónico: mfourment@fagro.edu.uy.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática de la Universidad de la República, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República.

<sup>3</sup>Laboratoire COSTEL UMR6554 LETG-CNRS. Université de Rennes II.

También asociado a condiciones más calurosas se constató una disminución significativa de la acidez total final de la uva. Surgen nuevas preguntas sobre la gestión del rendimiento, el impacto de las reservas de la planta de un año sobre el otro, cuantificar la componente hídrica del clima (Índice de Sequía) y su influencia sobre la planta.

**Palabras clave:** Vid, Tannat, variabilidad climática, respuesta de la planta, composición de la uva

## **Evaluación de la resiliencia biofísica de los sistemas ambientales a escala cuenca hidrográfica: aplicación en la cuenca del Arroyo Tomas Cuadra - Durazno**

**Mauricio Ceroni<sup>1,2</sup>, Marcel Achkar<sup>1</sup> e Ines Gazzano<sup>3</sup>**

### **RESUMEN**

El aumento de la intensificación agraria, la concentración de la producción, el aumento de los precios de las commodities, la creciente demanda de productos agrarios a nivel mundial y la variabilidad climática son algunos de los factores que determinan la distribución espacial de los usos de suelo, ocasionando en los territorios productivos presiones diferenciales lo que se evidencia en sus dimensiones biofísicas, sociales y económicas. En Uruguay, durante los últimos 30 años se manifiesta un aumento de la variabilidad climática a través de eventos extremos (sequía e inundaciones) y una intensificación en el uso de suelo durante los últimos 10 años. Este escenario, puede visualizarse a través de variaciones en la resiliencia de los territorios agrarios, entendiendo a la resiliencia como una propiedad de los sistemas ambientales que indica el potencial de un sistema para permanecer en una configuración particular, y mantener flujos, funciones y la capacidad para reorganizarse luego de un disturbio. El trabajo desde este marco contribuye a explicar los procesos y las funciones de cambio que existen en los territorios agrarios frente a las presiones. El análisis del proceso de alteración de la resiliencia permitirá indagar en territorio las causas y los efectos de estas transformaciones, contribuyendo así con los planes de gestión. Este trabajo intenta centrar la discusión en la elaboración de índices que aporten información sobre el comportamiento de la resiliencia en sistemas agrarios. El objetivo principal es evaluar la capacidad de algunas variables como indicadores biofísicos de resiliencia a escala cuenca en función de las presiones a las que está sometido un territorio principalmente la variabilidad climática e intensificación agraria. El área de estudio es la cuenca del arroyo Tomas Cuadra- departamento de Durazno con área total de

<sup>1</sup>Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental de Territorio (LDSGAT), Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

<sup>2</sup>Centro de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República.

<sup>3</sup>Unidad de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

1000 km<sup>2</sup>, caracterizada por presentar diversidad de usos de suelo. Para evaluar el comportamiento de las variables, se van a integrar diferentes índices ya existentes: El índice de vegetación Normalizado (NDVI), la Evapotranspiración (ETP), el Balance Hídrico y el cambio de la Biodiversidad. El primero permite realizar el monitoreo y especializar los cambios de la cobertura vegetal, determinando la variabilidad de la productividad primaria neta (PPN). El segundo evalúa las pérdidas de agua en forma de vapor del sistema. El tercero evalúa agua disponible en la cuenca. El cuarto evaluará el nivel de fragmentación y conectividad de la vegetación natural. Estos índices se integraran a un Sistema de Información Geográfica a escala cuenca, permitiendo analizar las variaciones en la resiliencia del sistema expresado a través su variabilidad espacio-temporal. Para tener una primera aproximación, el resultado del trabajo se centró en el estado de la PPN según áreas homogéneas de uso agrario. Se trabajó con imágenes del Satélite SPOT VGT2-S10, del *Programme Vegetation*, cada 10 días, desde abril del 1998 hasta abril de 2011, obteniéndose un total de 468 imágenes, mediante los Software ENVI 4.7 y Arc Gis 9.3. Se observó una tendencia a la baja de la PPN en toda la cuenca, manifestándose de forma diferencial para los usos de suelo dominantes.

## Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de suelos en diferentes sistemas de producción

Amabelia del Pino<sup>1</sup>

### RESUMEN

Esta revisión se refiere a la emisión de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de los suelos, en particular los trabajos realizados en la Facultad de Agronomía que ilustran sobre esta temática. Con respecto al  $\text{CO}_2$ , mediante la fotosíntesis las plantas toman  $\text{CO}_2$  del aire, incorporando el C a las estructuras vegetales y emitiendo  $\text{O}_2$ . Este proceso puede ser considerado secuestro de C en los vegetales. Si bien todas las plantas tienen la capacidad de fijar C, los árboles lo hacen en mayores cantidades y durante más tiempo. La expansión forestal ha llevado a que en Uruguay durante los últimos años el balance de  $\text{CO}_2$  ha sido negativo, lo que indica secuestro de C. En muchos casos los residuos vegetales son incorporados al suelo, y con el tiempo parte del C es incorporado al humus (materia orgánica MO). Al mismo tiempo los suelos emiten  $\text{CO}_2$  como consecuencia de la respiración de los organismos que lo habitan (macro y micro organismos). Estos organismos toman su energía de fuentes carbonadas de los suelos. Si existe un balance positivo entre el C incorporado y el C emitido puede ser considerado secuestro de C en los suelos. Lamentablemente el uso productivo de los suelos generalmente se traduce en un balance negativo, con pérdida de humus y emisión de  $\text{CO}_2$  (mineralización de la MO de los suelos). Los factores climáticos temperatura y humedad afectan la mineralización, la cual se incrementa con altas temperaturas y disponibilidad de agua. De esta forma es de esperarse que frente a cambios climáticos haya cambios en el stock de C de los suelos. El total de C estable (humus) que puede mantener el suelo está determinado por las características del suelo (textura, estructura, drenaje, nutrientes) y las condiciones climáticas. Como consecuencia no es posible aumentar indefinidamente el humus del suelo. Si un suelo está en su condición de equilibrio hay muy pocas posibilidades. Es posible aumentar el humus de suelos degradados hasta llegar al nivel de equilibrio. Para esto existen dos tipos de medidas: aumentar las entradas y evitar las salidas. En la EEMAC (Facultad de Agro-

<sup>1</sup>Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Correo electrónico: amabelia@fagro.edu.uy

nomía, Paysandú) se instaló en 1993 un experimento de largo plazo, con diferentes manejos y secuencias de cultivos extensivos y pasturas. En 2003 se evaluó la situación de los suelos luego de 10 años de cada manejo. En esta evaluación no surgieron cambios significativos en el stock de C del suelo. Esta situación contrasta con un experimento de largo plazo realizado en Facultad de Agronomía, Salto, comparando diferentes agregados de enmiendas orgánicas. Luego de nueve años el agregado de enmiendas mostró aumentos en el contenido de C. En el caso de sistemas forestales se ha encontrado una variedad de situaciones, no siendo clara la tendencia en cuanto a aumento o disminución del stock de C al pasar de pasturas a forestación, notándose en muchos casos cambios en la distribución en el perfil. En cuanto a la emisión de  $\text{CH}_4$ , este proviene de la degradación biológica de residuos vegetales, emitiéndose de suelos inundados (natural o artificialmente). Por lo tanto solo una pequeña proporción de las emisiones de  $\text{CH}_4$  del país proviene de cultivos inundados (arroz). En este sistema la emisión depende de la variedad y del manejo del cultivo. Los suelos no inundados pueden ser fuente o sumidero de  $\text{CH}_4$ . La emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  se debe fundamentalmente a la desnitrificación. Es el proceso biológico de reducción del  $\text{NO}_3^-$ , siendo el  $\text{N}_2\text{O}$  un paso intermedio de la desnitrificación, y el  $\text{N}_2$  (inocuo) el producto final. También se emite  $\text{N}_2\text{O}$  durante la nitrificación. Las condiciones para la emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  son: existencia de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo, fuente de energía para los microorganismos, Escasez de  $\text{O}_2$  en el suelo (ej. anegamiento) y altas temperaturas. Se produce una emisión importante de  $\text{N}_2\text{O}$  de los suelos en: i) situaciones donde la producción implica condiciones favorables para el proceso (inundación: arroz) ii) manejo inadecuado de suelos y cultivos (compactación, agregado de fertilizantes nitrogenados por encima de la capacidad de absorción, largos períodos con suelo desnudo) iii) a partir de las deyecciones de animales en pastoreo. En este caso se presentan las condiciones predisponentes de alta concentración de N y fuentes de energía. En el Uruguay la información de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  de los suelos es muy escasa. Esto constituye un problema ya que obliga a realizar los cálculos utilizando factores de emisión producidos en otras condiciones. Los trabajos realizados han sido fundamentalmente en i) el experimento mencionado de Rotaciones de EEMAC (Facultad de Agronomía) ii) Emisiones en cultivo de Arroz (INIA y Facultad de Agronomía) iii) Emisiones en suelos bajo pastoreo (INIA - Facultad de Agronomía). Perspectivas: i) Es necesario mejorar la información sobre emisiones de GEI de los suelos del Uruguay, ii) Esto implica mejoras metodológicas (mayores costos), iii) También implica mediciones en más situaciones, iv) En el caso de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  es vital mejorar la estimación del factor de emisión (% del N que es emitido), v) En última instancia debe ser posible la modelación del pro-

ceso, lo que requiere no sólo más mediciones sino también mejorar la calidad de la información en otros aspectos (datos de suelo y clima). Algunos trabajos sobre la temática en marcha en Facultad de Agronomía y/o en colaboración con INIA: i) Balances de C comparando suelos bajo forestación y pasturas. ii) Monitoreo de emisiones de GEI en rotaciones EEMAC, iii) Emisiones de GEI en suelos bajo arroz, iv) Emisiones de  $N_2O$  de suelos en sistemas bajo pastoreo.

## La huella de carbono de los productos agropecuarios

Gonzalo Becoña<sup>1</sup>

### RESUMEN

En los últimos años, la creciente preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático, ha impulsado a las organizaciones e instituciones a profundizar su conocimiento respecto a los gases de efecto invernadero (GEI) y su dinámica. En tal sentido se le ha atribuido a la producción animal, la responsabilidad del 18 % de las emisiones de GEI a nivel mundial de origen antropogénico, teniendo en cuenta el uso de la tierra y el cambio en el uso de la misma. Constituido por el 37 % del aporte de las emisiones globales de  $\text{CH}_4$ , producido principalmente -por la digestión de ruminantes- y el 65 % de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  generada por el estiércol (Steinfeld et al., 2006). En este contexto, la huella de carbono (HC), se ha transformado en un indicador reconocido internacionalmente para comprender la dinámica de los GEI relacionados a los procesos productivos. La HC estima las emisiones de GEI intervinientes en la producción de una unidad funcional de producto. En sistemas de producción animal se contabilizan además de las emisiones propias del animal, las asociadas al cambio uso de la tierra, combustibles fósiles, transportes, etc, pudiendo diferir entre países y entre sistemas de producción en un mismo país. Es así, que todos los estudios referidos a productos agropecuarios toman en cuenta emisiones durante las distintas etapas el proceso de producción hasta el consumidor final. Al expresarse en  $\text{kg CO}_2\text{-e (* )/kg}$  de unidad funcional, toma en cuenta las emisión totales de GEI para producir ese producto, ya sea 1 kg carne, 1 litro de leche, o cualquier otro producto, por lo que la eficiencia en el uso de los recursos, juega un rol preponderante a la hora de evaluar el impacto ambiental de los sistemas productivos. Al comparar las en emisión de GEI en diferentes sistemas, es posible determinar que los sistemas extensivos tienen un menor riesgo de daños ambiental que los sistemas intensivos a nivel global. Sin embargo, las diferencias productivas y la ineficiencia en el uso de los recursos, marca una desventaja importante en la medición del impacto por unidad de producto. Pudiendo constatar en dife-

<sup>1</sup>Centro de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República, Uruguay.

(\*)El potencial de calentamiento global del  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  es de 23 y 296 veces la del  $\text{CO}_2$  respectivamente. Por esta razón, para cuantificar las emisiones, se toma como referencia de base las correspondientes a  $\text{CO}_2$ , multiplicando así, las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , por los factores mencionados, expresándose como  $\text{CO}_2$  equivalentes ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ).

rentes trabajos que a mayor intensificación de los procesos, es posible, obtener menores mediciones de HC (Becoña *et al.*, 2010). Éste método está ganando aceptación y comienza a tener influencia en la elección de los consumidores y los patrones de consumo, pudiendo brindar a aquellos productores con una menor huella de carbono una ventaja comercial en el futuro. A mediano plazo, sería muy importante que los productos que se comercialicen contengan una lista de categorización más completa de impacto ambiental. Esta deberá tomar en cuenta un sistema de control de calidad que mida el impacto total del sistema por ejemplo: uso de energía, uso del agua, lixiviación de nutrientes, uso de pesticidas y biodiversidad, entre otros. Además de discutir las diferencias entre los sistemas extensivos e intensivos, el reto será hablar acerca de los sistemas sustentables en términos de eficiencia de carbono y el impacto ambiental total.

## PPP: Personas, proyectos y publicaciones

**Martín García Cartagena<sup>1,2</sup>, Carolina Toranza<sup>2,3</sup> y María Fernanda de Torres<sup>2,4</sup>**

### RESUMEN

El proyecto denominado «PPP» es un proyecto propio del Centro Interdisciplinario: Respuesta al cambio y variabilidad climática. El objetivo de este proyecto es generar una amplia base de datos nacional que centralice y sistematice los datos de todas las personas, proyectos y publicaciones sobre cambio climático. Esta base se convertiría en la primera base de datos nacional de actores relacionados al cambio climático lográndose de esta forma generar una amplia visión de los esfuerzos volcados en esta temática de las distintas instituciones a nivel nacional. El hacer pública y disponible esta información facilitaría el intercambio y articulación de nuevos proyectos entre investigadores y gestores involucrados en la temática. El método utilizado en una primera instancia fue la revisión de bases de datos ya existentes que sistematizaron partes separadas. Se tomó un horizonte temporal de 5 años y se revisaron bases de datos en busca de personas, proyectos y publicaciones relacionadas con la temática en varias instituciones de distinto carácter. Se relevaron las bases de datos de la Comisión Sectorial de Investigación Científica, de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación, del «Proyecto K; Vulnerabilidad y Sostenibilidad Ambiental a Nivel del Territorio» (a cargo de la Ec. Lorena Márquez), del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. En una segunda etapa, se identificaron las instituciones referentes que más se repetían en las bases de datos como instituciones vinculadas más intensamente con el cambio climático. Ya en una tercera instancia y con las bases de datos revisadas y centralizadas en una única base de datos se crearon tres fichas, una ficha institucional, una ficha personal y una ficha de proyectos. La ficha institucional se envió a los referentes de cada institución para ser completada y de esta manera generar información de contacto y proyectos por institución. Por último se enviaron la ficha per-

<sup>1</sup>Unidad de Posgrados y Educación Permanente, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

<sup>2</sup>Centro de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República.

<sup>3</sup>Grupo BEC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

<sup>4</sup>Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República.

sonal y la ficha de proyectos se envió a todas las personas relevadas. El resultado ha sido muy positivo, llevamos relevadas 534 personas vinculadas al cambio climático, 446 de ellas fueron catalogados como investigadores y 88 como gestores. Se catalogaron siete grandes áreas en las que investigadores desarrollan actividades relacionadas al cambio climático (categorización tomada de la ANII). Por otro lado se catalogaron 7 áreas en las que los gestores llevan a cabo actividades relacionadas al tema. Se encontraron más de 40 instituciones como instituciones que llevan a cabo actividades tanto de investigación como de gestión relacionada al cambio climático, de las cuales 9 encontramos concentran la mayor cantidad de esfuerzos y trabajos relacionados al CC tanto para gestores como para investigadores.

## Gestión de riesgos climáticos en el sector agropecuario para la adaptación al Cambio Climático

Walter E. Baethgen<sup>1</sup>

### RESUMEN

Aún considerando los escenarios más optimistas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la ciencia del clima confirma que en las próximas décadas el calentamiento global es inevitable. Esto hace necesario que los diferentes sectores socioeconómicos establezcan estrategias para la adaptación a los cambios climáticos ya existentes y futuros. Por otro lado ya no se trata de situar el cambio climático como un problema que va a afectar a la sociedad en 50 o más años: un plazo de tiempo muy posterior al que compete a las agendas de los políticos y tomadores de decisiones. El cambio climático es un problema de hoy. Existen variaciones del clima en diferentes escalas de tiempo: días, estaciones, años, décadas, etc., y la información de cada una de estas escalas son importantes para diferentes usos. Por ejemplo, para el cálculo de obras de infraestructura (carreteras, represas de agua) es importante conocer cómo es la variabilidad en las escalas de décadas (próximos 5 a 30 años) y pueden ser importantes también las variaciones de más largo plazo. Por otro lado, para la planificación y la toma de decisiones más cotidianas es fundamental conocer la variabilidad de un año a otro. Es también importante destacar que es esta variabilidad interanual la que hace que existan años de sequías y años de inundaciones. Sin embargo las otras dos escalas son importantes para determinar si existen períodos en los que dichas sequías o inundaciones pueden ser más o menos frecuentes. Una manera de fomentar la inclusión del cambio climático en la elaboración de políticas y en la toma de decisiones, consiste en considerar a los cambios del clima de largo plazo (cambio climático) dentro de todo el rango de variaciones climáticas: desde meses y estaciones hasta décadas o siglos, en contraposición a considerar los cambios climáticos en forma exclusiva y aislada. Por otro lado, las investigaciones en cambio climáticas que presentan una gran incertidumbre a nivel local, en general coinciden en que es muy probable que la variabilidad interanual aumente en el futuro, y que existan eventos climáticos

<sup>1</sup>Director del Programa Regional para América Latina y el Caribe, International Research Institute for Climate and Society (IRI), The Earth Institute at Columbia University.

extremos más frecuentes y más severos. Por estas razones, una buena forma de contribuir a mejorar la adaptación a los cambios climáticos futuros consiste en disminuir las vulnerabilidades de los sectores socioeconómicos a las variaciones del clima de hoy (incluyendo los eventos extremos), es decir mejorar su capacidad de adaptación a la variabilidad climática actual. La presentación describe el enfoque de «Gestión de Riesgos Climáticos» del IRI (International Research Institute for Climate and Society, Columbia University) que se basa en cuatro pilares fundamentales: 1. Identificar vulnerabilidades y oportunidades relacionadas con la variabilidad y el cambio climáticos; 2. Reducir incertidumbres mejorando el conocimiento climático en el sector agropecuario; 3. Identificar intervenciones tecnológicas que reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática; y 4. Identificar intervenciones de políticas y arreglos institucionales que permiten reducir las vulnerabilidades y/o transferir riesgos asociados al clima.

## Cambio climático en la Laguna de Rocha: selección de servicios ecosistémicos y evaluación de metodologías de valoración monetaria

Andrew Fanning<sup>1</sup>

### RESUMEN

Este estudio explora la relevancia y factibilidad de implementar métodos de valoración monetaria para estimar los impactos económicos del cambio climático (CC) sobre los servicios ecosistémicos del Paisaje Protegido Laguna de Rocha (Uruguay). Dos observaciones han motivado la investigación. Es bien conocido que la mayoría de las medidas de adaptación al CC se realizan a nivel local, sin embargo hay pocas estimaciones del valor económico de sus impactos generados a esta escala, especialmente en países en vías de desarrollo. En segundo lugar, las metodologías de valoración usadas en los escasos estudios existentes raramente incorporan el valor 'no-mercado' de los impactos del CC sobre los servicios ecosistémicos de los cuales mucha gente depende. El estudio está organizado en cuatro partes. La primera se enfoca en la identificación de las tendencias climáticas locales para la costa atlántica de Uruguay (Departamento de Rocha) desde 1961 hasta hoy. En los últimos cincuenta años se observaron las siguientes tendencias en Rocha: i) aumento del nivel del mar de 15 cm (2.94 mm/año); ii) aumento del promedio anual de temperatura de 1 °C (0.2 °C/10 años); y iii) aumento del promedio anual de precipitación acumulada de más de 300 mm (6.68 mm/año). El segundo componente del estudio utiliza un sistema de evaluación de ecosistemas reconocido internacionalmente para identificar aquellos servicios ecosistémicos vulnerables al CC en el Paisaje Protegido Laguna de Rocha. Se identificaron once servicios ecosistémicos bajo las categorías de: aprovisionamiento (2), regulación (4), hábitat (1) y cultura (4). La tercera parte de la investigación evalúa el marco conceptual, ventajas y restricciones de la valoración monetaria de ecosistemas. Se discuten metodologías de valoración específicas según: i) relevancia para estimar el valor económico del CC; y ii) datos requeridos y posibilidad de implementación en el contexto de la Laguna de Rocha. Dentro del cuarto componente del estudio se aplicarán dos metodologías de valoración monetaria para ilustrar su utilidad en la valoración de los impactos del CC sobre los servicios ecosistémicos del área protegida. El primer método, basado en la

<sup>1</sup>MCI-Sur, CURE, Universidad de la República, Uruguay.

función de producción, es conocido como la metodología más apropiada para valorar cambios cuando el clima es un 'insumo' a la producción de bienes vendidos en un mercado. Para demostrar la flexibilidad de este método se expone el ejemplo de cómo los cambios en las precipitaciones influyen sobre la captura de camarón en la zona. La segunda metodología de valoración emplea precios del mercado para estimar el valor del caso particular de la secuestación de carbono en los suelos inundados de la Laguna, usando un promedio de tasas de acumulación (tomadas de humedales costeros con regímenes climáticos similares) y los precios del mercado de carbono de 2008-2011. Se discutirá la aplicabilidad de las metodologías para su implementación en investigaciones futuras y otros métodos de costos de daños causados por el CC así como los requerimientos para valorar los servicios de protección y conservación en la Laguna de Rocha.

## La evolución de la costa frente al cambio climático: El caso del sistema costero La Paloma - Cabo Polonio

Daniel de Álava<sup>1</sup>

### RESUMEN

La costa oceánica de Uruguay comprende tan solo unos 280 km. Experimentó durante el período colonizador europeo un proceso heterogéneo de apropiación del ambiente nativo, quedando grandes extensiones sin asentamientos humanos importantes, en forma similar a la costa del Sur de Brasil (Esteves *et al.*, 2000a, b, de Álava 1992, Panario y Piñeiro 1997, de Álava y Panario 1996). Las intervenciones más importantes fueron la introducción del ganado y, desde comienzos del Siglo XX, la forestación de sistemas dunares, lo cual ha generado –entre otros impactos negativos– una reducción en la kinesis dunar y en consecuencia un déficit en el balance sedimentario con la paulatina inmovilización de las dunas. (de Álava 2007, de Álava y Panario 1996). En la costa Este del país se reconoce un proceso degradativo con dos grandes componentes causales de las disfunciones del biogeosistema: la forestación del sistema dunar y el proceso de urbanización. A partir de los años 1980 se ha intensificado el proceso de transformación de la costa atlántica por las actividades humanas, un proceso que surge entre los años 1930 y 1940 como consecuencia de la expansión del modelo turístico tradicional. Estas actividades han influido directa o indirectamente en el sistema costero pero el resultado ha sido un balance negativo con la consecuente degradación ambiental y la pérdida definitiva de valores naturales. Estudios sobre la vulnerabilidad de la zona costera por los Cambios Climáticos sugieren diversos impactos ambientales negativos (IAN), i.e.: erosión, cambios en la biodiversidad, daños en infraestructuras, inundación, intrusión salina. (IPCC 2001a, b; de Álava, 1996). En esta región, la posible sincronización de los IAN resultantes de las intervenciones humanas con un posible incremento del nivel del mar por cambios climáticos, implicaría drásticas alteraciones en el sistema costero con repercusiones socioeconómicas negativas (de Álava 2007, 1996). Las alteraciones en el sistema costero frente a un incremento del nivel del mar y en consecuencia la magnitud de su vulnerabilidad, se relaciona con el tipo de playa y su estado dinámico; las intervenciones humanas, usos y estilos de usos; la posible compensación de los sedimentos aportados por los antiguos siste-

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario MCI-Sur, CURE, Universidad de la República, Uruguay.

mas dunares mediante otras fuentes; las características geomorfológicas hacia el límite continental; la presencia de barras litorales; el clima de oleaje. Estudios sobre la evolución de los IAN en la zona comprendida entre La Paloma y Cabo Polonio sugieren que probablemente más del 70 % del espacio costero fraccionado experimente una densificación urbana importante. Bajo este escenario es predecible que una gran parte de los IAN se incrementen, principalmente los relacionados con la densificación urbana, como es el caso de represamiento y/o cambios en cauces pluviales y retroceso de costa (de Álava 2007). La evolución hacia una situación sostenible de la zona costera en el futuro dependerá entre otros aspectos, de poder instrumentar un marco jurídico y nuevas políticas, ambos coherentes con la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas; de efectivizar el desarrollo de planes integrales de manejo con una activa participación de las poblaciones costeras y fomentar el uso de tecnologías sostenibles para brindar servicios a las zonas urbanas existentes.

## **Inclusión de la dimensión de género en las políticas territoriales costeras y de adaptación al Cambio Climático**

**Clara Píriz<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

Cada vez con más frecuencia desde los espacios institucionales se genera la demanda de «incluir la dimensión de género» en políticas, proyectos y programas. La aceptación cada vez mas generalizada conlleva la desventaja de la banalización conceptual y la carencia de pensamiento crítico sobre los significados de lo que se sustenta. Internacionalmente se reconoce que el desarrollo, la reducción de la pobreza y los derechos humanos están estrechamente ligados, y se considera la reducción de desigualdades de género como un instrumento estratégico en los procesos de combate a la pobreza que no alude solamente a la carencia de ingresos o recursos financieros, sino también a las desigualdades en el acceso a los beneficios materiales y no materiales y el control sobre ellos. Las políticas de Gestión Costera Integrada, con su pretensión de integralidad sin embargo ha incluido esta dimensión aun muy tímidamente, las propuestas de adaptación al cambio climático están en una situación similar. Como podemos pensar la relación de los temas que abordamos desde este tipo de políticas con la cuestión de género? Que incidencia tienen las diferencias de género en los programas y proyectos? Tal vez sea más interesante plantearnos la pregunta inversa: ¿que incidencia tienen los programas y proyectos de Gestión costera, y adaptación al Cambio climático en las diferencias entre hombres y mujeres? Nos ayuda a buscar respuestas hacer una traspolación desde los enfoques sobre como considerar y superar las desigualdades de género en los proyectos de desarrollo que han evolucionado desde privilegiar las acciones hacia las mujeres, cuyo éxito fue reducido, hacia involucrar tanto a hombres como mujeres en el establecimiento de metas y en la elaboración de estrategias y planes. Sin embargo la participación de hombres y mujeres por sí misma, no genera cambios en las políticas, ni impulsa una mayor justicia en las relaciones de género si no es acompañada de un esfuerzo consciente y colectivo para ello. Algunos ejemplos pueden ayudarnos a ver la vinculación entre estos temas, sin embargo es el análisis de las relaciones de poder entre los actores participantes en estas prácticas polí-

<sup>1</sup>Profesora Agregada MCI-Sur, Universidad de la República.

ticas y la conformación de marcos de sentido que deriva de estos procesos, lo que permite visualizar las posibilidades y dificultades para incorporar la dimensión de género, mas allá del manejo de los instrumentos metodológicos necesarios para hacerlo.

## El INIA y el Cambio Climático

Agustín Giménez<sup>1\*</sup>

### INTRODUCCIÓN

Si bien en la actualidad se reconoce ampliamente que las actividades humanas están modificando el clima a un ritmo cada vez más alarmante, tal no era la situación en 1976 cuando la Organización Mundial de Meteorología (OMM) publicó la primera declaración autorizada sobre la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera y sus posibles efectos en el clima de la Tierra, (Jarraud, 2008). A dicha declaración siguió una actividad científica sumamente intensa a nivel mundial, que desembocó en la creación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en 1988, promovido por la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El IPCC está conformado por un grupo amplio de científicos provenientes de países de las Naciones Unidas y de la OMM. La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y mitigación del mismo.

Posteriormente a la creación del IPCC, se adopta en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), entrando en vigor en marzo de 1994. La CMNUCC permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático.

En 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kyoto, que cuenta con medidas más energéticas y jurídicamente vinculantes. En 2006 se enmendó en Nairobi este Protocolo a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

<sup>1</sup>Ing. Agr. (M.Sc.), Coordinador Nacional de la Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS).

\*III Cumbre Mundial de Regiones sobre Cambio Climático, 20-22 de abril de 2010, Hotel Radisson, Montevideo, Uruguay.

El Uruguay ratificó la CMNUCC en el año 1994, creando la Comisión Nacional para el Cambio Global (CNCG) y la Unidad de Cambio Climático (UCC) de la DINAMA (MVOTMA), a fines de promover y ejecutar actividades de investigación y protocolos- políticas respectivamente. En el año 2001 Uruguay ratifica el Protocolo de Kioto y designa al MVOTMA (UCC de la DINAMA) como autoridad nacional en materia de Cambio Climático.

Finalmente, en mayo de 2009 se crea por decreto del Poder Ejecutivo del Uruguay el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC), a los efectos de coordinar y planificar las acciones públicas y privadas, necesarias para la prevención de los riesgos, la mitigación y la adaptación al cambio climático. Y en febrero de 2010 se lanza el Plan de Acción Nacional de Respuesta al Cambio Climático, elaborado en el marco del SNRCC.

El INIA comenzó a ejecutar proyectos de investigación y otras actividades en torno a la temática del cambio climático cuando Uruguay ratificó la CMNUCC en 1994, en estrecha coordinación y vinculación con la CNCG, con la UCC de la DINAMA y con instituciones y grupos de especialistas nacionales e internacionales.

Consecuentemente, se empieza a conformar dentro del Instituto un grupo técnico que comienza a analizar, proponer y ejecutar estudios enfocados específicamente a la temática del Cambio Climático. Finalmente, en el año 2003, la Junta Directiva del INIA crea formalmente la Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) en cuya Resolución se expresa: «Crear la Unidad de Agroclima y Sistemas de Información, con competencias en el estudio y tratamiento de la temática del Clima y el Cambio Climático.....».

Es así que desde el año 1994 hasta el presente, el INIA, en el marco de sus Programas de Investigación (Carne y Lana, Horticultura, Fruticultura, Citricultura, Forestal, Cultivos de Secano, Arroz, Pasturas y Forrajes, Producción Sustentable y Ambiente y Producción Familiar) y de sus Unidades Técnicas (Agroclima y Sistemas de información y Biotecnología), ha venido promoviendo y desarrollando diversos proyectos y actividades que contribuyen a un mejor conocimiento del cambio climático en Uruguay, sus posibles impactos en la producción agropecuaria y a la identificación y desarrollo de medidas de respuesta y tecnologías para la adaptación y mitigación.

## PRINCIPALES ACCIONES DEL INIA

A continuación se enumeran las principales temáticas que el INIA ha venido promoviendo y abordando, relacionadas con estudios sobre el cambio climático observado en Uruguay y posibles escenarios futuros, evaluación de impactos en rubros agropecuarios y tecnologías que contribuyen a la adaptación y mitigación.

Cambio climático observado, posibles escenarios futuros y evaluación de impactos.

- Estudios del Cambio Climático observado (temperaturas y precipitaciones) en el correr del Siglo XX y posibles escenarios futuros un Uruguay y la Región. (CNCG 1998, AIACC 2006, PNUD 2008).
- Evaluación de impactos del Cambio Climático en cultivos de maíz, soja, trigo, cebada y arroz. (CNCG 1998, AIACC 2006, PNUD 2008).
- Evaluación de impactos del Cambio Climático en pasturas mejoradas y campo natural. (AIACC 2006, PNUD 2008).

### Adaptación

Refiere a acciones, medidas de respuesta y tecnologías desarrolladas por el INIA que contribuyen a disminuir o evitar los posibles efectos negativos de la variabilidad y el Cambio Climático, tales como sequías, excesos hídricos, incidencia de plagas y enfermedades, entre otras.

- Identificación de medidas de adaptación a la variabilidad climática en la producción agrícola. (talleres con actores vinculados al sector, identificación de amenazas y posibles respuestas).
- Sistema de Información para la gestión de riesgos climáticos. (monitoreo y estimación del estado de pasturas y cultivos, estimación de disponibilidad de agua en el suelo, Índice de bienestar hídrico de la vegetación, estadísticas y regionalización agroclimática, sistemas de alerta temprana de plagas y enfermedades, etc.).
- Gestión del agua. (riego en citrus, hortalizas, frutales de hoja caduca, cultivos y pasturas; manejo de rastrojos y barbechos; coberturas vegetales, etc.).
- Mejoramiento genético y selección de especies vegetales. (identificación de genes de resistencia a sequía y otro tipo de estrés, selección por resistencia a enfermedades y plagas, evaluación de nuevas especies tales como por ej. centeno, triticale, amaranthus, ornitopus, etc.).

- Prácticas de manejo y producción. (épocas de siembra de cultivos y ciclos de las variedades, evaluación y ajuste de dosis de plaguicidas, control biológico, control integrado de plagas y enfermedades, conservación de forrajes y suplementos nutricionales, etc.).

### **Mitigación**

Se identifican temáticas y tecnologías desarrolladas por el INIA que contribuyen a la remoción de carbono de la atmósfera (secuestro), o a la disminución de emisiones de gases con efecto invernadero tales como metano (NH<sub>4</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

- Uso racional de fertilizantes nitrogenados. (curvas de respuesta de cultivos y ajuste de dosis a aplicar, agricultura de precisión).
- Sistemas de producción en rotación de cultivos y pasturas, siembra directa, laboreos conservacionistas de suelos. (incremento de la materia orgánica del suelo, menor utilización de fertilizantes nitrogenados).
- Agricultura Orgánica. (abonos verdes y orgánicos, fijación biológica de nitrógeno, etc.).
- Sistemas de producción silvopastoriles. (fijación de CO<sub>2</sub>, conservación de suelos, incremento de materia orgánica del suelo, etc.).
- Biocombustibles. (biodiesel, alcohol, biomasa, etc.).
- Mejoramiento de pasturas para producción vacuna y ovina. (nutrición animal – menores emisiones de metano).
- Ajuste de métodos de medición de emisiones de metano por rumiantes.

### **RELACIONAMIENTO INTERINSTITUCIONAL**

Durante toda la trayectoria de desarrollo de proyectos y actividades del INIA en materia de Cambio Climático, se mantuvo una estrecha vinculación y coordinación con instituciones y grupos de especialistas y tomadores de decisiones vinculados a dicha temática.

A nivel nacional se desarrollaron y se siguen desarrollando proyectos, estudios y actividades colaborativas específicas en la temática de Cambio Climático, con la Comisión Nacional de Cambio Global (CNCG) en un principio y posteriormente con la Unidad de Cambio Climático (UCC) de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) del Ministerio de Vivienda,

Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA); con la Unidad de Proyectos Agropecuarios de Cambio Climático (UPACC), la Dirección de Recursos Naturales Renovables (DIRENARE) y la Oficina de Planificación y Políticas Agropecuarias (OPYPA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; con la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Ciencias, la Facultad de Agronomía y la Facultad de Química de la Universidad de la República; con la Dirección Nacional de Meteorología del Ministerio de Defensa Nacional y con la Dirección de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Minería; con ALUR de ANCAP; con el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático; y con instituciones y organizaciones del sector privado agropecuario tales como la Cooperativas Agrarias Federadas (CAF), la Federación Uruguay de Grupos CREA (FUCREA), la Asociación Rural del Uruguay (ARU), la Federación Rural, la Cooperativa Agraria Nacional (COPAGRAN), la Asociación de Cultivadores de Arroz, etc.

Así mismo se desarrolló y se mantiene una fuerte interacción y trabajos conjuntos con instituciones a nivel internacional enfocadas en la temática del Cambio Climático y Agricultura, tales como el Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia, el Instituto Goddard de la NASA, la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) de Brasil, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de España y la Universidad Católica de Asunción del Paraguay, entre otros.

## ACCESO A INFORMACIÓN

Gran parte de la información resultante de las acciones mencionadas, desarrolladas por el INIA y que contribuyen a la temática del Cambio Climático, está publicada y se puede acceder a la misma en formato papel en las Bibliotecas de las Estaciones Experimentales del INIA (Salto Grande, Tacuarembó, Treinta y Tres, La Estanzuela y Las Brujas), o en formato digital a través de Internet en el ítem «Publicaciones» de los sitios:

[www.inia.org.uy](http://www.inia.org.uy) y [www.inia.org.uy/gras](http://www.inia.org.uy/gras)



# PONENCIAS



## Fitolitos y minerales de arcillas en sedimentos plio-pleistoceno como indicadores paleo-ambientales en el arroyo Teguá, Córdoba Argentina

Rosa Ayala<sup>1</sup>, Carlos Daziano<sup>1</sup>, y Cecilia Loyola

### RESUMEN

El presente trabajo es el de comprender la historia de la vegetación a partir del análisis de fitolitos y minerales del grupo de las arcillas, presentes en sedimentos plio-pleistocenos e interpretar los posibles cambios climáticos acaecidos desde el Cuaternario hasta la actualidad. Un número importante de estudios paleo-ambientales han sido llevado a cabo a partir de fitolitos encontrados en horizontes fósiles asociados a sedimentos loésicos, muchos de estos estudios fueron desarrollados en las grandes planicies de Sudamérica. Se estudiaron varios perfiles proveniente del Arroyo Teguá, (32°54'S-64°53'W), departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina. La fracción de limo fino (100- 20  $\mu$ ) fue concentrada sin destrucción de cementos previos a fin de preservar la morfología de los fitolitos y determinar los minerales que los acompañan. Los estudios determinativos se realizaron por microscopía polarizada sobre un conteo de 1000 granos. La fracción de dos micrones fue concentrada sin destrucción de cementos previos y se plantea el estudio roetnográfico. Pudiendo identificar el siguiente paleo-ambiente, el grupo de fitolitos y minerales arcillosos presentes están estrechamente relacionados con ambiente templado –húmedo como es la sabana de palma con céspedes.

**Palabras clave:** sedimentos-biolitos-silice amorfa-arcilla

<sup>1</sup>Docente Investigador Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Geología Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Correo electrónico: ayalaunc@hotmail.com

---

**ABSTRACT**

---

**Phytoliths and Clay Minerals in Deposit Plio-pleistoceno Like Shovel-environmental Indicators in the Stream Tegua, Córdoba Argentina**

The present work has been carried out in order to understand the history of the vegetation through the analysis of phytoliths and clays, which have been found in Plio-Pleistocene sediments, and also to interpret the possible climate changes that happen since the Quaternary. An important number of studies were made from phytoliths found in fossil horizons associated to loess sediments, many of these were developed in the great plains of South America. Several profiles coming from the Arroyo Tegua have been studied, (32°54'S-64°53'W), department Río Cuarto, county of Córdoba, Argentina. The fraction of fine slime (100 - 20  $\mu$ ) has it been concentrated without destruction of previous cements in order to preserve the morphology of the phytoliths and to determine the minerals that accompany them. These studies have been carried out by polarization microscope starting from a count of 1000 grains. The fraction of two microns has been concentrated without destruction of previous cements and the study RX has been carried out. The fitolitos group and present clay minerals are related with environmental temperate -humid as it is the palm savanna with grasses.

**Key words:** sediments biolitos amorphous silica clay

---

**INTRODUCCIÓN**

Un número importante de estudios paleo-ambientales han sido llevado a cabo a partir de fitolitos encontrados en horizontes fósiles asociados a sedimentos loésicos, muchos de estos estudios fueron desarrollados en las grandes planicies de Sudamérica, (Piperno y Becker, 1996); (Alexandre *et al.*, 1999); (Blinnikov *et al* 2002); (Piperno y Jones, 2003).

La mineralogía de los suelos y sedimentos del Cuaternario tardío de la llanura pampeana evidencia que los minerales livianos son preponderantes así como los clastos constituidos por sílice amorfa de origen orgánico e inorgánico que llegan a porcentajes que superan el 30 % (Karlsson, 1990), (Karlsson y Ayala, 1993).

La presencia de fitolitos, es muy abundante en los paleosuelos de la llanura pampeana, (Bertoldi de Pomar, 1974), de manera de poder usarlos como una herramienta para dilucidar la intrincada problemática a la que está asociada la geología del Cuaternario (Bertoldi de Pomar, 1980). Los fitolitos se pueden encontrar en depósitos sedimentario de variados ambientes, proporcionando un método de determinación a fin de establecer pautas referentes a datos medioambientales y de información climática de estos sedimentos (Karlsson *et al.*, 1999).

El objetivo primario de este trabajo es aclarar la vegetación y el clima que reinó en el período plio-pleistoceno proveniente de Arroyo Tegua, (32°54'S-64°53'W), departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina.

## MATERIAL

El área de estudio (Figura 1) está situada en la cuenca superior del Arroyo Tegua, departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina. En esta localidad se selecciona una secuencia de sedimentos loésicos estudiados por (Ayala, 2006), que varía desde la Formación Pampeano, sensu lato (Fidalgo *et al.*, 1973) hasta el Post-Platense, (Combina A. y M. Sánchez, 1992).

En general los sedimentos están formados por material limoso a limo arcilloso, apreciándose dos niveles de tosca bien determinada.

El perfil generalizado (Figura 2), comienza con una tosca, de 30 cm de potencia, de color castaño claro a gris rosado, que posee en su parte superior grietas de desecación laminación y pequeños rodados de arcilla denominándose la «tosca inferior». A este nivel de tosca le



Figura 1.

continúa un conglomerado con clastos de tosca inmerso en una matriz areno limosa. Separado por una superficie erosiva suprayace un depósito psamo-pelítico con estratos finos, de 60 cm de potencia y de colores castaños rojizos, de arena y arcilla. Se observan varios paleocauces que generan

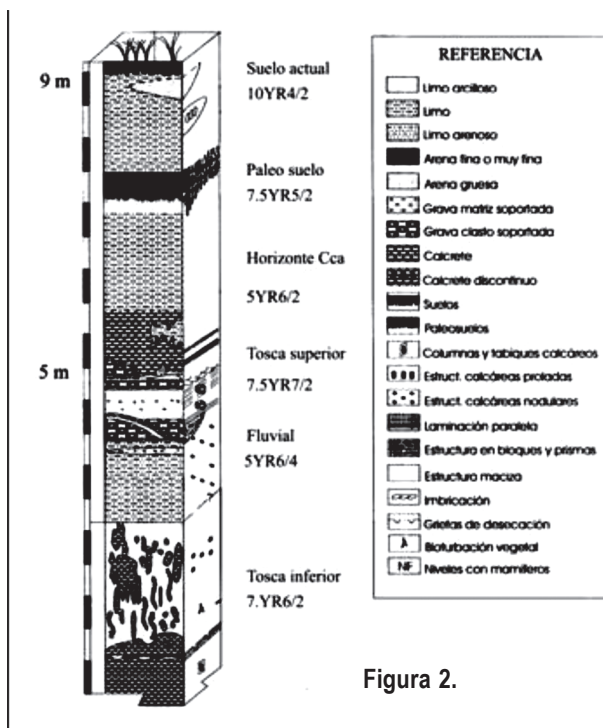


Figura 2.

depósitos granos decrecientes de conglomerados y arenas con estructuras de ondulada. Se ubican en la parte superior de esta secuencia otra de sedimentos limosos pardo claro, que forman paredes verticales sin estructuras, aparentes enriquecidos en cementos carbonáticos de 1,80 m de potencia, indicada como «tosca superior». Sobre el material anterior se desarrollan horizontes de paleosuelos de 2 m de potencia, funcionado en algunos sectores como suelos actuales. Estos horizontes edáficos son de aspecto loésicos, de color amarillo rojizo, denominándose los

«paleosuelo inferior» y «paleosuelo superior». Macromorfológicamente los sedimentos muestran colores de 10YR3/2 en los horizontes superficiales a 7.5YR4/4 en los inferiores, su porcentaje de limo varía de 40 a 60% y la arcilla de 59 a 15%, el pH va de 6 en los horizontes superiores a 9 en las toscas y el porcentaje de carbonatos va de 3% a 9%, mostrando especial incremento en las toscas estudiadas. La mineralogía de sus arenas indica un alto porcentaje de material piroclástico compuesto por lititos y vitroclastos riódacíticos, completado por una mezcla cuarzo-feldespática, siendo mínima la presencia de ferromagnesianos, Ayala (2006). Los análisis micromorfológicos correspondiente a las muestras estudiadas fueron realizadas por (Ayala y Karlsson, 2006), en general los carbonatos se presentan formando masas micrítica-arcillosas-férricas que varían desde un 5% en los paleosuelos a 25% en las toscas. En el «paleosuelo superior» estas masas micríticas se presentan como revestimientos asociados a las paredes de los meso-poros e impregnando en forma discontinua la micro-masa del sedimento, mientras que el «paleosuelo inferior» exhibe recubrimientos y nódulos difusos. En las toscas se forman impregnaciones especialmente asociadas a las paredes de las grietas de desecación y el carbonato forma pequeños nódulos dispersos.

En estos sedimentos se habían hecho hallazgos de *Mesotherium* y *Glossotherium*, (Tauber, 1991), los niveles portadores son correlacionables litoestratigráficamente, siendo en general bancos de tosca que coronan un limo castaño rojizo muy bioturbado, que tiene un origen poligénico, edáfico lagunar (Karlsson, 1990). Las características litológicas de los niveles fosilíferos sugieren que podrían correlacionarse con la parte alta del piso Ensenadense. Recientemente ha sido citada para la provincia de Córdoba, (Tauber, A.A. y Di Ronco J., 2003), procedente del nivel fosilífero 2, unidad B de Tauber (2000) y correlacionable con la Formación La Invernada. Considerándose de edad Pliocena a Pleistocena, (Karlsson *et al.*, 2007), (Ayala R. y A. Karlsson, 2006).

## MÉTODO

Durante el trabajo de campo se realizaron la limpieza superficial del talud que contienen los perfiles tipo (Figura 3), esta limpieza se efectuó retirando los primeros cinco centímetros del suelo de cara a la vía y también la vegetación que se encontraba por encima de este. Se muestreo en forma continua con intervalos de 50 cm, prestando especial interés a los paleosuelos y horizontes carbonáticos.

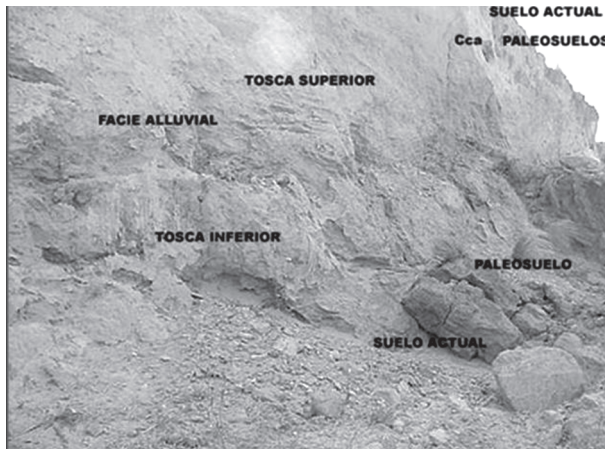


Figura 3.

La fracción de limo fino (100- 20  $\mu$ ) fue concentrada sin destrucción de cementos previos a fin de preservar la morfología de los fitolitos y determinar los minerales que los acompañan. Los estudios determinativos se realizaron por microscopía polarizada sobre un conteo de 1000 granos siguiendo el método de (Karlsson, 1990), que consiste en el conteo por área

del número de diversos clastos, en áreas de unidades definidas como los cuadrantes de una red ocular. Determinándose los tipos de fitolitos estudiados por comparación con la bibliografía indicada.

La fracción de dos micrones fue concentrada sin destrucción de cementos previos. Se plantea el estudio roetnográfico de la misma para determinar las especies minerales correspondientes al material arcilloso y los

cementos asociados. Se confeccionaron preparados orientados, corridos con tubo de cobre y monocromador de hierro en un difractómetro de rayos X (laboratorio CEPROCOR), las posiciones de los picos (DRX) son corregidas con silicio en polvo. Los minerales se determinan por comparación de los valores de las reflexiones con las tarjetas del «Joint Committee of Powder Diffraction Standard» (JCPDS), o con valores citados en la bibliografía indicada. Los valores  $2\theta_{Cu}$  ( $\lambda=1.544$ ) son procesados para la reconstrucción y comparación de patrones mediante un refinado de los valores digitales utilizando ORIGIN LAB. Los porcentajes semicuantitativos de los minerales del grupo de la arcilla se obtienen de la comparación de las intensidades de las reflexiones básicas (Cuadro 1) y los del grupo de los carbonatos de calcio de las intensidades de las reflexiones más destacadas de los mismos (Cuadro 2).

**Cuadro 1.**

| h k l             | 2 $\theta$ Cu |              |               |                |                |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
|                   | Horizonte I   | Horizonte II | Horizonte III | Tosca superior | Tosca inferior |
| 2:1 no expandible |               |              |               |                |                |
| (001)             | 8.43 (1)      | 8.37 (2)     | 8.83 (4)      |                |                |
| (002)             | 19.72 (5)     | 19.83 (3)    | 19.87 (7)     | 19.72 (6)      | 19.72 (3)      |
| (003)             | 26.72 (x)     | 26.72 (x)    | 26.67 (x)     | 26.61 (x)      | 26.61 (x)      |
| 1:1 no expandible |               |              |               |                |                |
| (001)             | 12.42 (4)     | 12.36 (2)    | 12.48 (5)     | 12.36 (2)      | 12.70 (2)      |
| (002)             | 24.23 (4)     | 24.39 (3)    | 24.41 (5)     |                | 24.47 (3)      |
| (003)             | 37.38 (3)     |              | 37.90 (4)     |                |                |

**Cuadro 2.**

| h k l              | 2 $\theta$ Cu |              |               |                |                |
|--------------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
|                    | Horizonte I   | Horizonte II | Horizonte III | Tosca superior | Tosca inferior |
| 2:1 expandible     |               |              |               |                |                |
| (001)              |               |              | 10.28 (2)     | 10.57 (4)      |                |
| (002)              | 20.82 (6)     | 20.88 (3)    | 20.99 (6)     | 20.82 (6)      | 20.88 (4)      |
| (003)              | 31.60 (1)     | 31.30 (2)    | 31.41 (4)     | 31.41 (4)      | 31.47 (2)      |
| Grupo palygorskita |               |              |               |                |                |
| (110)              |               | 8.37 (2)     | 8.83 (4)      |                |                |
| (200)              | 13.81 (3)     |              | 13.81 (5)     | 13.87 (4)      | 13.70 (2)      |
| (040)              | 19.72 (5)     | 19.83 (3)    | 19.87 (7)     | 19.72 (6)      | 19.72 (3)      |
| (221)              | 27.77 (6)     | 27.88 (6)    | 27.94 (6)     | 27.94 (6)      | 27.71 (6)      |
| (400)              | 28.06 (6)     | 28.00 (4)    | 28.00 (6)     | 28.34 (4)      | 28.06 (6)      |

## RESULTADOS

De los estudios mineralógicos se determinó que las arenas de los sedimentos estudiados están conformadas principalmente por una mezcla de cuarzo, feldespato y vidrio. Los feldespatos corresponden a la variedad albíta oligoclase y granos constituidos por una exsolución cuarzo-feldespa-

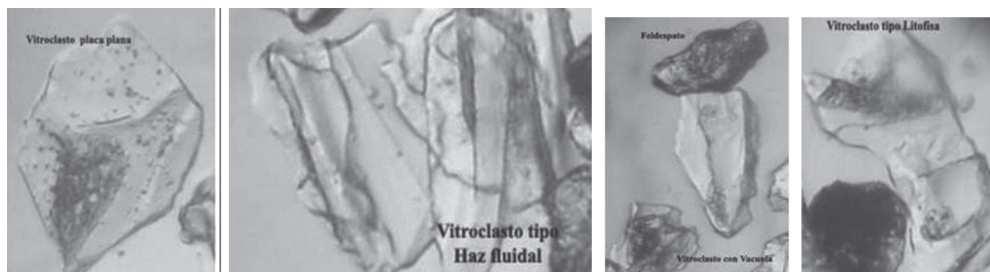


Figura 4.

to y biotitas. Los vitroclastos son en su mayoría transparentes mostrándose con texturas (Figura 4) y son típicos de los sedimentos limosos.

Como opacos se designan a los minerales metálicos que corresponden a magnetita y magnetita hematizadas en su mayoría. Estas especies minerales son resistentes a la alteración edáfica por lo que se concentra como minerales inatacables. Los feldespatos son los mineraloclastos más abundantes en este tipo de sedimento. El cuarzo al igual que los opacos es uno de los minerales que más resiste a la alteración.

En el caso de las arcillas presentes los resultados de la reconstrucción estadística de las lecturas de las reflexiones  $2\theta_{Cu}$  corresponden a los difractogramas dispuestos en la (Figura 5) y (Figura 6).

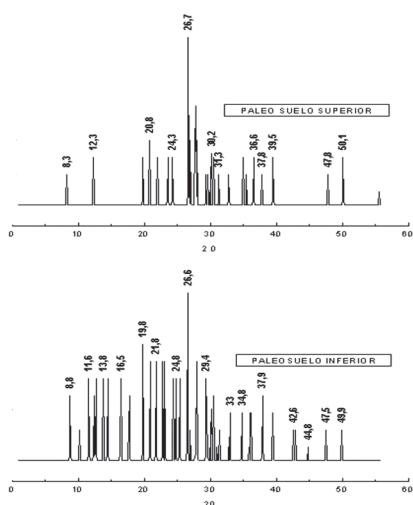


Figura 5.

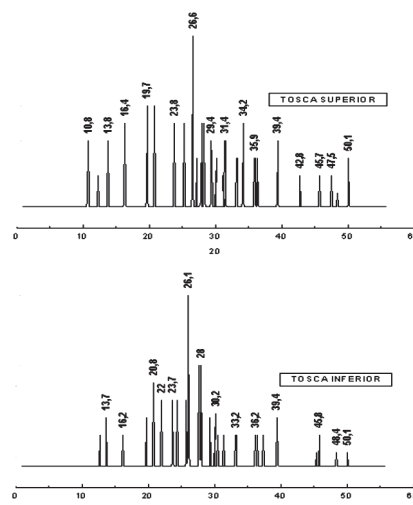


Figura 6.

Como se muestra en los cuadros 1 y 2, la selección de las reflexiones básicas correspondientes a los minerales del grupo de la arcilla.

Para la determinación de las variedades del grupo de las illitas (2:1 no expandibles) se siguió a (Srodón *et al.*, 1984) y (Horton, 1983). (Figura 7). Se puede resaltar su presencia por la falta del pico doble para la banda de  $2\theta_{Cu}$  de  $18^\circ$  y al desvío de los ángulos de  $28^\circ$ , hacia valores menores. Respecto a la presencia de 2:1 no expandibles podemos decir que no son frecuentes en edafizaciones de piroclastitas, suponiéndoselas como resultado de principios de diagénesis según lo estudiado por (Fairbrige, 1967).

Las arcillas del grupo de las kaolinitas (1:1 no expandibles) son las de menor presencia variando de 10 a 20% (Figura 8). En general podemos decir que muestran una mezcla de los tipos fibrosos, siendo difícil diferenciar entre halloisita, y metahallosita. Ello se fundamenta en la presencia de reflexiones poco destacadas en la banda  $2\theta_{Cu}$   $12^\circ$  y  $2\theta_{Cu}$   $24^\circ$  y la difusión de las intermedias, lo que indica su desorden estructural según (Brindley *et*

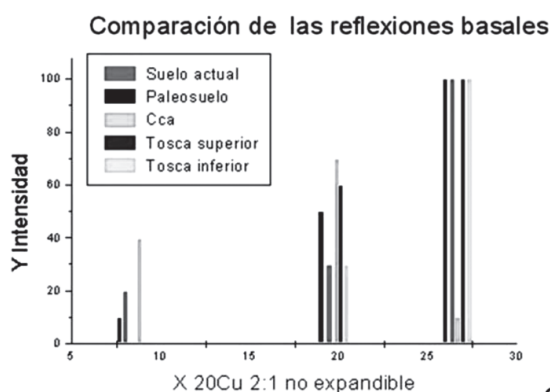


Figura 7.

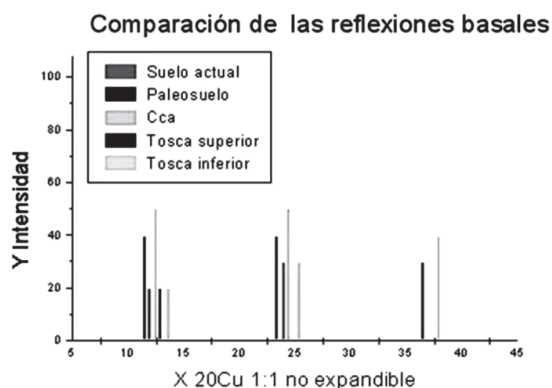


Figura 8.

al 1954) (Brindley *et al* 1966). La kaolinita desordenada tipo «fireclay» según (Brindley *et al* .,1946) queda indicada porque la reflexión  $12.32^\circ$  se desplaza a  $12.50^\circ$ , son minerales pocos definidos con supresión no predecible y debilitamiento de algunas reflexiones y con reflexiones menos nítidas que las kaolinitas bien cristalizadas. Estas kaolinitas pueden interpretarse como un enlace entre kaolinita y haloisita (Iñigo *et al.*, 2000). Estas variedades 1:1 están indicadas como línea final de edafización de materiales piroclásticos por (Besoian, 1969).

Las arcillas del grupo de las esmectitas (2:1 expandibles) son las menos abundantes, siendo de muy baja cristalinidad (Figura 9). La mayoría de las esmectitas-dioctaédricas, y en particular las esmectitas del suelo, tienen composición intermedia entre los miembros extremos de las series montmorillonita-beidellita, con significativos interestratificados de illita, (Borchardt, 1989). La presencia de belleidita esta indicada por que las reflexiones de bajo ángulo son casi nulas, según (McEwan, 1961). Correspondiendo los valores mas destacados a los  $2\theta_{Cu}$   $10^\circ 30'$ ,  $20^\circ 80'$  y  $31^\circ 40'$  como las reflexiones mas destacadas.

La presencia de paligorskita (Figura 10) se fundamenta por las reflexiones  $2\theta_{Cu}$   $13^\circ$  y  $27^\circ$  presentes, (Neaman *et al.*, 2000), siendo doble a

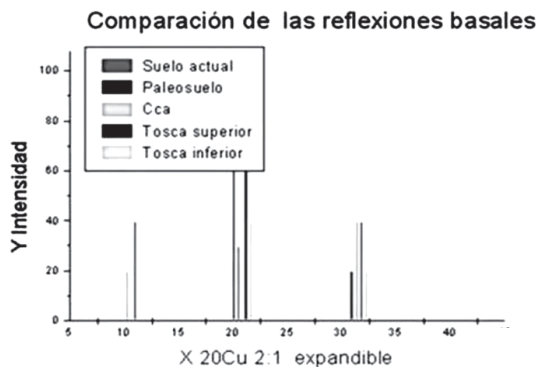


Figura 9.

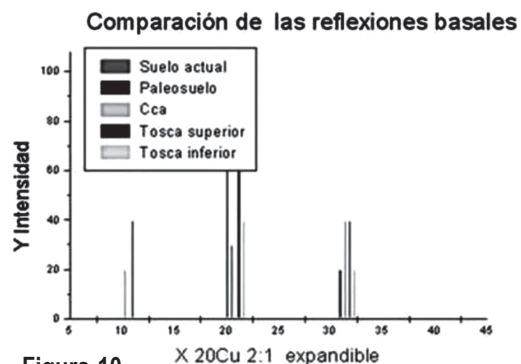


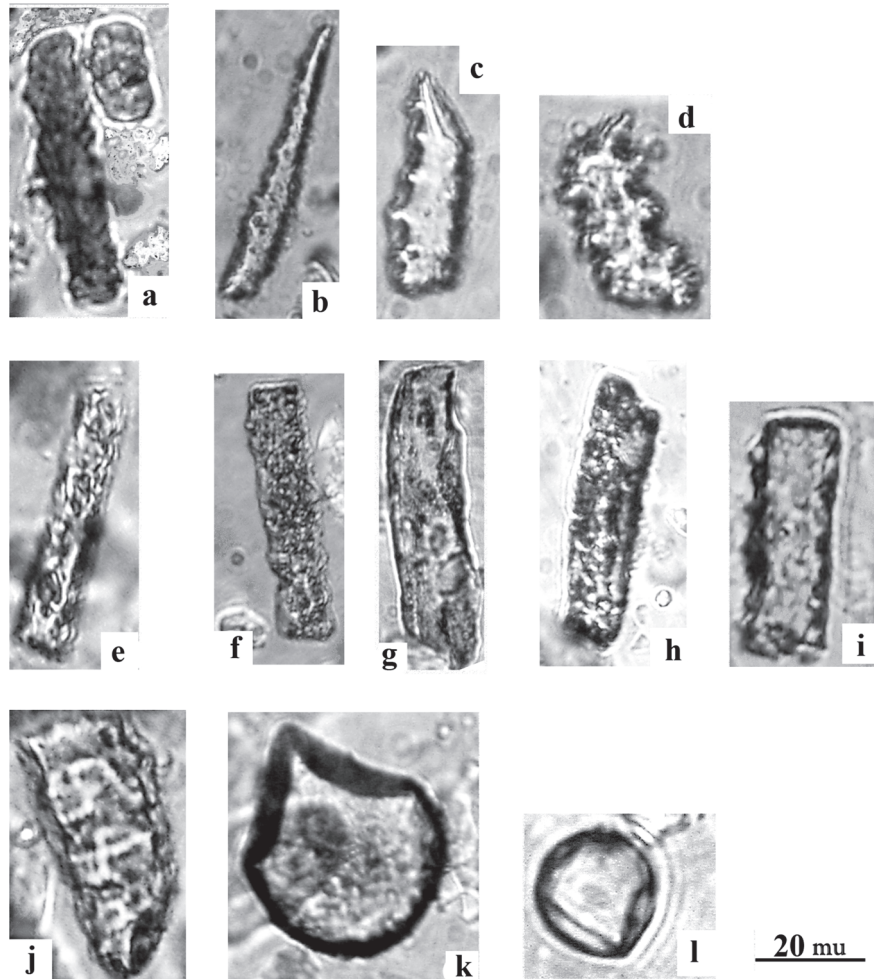
Figura 10.

la última al ir acompañada de aragonita, siguiendo a (Gard et al 1968). Ya se las a indicado en sedimentos limosos asociados a ambientes lagunares, (Karlsson *et al.*, 1998). En general están indicadas como asociadas a sedimentos continentales de cuencas poco profundas formadas por alteración de cenizas volcánicas.

En aquellas muestras en las que se han recuperado fitolitos en buen estado de conservación, su estudio ha permitido una correcta identificación morfológica y su adscripción a determinados grupos de plantas.

Se han determinado diferentes morfologías de fitolitos, cuyas microfotografías están expuestas en la (Figura 11), así podemos plasmarlos en los siguientes tipos:

- I) Tipo de fitolitos uni-lobular y poli-lobular, también llamados acanalados por (Fredlund y Tieszen, 1994), son principalmente producidos por la subfamilia Pooideae, (Twiss *et al.*, 1969), y se presentan en el Paleosuelo Superior (PSS).
- II) Tipo elongitos de superficie suave y sinuosa, corresponden a politipos de células largas de epidermis de gramíneas, siendo distintivas de cinco familias de Poaceae. (Brown, 1984); (Watson *et al.*, 1985). Presentes en Paleosuelo Superior (PSS) y Tosca Inferior (TI).
- III) Tipo abanico (Twiss *et al.*, 1969) correspondiente a células buliformes típicas de la epidermis de deferentes gramíneas, Presentes en el Paleosuelo Superior (PSS).
- IV) Tipo cónico, producida por Cyperaceae, (Ollendorf, 1987). Tosca superior.
- V) Tipo esférico liso es producido a partir de madera de árboles y arbustos (ligneous dicotyledon), (Scurfield *et al* 1974); (Kondo *et al.*, 1994). Aparecen en Paleosuelo inferior (PSI), (Figura 11).



**Figura 11.** Micrografía representativa de los diferentes tipos de fitolitos encontrados en los sedimentos pertenecientes al perfil del A° Tegu: (a – b – c – d) uni-lobular y poli-lobular; (e – f – g – h – i) elongitos; (j) conica; (k) abanico; (l) esférico liso.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La determinación del grupo de las arcillas de illita se puede indicar que su presencia, no es frecuente en edafizaciones de piroclásticas, se las supone como resultado de diagénesis. Las arcillas del grupo de las kaolinitas, que son las de menor presencia en todos los sedimentos estudiados, muestran una mezcla de los tipos fibrosos, siendo difícil diferenciar entre halloisita, metahallosita y *fire clay*. Estas variedades del grupo de las kaolinitas están indicadas como línea final de edafización de materiales piroclásticos.

Las arcillas del grupo de las esmectitas no son abundantes, mostrando valores de reflexiones dispersas lo que indican su baja cristalinidad. La presencia de paligorskita acompañada de aragonita, se las a indicado en sedimentos limosos asociados a ambientes lagunares. En general están indicadas, como asociadas a sedimentos continentales de cuencas poco profundas formadas por alteración de cenizas volcánicas.

Las células buliformes son típicas de la epidermis de diferentes gramíneas, mientras que los fitolitos de tipo uni-lobular y poli-lobular y elongitos, (Kondo *et al* 1994) son producidos por la subfamilia Pooideae, (Ollendorf, 1987); (Mulholland, 1989). Siendo estas últimas un género de gramíneas ampliamente distribuido en regiones templadas.

Los fitolitos de tipo cónico están presentes en las Cyperaceae, (Kondo *et al* 1994); (Wallis, 2003). Estas forman una familia de plantas monocotiledóneas parecidas a gramíneas, también herbáceas, que viven en ambientes húmedos, en las inmediaciones de un cuerpo de agua de poca energía o dentro de él.

Los fitolitos de tipo esférico liso se forman a partir de las arecáceas, (Bertoldi, 1974), nombre científico Arecaceae o su sinónimo Palmae, forman una importante familia de plantas monocotiledóneas normalmente conocidas como palmeras, distribuidas en regiones cálidas a templadas.

La abundancia fitolitos de Pooideae indica una adaptación de la formación vegetal a temperaturas templadas a frías, mientras que la presencia de elementos ligneous dicotyledon y de Cyperaceae indica una cobertura arbórea intertropical, (Bremond, 2003) Pudiendo equiparar dos tipos de paleoambiente identificados, el grupo de fitolitos presentes están estrechamente relacionados con ambiente templado –húmedo como es la de cespedes de graminia para los pisos inferiores, transformandose en una sabana de palma con céspedes para los pisos superiores de los perfiles de la zona del A° Teguá.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexandre, A., Meunier, J.-D., Mariotti, A. and Soubies, F.** 1999. Late Holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. *Quaternary Research*, 51: 187-194.
- Ayala, R.** 2006. Formulación de un modelo de los potenciales procesos de degradación de paisaje, en la cuenca superior del A° Teguá. Tesis Master. UTN, Regional Córdoba, Argentina, 190p.

- Ayala, R. y Karlsson, A.** 2006. Método determinativo de los trimorfos de carbonato de calcio en sedimentos cuaternarios.. III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Córdoba Argentina. 2006, II: 893-901.
- Bertoldi de Pomar, H.** 1980. Análisis Comparativo de Silicobiolitos de Diversos Sedimentos Continentales Argentinos. Asociación Geológica Argentina. Revista XXXV (4), 547-557. ISSN 0004-4822. Rep. Argentina.
- Bertoldi de Pomar, H.** 1974. Silicobiolitos en sedimentos de causas fluviales correntinos. 1er. Congr. Arg. Pal. y Estr., Actas: 633-639.
- Blinnikov, M., Busacca, A. and Whitlock, C.** 2002. Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 177: 77-101.
- Bossi, J.** 1966. Geología del Uruguay. Colección Ciencias N°2. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- Bossi, J. y Navarro, R.** 1991. Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República Montevideo.
- Bremond, L.** 2003. Calibration des fonctions de transfert entre Assemblages phytolithiques, structure des Vegetations et variables bioclimatiques actuelles, Pour l'integration de la dynamique des biomes Herbaces dans les modeles de vegetation. Thèse, Pour obtenir le grade de Docteur de l'Universite de Droit, d'Économie et des Sciences- d'Aix-Marseille –France.
- Brown, D.A.** 1984. Prospect and limits of a phytolith key for grasses in central United States. *Journal of Archaeology Sciences*, 11: 345-368.
- Combina, A. y Sánchez, M.** 1992. Litofacies y elementos arquitecturales de la región de Río Cuarto, entre los 64°38'13" y los 64° 17'02" de longitud Oeste y entre los 33°01'41" y los 33°08'13" de latitud Sur, Provincia de Córdoba, República Argentina. 4° Reunión Argentina de Sedimentología 1992, 1-243.
- D'Antoni, H. y Markgraf, V.** 1977. Dispersión de polen actual en el oeste árido argentino. *Ianigla (CONICET) An.*, 4: 125-150.
- D'Antoni, H.** 1989. Los últimos 30.000 años en el sur de Mendoza (Argentina). *Memorias INAH, III Coloquio paleobotánica y palinología, México, 1977*, 86: 53-74.
- Da Silva, J.** 1990. Micropaleontología de las formaciones Camacho, Raigón y Libertad del departamento de San José. 1° Congreso Uruguayo de Geología (Montevideo, 1990). *Resúmenes Ampliados* 2: 21-26
- De Santa, A., Veroslavsky, H., Martínez, G., Perea, S. y Ubilla, M.** 1988. Estudio estratigráfico preliminar de la secuencia mio-pliocena del SW del Uruguay. *Actas del 6° Panel de Geología del Litoral y I Reunión de Geología del Uruguay, Actas: 62-67, figs. 1-2.*
- Fidalgo, F., de Francesco, F. y Colado, U.** 1973. Geología superficial en las hojas Castelli, J.M. Cobo y Monasterio, provincia de Buenos Aires. 5° Congreso Geológico Argentino *Actas* 4: 27- 39, Córdoba.

- Francis, J.C.** 1975. Esquemas bioestratigráfico regional de la República Oriental del Uruguay. Actas, I Congreso argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Tucumán 2:539-568.
- Francis, J.C. y Mones, A.** 1965. Contribución a la Geología y Paleontología de las Barrancas de San Gregorio, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay. Kraglieviana 1: 55-85.
- Fredlund, G. E. y Tieszen, L.T.** 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography*, 21(3): 321-335.
- Goso, H. y Bossi, J.** 1966. Cenozoico. En: J. Bossi (ed.), Geología del Uruguay, Universidad de la República, Montevideo, pp. 259-301[Tandardizedendparag]
- Karlsson, A.** 1990. Aspecto del material piroclástico de los loes, Córdoba Argentina. Actas del XI Congreso Geológico Argentino. San Juan, Argentina. Tomo I: 326-430.
- Karlsson, A. y Ayala, R.** 1993. Estudios mineralógicos comparados de perfiles de suelo. Actas XIV Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Mendoza. (I):230-236.
- Karlsson, A., Sayago, J., Ayala, R. y Mansilla, L.** 1996. Comparación de Materiales Originales Loésicos. 14ºCongreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo, Temuco Chile.
- Karlsson, A., Ayala, R. y Daziano, O.** 2007. Mineralogía de la fracción arcilla en sedimentos cuaternarios. V Congreso Uruguayo de Geología. Montevideo, Uruguay. 128.
- Kondo, R., Childs, C. and Atkinson, I.** 1994. Opal phytoliths of New Zealand. Manaaki Whenua Press, 85 pp.
- Kondo, R., Childs, C. and Atkinson, I.** 1994. Opal phytoliths of New Zealand. Manaaki Whenua Press, 85 pp.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H.** 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.
- Martínez, S.** 1994. Bioestratigrafía (invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 346 pp. Inédito.
- McDonald, H. G. and Perea, D.** 2002. The large scelidothera *Catonix tarijensis* (Xenarthra, Mylodontidae) from the Pleistocene of Uruguay. *J. Vertebr. Paleontol.* 22, 677–683. (doi:10.1671/0272-4634(2002)022[0677:TLSCTX]2.0. CO;2)
- Mones, A.** (1967. Notas paleontológicas uruguayas. I. *Trigodon* Amegh., 1882 (Toxodonta, Notoungulata) en la fauna pliocena superior de las Barrancas de San Gregorio, Dpto. de San José, Uruguay. *Com. Zool. Mus. Hist. Nat. Montevideo* 117, 1–4.
- Mones, A.** 1979. Terciario del Uruguay, síntesis geo-paleontológica. *Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias, Serie Ciencias de la Tierra*, Montevideo. 1:1-27.

- Mones, A.** 1988. Notas paleontológicas uruguayas. IV. Nuevos registros de mamíferos fósiles de la Formación San José (Plioceno–Plesitoceno inferior?) (Mammalia: Xenarthra; Artiodactyla; Rodentia). *Comun. Paleontol. Mus. Hist. Nat. Montevideo* 20, 255–277.
- Mones, A. and Rinderknecht, A.** 2004. The first South American Homotheriini. *Comun. Paleontol. Mus. Hist. Nat. Montevideo* 35, 201–212.
- Mones, A.** 2007. Josephoartigasia, Nuevo nombre para Artigasía. Francis y Mones, 1966 (Rodentia, Dinomyidae), non Artigasía Christie, 1934 (Nematoda, Thelastomatidae). *Comun. Paleontol. Mus. Hist. Nat. Montevideo* 36, 213–214.
- Mulholland, S.C.** 1989. Phytoliths shape frequencies in North Dakota grasses: A comparison to general patterns. *Journal of Archaeological Science*, 16: 489–511.
- Ollendorf, A.L.** 1987. Archeological implications of a phytolith study at Tel Miqne (Ekron), Israel. *Journal of Field Archaeology*, 14: 453–463.
- Patrick, R. and Reimer, C.W.** 1966. The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). Vol. 1. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr.* 13: 1–688.
- Patrick, R. and Reimer, C.W.** 1966. *Hannaea arcus* (Ehrenb.). The Diatoms of the United States vol. 1, p. 132. Roun, F.E. Crawford, R.M. and Mann, D.G. (1990). The Diatoms. Biology and morphology of the genera. 747pp. Cambridge Press, Cambridge.
- Perea, D., Ubilla, M., Martínez, S., Piñeiro, G. y Verde, M.** 1994. Mamíferos Neógenos del Uruguay: la edad-mamífero, Huayqueriense en el «Mesopotamiense». *Acta Geológica Leopoldensia* 17 (39/1): 375–389.
- Perea, D.** 1998. [Xenarthra fósiles del Uruguay: distribución estratigráfica, caracterización estratigráfica y sistemática de algunos Tardigrada. Tesis de Doctorado, PEDECIBA, 107 pp. Inédita
- Perea, D. y Martínez, S.** 2004. Estratigrafía del Mioceno- Pleistoceno en el Litoral Sur-Oeste de Uruguay. En: G. Veroslavsky, M. Ubilla y S. Martínez (eds.), *Cuencas sedimentarias de Uruguay, geología, paleontología y recursos minerales*, DIRAC, Montevideo, pp. 105–124.
- Piperno, D.R.** 1988. *Phytolith Analysis, An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, San Diego
- Piperno, D.R. and Becker, P.** 1996. Vegetational history of a site in the Central Amazon basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. *Quaternary Research*, 45: 202–209.
- Piperno, D.R. and Jones, J.G.** 2003. Paleoeological and archaeological implications of a Late Pleistocene/Early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama. *Quaternary Research*, 59(1): 79–87.
- Rapp Jr., G., Mulholland, S.C.** 1992. *Phytolith Systematics, Emerging Issues*. Plenum, New York.

- Round, F.E. Crawford, R.M. and Mann, D.G.** 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. 747pp. Cambridge Press, Cambridge -Scurfield, G., Anderson, C.A. et Segnit, E.R., (1974). Silica in woody stems. Australian Journal of Botany, 22: 211-229
- Tauber, A.** 1991. Los primeros Mesotheri das registrados en la provincia de Córdoba. VIII Jornada de Paleontología de Vertebrados. La Rioja.
- Tauber, A.A.** 2000. Hallazgos de un Protherotheriidae (Mammalia, Litopterna) en el Pleistoceno de Córdoba, Argentina. Ameghiniana 37: 157-162.
- Tauber, A.A. y Di Ronco, J.** 2003. Un esqueleto articulado de Mylodon sp. (Tardigrada, Mylodontidae) del Pleistoceno tardío de Córdoba, Argentina. Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina (Santa Rosa, La Pampa). Ameghiniana Suplemento Resúmenes 40: 108R.
- Twiss, P.C., Suess, E. and Smith, R.M.** 1969. Morphological classification of grass phytoliths. Procedure of Soil Sci. Soc. Am., 33: 109-115.
- Verde, M. y Perea, D.** 1992. Mamíferos «Mesopotamienses» (Xenarthra, Litopterna y Cetacea) (Mioceno Superior) de la Bahía de Colonia, Uruguay. Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay (2ª Epoca) 7: 31-32.
- Wallis, L.** 2003. An overview of leaf phytolith production patterns in selected northwestAustralian flora. Review of palaeobotany and palynology, 125(3-4): 201-248.
- Watson, L., Clifford, H.T. and Dallwitz, M.J.** 1985. The classification of Poaceae: Sufamilies and Supertribes. Australian Journal of Botany, 33: 433-484.

## GAS SHALES

David E. Rubin<sup>1</sup>

### CONCEPTOS BÁSICOS

**GAS-SHALE:** Es una roca tipo Pelita que generó hidrocarburos y contiene una cantidad extraíble mediante tecnologías relacionadas a la fractura hidráulica masiva.

**Pelita:** roca clástica de grano muy fino (inferior a 1/16 mm), frecuentemente inferior a 1/256mm, con alta porosidad de poros de muy pequeño tamaño y normalmente con conectividades de tamaños de tamaños prácticamente nanoscópicos. Estas son normalmente las ROCAS GENERADORAS DE HIDROCARBUROS.

### SISTEMA PETROLERO

Se trata de un conjunto de elementos que contribuyen a la génesis, almacenamiento y retención de los hidrocarburos. De estos componentes, tres son Litológicos.

**ROCA GENERADORA:** Es el lugar físico en el cual se forman los HC, normalmente está compuesta de material Pelíticos con alto contenido de materia orgánica. Representa un determinado paleoambiente sedimentario que se asocia a pantanos o mares someros o lagos. Estas son las Gas Shale.

**ROCA RESERVORIO:** compuesta por una Litología que representa propiedades petrofísicas que permiten la acumulación y movilidad de los hidrocarburos a través de su espacio poral. Normalmente se trata de areniscas o rocas carbonáticas con porosidad secundaria.

**ROCA SELLO:** ocupan posiciones superiores a los reservorios y son las que retienen el hidrocarburo en las trampas. Compuestas de materiales impermeables como arcillas o rocas carbonáticas sin porosidad.

El sistema petrolero representa el modelo tradicional de exploración y desarrollo de hidrocarburos el Gas Shale toma en cuenta solamente a la roca generadora por lo que se simplifica la tarea de caracterización del conjunto.

---

<sup>1</sup>Geólogo especialista en ingeniería de reservorios UNC Argentina.

## PROPIEDADES ESPECÍFICAS DE LA ROCA GENERADORA

Este tipo de roca contiene materia orgánica sometida a un proceso anaeróbico de transformación en función de temperatura/presión y tiempo denominado diagénesis de la materia orgánica, éste es el proceso por el cual se generarán hidrocarburos líquidos o gaseosos o ambos y dependerá de:

TIPO DE MATERIA ORGÁNICA ORIGINAL

TEMPERATURA

PRESIÓN TIEMPO

Estos procesos dan origen a compuestos macromoleculares denominados Kerógenos que se clasifican en cuatro tipos o clases que obedecen al material originario (leñoso, algal, etc.).

A su vez cada tipo de Kerógeno sometido a determinadas condiciones diagenéticas derivará en HC gaseosos o líquidos.

TRABAJOS EN GAS SHALES

SE PUEDEN DIVIDIR EN DOS ETAPAS:

1.-CARACTERIZACIÓN

2.-EXPLOTACIÓN

### 1. ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

- LA PRIMERA ETAPA CONSISTE EN LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA DEL CONJUNTO DE ROCA GENERADORA (FORMACIÓN) QUE DARÁ LUGAR AL GAS-SHALE E INVOLUCRA VARIAS ACCIONES:
- CARACTERIZACIÓN DEL CUERPO ROCOSO
- SÍSMICA 3D
- PERFILES DE POZO
- CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA.
- MINERALOGÍA(TIPIFICACIÓN DE ARCILLAS CONSTITUYENTES DEL SHALE)
- CONTENIDO (MATERIA ORGÁNICA-VITRINITA-TOC)
- KERÓGENO (TIPO Y CALIDAD GENERADORA)

- TIPO DE HC (CARACTERIZACIÓN DE FLUIDOS)
- PROPIEDADES MECÁNICAS (BRILTNESS-INDICE DE FRACTURAMIENTO/DEFORMACIÓN).

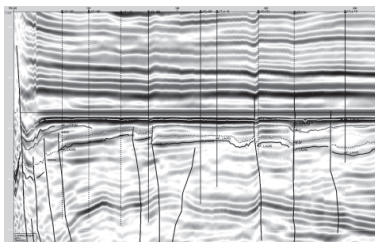
## 2.ETAPA DE DESARROLLO

- TECNOLOGÍA EMPLEADA PARA EXTRACCIÓN.
- SIMULACIONES DE FRACTURA.
- FRACTURA MÚLTIPLE
- POZOS HORIZONTALES MÚLTIPLES.
- PRODUCCIÓN DE GAS
- ANÁLISIS DE COSTO/PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO

## CARACTERIZACIÓN DE FORMACIONES

Proceso mediante el cual se obtiene información básica que permite el modelado de un reservorio.

- En Gas-Shale se aplica la metodología del Screening adaptada al análisis de poros muy pequeños y fenómenos de adsorción
- Pruebas de comportamiento mecánico
- **ESCALAS REGIONAL Y SUBREGIONAL**
- Se aplican herramientas de gran cobertura areal, como la sísmica reflexión 3D.
- A escalas subregionales además se utilizan log de pozos y muddlogin.
- En éstas escalas se puede realizar un cálculo global de posibles reservas.
- **SÍSMICA 3D**



- **ESCALA DE POZO**

- Datos durante la perforación

- **MUDDLOGIN**

- Análisis de COT-Tipo de Kerógeno-Screening-geomecánica-tipo de arcillas-microscopía de canales.

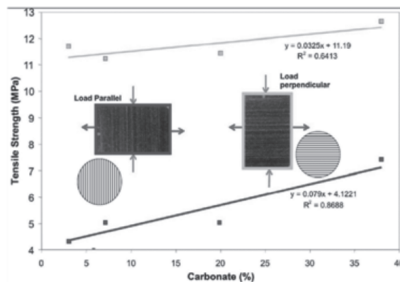
- 
- Figure 1 displays a 4x4 grid of plots showing the relationship between various parameters and the AS7 Infection Number (Y-axis, 0 to 100). The columns represent different parameters: AS7 Infection Number (top row), AS7 Infection Number (second row), AS7 Infection Number (third row), and AS7 Infection Number (bottom row). The rows represent different parameters: AS7 Infection Number (leftmost column), AS7 Infection Number (second column), AS7 Infection Number (third column), and AS7 Infection Number (rightmost column). The plots show a general trend of increasing AS7 Infection Number with increasing parameter values, with some plots showing a plateau or a slight decrease at higher parameter values. The plots are labeled with 'AS7 Infection Number' and 'AS7 Infection Number'.

- High Gamma Ray
- High Resistivity
- High organic content (>3%)
- High maturity (late oil window or higher)
- Brittleness (>40% Qz. content)
- Thickness (> 100ft)
- Porosity (>4%)
- Deposited in marine environments
- Type II kerogen
- Presence of fracture barriers (usually carbonates)

Scanning electron micrograph (SEM) of a rock sample showing porosity. Labels include "Pore in shale", "ARCILLA", and "Pore in arena". A scale bar at the bottom left is labeled "500µm".

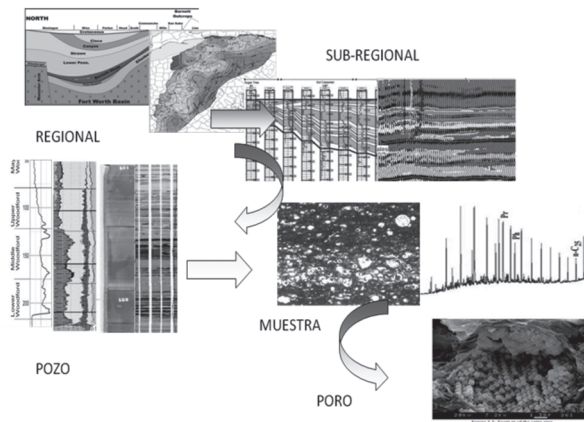
## Evaluaciones sobre roca

### Evaluación geomecánica



## SÍNTESIS DE CARACTERIZACIÓN:

### ESCALAS DE TRABAJO CARACTERIZACIÓN DE GAS-SHALE



### Síntesis de caracterización

#### Construcción del modelo geológico



## FRONTERAS EXPLORATORIAS MOVILIZACIÓN DE LOS RECURSOS

- Los recursos son cada vez mas escasos
- El petróleo «facil» se está terminando
- La continua búsqueda de reemplazar los combustibles fósiles aún no encuentra un sustituto económico adecuado a la tecnología disponible

Gas-Shales es un recurso posible y factible aunque costoso y de resultados económicos aún poco conocidos.

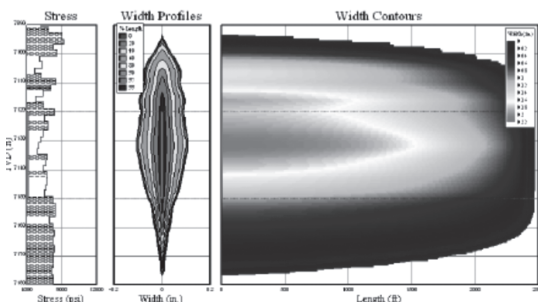
## TECNOLOGÍA GAS SHALES FRACTURACIÓN HIDRÁULICA

- Metodología de «estimulación» de rocas reservorios, consistente en aplicar fuerzas externas que amplíen la comunicación poral.
- Consiste en: inyectar a una capa o estrato un fluido a alta presión hasta lograr la fractura por exceder el límite mecánico de tolerancia.
- Después se introduce en el espacio generado un «agente de sostén» que mantiene abiertos los canales.

## FRACTURA MÚLTIPLE EN POZOS HORIZONTALES

- Para lograr un adecuado régimen de producción las fracturas deben estar concatenadas y cubrir una importante superficie. (20 fracturas de 50 m de largo cada 1000 m).
- Para ello se recurre a la ejecución de pozos horizontales a través del shale.
- Los resultados hasta hoy son de alto costo de producción y relativa factibilidad de índice productivo.

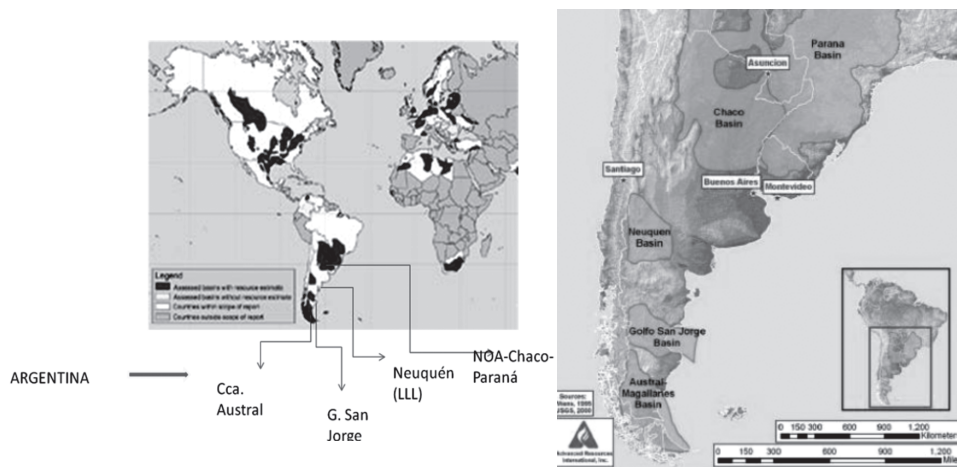
## FRACTURA ANALIZADA CON UN SIMULADOR



## FRACTURAS MÚLTIPLES EN POZOS HORIZONTALES (DIAGRAMA)

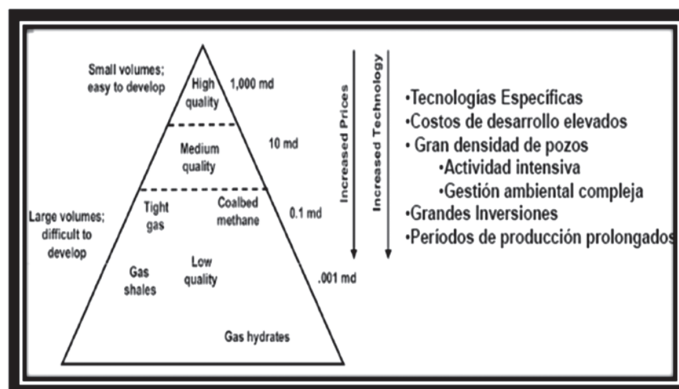


## DISTRIBUCIÓN DE GAS-SHALES A NIVEL MUNDIAL Y REGIONAL



## EL FUTURO ENERGÉTICO

### Triángulo del gas



•**EMISIONES:**

- Contribuye al efecto invernadero con menor impacto que los hidrocarburos líquidos o el carbón.
- Su combustión «completa» permite clasificarlo como poco contaminante.

•**CONTAMINACIÓN DE AGUA Y SUELO:**

- El proceso de explotación puede contaminar niveles acuíferos o suelos próximos al área de tratamiento.
- Las empresas petroleras tienen normativas estrictas al respecto.

**CONCLUSIONES FINALES**

• Gas-shale es un interesante recurso que en el futuro próximo podría transformarse en reserva que permitiría desarrollar el potencial de hidrocarburos contenido en las rocas generadoras que en el caso de nuestros Países son aún poco conocidas.

Se trata de un desafío para el campo de la energía donde se consume cada día más y se incorporan menos reservas.

## Originating Paleoclimatic Aspects of the Archaeological Site «COLONIZATION» Towards the 2600 Years $^{14}\text{C}$ AP

Laura Beovide<sup>1</sup> y Sara Campos

### ABSTRACT

The archaeological site *Colonización* is located in the lower basin of Santa Lucia river, and has a shell midden with a chronology between 2700 and 2300  $^{14}\text{C}$  years BP. In this paper we discuss some paleoclimatic aspects derived from the study of a level of a shell midden dated ca. 2600  $^{14}\text{C}$  years BP. Paleoclimatic inferences come from the archaeobotanical and archaeomalacological studies of that level. Primary results indicate a warmer and wetter climate than current associated with a higher salinity of the paleo river Santa Lucia.

**Key words:** paleoclimatic, prehistoric archeology, archaeobotany

### RESUMEN

## Aspectos paleoclimáticos provenientes del sitio arqueológico «COLONIZACIÓN» hacia los 2600 años $^{14}\text{C}$ AP

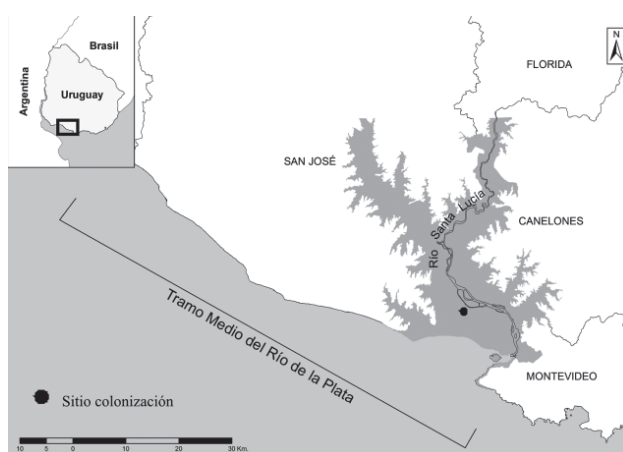
El sitio arqueológico *Colonización* se ubica en la cuenca inferior del río Santa Lucía y presenta un *conchero* con una cronología entre 2700 y 2300 años  $^{14}\text{C}$  AP. Se exponen algunos aspectos paleoclimáticos derivados del estudio de un nivel de formación del *conchero* fechado en ca. 2600 años  $^{14}\text{C}$  AP. Las inferencias paleoclimáticas provienen del análisis arqueobotánico y arqueomalacológico vinculado a dicho fechado. Los primeros resultados indican un clima más cálido y húmedo que el actual asociado a una mayor salinidad proveniente del paleo río Santa Lucía.

**Palabras clave:** paleoclimas, arqueología prehistórica, arqueobotánica

<sup>1</sup>Museo Nacional de Antropología, Avda. de las Instrucciones 948, Montevideo. Correo electrónico: beovide@mec.gub.uy; sara.campos5046@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

El sitio Colonización se ubica en los predios de la Colonia Claude Galland, en el km 36 de la Ruta Nacional N° 1, en el Departamento de San José, a 1 km del actual río Santa Lucía (Figura 1). Con los nombres de Colonización 2,5 o depósito 6 (Figura 2) se referencian el *conchero* (Beovide 2009, 2011). Se entiende por *conchero* un «sedimento de origen mixto, antrópico y natural, cuyo principal constituyente visible es la conchilla» Waselkov (1987:95) o considerado en recientes revisiones sobre el tema como «... *as intentional anthropogenic shell accumulations...*» (Balbo et al., 2011:147).



**Figura 1.** Mapa del área de estudio: la cuenca inferior del río Santa Lucía sobre el tramo costero medio del Río de la Plata.



**Figura 2.** Vista general del depósito conchilífero 6 del sitio Colonización en el área de las excavaciones III y IV.

Los *concheros* prehispánicos por lo general se describen como el producto de la conducta humana asociada al consumo y desecho de valvas de moluscos, así como parte de un proceso de excavación, transporte y re-depositación de sedimentos con presencia de conchillas con fines constructivos que pueden no estar asociados directamente con la economía del grupo humano. Dentro de esos extremos se localiza una variedad de estructuras vinculadas a la presencia de *concheros*.

Los fechados radiocarbónicos asociados al *conchero* de Colonización se extienden entre los 2700 y los 2300 años  $^{14}\text{C}$  AP (Beovide 2011)

## ANTECEDENTES

La presencia de material arqueológico en el área que ocupan los predios del Instituto Nacional de Colonización se identificó por primera vez a partir de los trabajos de prospección realizados en el año 1998 en el marco del Proyecto de investigación arqueológica en *la Cuenca Inferior del Río Santa Lucía y Costa del Departamento de San José* (Beovide y Caporale 1998; Beovide *et al.*, 2001). Sin embargo, el comienzo del estudio en profundidad del área que ocupa el depósito conchilífero 6 (mediante los sondeos 1 al 6, la recolección superficial sistemática y la excavación I - cota +2,5-) se realizó en el año 1999 (Beovide *et al.* 2001; Beovide y Malán 2003, 2006).

A raíz de un estudio de impacto arqueológico en el área de la «Colonia Claude Galland» derivado del hecho de que el Instituto Nacional de Colonización proyectaba implementar un emprendimiento minero en la zona, se delimitó con más exactitud el sitio y se propuso un área de protección patrimonial (Beovide y Caporale, 1999).

Entre los años 2005 y 2006, a partir de la construcción de la línea de conducción térmica vinculada a la *Central Térmica de Punta del Tigre* (UTE) se implementaron tareas de prospección en el área del *conchero* con el fin de ajustar la zona de protección patrimonial (Beovide 2006). En ese marco se realizaron sondeos con el fin de registrar la estratigrafía de un sector del *conchero* no explorado hasta el momento.

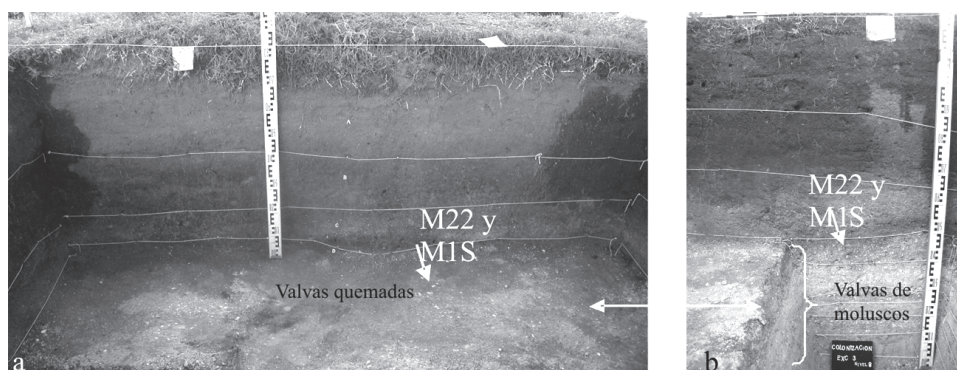
A partir de los resultados alcanzados en la prospección vinculada a la línea térmica, se retomaron los trabajos de campo entre los años 2008 y 2010 (Proyecto ANII FCE-2007-186), realizando las excavaciones III y IV que ampliaron la superficie relacionada con el sondeo 19 y contextualizaron los depósitos de valvas en relación a los materiales arqueológicos. Se implementaron, a su vez, 23 sondeos, así como una serie de 42 perforaciones (*core*) que abarcaron toda la extensión del *conchero*.

Como antecedente principal vinculado al conocimiento paleoclimático del sitio Colonización se encuentra el análisis realizado de los microfósiles silíceos asociados con un fechado radiocarbónico de ca. 2300 años  $^{14}\text{C}$  AP (ver Beovide 2007, y referencias en Beovide y Campos 2009). En este sentido, la abundancia de silicofitolitos de gramíneas tipo Panicoides en relación a los demás tipos de silicofitolitos, hace proponer (tomando en cuenta el estudio de Twiss 1992) la presencia de un clima más cálido y húmedo (en relación al presente) para dicho nivel de ocupación del sitio.

En esta oportunidad se exploran algunas inferencias paleoclimáticas derivadas del análisis de una muestra de silicofitolitos y de arqueomalacofauna de un nivel del *conchero* (depósito 6, cota 2,5) asociado a un fechado radiocarbónico sobre valvas de 2.620 $\pm$ 50 años  $^{14}\text{C}$  AP (URU/0551) (Beovide 2011).

## METODOLOGÍA

La muestra destinada al estudio de los silicofitolitos se seleccionó del nivel 4, sector A1, excavación III (Figuras 3 y 4). El nivel 4 de la excavación se caracterizó por presentar sectores dentro del piso de conchillas donde éstas se encontraron mayormente quemadas (Beovide 2011). De uno de éstos sectores (A1, nivel 4=-85 cm, excavación III) se extrajo una muestra denominada M22 de 2500 g (Figura 4). Cabe agregar que la muestra M22 es parte de un conjunto más amplio de muestras analizadas en el marco del estudio general del *conchero* (Beovide 2011).



**Figura 3.** a) Se señala en la planta de la excavación III, nivel 4 (-85 cm), el lugar de la extracción de la muestra M22 y M1S sobre el piso de valvas del *conchero* con áreas de valvas quemadas, b) se señala en el perfil del *conchero* el lugar de extracción de las muestras M22 y M1S.

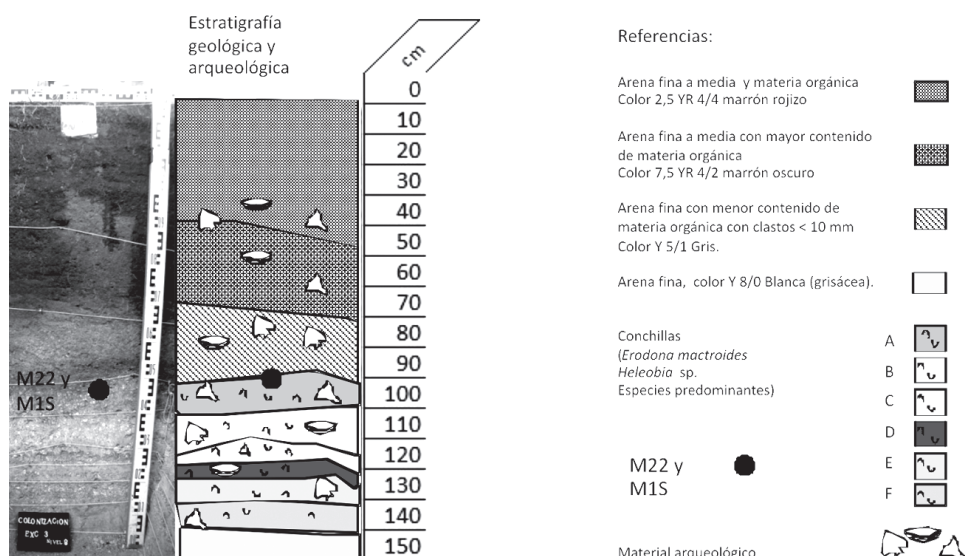


Figura 4. Perfil de la excavación III. Se señalan el lugar de extracción de las muestras.

De la muestra M22 se extraen 5 g que conforman la muestra: M1S destinada al análisis biosilíceo.

De la muestra M22 se estudió la composición en relación a los porcentajes valvas de moluscos y número mínimo de individuos (NMI), clastos y material arqueológico presentes en la misma (Beovide 2011). Del conjunto de valvas de moluscos cuantificadas en la muestra M22 se identificaron las especies presentes y sus inferencias paleoambientales.

Como fue mencionado anteriormente, la muestra M1S se destinó para la extracción de las partículas biosilíceas. La metodología de separación de silicofitolitos fue una adaptación de la metodología expuesta por Bertoldi de Pomar (1971, 1975); Tresserras (1992); Zucol *et al.* (2002). Esta consistió en secar la muestra, luego se le agregó agua destilada. Posteriormente se tamizó la muestra con un tamiz de 55 micras.

Después del tamizado, al resto de los sedimentos de la muestra con agua destilada se le agregó el ácido acético para eliminar carbonatos (producto de las conchillas), pero no tuvo reacción con el mismo.

Luego se le agregó para eliminar materia orgánica 40 ml de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), y no hubo reacción con el mismo. Con el mismo propósito se le agregó hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) y la muestra reacciona. Esta reacción señalizó la eliminación del carbón.

Por último se le agrega 10 gotas de ácido clorhídrico (HCL) con el fin de ver si aún se preservaba la presencia de restos de conchillas en la muestra no presentando reacción.

Entre cada uno de todos los pasos mencionados la muestra se lava por lo menos cinco veces. Una vez acabado el proceso se secan los sedimentos que quedan y se pesan. Estos están prontos para realizar los preparados. Para la clasificación de silicofitolitos se utilizaron los trabajos de Bertoldi de Pomar (1971, 1975) y Twiss (1992), entre otros.

## RESULTADOS

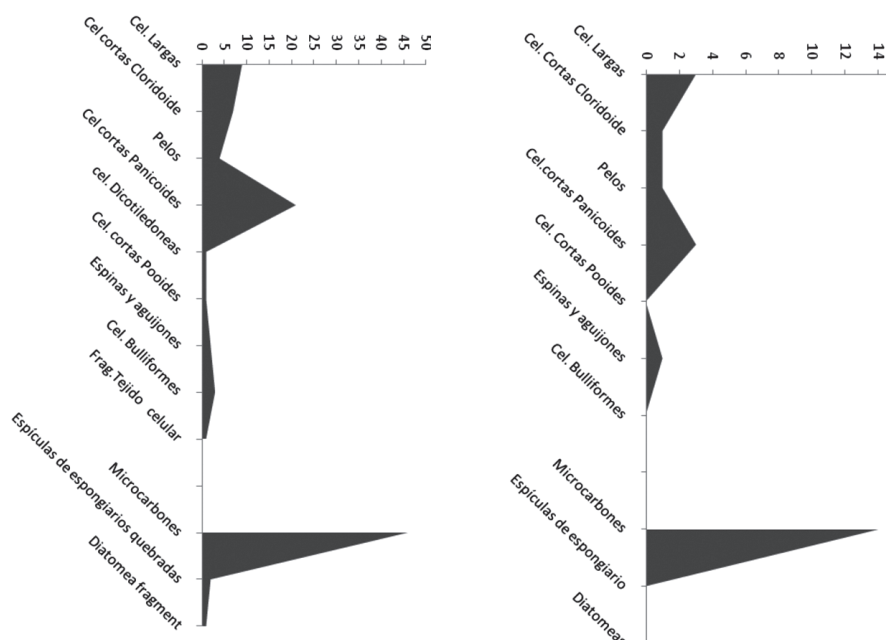
El análisis de la muestra M22 (Beovide 2011) presenta: 18 % (450 g) de valvas de moluscos, 81,96 % (2049 g) de sedimentos (arenas y gravas fundamentalmente) y 0,04 % (1g) de material arqueológico (lítico). Las especies de moluscos identificadas son: *Erodona mactroides* -Daudin 1801- (NMI= 385), *Tajelus plebeius* - Lightfoot 1786- (NMI=1), *Heleobia* sp (NMI=2730), y *Anomalocardia brasiliiana* -Gmelin 1791- (NMI=1). Las primeras dos especies son bivalvos y la tercera gasterópodo las tres corresponden a ambientes fluvio marinos, mixohalinas, endémicas y de climas templados (Martínez *et al.* 2006). Especialmente consideramos las características paleoecológicas de la *Anomalocardia brasiliiana* vinculadas a esta especie corresponden a la región Caribenia, con condiciones de mayor temperatura y salinidad de las aguas (Martínez *et al.*, 2006).

La muestra M1S destinada al estudio de silicofitolitos presenta la siguiente composición sedimentaria: arenas 4,53 g, limos 0,250 g y arcillas 0,200 g.

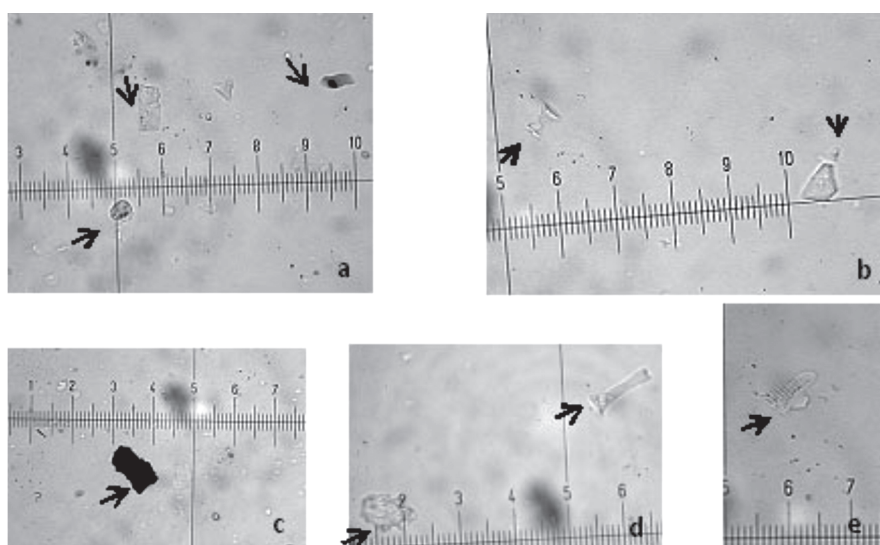
Se pudo observar, mediante lupa binocular Olympus a 10 y 40 magnificaciones, pequeñas partículas de carbón en la separación de las partículas sedimentarias de las arenas que se ubican por encima de las 55 micras.

En la Figura 5 a y b se expone la cuantificación de las partículas biosilíceas identificadas en los dos preparados (de 8 a 2 micras, y >8 a 20 micras) observadas con el microscopio Olympus CH-2 a 40x y 60x. Como se muestra en dicha figura, es en el preparado de 2 a 8 micras que se observa la mayor diversidad y cantidad de partículas biosilíceas.

En la Figura 6 se presentan algunas fotos de las partículas biosilíceas observadas en los preparados.



**Figura 5.** Cuantificación de partículas biosilíceas identificadas en los preparados provenientes de la muestra M1S.



**Figura 6.** a) conjunto de silicofitolitos Panicoides y célula larga b) célula corta de gramínea c) silicofitolito de célula larga quemado y quebrado d) célula de gramínea no identificada e) diatomea quebrada.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados se presentan como una primera aproximación a la situación paleoclimática hacia los ca. 2600 años  $^{14}\text{C}$  AP. Los resultados permiten generar una primera tendencia que postula un clima más cálido, húmedo con una mayor salinidad del agua vinculada al paleo río Santa Lucía.

Como se muestra en la Figura 5 la abundancia de silicofitolitos de gramíneas de tipo Panicoides se relacionan según estudio de Twiss (1992) con condiciones climáticas más cálidas y húmedas. Este hecho es apoyado por la presencia en el registro arqueológico del *conchero* de especies como la *Anomalocardia brasiliensis* asociada a climas más cálidos y a una mayor salinidad del agua (Martínez *et al.*, 2006).

Por otra parte se identifican una serie de silicofitolitos quemados lo que confirma los datos relevados a nivel macro en el piso de conchillas que presenta áreas asociadas a valvas quemadas (Beovide 2011).

Si bien estos son los primeros datos arqueobotánicos asociados a este momento temporal y al conchero en particular, resulta un aporte a la generación de hipótesis a contrastar con el avance de la investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al equipo de trabajo de campo del proyecto ANII FCE2007-186 que hizo posible la obtención de las muestras, así como a Fabiana Operti y Ana Malvar por colaborar en el procesamiento de las mismas. La muestra de arqueomalacofauna analizada es parte de un trabajo más amplio realizado en el marco de una tesis de doctorado PEDECIBA por lo que agradecemos al Dr. Sergio Martínez por la orientación de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

- Balbo, A., M. Madella, I. Briz y Álvarez, M. 2011. Shell midden research: An interdisciplinary agenda for the Quaternary and Social Sciences. *Quaternary International* 239: 147-152.
- Beovide, L. 2006. Proyecto de Central Térmica de Emergencia «Punta Del Tigre» y Línea Térmica Lat-150 Kv «Punta Del Tigre-Las Brujas». Informe realizado para la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE). Inédito, Referencia: [www.ute.com.uy/ptadeltigre.htm](http://www.ute.com.uy/ptadeltigre.htm). Montevideo, Uruguay.
2007. Un aporte al conocimiento del cambio climático holocénico desde la investigación arqueológica en el tramo medio del Río de la Plata (Uruguay), en: *Semana de*

- reflexión sobre cambio climático y variabilidad climática*, pp.110-121. Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo.
- 2009.** Transformaciones productivas y dinámica costera: más allá del concepto de cazadores-recolectores prehispánicos. En *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, editado por J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, 1:223-236. Guatemala.
- 2011.** Aqueozoología de los depósitos conchilíferos de la cuenca inferior del río Santa Lucía. Tesis de doctorado. PEDECIBA Biología.
- Beovide, L y Campos, S.** 2009 Inferencias paleoambientales derivadas de un contexto arqueológico de ca. 1600 años a.P. a orillas del Plata, en: *Semana de reflexión sobre y variabilidad climática del 20 al 25 de julio 2009*, pp. 89-97, Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo, Uruguay.
- Beovide, L. y Caporale, M.** 1998. Proyecto de Investigación Arqueológica en la Cuenca Inferior del Río Santa Lucía y Costa del Departamento de San José. Informe presentado a la Comisión Nacional de Arqueología, Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo.
- 1999.** Estudio de Impacto Arqueológico del proyecto de explotación de arena en la Colonia «Ing. Claude Galland, Departamento de San José. Informe presentado en DINAMA y CPCN.
- Beovide, L., Caporale, M. y Baeza, J.** 2001. Arqueología costera en el área de la cuenca Inferior del Río Santa Lucía. En *X Congreso Nacional de Arqueología uruguaya: La arqueología uruguaya ante los desafíos del nuevo siglo*, editado por L. Beovide, I. Barreto y C. Curbelo, CD-ROM. Montevideo.
- Beovide, L. y Malán, M.** 2003. Arqueología en los humedales costeros del sur, Uruguay. En *Anais do XII Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira. Arqueologías da América Latina*, editado por J. L. de Moraes, M. Coutinho Afonso, D. Candida Martins. CD-ROM. San Pablo.
- 2006.** Procesos Posdepositacionales y dispersión espacial de los materiales arqueológicos del sitio Colonización, San José, Uruguay. En *Problemáticas de la Arqueología Contemporánea*, compilado por A. Austral y M. Tamagnini, pp. 283-295. Río Cuarto, Argentina.
- Bertoldi de Pomar, H.** 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* VIII (3-4): 317-328
- 1975.** Los silicofitolitos: sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana*, 19(2-4): 173-199.
- Martínez, S., Rojas, A.; Ubilla, M. Verde, M., Perea, D. y Piñeiro, G.** 2006. Molluscan assemblages from the marine Holocene of Uruguay: composition, geochronology, and paleoenvironmental signals. *Ameghiniana* 43(2):385-397.
- Tresserras, J.** 1992. Procesado y preparación de alimentos vegetales para consumo humano. Aportaciones del estudio de fitolitos, almidones y lípidos en yacimientos arqueológicos prehistóricos y protohistóricos del cuadrante NE de la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

- Twiss, P.** 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grassphytoliths. En *Phytolith Systematics* Emerging Issues, editado por G. Rapp y S. Mulholland, pp. 113–128. Plenum Press, New York.
- Wasekov, G.** 1987. Shellfish gathering and shellm midden archaeology. En *Advances in archeological method and theory*, editado por M. Schiffer, 10:93-210. Academic Press. San Diego.
- Zucol, A. y Osterrieth, M.** 2002. Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitolitos. *Ameghiniana* 39(3): 379-382.

## Necesidad de una base de datos de tormentas severas en Uruguay

Fernando Torena<sup>1</sup>

### RESUMEN

El escenario meteorológico en nuestro país es de una constante variabilidad en las condiciones del tiempo meteorológico, además de una engañosa pasividad en cuanto a fenómenos extremos, al no poseer fuertes contrastes de temperatura o accidentes orográficos. Pero, la ocurrencia de tormentas severas en nuestra región como también en Uruguay fue científicamente demostrada a través de estudios internacionales y nacionales, donde nos sitúan dentro de la región en segundo potencial en generación de fenómenos meteorológicos severos (vientos fuertes convectivos, tornados, granizo, o precipitación torrencial) en el mundo. El PNUD en su informe mundial sobre desarrollo humano 2007-2008 para Uruguay, informó que en las próximas décadas aumentarán los eventos extremos (llúviesas y vientos intensos, tormentas y granizadas de gran intensidad, etc) tanto en frecuencia como en severidad, por lo tanto, se deberá de seguir trabajando en la línea de recopilar y analizar los eventos ocurridos y aprender de ellos con el objetivo de realizar pronósticos que tengan una mayor eficiencia a la hora de tomar decisiones con respecto al potencial de daño. Este artículo tratará el tema de la recopilación de datos sobre este tipo de tormentas y los estudios que comprueban tales afirmaciones en Uruguay, en base a datos concretos de situaciones analizadas y el conocimiento adquirido de las mismas.

### INTRODUCCIÓN

La observación meteorológica de los parámetros físicos que regulan la dinámica de la atmósfera es fundamental para comprender su comportamiento en cortos y largos períodos de tiempo, para una posterior interpretación de los cambios espacio- temporales de estos parámetros con el objetivo final de simularlos en un modelo numérico.

<sup>1</sup>Gregorio Más 186, Montevideo, Uruguay- C.P: 11900.

Esta actividad requiere de herramientas adaptadas para tal misión, donde dependen en mayor o menor grado de la subjetividad del observador; una de estas herramientas es la observación directa de los fenómenos meteorológicos severos que se presentan en la atmósfera a través de sistemas de tormentas en diferentes escalas espacio- temporales.

Estas escalas limitan la efectividad de la observación directa, ya que las estaciones meteorológicas convencionales tienen un limitado rango de observación promediado en los 60 km de radio, pudiéndose observar desarrollos nubosos a grandes distancias a través de los fenómenos ópticos o sonoros que estos causan (relámpagos o truenos), pero no permitiendo apreciar los fenómenos que se están generando en las proximidades del desarrollo tormentoso.

En especial la nube de tormenta (cumulonimbus) depende directamente de su entorno o ambiente próximo para seguir desarrollándose, por lo tanto, lo importante que reviste el poder hacer observaciones lo más cercano posible a estos complejos de tormentas.

Existen herramientas de observación indirecta como son los radares meteorológicos convencionales o satélites meteorológicos, pero no son lo suficientemente eficientes en la observación a meso escala (meso alfa-entre 2 a 20 km, Orlansky, 1975), por tal motivo, la herramienta más eficiente sería la observación directa a través de una persona califica en el tema y con un soporte eficiente en la sistematización de la observación de este tipo de fenómeno.

## METODOLOGÍA

### 1. Antecedentes históricos en la sistematización de las observaciones meteorológicas.

La sistematización de las observaciones ha sido la clave para obtener un porcentaje de eficiencia aceptable en las predicciones a corto y largo plazo, por lo tanto, se han confeccionado códigos y formas de transcribir los datos meteorológicos obtenidos a través de instrumentos meteorológicos o la observación directa independientemente del idioma o dialecto que tenga cada país o región en el mundo.

Las primeras observaciones fueron antes de Cristo a cargo de los filósofos, estos comenzaron a dejar redactado sus primeras apreciaciones del cielo (Aristóteles, 340 A.C); pero no fue hasta el Siglo XVII que las mismas

fueron de forma sistemática y tratándose de una serie de lecturas de algunos parámetros meteorológicos en forma fragmentada.

Los fenómenos meteorológicos severos (vientos fuertes en zonas de tormentas o tornados) fueron sistemáticamente observados a partir de comienzos del Siglo XVIII en los Estados Unidos de Norteamérica a través del Ejército, ya que contaba con el personal y la logística suficiente para efectuar el trabajo, ésta sistematización fue la clave para la creación del Servicio Meteorológico Norteamericano.

A partir de la década del 50 las observaciones tuvieron una importancia estratégica para el desarrollo eficiente en el potencial de combate en una determinada zona (por ejemplo, el desembarco de Normandía el 6 de junio de 1944. El Cap. Stagg -Jefe del Servicio de Meteorología de la época le comunicó un pronóstico donde mejoraban las condiciones meteorológicas en las costas de Normandía para esos días, lo que determinó la orden de Eisenhower en el desembarco de las tropas aliadas).

Evidentemente Stagg sabía que su pronóstico estaba fundamentado por una base de datos confiable de la zona y ésta fue obtenida sin duda a través de la observación meteorológica.

## **2. La sistematización en la actualidad**

La observación meteorológica a través de las redes de estaciones meteorológicas convencionales o de acuerdo a las características necesarias para la cual estarían instaladas se ha sistematizado desde principios del Siglo XIX; también se han creado dialectos especiales (códigos) para codificar las observaciones meteorológicas y además universalizado el uso de los mismos, cumpliendo con objetivos comunes bajo la instrucción y apoyo de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M)- organismo vocero de las Naciones Unidas (O.N.U) en cuanto al tiempo y el clima.

La O.M.M ha permitido el acceso e intercambio de la información entre los países miembros, dándole las garantías a aquellos que no tienen una infraestructura desarrollada a nivel tecnológico para acceder a estos de forma rápida y confiable, estos datos se obtienen a través una compleja red de observación:

- 1- Nueve satélites, 3.000 aviones, 7.300 buques, 100 boyas fijas y 600 boyas a la deriva, 10.000 estaciones de observación terrestres y 500 radares meteorológicos observan las condiciones meteorológicas de todo el planeta 24 horas al día.

- 2- Se distribuyen treinta mil informes y 2.000 mapas meteorológicos todos los días a través de una red mundial para facilitar previsiones meteorológicas con hasta una semana de antelación, así como previsiones estacionales útiles para diferentes actividades humanas, incluyendo alertas en caso de condiciones meteorológicas extremas.
- 3- Miles de estaciones hidrológicas contribuyen a la evaluación y al control de la calidad del agua dulce.
- 4- Los datos registrados por 2.500 estaciones de observación climática.

Es un gran avance teniendo en cuenta que todos estos adelantos fueron en los últimos 60 años, y donde otras tecnologías hicieron posible tales adelantos, como ser la informática y la tecnología satelital y radar.

Pero teniendo en cuenta los grandes adelantos a nivel tecnológico, todavía hoy no se ha podido avanzar como se hubiera deseado en las observaciones meteorológicas de fenómenos extremos, sobre todo aquellas relacionadas a la formación de tormentas. Pocos países (Estados Unidos de Norteamérica, Australia y Canadá) han desarrollado sistemas de observación adecuados para observar y registrar este tipo de fenómenos.

Las observaciones meteorológicas tuvieron una gran adelanto a partir de las décadas del 40 y 50 en los países desarrollados (Estados Unidos de Norteamérica o Europa), e incluso se han formado organismos dedicados especialmente al monitoreo y estudio de este tipo de fenómeno National Severe Storms Laboratory (NSSL), pero en el resto de los países del mundo esta sistematización es todavía una gran ausencia.

Una de las causas de esta falta de sistematización podría ser que los Servicios Meteorológicos Nacionales de estos países no lo ha considerado como una tarea en sus objetivos principales, donde sería viable ya que estas instituciones tienen la logística y los medios para hacerlo.

## RESULTADOS

En Uruguay el organismo institucional dedicado a la observación, registro y pronóstico es la Dirección Nacional de Meteorología la cual en estas últimas tres décadas ha perdido más del 40% de sus estaciones meteorológicas en su red, como también se evidencian similares deterioros en la red pluviométrica (un 50% de los pluviómetros se ha perdido en el departamento de Rocha), estos datos forman parte del último informe «Uruguay: diagnóstico del estado de la Reducción del riesgo de desastres» en junio del presente año (Este informe fue elaborado en diciembre de 2010 por la

misión interagencial del Sistema de Naciones Unidas con el concurso de representantes de la CEPAL, OPS, PNUD, PNUMA, UNESCO y UNISDR).

Por lo tanto, bajo las actuales circunstancias parecería imposible una sistematización de observaciones meteorológicas especialmente para fenómenos severos (tormentas severas), la misma necesita cubrir la mayor área posible de nuestro país, ya que estos fenómenos se darían en la meso escala (meso alfa).

Una alternativa es a través del trabajo voluntario de las comunidades. En diversos países y continentes, las redes se han desarrollado rápidamente. En Mauricio, las observaciones meteorológicas sistemáticas comenzaron en 1774, y a mediados del Siglo XX había en la isla una red de 250 estaciones pluviométricas, 10 estaciones climatológicas y 25 estaciones

agro meteorológicas, el 90% de ellas operadas por voluntarios.

Existe un potencial latente en nuestra sociedad de observadores meteorológicos voluntarios, y como resultado de eso, nació en el año 2008 el primer grupo de observadores meteorológicos voluntarios de fenómenos meteorológicos severos, el cual lleva como nombre: Grupo de Voluntarios para la Vigilancia de Fenómenos Severos (G.V.V.F.S).

El mismo tiene integrantes de varios departamentos (un integrante por departamento como mínimo), y se ha propuesto una forma de trabajo sistemática y sencilla a través de un formulario elaborado para realizar una rápida observación sin instrumentos.



**HOJA DE REPORTE DE EVENTO SEVERO PARA LA COMUNIDAD (GVVFS):**  
Grupo de Voluntarios para la Vigilancia de Fenómenos Severos

|                   |       |                                       |
|-------------------|-------|---------------------------------------|
| Día del siniestro | Hora: | Zona del fenómeno:<br>Ciudad/ pueblo: |
|                   |       |                                       |

En el casillero de "Zona del fenómeno", también puede llenarse con algún otro punto de referencia (cursos de agua, rutas, plantaciones, etc).

Observaciones especiales:

| Fenómeno | Tamaño comparado con: | Canica | Naftalina | Huevo de gallina | Pelota de tenis |
|----------|-----------------------|--------|-----------|------------------|-----------------|
| Granizo  | Duración:             |        |           |                  |                 |

Precipitación fuerte: Duración:      Visibilidad horizontal:

|                               |                                    |                     |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Fenómeno                      | Observados en el agua              | O en la tierra      |
| Vientos en forma de remolinos |                                    |                     |
|                               | Intensidad promedio (tabla debajo) | Dirección promedio: |
| Vientos rectilíneos           |                                    |                     |

**TABLA QUE RELACIONA LOS DAÑOS PROVOCADOS POR EL VIENTO SOBRE ESTRUCTURAS Y LA VEGETACIÓN:**

| Intensidad del viento (km/h) |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 64 a 116                     | Quiebra las ramas de los árboles. Produce daños en chimeneas, antenas de televisión y carteles.                                                                                                        |
| 117 a 181                    | Los árboles en terrenos blandos son arrancados de raíz. Los automóviles en movimientos son desplazados de su ruta. Se desprenden las coberturas de los techos y se rompen los vidrios de las ventanas. |
| 182 a 253                    | Los árboles grandes son quebrados o arrancados de raíz. Se desprenden los techos de las viviendas. Destruye las casas rodantes y vuelca los camiones. Objetos pequeños actúan como proyectiles.        |
| 254 a 332                    | Arranca techos y paredes de viviendas prefabricadas, vuelca los trenes, eleva los automóviles del suelo y los desplaza a cierta distancia.                                                             |
| 333 a 448                    | Se generan proyectiles de gran tamaño. Los automóviles son arrojados a cierta distancia y finalmente desintegrados. Eleva y arroja a distancia las estructuras con cimientos débiles.                  |
| 449 a 512                    | Daña las estructuras de hormigón armado. Los automóviles se transforman en proyectiles y vuelan hasta distancias mayores de 100 metros. Ocurren fenómenos increíbles.                                  |

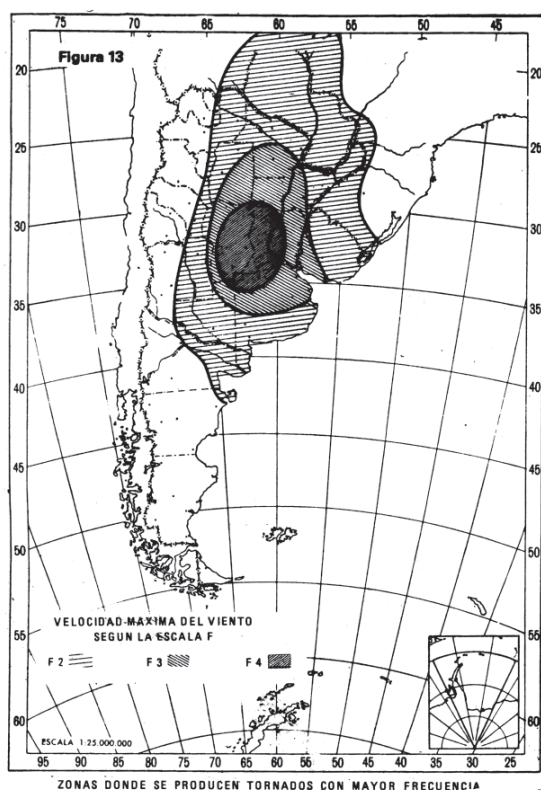
Como podemos comunicarnos: por correo electrónico [fernandotoreana2005@yahoo.com](mailto:fernandotoreana2005@yahoo.com), 096041492, 3043413 <http://www.freewebs.com/tormenta/reportalqueobservaste.htm>. Sociedad Amigos del Viento Luis Piera 1931/001 CP11200, Montevideo, Uruguay Cel 099112893

**Figura 1.** Formulario que cumple la función del «informe de fenómenos meteorológico severo».

Como se ve el formulario tiene como función ser un informe que detallaría algunos fenómenos meteorológicos ya conocidos pero que necesitarían ser registrados, para poder elaborar una base de datos.

No es necesario que los integrantes del grupo tengan una formación estrictamente técnica, pero si conocimientos básicos a nivel de escolaridad secundaria; todos fueron instruidos con cursillos de temas elementales para hacer una observación meteorológica sin instrumentos (estimación de la velocidad del viento a través de los objetos, clasificación de nubes, conceptos generales de Meteorología Sinóptica, etc).

Esta base de datos basada en informes presentados por Observadores Meteorológicos Voluntarios ha de pasar por varios filtros adquiriendo una categoría de muy confiable, confiable o parcialmente confiable. De estos informes también nacen estudios específicos sobre determinados fenómenos meteorológicos.



**Figura 2.** Zona geográfica marcando las potenciales zonas en la formación de tornados. (Propiedad de la Dra. Schwarzkopf).

En países como Argentina y Brasil se han realizado registros de fenómenos severos pero de forma individualizada y con una cierta continuidad.

Registros y estudios de la Dra. Maria Luisa Altinger de Schwarzkopf en Argentina a partir de la década del 70 sobre fenómenos meteorológicos extremos (especialmente tornados y descendentes), o los estudios de Dr. Ernani de Lima Nascimento, Nelson de Jesús Ferreira y Isabela Peña de Marcelino en Brasil más recientes, han sido el camino a seguir para nuevos emprendedores en el estudio de esta temática.

La pionera Dra. Schwarzkopf ha demostrado a través de sus estudios las áreas geográficas con potencial formación de tornados, donde se puede

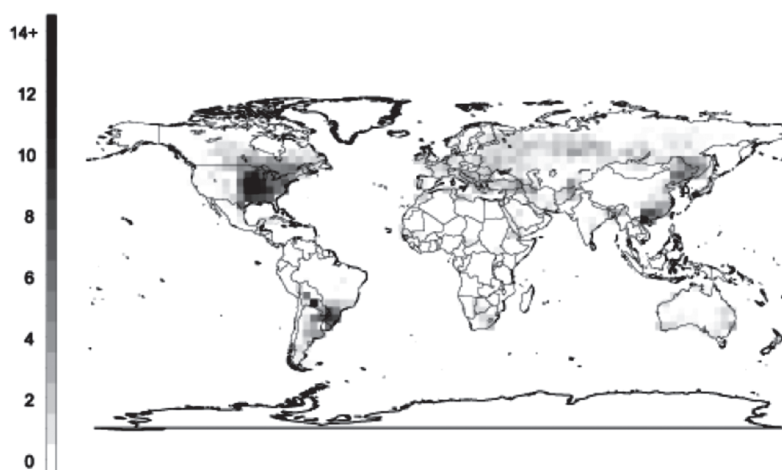
apreciar que la parte suroeste de nuestro país estaría bajo el potencial de tornados categoría F3 y el resto F2.

Estudios nacionales confirman tales potenciales, destacándose los eventos de tornados significativos (mayor a F2) en los departamentos de Florida y Canelones.

El National Severe Storms Laboratory (N.S.S.L.) de los Estados Unidos de Norteamérica publicó en el año 2003 un estudio buscando las zonas potenciales para la formación de tiempo severo como también la generación de tornados a nivel mundial, tomando en cuenta su larga experiencia en esta temática.

Los estudios concluyeron lo siguiente: que nuestra región tiene el potencial adecuado para la formación de tormentas que sean origen del tipo severo (granizo mayor a 2 cm, vientos convectivos no tornádicos mayores a 50 kts o tornados y fuerte caída de precipitación en cortos períodos de tiempo), destacándose como la tercera región a nivel mundial más favorable para la ocurrencia de tormentas severas y como la segunda en la generación de tornados.

En este breve trabajo realizado por los Técnicos Meteorólogos Cesar Vecino y Fernando Torena, se presentan las conclusiones finales del estudio realizado a un tornado que aconteció el 11 de agosto de 2008 en el pueblo de 25 de Mayo en el departamento de Florida.



**Figura 3.** Señala las zonas en el mundo con potencial de formación de tornados.  
(Propiedad Dr. Harold. E. Brooks).

- Al carecer de un radar meteorológico del estilo Doppler (especialmente el móvil, DOW), que permita –colocado en una buena posición – conocer su desplazamiento y estructura general (Wurman 2002, Bluestein 2003), se pudo llegar a la conclusión de que el fenómeno en cuestión fue un tornado gracias a los testimonios presenciales y daños registrados (fotografía).
- Haciendo referencia a un trabajo del Sr. E.L. Nascimento, bajo el título « *La necesidad de una documentación mejorada de tormentas severas y tornados en Sudamérica*» (traducción libre, el trabajo original se encuentra en inglés), se menciona por último la vital importancia que revisten las personas interesadas en dar testimonio de los sucesos que han vivido, o que puedan ser instrumentos de la observación cotidiana de la naturaleza (es decir, preparadas con el conocimiento básico de una observación meteorológica) para materializar una base de datos regional sobre eventos severos.
- Analizando a escala sinóptica se pudo determinar la presencia de ventilación en capas altas dada por el jet que se determinó en el win-grids; presencia de ondas cortas en 500 hPa, núcleo húmedo en niveles bajos generado por la corriente en chorro en capas bajas.
- A mesoescala, el elemento gatillador en este caso se determinó que fue la línea de inestabilidad junto con la presencia fundamental de la brisa de mar. Esta última le aportó a la región de estudio, la presencia de aire frío (descenso de temperatura, en un promedio de 6° en 20 min), favoreciendo el incremento en superficie de la humedad específica.
- Con respecto a los fenómenos severos acaecidos en San José, se concluyó que se debió a un reventón descendente húmedo acompañado de una fuerte granizada; en Florida (25 de mayo) se



**Figura 4.** Uno de los daños del tornado en la localidad de 25 de Mayo en el departamento de Florida, el 11 de agosto de 2008.

formó un tornado con características de EF2 (vientos entre 200 y 250 km/h aproximadamente).

## DISCUSIÓN

Partiendo de unos de los objetivos del EIRD (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres) cito textualmente a continuación:

### «Mejorar el conocimiento científico sobre la reducción de desastres

Si más sabemos sobre las causas y consecuencias de las amenazas naturales y de los desastres tecnológicos y ambientales afines en las sociedades, mejor nos podremos preparar para reducir los riesgos. Al tomar en consideración a la comunidad científica y a los forjadores de políticas, ellos podrán contribuir y complementar el trabajo de cada sector». (página web del EIRD).

La sistematización de una red de observación meteorológica para fenómenos severos, ya sea puramente institucional o con la participación activa de la sociedad, sería un gran paso para la obtención de una primera base de datos.

Con esta red estaríamos obteniendo conocimiento de las amenazas a las cuales estamos expuestos y además tomar una actitud proactiva en cuanto al tratamiento de los riesgos.

La comunidad meteorológica en la región ha tratado de concientizar a las autoridades y a la sociedad en general a través de talleres, seminarios, trabajos científicos; cumpliendo también con otro de los objetivos del EIRD, «Incrementar la conciencia pública para comprender el riesgo, la vulnerabilidad y la reducción de desastres a nivel mundial» (página web del EIRD).

## CONCLUSIONES

A nivel mundial se ha llegado a las mismas conclusiones con respecto a instrumentar una base de datos de fenómenos meteorológicos severos, como también la sistematización de una red de observación para tales fenómenos:

- Vigilancia: al tener un sistema de observación para estos fenómenos, el grado de acierto en cuanto a los pronósticos a corto plazo (menos de 6 h) sería incrementado de forma sustancial.
- Advertencias meteorológicas: serían fundamentadas no tan solo por la predicción o la eventual observación de tal fenómeno, sino basada

en la masividad de observaciones y regulada a través de un órgano competente que articule todos los actores técnicos y sociales.

- Seguridad: la oportuna y eficiente información con respecto a la potencial inseguridad provocada por los fenómenos meteorológicos en una determinada zona, disminuiría el riesgo al tener un conocimiento efectivo de la amenaza a tiempo real.

## BIBLIOGRAFÍA

**Boletín informativo N° 5.** (Segunda Edición). Tornados. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina.

**Harold E. Brooks.** (2003). Estimating the Distribution of Severe Thunderstorms and Their Environments Around the World.

**Marcelino. I.V, Nascimento, E. y Ferreira. N.** Tornados en el estado de Santa Catarina (sur de Brasil): documentación del evento, análisis meteorológicos y evaluación de la vulnerabilidad.

**Material complementario del «Informe Mundial Sobre Desarrollo Humano.** (2007-2008). Uruguay: El cambio climático aquí y ahora. Material de divulgación.

**Orlanski, I.** (1975). «A rational subdivision of scales for atmospheric processes» B.A.M.S. 56(5):527-530, 1975.

**Torena, F., Vecino. C.** (2008). Estudio de tornados en el Uruguay. Departamento de Florida, pueblo 25 de Mayo.

**Uruguay.** (2011). Diagnóstico del estado de la reducción del riesgo de desastres. PNUD/O.N.U.

## **Evolución del conocimiento de la geología del Cuaternario en la región central de Córdoba, Argentina, desde fines del Siglo XIX hasta la actualidad**

**Jorge Alberto Sanabria<sup>1</sup> y Graciela Leonor Argüello**

La región central de Córdoba que se considera en este estudio se encuentra aproximadamente limitada por los paralelos 31° 18' y 32° 10'S y los meridianos 64° 24' y 65° 24 O.

Geológicamente está integrada por las Sierras Pampeanas de Córdoba- Sierra Grande y Sierra Chica- el piedemonte oriental y parte de la Llanura Chaco-Pampeana.

En este ambiente, los estudios relacionados con el conocimiento de la Geología del Cuaternario, desde el Pleistoceno tardío al Holoceno, se desarrollaron a través del tiempo por impulsos esporádicos.

En esta presentación se cita a los autores que realizaron los aportes más importantes al tema en cuestión.

A los fines de sistematizar el análisis, se podrían considerar tres períodos: desde 1895 hasta 1958; de 1972 hasta 1978 y desde 1990 hasta la actualidad.

Durante los dos primeros, los estudios se desarrollaron prácticamente en su totalidad en el piedemonte oriental de la Sierra Chica de Córdoba, mientras que el último se extendió a la llanura y al área de montaña.

En el primer período se destacan los trabajos de Ameghino, (1885; 1889), que en base al estudio de varios mamíferos fósiles, especialmente en la ciudad de Córdoba, correlacionó los pisos Ensenadense, Belgranense, Bonaerense y Lujanense de la Formación Pampeana.

Bodenbender (1890), analizó la Cuenca del Río Suquía (Primero) y presentó una serie de perfiles longitudinales y transversales que luego sintetizó en un perfil simplificado de ocho estratos. Este perfil culmina con un estrato loésico, mientras que los siete restantes son fluviales.

---

<sup>1</sup>Departamento de Geología Básica. Escuela de Geología. Fac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Av. Vélez Sarsfield 1611 X5016GCA. Córdoba. Argentina. Correo electrónico: jorgesanab@yahoo.com.ar

Döring (1907) sintetizó la Formación Pampeana en tres capas: Pampeano superior, con dos capas de loess, desde arriba hacia abajo, y un nivel arenoso en la base. Un Pampeano medio, también con tres capas, la superior de arenas, la intermedia de loess lacustre y la inferior de arenas fluviales, y por último un Pampeano inferior con loess eólicos, estratos de cenizas y arenas con toscas.

Frenguelli (1918), analizando perforaciones llevadas a cabo en la ciudad de Córdoba, detalló un perfil en el que aparece el basamento en la base y en su parte superior, un manto de loess que pasa en transición al humus antiguo y moderno. Estableció además que en una de estas perforaciones -la que se ubica al E, en el barrio General Paz- se llega al basamento a los 207m, mientras que en la que se encuentra al O, en Alta Córdoba, no se perfora basamento hasta los 312 m, indicándose así la presencia de una falla.

Castellanos (1918, 1944), publicó una síntesis sobre paleontología estratigráfica de los depósitos cuaternarios de la provincia, ajustada al esquema cronoestratigráfico de Ameghino.

Montes (1958) sostiene que al final del Pleistoceno y comienzo del Holoceno, entre los 12.000 y 8.000 años, se habría instalado un período muy frío, que cambió a húmedo y luego a ventoso y seco. Por el hallazgo de un Gliptodonte Hoplophorus, en el loess del Parque Sarmiento, a 2 m de profundidad, concluye que el loess Cordobense pertenece al Pleistoceno superior.

Por otra parte, en la Pampa de Olaén encontró un estrato negro con restos de flechas ayampitenses, al que llamó Humus fósil I y lo correlacionó con el estrato encontrado en el Cerro Inti- Huasi, datado en 8.000 años. Al Humus fósil II lo ubica en los 3.000 a. J. C.

En su opinión, los dos estratos negros se desarrollaron en un clima cálido húmedo, algo que tal vez pueda ser discutido, porque generalmente el color negro se debe a la presencia de un importante contenido de materia orgánica, que se conserva mejor bajo un clima frío.

La base de la investigación científica durante todo este período está fuertemente sesgada hacia la estratigrafía y la paleontología.

Luego de un largo tiempo sin publicaciones conocidas, Santa Cruz (1972; 1973; 1978) reinicia los estudios estratigráficos sobre el Cuaternario, determinando una secuencia clásica que resultó del estudio de perfiles en el Río Suquía y el Arroyo La Granja, y que se puede resumir como sigue:

Desde la base hacia arriba comienza con el Basamento Cristalino ¿Precámbrico?, sigue con la Formación Saldán, integrada por conglomerados y basaltos, de edad ¿Cretácica?; continúa con la Formación Estancia General Belgrano, de sedimentos fluviales, ¿Pleistoceno bajo? Por encima se encuentra la Formación Pozo del Tigre, constituida por depósitos de materiales retransportados, sin edad determinada, luego la Formación General Paz, eólica, de edad probable Pleistoceno medio- Holoceno; y por último, la Formación Río La Granja, formada por limos finos algo arcillo- arenosos, con intercalaciones de bancos arenosos.

Sayago (1975; 1978), sobre la base de su tesis doctoral desarrollada en el Departamento San Alberto, en el Valle de Traslasierra, presentó un perfil tipo que desde abajo hacia arriba es el siguiente:

Basamento, Formación Brochero (Plio- Pleistoceno) con arenas fluvioeólicas, Formación Las Rabonas (Pleistoceno inferior) con guijarros y bloques, Formación Clavero (Pleistoceno superior), constituida por arenas medias y finas fluvio- eólicas, y por último Formación Los Sauces (Holoceno) de arenas fluviales medias y gruesas.

El perfil formulado por Santa Cruz tuvo una fuerte influencia en el piedemonte oriental de la Sierra Chica, mientras que el desarrollado por Sayago, la tuvo en la zona de Traslasierra.

En este período los estudios hacían hincapié fundamentalmente en la estratigrafía, prácticamente sin mencionar fósiles.

Después de un largo silencio, y recién en la década del 90, vuelve a tomar impulso el estudio de la Geología del Cuaternario, con la muy interesante incorporación de dataciones por C14, en principio por el método clásico y luego por AMS y fundamentalmente, por métodos de luminiscencia (TL, IRSL y OSL) en loess.

Es necesario destacar dos autores que no desarrollaron sus actividades en el área propuesta, pero sí en zonas cercanas y con problemáticas similares, porque establecieron modelos de evolución paleoclimática que fueron tomados como base para los trabajos posteriores.

El primero de ellos es Iriondo (1990; 1995) que al principio desarrolló sus trabajos en parte de la provincia de Córdoba, pero luego los centralizó en la región del Litoral argentino, estableciendo un modelo cronoestratigráfico y paleoclimático que fue tomado como base por varios investigadores del área central de Argentina. Además, fue el primero que realizó dataciones por termoluminiscencia (TL) de forma detallada en un perfil, dando paso

al uso de una herramienta fundamental, que marcó un cambio en las estrategias de investigación en el tema.

De sus trabajos, el que más influencia tuvo es el que establece el Sistema Eólico Pampeano, con un perfil descripto sobre el Río Carcarañá, que presenta la siguiente secuencia: desde la base, Formación Carcarañá, de arena muy fina marrón rojiza, (Pleistoceno superior); le sigue la Formación Tezanos Pinto con limos eólicos del Pleistoceno superior, y luego la Formación San Guillermo que incluye limos grises del Holoceno Superior.

Cantú, M. (1992), en el sur de la provincia de Córdoba, y tomando como marco de referencia el esquema de Iriondo, establece un modelo cronoestratigráfico con la siguiente secuencia:

En la base, la Formación Alpa Corral- Plio-Pleistoceno-, con arenas y gravas dispersas; por encima, el loess de la Formación Pampeana -Pleistoceno medio- coronado por un paleosuelo al que llama Suelo Cerrito. Continúa hacia arriba con la Formación Chocancharava, de limos arenosos del Pleistoceno superior; y por encima el loess de la Formación La Invernada- Pleistoceno tardío- que tiene en su techo el Suelo Las Tapias. Incluye por primera vez en Córdoba el concepto de Aloformación, que utiliza para Las Lajas, del Holoceno medio, sobre la cual describe otra Aloformación llamada Laguna Oscura, del Holoceno superior- actual.

Ambos modelos fueron, y en gran parte todavía son, la base para posteriores investigaciones.

Carignano (1999), presenta un trabajo para todo el ambiente provincial acerca de los cambios climáticos recientes en base a evidencias geomorfológicas, que se puede resumir en seis períodos que alternan condiciones secas y húmedas, entre los 50.000 y B.P. y la Pequeña Edad del Hielo. El esquema de evolución se basa en los trabajos de Iriondo.

En el año 2000, comienzan a llegar investigadores de Europa interesados en el estudio de las secuencias loess- paleosuelos que existen en la región, motivados por la necesidad de establecer paleopatronos de circulación atmosférica mundial. Como consecuencia de ello, en 2006, Kemp *et al.*, publican un trabajo, con una descripción detallada del perfil de Lozada que contempla la siguiente secuencia estratigráfica: en la base se encuentra un loess (equivalente a la Formación Pampeana) con paleosuelo en el techo. Una datación por OSL establece una edad de 105 ka. El loess corresponde al Pleistoceno tardío. Por encima se encuentra un estrato de origen fluvial, con restos de agregados del paleosuelo subyacente, en la masa. Por último se describe un loess pulverulento, con carbonato de calcio en la masa, que presenta en el techo una edad obtenida por OSL de  $5.7 \pm 0.3$  ka.

Esta edad en principio no concuerda con el esquema general que se tiene para la región, lo que enfatiza la importancia de futuros análisis.

Frechen *et al.* (2009), analizando un perfil en la zona de Lozada establecieron una relativa consistencia entre sus resultados y la evolución de los cambios ambientales considerada válida para el hemisferio norte, pese a determinadas imprecisiones en las edades medidas. Ellos establecen una correlación entre la penúltima glaciación y el loess expuesto más antiguo, sobre el cual durante el MIS5 se habrían formado suelos al menos durante tres periodos extensos correlacionables con el último interglacial y los interestadiales del comienzo del periodo glacial subsiguiente. A continuación, y relacionado con el MIS4, se describe un manto de loess y loess retransportado, sobre el cual se habría formado otro paleosuelo durante el MIS3, con condiciones de mayor humedad. Nuevas fases extensas de aridez con el depósito de loess se corresponden bien con el Pleniglacial y Glacial Tardío de Europa y Norteamérica.

Sanabria y Argüello (2001; 2006; 2009), han presentado una serie de trabajos relacionados a los suelos actuales, poniendo énfasis en la falta de correspondencia entre el desarrollo de los mismos y el esquema de Iriondo (1995) que considera que en el Holoceno medio u Optimum Climaticum el clima regional era subtropical húmedo. Si eso hubiera sido así, los suelos zonales- Serie Oncativo y Villa de Rosario-, que ocupan una superficie importante en la región central de Córdoba, (INTA, Hojas Oncativo y Manfredi) deberían al menos ser Argiustoles y no Haplustoles como están clasificados por los especialistas en pedología.

De Tauber (2006; 2008), se pueden destacar los estudios realizados en las pampas y pampillas de altura de la Sierra Grande en las que ha encontrado numerosas especies de fósiles, preferentemente mamíferos, algunos de ellos de especial significado por cuanto estarían indicando, en algunos casos la presencia de vegetación muy desarrollada que en la actualidad no se observa en las cotas entre los 1700 y 1800 msnm.

En la actualidad se están llevando a cabo estudios detallados en pampillas de altura en la Sierra Grande de Córdoba, en perfiles que presentan secuencias de paleosuelos. Por el momento, en la Pampilla de Los Gigantes (31° 24'12" S y 64° 45'75" O) las dataciones obtenidas por el método de AMS, ubican a los paleosuelos dentro del Holoceno, siendo la edad más antigua de  $8,27 \pm 69$  ka y la más moderna de  $2,17 \pm 35$  ka.

De estos últimos trabajos realizados en la montaña surgen dos conclusiones muy importantes: por un lado que el período Holoceno queda expresado con mucha más claridad desde el punto de vista de las variaciones

paleoclimáticas, por la presencia de paleosuelos; y por otro lado, ante la falta de registros correspondientes al período en el piedemonte y llanura, permiten establecer un perfil idealizado de los últimos 115 ka, y consecuentemente, un modelo de evolución paleoclimática completo que es en el que se está trabajando en este momento con análisis de nuevos perfiles.

Se podría decir en este caso, de acuerdo con los primeros datos que se tienen, que lo que la llanura y el piedemonte no dan, lo da la montaña.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ameghino, F.** 1885. Informe sobre el Museo Antropológico y Paleontológico de la Universidad Nacional de Córdoba durante el año 1885. Bol. Ac. Nac. de Ciencias de Córdoba, VIII: 347- 360. Córdoba.
- Ameghino, F.** 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Actas VI: 1- 1027 y Atlas Córdoba.
- Bodenbender, G.** 1890. La cuenca del valle del Río Primero en Córdoba. Descripción geológica del valle del río Primero, desde las Sierras de Córdoba hasta la Mar Chiquita. Bol. Ac. Nac. Cs. de Córdoba. T XII:5-55.
- Cantu, M.** 1992.El Holoceno de la Provincia de Córdoba Primer Simposio Internacional del Holoceno. Paraná. Entre Ríos.
- Carignano, C. A.** 1999. Late Pleistocene to recent climate change in Córdoba Province, Argentina: Geomorphological evidence Quaternary International 57/58 (1999) 117-134.
- Castellanos, A.** 1918.Observaciones preliminares sobre el Pleistoceno de la Provincia de Córdoba Academia Nacional de Ciencias Boletín Tomo **XXIII**.
- Castellanos, A.** 1944.Paleontología estratigráfica de los sedimentos neógenos de Córdoba .Pub. 23. Inst. de Fisiog. y Geología. Universidad Nacional del Litoral. Rosario.
- Döring, A.** 1907. Serie estratigráfica del Pampeano de Córdoba Museo de La Plata. Revista Tomo XIV.
- Frenguelli, J.** 1918. Notas preliminares sobre la constitución geológica del subsuelo de la Cuenca de Córdoba. Bol. Ac. Nac. Cs. de Córdoba. T XXIII:203-228.
- INTA Plan mapa de suelos. Cartas de suelos de la República Argentina.** Hojas Oncativo 3163-32 Y Manfredi.
- Iriondo, M.**1990. The upper Holocene dry climate in the Argentine plains Quaternary of South America N°7 Balkena Publ. Rotterdam.
- Iriondo, M. y Kröhling, D.** 1995. El Sistema Eólico Pampeano. Com. Mus. Prov. Cs. Naturales. Santa Fe. v 5 N 1. pp. 1-68.

- Kemp J.A., Zárate, M., Toms, P., King, M., Sanabria, J.A. y Arguello, G.L.** 2006. Late Quaternary paleosols, stratigraphy and landscape evolution in the Northern Pampas, Argentina. *Quaternary Research*. 66(2006)119-132 Elsevier Resumen publicado en la página web.
- Montes, A.** 1958. Cambios climáticos durante el Holoceno en las Sierras de Córdoba. *Anales de Arqueología y Etnología*. Pub. Fac. de F. y L. Universidad Nacional de Cuyo. pp:36-52.
- Sanabria, J.A., Dasso, C. y Arguello, G.L.** 2001. Modelos de evolución de suelos a lo largo de una transecta en la Depresión Periférica, Provincia de Córdoba, Argentina. Un marco conceptual. Resumen en libro. Resumen expandido. En C.D. Actas del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Varadero, Cuba. Noviembre 15 a 19.
- Sanabria, J.A. y Arguello, G.L.** 2006. Present state of knowledge for the last 115 kyr at Córdoba central plain, Argentina. Libro de resúmenes de INTAS FINAL WORKSHOP Pleistocene Environments in Eurasia Chronology, Palaeoclimate and Teleconnection 2 - 3 November 2006 Geozentrum – GGA-Institut – Hannover.
- Sanabria, J.A. y Arguello, G.L.** 2009. Los Suelos Enterrados en la Plataforma Basculada Ondulada en la Región Central de la Provincia de Córdoba, Argentina. Actas de resúmenes del Cuarto Congreso de Cuaternario y Geomorfología, La Plata 21 a 23 de Septiembre. Trabajo 306. ISBN 978-950-34-0596-3. Resumen en papel, trabajo completo en CD.
- Santa Cruz, J.** 1972. Geología al Este de la Sierra Chica (Córdoba) Valle del Río Primero. *Bol. Asoc. Geol. de Córdoba* I. (3-4): 102-109.
- Santa Cruz, J.** 1973 Geología al Este de la Sierra Chica de Córdoba entre la Granja y Unquillo, con especial referencia a las entidades sedimentarias. *Actas V Congreso Geológico Argentino*. IV: 221-234.
- Santa Cruz, J.** 1978. Aspectos sedimentológicos de las formaciones aflorantes al este de la Sierra Chica, Provincia de Córdoba. *Asociación Geológica Argentina*. Revista 3.
- Sayago, J.M.** 1975. Geomorfología aplicada en el Valle de San Alberto, Provincia de Córdoba. Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- Sayago, J.M.** 1978. Geomorfología del Valle de San Alberto, Provincia de Córdoba. *Actas VII Congreso Geol. Argentino*. T II pp 89-107.
- Tauber, A. A. (h) y Goya, F.** 2006. Estratigrafía y fósiles del Pleistoceno-Holoceno de las pampas de altura en el departamento Cruz del Eje, Córdoba, Argentina. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología* (Córdoba, Octubre de 2006), Tomo II: 717-726.
- Tauber, A. A., Álvarez, D. y Luna, C.** 2008. Registro de *Megatherium americanum* Cuvier, 1796 en una pampa de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina. *XVII Congreso Geológico Argentino* (San Salvador de Jujuy), Actas: Tomo III: 1055-1056.



## Estudio comparativo de la sílice amorfa preservada en sedimentos Loessico Edafizado

Cecilia Loyola<sup>1</sup> y Rosa Ayala

### RESUMEN

El objetivo de trabajo es el de comprender la historia de la vegetación a partir del análisis de fitolitos presentes en sedimentos plio-pleistocenos e interpretar los posibles cambios climáticos ocurridos desde el Cuaternario hasta la actualidad. Se han comparado dos perfiles sedimentarios como son el de Formación Raigón (34°84'S–56°85'W), en la localidad de Kiyú, departamento de San José, de la República Oriental del Uruguay, y de la Formación La Invernada (32°54'S–64°53'W), aflorante en las márgenes del Arroyo Tegua, departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, República Argentina. La fracción de arena fina (0.10-0.05mm) fue concentrada sin destrucción de cementos previos a fin de preservar la morfología de los fitolitos. Los estudios determinativos se realizaron por microscopía polarizada sobre un conteo de 1000 granos. Pudiendo equiparar dos tipos de paleoambiente identificados, el grupo de fitolitos presentes están estrechamente relacionados con ambiente templado –húmedo como es la sabana de palma con céspedes para la zona del A° Tegua. Mientras que para la zona de Kiyú se indica además un ambiente de humedales bien desarrollados.

### ABSTRACT

## Estudio comparativo de la sílice amorfa preservada en sedimentos Loessico Edafizado

The objective of this work is to understand the history of the vegetation through the analysis of phytolites found in plio-pleistocene sediments and to interpret the changes that happen since the quaternary to the present. Two sedimentary profiles were compared, one of the Raigón Formation (34°84'S–56°85'W), in Kiyú, department of San José, Oriental Republic of Uruguay, and the other one of La Invernada Formation (32°54'S–64°53'W), in the Río Cuarto department, Argentine Republic. The fine sand (0.10-0.05mm) was

<sup>1</sup>Cátedra de Métodos de Investigación Mineral, Universidad Nacional de Córdoba.

concentratet without cement destruction with the intention of preserving the phytoliths morphology. The study was made using polarized microscopy on 1000 grains. Two kinds of paleo environments were identified. One group of phytoliths is related to a warm and wet environment, like the palm savannah with grasses in the Arroyo Tegua area. In the Kiyú area also a wetland environment was found.

## INTRODUCCIÓN

Las variaciones del clima en el pasado, constituyen un tema de investigación común a muchas disciplinas.

Los fitolitos son microfósiles constituidos por sílice amorfa que se originan en diversos órganos vegetales, son morfológicamente distintivos y resistentes a la descomposición en la mayoría de los ambientes sedimentarios, de manera que estas células relícticas sirven para identificar la especie que la generó, (Piperno, 1996).

La mineralogía de los suelos y sedimentos del Cuaternario tardío de la llanura pampeana evidencia que los minerales livianos son preponderantes así como los clastos constituidos por sílice amorfa de origen orgánico e inorgánico que llegan a porcentajes que superan el 30 % (Karlsson, 1990, Karlsson y Ayala, 1993).

La presencia de fitolitos, es muy abundante en los paleosuelos de la llanura pampeana, (Bertoldi de Pomar, 1974), de manera de poder usarlos como una herramienta para dilucidar la intrincada problemática a la que está asociada la geología del Cuaternario (Bertoldi de Pomar, 1980). Los fitolitos se pueden encontrar en depósitos sedimentario de variados ambientes, proporcionando un método de determinación a fin de establecer pautas referentes a datos medioambientales y de información climática de estos sedimentos (Karlsson *et al.*, 1998).

El término phytolitharia fue creado por Ehrenberg en 1854 para asignar a cualquier tipo de célula orgánica mineralizada, excluyendo a los protistas. Posteriormente Bailey en 1856, creo el término «zoolitharia» para referirse específicamente a las espículas de espongiarios. Ambos términos se generalizaron, bajo la denominación común de biolitos u organolitos, entre los cuales deben incluirse a los protistas.

Una biomineralización es la precipitación de un mineral resultante del metabolismo de un organismo vivo, es decir, de su actividad celular. Es un proceso vital por el cual los organismos ganan en estructura y masa. En

general las biomineralizaciones están relacionadas a una función fisiológica específica, resultando entonces los biominerales beneficiosos para la estructura de los organismos, frente a la acción de la gravedad.

Por carácter transitivo entonces, un biolito puede ser definido como todo cuerpo mineralizado integrante de tejidos orgánicos producido por sustancias ergásticas (sustancias producidas por la actividad metabólica propia o como resultado de la misma).

F. Ehrenberg (1854) define al fitolito, de acuerdo a la definición que dio para biolitos, como todo cuerpo mineralizado integrante de tejidos orgánicos que son producidos por sustancias ergásticas (resultantes del metabolismo); en particular, los fitolitos son biolitos de origen vegetal, de tamaño microscópico y naturaleza química preferentemente sílicea o cálcica.

Por desintegración de los tejidos, debido a la muerte de los organismos que los producen, estos corpúsculos pasan a formar parte de los materiales clásticos con carácter de subfósiles, permaneciendo in-situ o dispersándose por los agentes geológicos, que los llevan a participar así del circuito de los materiales terrestres. El silicio (Si) que las raíces absorben en forma de ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ ) de la solución del suelo es depositado como sílice amorfa hidratada ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ) en espacios inter o intracelulares (Blackman 1971, Piperno 2003). En general, el depósito toma la forma de la célula de caja, por lo que es posible asociar una forma fitolítica con una célula o un tejido. De la misma manera que los fitolitos pueden reflejar formas que permiten reconocer tejidos, es posible identificar el taxón productor. Numerosos estudios han señalado y demostrado la relación entre las formas fitolíticas y la sistemática (Twiss *et al.*, 1969, Brown, 1984, Piperno, 2003, Wallis, 2003).

Los fitolitos conforman idioblastos de resistencia en las diversas partes de la planta, pero con preferencia en los tejidos epidérmicos o subepidérmicos de las hojas o inflorescencias.

Los fitolitos son indicadores de carácter continental, proveniencia y ambiente de deposición de los sedimentos que los contienen, su importancia aumenta en función directa con la escasez o ausencia de fósiles macro o microscópicos.

Cuando los fitolitos son recuperados de muestras de suelos de contextos arqueológicos permiten la identificación de la vegetación existente en el pasado. La recuperación, identificación y análisis de los fitolitos provee específicamente información para determinar patrones de subsistencia, dieta, desarrollo de técnicas agrícolas, uso de plantas, identificación y reconstrucción de antiguas vegetaciones.

Debido a su composición, los fitolitos presentan buena resistencia a las condiciones edáficas, por su alta resistencia a las condiciones de pH de suelo normales. La sílice amorfa es estable a pH de entre 5 a 9, mientras que a pH inferior a 4 y superior a 9 su solubilidad aumenta notablemente (Boggs, 1992, Tucker, 2003).

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en la cuenca superior del A° Teguá al norte de los departamentos de Río Cuarto y Oeste de río Tercero Arriba en la provincia de Córdoba. Las coordenadas de ubicación son 32°54'S-64°53'W.

El Arroyo Teguá nace en la Sierra de Las Peñas, formado por la confluencia del Arroyo El Barreal, que nace en la ladera occidental, junto con las aguas del arroyo El Cano, que nace en la sierra de Comechingones. El Arroyo Teguá desaparece en los Bañados del Quirquincho.

La segunda área de estudio está ubicada en la República Oriental del Uruguay, en el Departamento San José a orillas del Río de La Plata. Las coordenadas de ubicación son 34°84'S-56°85'W. Esta Región es una faja continua situada entre la desembocadura del Río Santa Lucía en la porción sureste y la desembocadura del Arroyo Cufre en el suroeste del Departamento, comprende una longitud total de unos 90 km y un ancho variable, que va desde algunas decenas de metros hasta varios km (Figura 1). La magnitud de variación del ancho de esta faja, está directamente relacionada con los rasgos morfológicos implantados que dependen estrechamente de los procesos costeros pasados y presentes que han operado, sobre la región, particularmente desde principios del Pleistoceno hasta el actual.



Figura 1.

La línea externa de la costa es una faja de playa, tiene una dirección oeste-noroeste, con características rectilíneas a amplias y débiles ensenadas que alternan con salientes poco pronunciadas.

Desde el punto de vista morfo-fisiográfico se pueden distinguir dos tipos de costa.

Una costa destructiva caracterizada por la presencia de acantilados o barrancas de altura variable entre 5 y 25 m.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el muestreo de campo se realizaron la limpieza superficial del talud que contiene el perfil tipo. Esta limpieza se efectuó retirando los primeros cinco centímetros del suelo de cara a la vía y también la vegetación que se encontraba por encima de este. Se muestreo en forma continua con intervalos de 50 cm, prestando especial interés a los paleosuelos y horizontes carbonáticos. Se obtienen muestras disturbadas de aproximadamente 1 kg.

El fundamento del método está en obtener granos minerales perfectamente limpios para facilitar su observación e identificación con el microscopio petrográfico.

En el laboratorio el material se tamiza previamente por malla de un milímetro para eliminar la gravilla y partículas de diámetro superior y obtener así una primera clasificación homogénea.

De esta arena tamizada se toman unos 20 gramos y se lava con agua corriente; así se lava y decanta varias veces, para eliminar la porción arcillosa que pudiera contener, hasta que el agua quede clara. De esta arena lavada, seca y tamizada, se trata con ácido clorhídrico, por este tratamiento se eliminan los carbonatos y los hidróxidos de hierro que con tanta frecuencia recubren los granos minerales enmascarando sus características y propiedades ópticas.

Se puede proseguir con ácido nítrico para atacar la materia orgánica que pudiera existir, así como los sulfuros metálicos.

Último lavado con agua hasta neutralización y secado en la estufa. Así se llega a obtener una arena limpia y dispuesta para su tratamiento por un líquido denso que permita su separación en las dos fracciones pesada y ligera. Entre los líquidos densos que se utilizan, el bromoformo

Para el estudio al microscopio petrográfico de la arena, se procede al montaje entre porta y cubre de los granos minerales incluidos en un medio diáfano. Para poder resaltar los fitolitos se utilizan líquidos de índice de 1,50;

ya que la sílice amorfa tiene un índice de refracción de  $n: 1,43$ . Mediante esto los fitolitos presentan alto relieve en las observaciones con microscopio óptico de refracción.

Las observaciones se realizan a nicoles paralelos, se identifican los fitolitos y se los describe.

Mediante observaciones a nicoles cruzados, se comprueba la isotropía de los fitolitos, que se muestran en extinción en un giro de la platina de  $360^\circ$ .

La comparación se realiza por visualización directa con el microscopio petrográfico y también mediante fotografías digitales.

## RESULTADOS

A partir de las muestras en las que se han recuperado fitolitos en buen estado de conservación, su estudio en las dos zonas propuestas ha permitido una correcta identificación morfológica y su adscripción a determinados grupos de plantas.

La identificación se realizó sobre muestras que se tomaron en forma sistemática, tanto en el perfil correspondiente a la Formación La Invernada, en cercanías del Arroyo de Tegua (Figura 2.1); y en el perfil correspondiente a la Formación Raigón, en la localidad costera de Kiyú. (Figura 2.2).

Los fitolitos encontrados en los sedimentos pertenecientes al paleosuelo del perfil de Kiyú:

- Fitolitos uni-lobular y poli-lobular (Fig. a, b, c, d).
- Fitolitos elongitos (Fig. e, f, g, h).
- Fitolitos cónicos (Fig. i, j, k).
- Diatomea Neidium bisulcatum (Fig. l, m).

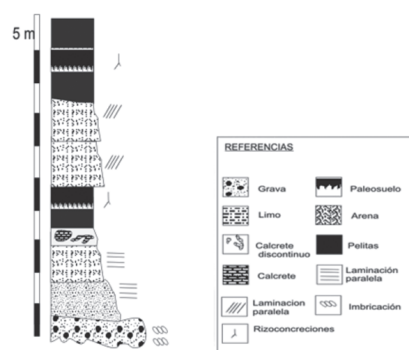


Figura 2.2. Formación Raigón Kiyú.

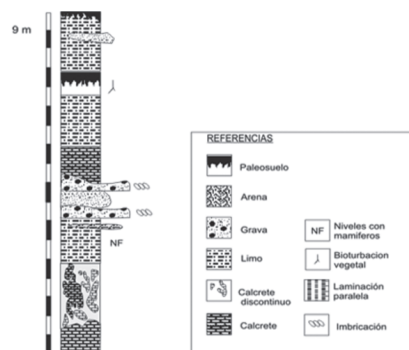
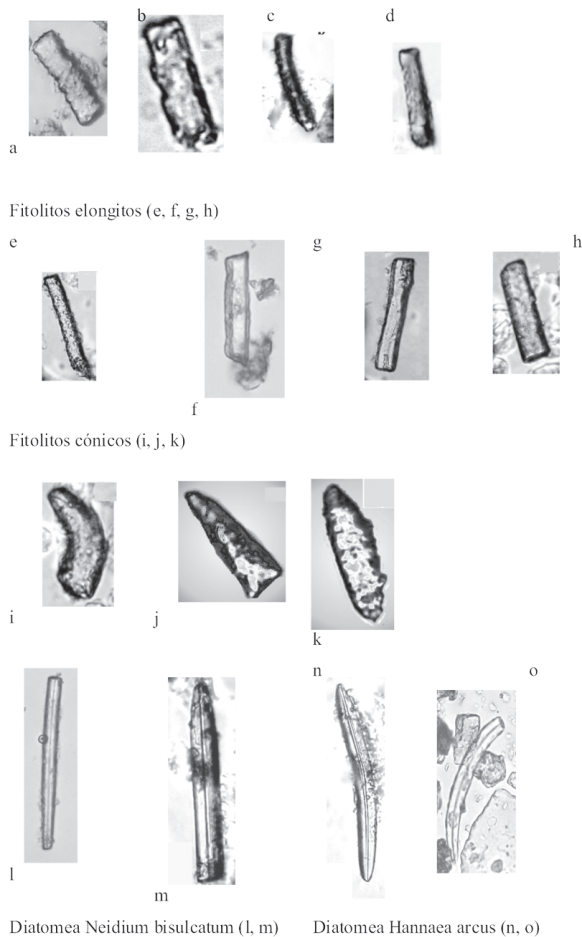


Figura 2.1. Formación La Invernada Arroyo Tegua.

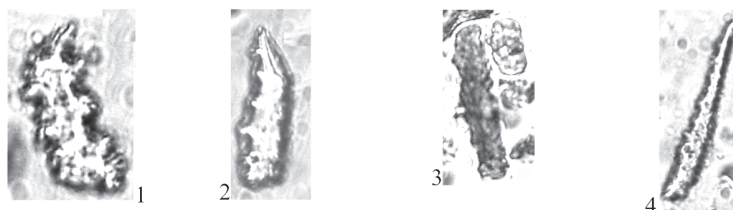
- *Diatomea Hannaea arcus* (Fig. n, o)
- Fitolitos uni-lobular y poli-lobular (a, b, c, d)



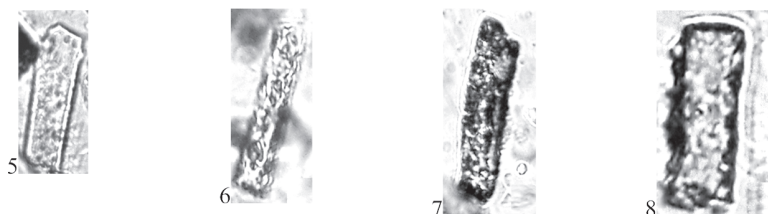
Fitolitos encontrados en los sedimentos pertenecientes al paleosuelo del perfil del Arroyo Tegua:

- Fitolitos uni-lobular y poli-lobular (Fig. 1, 2, 3, 4)
- Fitolitos elongitos (Fig. 5, 6, 7, 8)
- Fitolitos cónicos (Fig. 9)
- Fitolito en abanico (Fig. 10)
- Fitolito esférico liso (Fig. 11)

Fitolitos uni-lobular y poli-lobular (1, 2, 3, 4)



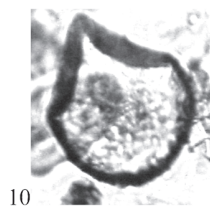
Fitolitos elongitos (5, 6, 7, 8)



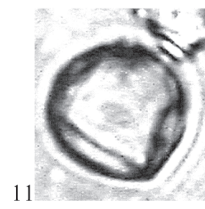
Fitolitos cónicos (9)



Fitolito en abanico (10)



Fitolito esférico liso (11)



En estas dos zonas comparadas se han determinado diferentes morfologías de fitolitos, (Bremond 2003) estableciendo los siguientes tipos:

I) *Tipo de fitolitos uni-lobular y poli-lobular*, también llamados acanala-dos, son principalmente producidos por la subfamilia *Pooideae* (Twiss et al. 1969).

II) *Tipo rectangular*, es producida por la subfamilia *Pooideae* (Twiss et al., 1969).

*Pooideae* es una subfamilia de las poáceas (gramíneas). Tiene una distribución predominantemente templada. La subfamilia incluye unas 3.300 especies. Entre los géneros sobresalientes se incluyen importantes cereales, como el trigo, la cebada y la avena, y también al centeno (*Secale cereale*), a los pastos utilizados para césped (como *Poa*, con 500 especies), para heno (*Festuca*, 450 especies), para pasturas (como *Phleum*, *Dactylis*), y algunas malas hierbas (como *Agrostis*, con 220 especies, y *Poa*). Otros géneros importantes de esta subfamilia son *Stipa* (300 especies), *Calamagrostis* (270 especies), *Bromus* (150 especies), y *Elymus* (150 especies).

III) *Tipo elongitos* de superficie suave y sinuosa, corresponden a politipos de células largas de epidermis de gramíneas, siendo distintivas de cinco familias de Poaceae.; (Watson *et al.*, 2007).

Las gramíneas o poáceas (*Poaceae Barnhart*) son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas, perteneciente al orden Poales de las monocotiledóneas (Liliopsida). Con más de 670 géneros y cerca de 10.000 especies descritas, las gramíneas son la cuarta familia con mayor riqueza de especies.

IV) *Tipo abanico* (Twiss *et al.*, 1969) correspondiente a células buliformes típicas de la epidermis de diferentes gramíneas.

V) *Tipo cónico*, producida por *Cyperaceae*.

Las ciperáceas (nombre científico *Cyperaceae*) forman una familia de plantas monocotiledóneas parecidas a los pastos, muchas de ellas polinizadas por viento. Los tallos suelen ser más o menos triangulares en el corte transversal, sin hojas por encima de la base. La inflorescencia básica es una espiguilla, al igual que la de las gramíneas, por eso en una época se las creía la familia más emparentada con ellas, aunque ahora se sabe que están más cercanamente emparentadas a los juncos. De distribución cosmopolita, se encuentran por todo el mundo pero preferentemente en las regiones templadas. Usualmente, pero no siempre, en ambientes húmedos. Muchos miembros son componentes dominantes de ecosistemas húmedos.

VI) *Tipo esférico liso* es producido a partir de madera de árboles y arbustos (*Ligneous dicotyledon*), (Scurfield *et al.*, 1974; Kondo *et al.*, 1994).

VII) *Diatomea Nedium bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve (Krammer y Lange-Bertalot, 1986)

VIII) *Diatomea Hannaea arcus* (Ehrenberg) (Patrick y Reimer, 1966)

Las diatomeas son una clase de algas unicelulares microscópicas y uno de los más comunes tipos de fitoplancton. Muchas diatomeas son unicelulares, aunque algunas de ellas pueden existir como colonias en forma de filamentos o cintas (e.g. *Fragillaria*), abanicos (e.g. *Meridion*), zigzags (e.g. *Tabellaria*) o colonias estrelladas (e.g. *Asterionella*). Una característica especial de este tipo de algas es que se hallan rodeadas por una pared celular única hecha de sílice (dióxido de silicio hidratado) llamada frústula. Estas frustulas muestran una amplia variedad en su forma, pero generalmente consisten en dos partes asimétricas con una división entre ellas, se debe a esta característica el nombre del grupo. La evidencia fósil sugiere que las diatomeas se originaron durante o después del periodo jurásico temprano. Las comunidades de diatomeas son una herramienta recurrentemente

usada para la vigilancia de las condiciones medioambientales, pasadas y presentes, son también usadas para el estudio de la calidad del agua. La mayoría son pelágicas (viven en aguas libres), algunas son bentónicas (sobre el fondo marino), e incluso otras viven bajo condiciones de humedad atmosférica.

## CONCLUSIÓN

- Las células buliformes son típicas de la epidermis de diferentes gramíneas, mientras que los fitolitos de tipo uni-lobular y poli-lobular, elongitos y rectangular, son producidos por la subfamilia Pooideae. Siendo estas últimas un género de gramíneas ampliamente distribuido en regiones templadas.
- Los fitolitos de tipo cónico están presentes en las *Cyperaceae*. Estas forman una familia de plantas monocotiledóneas parecidas a gramíneas, también herbáceas, que viven en ambientes húmedos, en las inmediaciones de un cuerpo de agua de poca energía o dentro de él.
- Los fitolitos de tipo esférico liso se forman a partir de las arecáceas, nombre científico *Arecaceae* o su sinónimo *Palmae*, forman una importante familia de plantas monocotiledóneas normalmente conocidas como palmeras, distribuidas en regiones cálidas a templadas.
- La coexistencia de algas, como las diatomeas, indicaría un ambiente de humedales. Justamente la *Hannaea arcus* se encuentran asociadas a sedimentos fluviales, en aguas de buena calidad someras y claras mientras que las *Neidium* se desarrolla casi siempre solitaria, que puede aparecer en casi cualquier ambiente acuático, aunque suele preferir la paz de las turberas o la agitación de los tramos altos de los ríos.
- La abundancia de fitolitos de Pooideae indica una adaptación de la formación vegetal a temperaturas templadas a frías, mientras que la presencia de elementos ligneous dicotyledon y de *Cyperaceae* indica una cobertura arbórea intertropical, además como las algas denotan la presencia de una comunidad dulce acuícola léntica.
- Pudiendo equiparar dos tipos de paleoambiente identificados, el grupo de fitolitos presentes están estrechamente relacionados con ambiente templado –húmedo como es la sabana de palma con las céspedes para la zona del Teguá.
- Mientras que para la zona de Kiyú se indica a demás un ambiente de humedales bien desarrollados.

- A partir de estos estudios se ha podido establecer una correlación en los dos tipos paleoambientales comparados, a partir de los fitolitos presentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bertoldi de Pomar, H.** 1980. Análisis Comparativo de Silicobiolitos de Diversos Sedimentos Continentales Argentinos. Asociación Geológica Argentina. Revista XXXV (4), 547-557. ISSN 0004-4822. República Argentina.
- Bertoldi de Pomar, H.** 1974. Silicobiolitos en sedimentos de causas fluviales correntinos. 1er. Congreso Argentino Paleontología y Estratigrafía, Actas: 633-639.
- Blackman, E.** 1971. Opaline silica bodies in the range grasses of southern Alberta. Canadian Journal of Botany 49: 769-781.
- Boggs, S.** 1992. Petrology of Sedimentary Rocks. Macmillan, 706 pp. N. York
- Bossi, J., Navarro R.** 1988. Geología del Uruguay. Tomo I. Departamento de Publicaciones de la Universidad de La República. Montevideo Uruguay.
- Bossi J.** 1966 Geología del Uruguay. Colección Ciencias N° 2. Departamento de Publicaciones de la Universidad de La República. Montevideo. Uruguay. 464pp.
- Brown, D. A.** 1984. Prospects and limits of a phytolith key for grasses in the Central United State. Journal of Archaeological Science 11: 345-368.
- Karlsson A.** 1990. Comparación de los aspectos geológicos y petrológicos de sedimentos loésicos. Actas XI Cong. Arg. Volumen I, 430-434. San Juan.
- Karlsson, A., Mansilla, L. y Ayala R.** 1998. Mineralogía estadística basada en la fracción pesada de arenas de suelos. II Cong. Uruguayo de Geol. (I) 128-131.
- Karlsson, A. y Ayala, R.** 1993. Estudios mineralógicos comparados de perfiles de suelo. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. (I):230-236.
- Kondo, R., Childs, C. y Atkinson, I.** 1994. Opal Phytoliths of New Zealand. Manaaki Whenua Press, Lincoln, Canterbury, 85 p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H.** 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. in Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D. (eds) Süßwasser flora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York. 876 pp.
- Patrick, R. and C. W. Reimer.** 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Volume 1-Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Monograph No. 13, 688 pp.
- Piperno, D. y Becker, P.** 1996. Vegetational history of a site in the central Amazon Basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. Quaternary Research Orlando 45(2): 202-209.

- Piperno, D. and Becker, P.** 1996. Vegetational history of a site in the central Amazon Basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. *Quaternary Research Orlando* 45(2): 202-209.
- Piperno, D. R. and Jones J. G.** 2003. Paleo ecological and archaeological implications of a Late Pleistocene/Early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama. *Quarterly Research* 59(2003): 79-87.
- Scurfield, G., Anderson, C.A. y Segnit, E.R.** 1974. Silica in woody stems. *Aust. J. Bot.* 22, 211 – 229.
- Tucker, M.** 2003. *Sedimentary Petrology* (3rd. edition). Blackwell Publishing. Oxford.
- Twiss, P.C., Suess, E. and Smith, R. M.** 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil science of America, Proceedings* 33:109-115.
- Wallis, L.** 2003. An overview of leaf phytolith production patterns in selected northwest Australian flora. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125: 201-248
- Watson, L. and Dallwitz, M. J.** 2007. «Poaceae» (en inglés). The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 1st June.

**CURSO**

## PROGRAMA

### MAPAS DE RIESGO DE ALTERACIÓN DEL PAISAJE

Dictado por: Mgter. Rosa Ayala

#### 1- Valoración de Geo-recursos:

- Análisis de la valoración de las Pendientes
- Análisis de la valoración de la Disposición hídrica
- Análisis de la valoración de la Susceptibilidad al deslizamiento
- Análisis de la valoración de las calidades de suelos,
- Análisis de la valoración sobre el tipo de Cobertura vegetal,
- Análisis de la valoración de las Susceptibilidades a la subsidencia,
- Análisis de la valoración de las Resistencias al corte
- Análisis de la valoración de la Permeabilidad de los suelos.

#### 2- Valoración de Geo-restricciones:

Análisis de la valoración de los Fenómenos de riesgo ambiental

Análisis de la valoración de los Fenómenos de riesgo minero-urbano-contaminación-subsidencia

#### 3- Uso de los mapas temáticos:

- ✓ Mapa de Isopendiente
- ✓ Mapa de Hidrogeológico
- ✓ Mapa de suelo
- ✓ Mapa geológico
- ✓ Fotomosaico
- ✓ Imagen satelital

Para llevar a cabo esta metodología es necesario el conocimiento de los geo-recursos y geo-restricciones con que cuenta la zona a estudiar. Se considera como ámbito de análisis las «unidades de integración o de geopotencial». Estos módulos representan unidades territoriales básicas que permiten la expresión de los elementos y procesos del territorio en términos comprensibles, y sobre todo en términos operativos; además de desempeñar una función importante como base integradora de los aspectos sectoriales, representan la desagregación del ámbito de estudio en porciones territoriales más pequeñas. Así pues con la metodología a desarrollar, se pretende sentar las bases metodológicas de valoración, homogeneización y clasificación de los recursos y que sirvan para la toma de decisiones.

Disertantes:

**Mgtr. ROSA AYALA** Geóloga, Universidad Nacional de Córdoba. Investigadora  
Categoría III, Secretaría de Políticas Universitarias  
Profesora por concurso en la Universidad Nacional de  
Córdoba: Mineralogía e Industrias Extractivas  
Métodos de Investigación Mineral

Especialista en Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica Nacional  
Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica Nacional

## MAPAS DE RIESGO DE ALTERACIÓN DEL PAISAJE

### IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES GEOPOTENCIALES

La importancia de la determinación de las unidades de integración geopotencial radica en el hecho de que la información relacionada con el medio físico es muy abundante, lo que dificulta su análisis sin un proceso de síntesis previo, que representen unidades territoriales básicas, permitiendo la expresión de los elementos y procesos del territorio en términos comprensibles. En especial se muestren en términos operativos, de manera de desempeñar una función importante como base integradora de los aspectos sectoriales, que representan la desagregación del ámbito de estudio en porciones territoriales más pequeñas.

A partir de estas unidades representativas se puedan valorar los méritos de la degradación y las características de cada punto del territorio, considerando la vocación natural del suelo, la disponibilidad hídrica, los rasgos geomorfológicos y sus restricciones. De esta manera, las unidades de geopotencial representan sectores básicos del territorio sobre los cuales se realiza el análisis del geopotencial y se establecen como un insumo básico para realizar el ordenamiento ambiental. Las unidades de integración o de geopotencial se han obtenido, a través de la superposición de aquellos factores que representan una mayor carga explicativa, (Gómez Orea 1993) Consiguiendo con ello una cierta homogeneidad respecto al resto de factores.

Como lo es la «geomorfología», que describe materiales, formas y procesos del medio inerte y sintetiza sus relaciones.

La «vegetación» natural y cultivos que explica las condiciones ambientales determinantes de la vida y sintetiza las relaciones entre el medio biótico y abiótico.

Los «usos del suelo» que explican el devenir histórico de las formas de utilización y aprovechamiento del suelo y sus recursos, (Gómez Orea 1993).

### PENDIENTE DEL TERRENO

Material requerido: a) **Mapa de curvas de nivel**

b) **Mapa de isopendientes** (ha realizar)

Mapa de curvas de nivel a partir de un mapa topográfico facilitado por la Facultad para aplicar el método y poder confeccionar el Mapa de isopendientes, el cual será realizado por los participantes al curso.

Necesidad de categorizar la pendiente del terreno en la Matriz:

La velocidad del agua en el terreno estará afectada directamente por la pendiente, es decir, la inclinación del terreno que es medida en porcentaje y se denomina pendiente.

Se determina en metros de desnivel cada 100 metros en el terreno.

Ejemplo: pendiente = 0,5 % lo que significa que hay 0,5 m de desnivel cada 100 m del terreno.

En consecuencia, en tanto mayor sea este plano inclinado, el agua escurrirá más rápido sobre su superficie. Si su velocidad aumenta, la capacidad de transporte de partículas será mayor, podrá transportar más cantidad de partículas y más grandes desde la cabecera hasta el pie del terreno.

El cálculo expeditivo de la pendiente:

La pendiente en porcentaje es:

$$\text{Pendiente}\% = (\text{metros ascendidos} / \text{metros recorridos}) \cdot 100$$

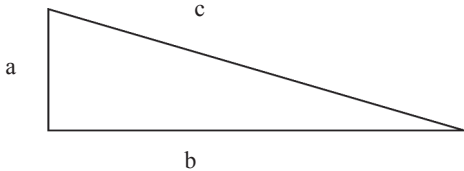
$$\% \text{ Pendiente} = \text{metros ascendido (diferencia de cota entre curvas de nivel)} / \text{metros recorridos (distancia en el plano de las curvas de nivel, leído a escala)} \cdot 100$$

Si bien el método de aplicar el teorema de Pitágoras es más exacto y sobre todo más académico, consideramos que es más sencillo hacerlo en la práctica de este modo en lugar de tener que resolver el triángulo formado. Se considera así, porque el error real que cometemos es muy pequeño, debido a que las pendientes no son lo suficientemente grandes como para que la diferencia de resultados, de un método u otro, sean importantes.

Como ejemplo se puede apuntar que en si en 1 km de avance real sobre el terreno ascendemos 200 m (lo que sería según nosotros un 20% de desnivel), al resolver el triángulo la base de éste, o sea la distancia en horizontal recorrida, es de 980 m (lo que sería un desnivel del 20,4% según el método topográfico), 0,4% de pendiente no mostraría una aceleración diferenciada para el agua, no variando además la categoría de ubicación en la matriz. Para porcentajes más usuales en el terreno, bastante menores al 20%, nos da un error muy pequeño.

Es más, seguramente tendremos mayores errores por acumulación de pequeñas inexactitudes al considerar el cálculo de Pitágoras. Si aplicamos el teorema de Pitágoras para calcular la distancia real, debemos hallar el valor de la hipotenusa de un triángulo rectángulo. El valor del cateto *b* es la distancia en metros entre dos puntos, el valor del otro cateto *a* es el valor en metros de la diferencia en altitud entre los dos puntos.

La distancia real  $b$  es:



Donde:

$b$  = distancia real en el terreno

$c$  = distancia horizontal medido a escala en el mapa.

$a$  = diferencia de altura en la realidad entre dos puntos (diferencia de cota)

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$b = (c^2 - a^2)^{1/2}$$

## CALIDAD DEL SUELO

Material requerido: **Mapa de suelos**

Necesidad de categorizar la capacidad de uso de suelos en la Matriz.

Los suelos son un elemento de vital importancia para la agricultura y otras actividades, siendo un producto de la meteorización de las rocas. Los materiales erosionados se acumulan, tras su transporte, en las zonas bajas, formando extensiones de material suelto muy propicias al desarrollo de especies vegetales. Existen numerosas variedades de suelo, y su composición depende tanto del tipo de roca erosionada como de las formas en que se produjo la erosión.

Un uso inapropiado del suelo natural puede llevar a la degradación física del mismo. Esa degradación puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como debajo de la capa arada, donde surgen horizontes compactados. Con esa degradación, las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía y de erosión aumentan (Cabeda, 1984).

La evaluación de las tierras de una región, para usos agrarios, lleva como propósito poder predecir su comportamiento para diferentes alternativas de uso sustentable. Considerarla implica valorar los efectos favorables y desfavorables de distintas actividades en un marco de producción sostenida y sin deterioro de las condiciones ambientales.

### Categorías y clases de la capacidad de uso de suelos

Para suelos de Argentina se han utilizado las siguientes categorías y clases en cuanto a la capacidad de uso de suelos, según el «Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU-SCD-USDA»

***Categoría A***

**Clases I:** Suelos con ninguna restricción de usos, capaces de producir una amplia variedad de cultivos. Son profundos, bien drenados y se los trabaja con facilidad.

**Clases II:** Suelos con algunas limitaciones que exigen prácticas simples de manejo y conservación de fácil aplicación. Son adecuados para agricultura pasturas y forestación.

**Clases III:** Los suelos de esta clase tienen mayores limitaciones que los de las clases anteriores, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación más complejas, no obstante son adecuadas par cultivos, pasturas y otros usos de la tierra.

***Categoría B***

**Clases VI:** Tierras aptas para cultivos limitados, cuando están cultivados necesitan prácticas de manejo y conservación más difíciles y complejos. Con drenaje pobre a excesivo.

**Clases V:** Suelos con escaso o ningún riesgo de ser afectado por la erosión, pero con otras limitaciones que impiden el laboreo normal par los cultivos comerciales.

***Categoría C***

**Clases VI:** Suelos con grandes limitaciones para el uso, resultando ineptos para los cultivos. Son apropiados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosque y fauna.

**Clases VII:** Suelos con muy graves limitaciones para el uso, resultando también ineptos para los cultivos, suelos erosionados con problemas de drenaje.

***Categoría D***

**Clases VIII:** Los suelos de esta clase no tienen aplicación agrícola ni ganadera, debido a la gravedad de sus limitaciones solo sirve para recreación, conservación de fauna, (bañados cárcavas, lagunas, médanos, rocas ó salitrales).

En casos de suelos de Uruguay podríamos considerar la utilizada por la dirección de Suelos y fertilizantes (DSF) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca que publica la clasificación de suelos actualmente vigente.

Dicha clasificación es mas objetiva al pretender clasificar los suelos en base a características propias y medibles, y es un sistema flexible (abierto) que puede sufrir modificaciones. Las características diagnosticas son medibles en términos cuantitativos.

Está en base a 6 **Orden**: donde en cada uno predomina un determinado proceso pedogenético o donde no es evidente ningún proceso dominante.

#### ***Orden I: Suelos poco desarrollados***

##### **Litostoles- Arenosoles- Fluviosoles e Inceptisoles**

Perfil incompletamente desarrollado, sin la presencia de horizontes iluviales, faltándoles tambien el horizonte subsuperficial de arcilla, Bt.

Presentan otros procesos de formación:

- mineralización de minerales primarios
- formación de minerales arcillosos
- liberación de oxidas
- acumulación de materia orgánica
- lavado de bases y sales

Son suelos jóvenes debido al poco tiempo que ha existido para su pedogenesis. Por ejemplo dunas arenosas y terrenos aluviales. Suelos que no son jóvenes, su poco desarrollo se debe a una meteorización muy lenta o a la decapitación de horizontes superiores.

**No son cultivables debido a la poca profundidad, baja fertilidad, pedregosidad y rocosidad.** El uso actual es prácticamente pastoril, aunque se ha hecho algo de forestación

**Orden II: Suelos Melánicos** (horizonte superficial oscurecido por materia orgánica, alta saturación de cationes bivalentes)

##### **Brusoles y Vertisoles**

Es el grupo taxonómico más importante: **ocupan la mayor extensión y son los más fértiles naturalmente.** Presentan un buen drenaje, un horizonte Melánico y por debajo un Argiluvico aunque puede haber por debajo del horizonte Melánico un horizonte C. si bien el contenido de materia orgánica es alto, el mismo decrece lentamente en profundidad dando un carácter de isohúmico.

Los procesos pedogenéticos dominantes son:

Acumulación de materia orgánica

Presencia de catión calcio

Formación de arcilla 2:1

Traslación de arcilla a horizontes inferiores

Saturación en bases es alta, acumulación de carbonatos de calcio en el horizonte C, no presentan síntomas de gleización.

### ***Orden III: Suelos Saturados Lixiviados***

#### **Argisoles y Planosoles**

Los suelos se encuentran con gran diferenciación textural resultado de procesos de lixiviación de arcillas. Un horizonte Argilúvico altamente desarrollado trae como consecuencia la aparición de hidromorfismo. El horizonte gley está a más de 120 cm.

Presenta alta saturación en bases.

### ***Orden IV: Suelos Desaturados Lixiviados***

#### **Luvisoles y Acrisoles**

Presentan fuerte proceso de lixiviación provocado por una traslocación de arcilla, lavado de bases y acidificación del perfil, afectando tanto al horizonte A como al B. El tenor de bases es bajo y hay baja de Ca/Mg.

Aparece aluminio en el complejo de intercambio en valores considerables (mayor al 5%), fundamentalmente en el horizonte B, siendo su valor de pH menor de 5,5. El proceso de meteorización es avanzado para las condiciones del país y se pone en evidencia por la liberación de óxidos de hierro que marcan su color rojizo. Hay predominancia de minerales 1:1; en relación a los valores de materia orgánica los mismos son bajos y presentan dos máximos: uno en el horizonte superficial y otro en la parte superior del horizonte Argilúvico debido a la traslocación mecánica de la arcilla. **Son los suelos de menor fertilidad del país.**

### ***Orden V: Suelos Halomórficos***

Son suelos que han tenido o tienen alto contenido en sodio intercambiable. El horizonte A es claro, de poco espesor y pobremente estructurado. El horizonte B presenta acumulación de arcilla. Todo el perfil presenta acumulación de sodio intercambiable o sólo en el horizonte B (horizonte nátrico).

En este grupo están los suelos donde la cantidad de Sodio y Magnesio es mayor que la de Calcio y Potasio. Son poco favorables para el desarrollo de plantas.

#### **Orden VI: Suelos Hidromórficos**

##### **Gleysoles e Histosoles**

Son los suelos sometidos a un exceso de agua temporal o permanente debido a una napa freática fluctuante en una parte o en la totalidad del perfil, por lo cual, predomina el hidromorfismo. Por estas condiciones existe acumulación de materia orgánica tipo turboso. **Estos suelos se localizan en zonas bajas e inundables y se desarrollan a partir de minerales de origen aluvial.**

En general son suelos pobremente drenados, corresponden bañados inundados permanentemente y cubiertos por vegetación acuática

### **CATEGORIZACION DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA**

Material requerido: **Mapa de cuencas**

A partir de un mapa topográfico se puede categorizar y establecer el mapa de cuencas tipificando los ríos. Los asistentes al curso deberán confeccionarlo a partir de un mapa topográfico de una zona de Uruguay, facilitado por la Facultad de Agronomía

Necesidad de categorizar la disponibilidad hídrica en la Matriz.

El agua es el principal protagonista de la meteorización natural, actúa como abrasivo (partículas flotantes) y disolvente, participa en la disolución y depósito de las sales, generando reacciones químicas tanto por hidrólisis como por oxidación. Por otra parte, el agua que se infiltra en las grietas es el principal medio de transporte de las sustancias disueltas.

La precipitación se produce cuando las gotas de agua que forman las nubes se enfrían acelerándose la condensación y uniendo las gotas de agua para formar gotas mayores que terminan por precipitarse a la superficie terrestre en razón a su mayor peso. La precipitación puede ser sólida (nieve o granizo) o líquida (lluvia). La proporción de agua que se infiltra y la que circula en superficie (escorrentía) depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente y de la cobertura vegetal.

El agua de lluvia cae a lo largo de las laderas de las montañas, siempre por la parte más inclinada. Poco a poco va confluyendo en pequeños

cursos de agua muy inclinados denominados torrentes. Estos solamente llevan agua cuando llueve o en época de deshielo.

Los torrentes tienen tres zonas claramente delimitadas: 1-La parte superior es una especie de embudo que recoge toda el agua, se denomina *cuenca de recepción*. 2- Toda el agua que cae en esta zona confluye en el *canal de desagüe*, el verdadero cauce del torrente. 3- El canal de desagüe desemboca en el *cono de deyección* o *abanico aluvial*, donde deposita los materiales arrastrados. Los torrentes arrastran rocas de varios tamaños debido a su gran pendiente que hace que el agua vaya con mucha velocidad.

Parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o, más aún, por la transpiración de las plantas, que la extraen con raíces más o menos extensas y profundas. Otra parte se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante. Parte del agua subterránea alcanza la superficie allí donde los acuíferos, por las circunstancias topográficas, intersecan la superficie del terreno. Escorrentía se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. En los climas no excepcionalmente secos.

La escorrentía superficial es una de las principales causas de erosión a nivel mundial. Suele ser particularmente dañina en suelos poco permeables, como los arcillosos, y en zonas con una cubierta vegetal escasa.

El cauce o lecho fluvial es la parte del fondo de un valle por donde discurren las aguas en su curso: es el confín físico normal de un flujo de agua, siendo sus confines laterales las riberas. El lecho menor, aparente o normal, es aquel por el cual discurre agua incluso durante el verano (de ahí que algunos le den el nombre *permanente*).

El lecho mayor o llanura de inundación, que contiene al primero, sólo es invadido por el curso de las crecidas y, en general, durante la estación anual en que el caudal aumenta y cuyo periodo depende, por su duración y por la época del año en que se sitúa, del régimen propio de cada río. La naturaleza de cualquier lecho fluvial es siempre una función de la dinámica del flujo y de los materiales geológicos locales que pueden influenciar a dicho flujo.

Al llegar al valle y disminuir la pendiente, ya no son capaces de transportar estos materiales, depositándolos en forma de abanico en su desembocadura. Este depósito se puede denominar también *Cono de deyección*. El término aluvial se utiliza para los materiales transportados por una corriente de agua.

El curso alto de los ríos se parece mucho a los torrentes: la pendiente es elevada y el agua circula con rapidez. La diferencia es que los ríos siempre llevan agua. En el curso alto, por tanto, es frecuente la presencia de rápidos, tramos en los que el agua circula velozmente, desplazando a las piedras del fondo que se transforman en cantos rodados y llevándose lejos los materiales más pequeños que enturbian el agua. Esta es la razón de que el agua del curso alto sea clara y transparente

A medida que el río desciende de las montañas, el valle se va haciendo más abierto, la característica forma en «V» del valle de los ríos se va haciendo más abierta hasta que la aparición de una llanura aluvial la transforma en una forma de «V» de fondo plano conocida como forma de *artesa*. En su curso medio y bajo, los ríos forman una amplia llanura con los sedimentos que transportan. Esta llanura aluvial se denomina también llanura de inundación, ya que el río cuando viene crecido la ocupa toda.

Por ella el cauce normal forma meandros divagante, debido a su baja pendiente. Por estas dos razones, se tiende a encauzar los ríos, para evitar las inundaciones y para evitar que el movimiento lateral del cauce en los meandros erosione estructuras construidas por el hombre. En el curso medio el valle adquiere su característica forma de *artesa*, las laderas del valle se alejan del cauce, de manera que el río transcurre por una llanura de sedimentos denominada *llanura aluvial*. Esta llanura es inundada por las crecidas del río, las cuales aportan sedimentos procedentes del curso alto, que enriquecen los suelos, esta razón y el hecho de ser llana, es lo que la convierten en zona fértil para cultivos. Las crecidas del río y sobre todo, la aparición de meandros (curvas que hace el río), erosionan las laderas del valle, ensanchando este a lo largo del tiempo.

La tasa de infiltración de agua en el suelo determina la rapidez de infiltración del agua en el mismo y, como consecuencia, el volumen de agua que escurre sobre la superficie. La infiltración lenta del agua en el suelo, debida a la destrucción de la estructura de las capas superficiales, conducirá a una escorrentía indeseable y a la pérdida de suelo.

El agua de escorrentía arrastra las partículas de suelo generando pequeñas áreas de subsidencia en los suelos limosos, comenzando de esta forma la erosión en surcos, que acentúa las depresiones naturales causada por la escorrentía superficial del agua. Originándose de esta forma la erosión en cárcavas que si no son controladas, estas ganan terreno progresivamente.

## Tipificación de los tipos de ríos

Hay tres elementos clave que pueden ayudarnos a explicar los diferentes comportamientos hidrológicos observados en los ríos: la temporalidad o permanencia del agua en los cauces, la existencia y tipo de relaciones aguas superficiales, subsuperficiales, a subterráneas y la tipología del sustrato litológico (Suárez, 1986; Vidal-Abarca *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 2001).

La temporalidad aumenta a modo de gradiente desde zonas más húmedo, donde dominan los cauces permanentes, hasta zonas más árido donde prevalecen los temporales y efímeros (Vidal-Abarca *et al.*, 1992).

Considerando la temporalidad, se pueden definir tres tipos de ríos:

**Permanente:** Denominamos ríos permanentes a aquellos que transportan agua durante todo el año, pudiendo tener déficit hídrico los años secos siempre que la capa freática se encuentre a escasa profundidad y con volumen suficiente para permitir el desarrollo de especies freatófilas. Estos ríos presentan una vegetación de ribera muy exigente en agua y con elevada capacidad de soportar el encharcamiento en sus raíces, caso de sauces, alisos y, en menor medida, álamos.

**Temporal:** Los ríos temporales se caracterizan por permanecer secos en el estío todos los años aunque pueden existir pozas con agua y/o flujos intermitentes. La duración del período seco en todo caso es inferior a seis meses. El flujo discontinuo se origina por la existencia de pequeños caudales de circulación subterránea que afloran en superficie cuando el sustrato es impermeable. En estos ríos se desarrollan especies que toleran la alternancia de periodos secos y húmedos

**Esporádico:** Los ríos esporádicos están más de seis meses secos, aunque puede existir un flujo subterráneo (circulación subálvea) que facilita el desarrollo de la vegetación con bajas necesidades hídricas como la caña o el carrizo.

A una escala espacial más precisa, un mismo río puede participar de los tres tipos definidos. Surge así un concepto nuevo, referido al carácter intermitente de algunos ríos de las regiones semiáridas. Ríos donde el agua aflora durante todo el año en tramos de mayor o menor longitud (tramos de agua permanente) frente a otros donde el agua se seca durante una parte del año (tramos temporales), separados por otros donde el agua, si circula, es tras fuertes lluvias (tramos efímeros). Esto se debe, fundamentalmente, a la existencia de descargas de aguas subsuperficiales o procedentes de acuíferos más profundos, que posibilitan la existencia de tramos temporales y/o permanentes (Suárez, 1986; Moreno *et al.*, 2001a).

Pero la temporalidad y la intermitencia también dependen del sustrato litológico dominante. La permeabilidad del sustrato difiere entre materiales explicando, en muchas ocasiones, la distribución espacial y temporal del agua

Dos eventos hidrológicos pueden alterar estos modelos, de por sí complejos: las crecidas y los estiajes. Las crecidas son fenómenos hidrológicos naturales que ocurren con un cierto grado de impredecibilidad, como respuesta a precipitaciones intensas en el espacio y/o en el tiempo (Suárez *et al.*, 1995). Mueven agua y sedimentos y reorganizan la estructura de los cauces.

Además en los ríos intermitentes ponen en contacto los tramos aislados así que, en términos ecológicos, suponen una vía de comunicación y homogeneización. Los estiajes, por el contrario, son más predecibles en las regiones semiáridas. Acentúan el proceso de aislamiento de los tramos con agua, de manera que suponen, en muchos casos, un proceso de fragmentación de hábitats disponibles para los organismos acuáticos (Guerro 2002). Hay que añadir que, de forma mucho más impredecible, y con efectos catastróficos, las avenidas y las sequías, perturban estos sistemas.

## PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES:

Material requerido: **Mapa litológico**

Necesidad de categorizar la permeabilidad de los materiales en la Matriz.

Como ya se ha indicado la existencia de las numerosas variedades de suelo, y su composición depende tanto del tipo de roca erosionada como de las formas en que se produjo la erosión. Además la temporalidad y la intermitencia de los ríos dependen del sustrato litológico dominante.

La permeabilidad del sustrato difiere entre materiales explicando, en muchas ocasiones, la distribución espacial y temporal del agua

Existen varios criterios para clasificar las rocas, tales como su composición química o mineralógica, su localización o su edad, aunque considerándolas desde el punto de vista de la categorización planteada en este desarrollo, el más conveniente a utilizar es el de la textura.

### Texturas de las rocas

Las texturas de rocas más resistentes a la disgregación, presentes en esta área de estudio, ya sea química como física la muestran las rocas

graníticas. Estas rocas intrusivas están caracterizadas por la presencia de cristales distinguibles a ojo desnudo, con tamaños de cristales de los distintos minerales aproximadamente similares, hablándose de una textura granosa, típica del granito.

Las rocas ígneas son aquellas rocas que se forman a partir del enfriamiento de un magma, bien en el interior de la corteza terrestre, dando lugar a las rocas plutónicas, o en su superficie, dando lugar a las rocas volcánicas.

Los criterios de clasificación de las rocas ígneas son dos:

**Textural.** La textura se refiere a la relación de tamaños entre los componentes mineralógicos de una roca. Atendiendo a este criterio, las rocas ígneas se dividen en plutónicas, que poseen todos sus granos minerales visibles, y volcánicas, en las que la mayoría de sus granos no son distinguibles ni siquiera al microscopio óptico.

En el caso de las rocas metamórficas, el término textura se refiere a la orientación de los granos y permite distinguir.

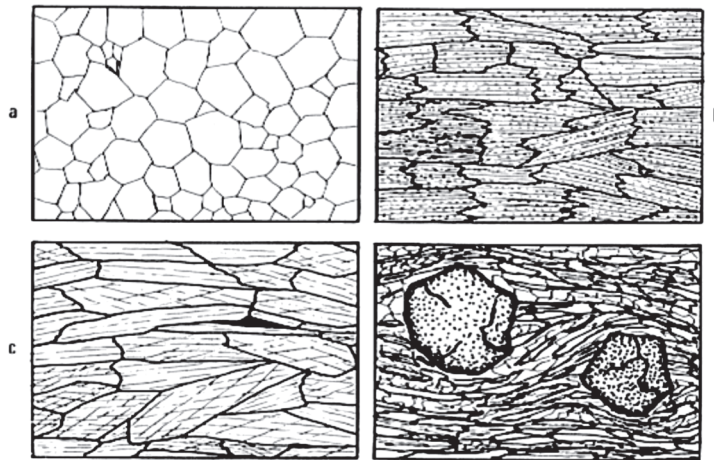
**Textura granoblástica.** Los cristales forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Los contactos entre granos tienden a formar  $120^\circ$  en puntos donde se juntan tres de ellos (denominados puntos triples). Esto se debe a que esta disposición morfológica es más estable, ya que se minimiza la superficie total de contactos entre granos y por ende la energía de superficie, por comparación con otras disposiciones que implican contactos al azar. Esta textura es común en rocas monominerálicas como cuarcitas y mármoles, así como en rocas de grado metamórfico muy alto como granulitas. Son rocas estables

**Textura lepidoblástica.** Está definida por minerales tabulares (en general filosilicatos, normalmente micas y cloritas) orientados paralelamente según su hábito planar. El hecho de que esta textura presente orientación preferente de sus componentes minerales supone que las rocas con esta textura presentan fábrica planar o plano-lineal, lo que confiere a la roca una anisotropía estructural, también llamada foliación, según la cual tiende a exfoliarse y es menos resistente. Estas rocas presentan, por tanto, comportamientos mecánicos contrastados según las direcciones perpendicular y paralela a la superficie de foliación. Esta textura es la típica de metapelitas (pizarras, micacitas, esquistos y gneises pelíticos).

**Textura nematoblástica.** Está definida por minerales prismáticos o aciculares como los del grupo de inosilicatos, normalmente anfíboles, orientados paralelamente según su hábito elongado en una dirección. Las rocas

con esta textura presentarán fábrica lineal o plano-lineal, lo que igualmente les confiere una anisotropía estructural o lineación, según la cual las rocas tienden a escindir-se. Esta textura es típica de anfibolitas y algunos gneises y mármoles anfibólicos.

**Textura porfidoblástica.** Está definida por la presencia de blastos o porfidoblastos de granos de mayor tamaño, que el resto de los minerales que forman la matriz en la que se engloban. La matriz por su parte puede tener cualquiera de las texturas anteriores (grano-, lepid- o nematoblástica), o una combinación de ellas. Cualquier tipo de roca metamórfica puede tener textura porfidoblástica, y los porfidoblastos pueden ser de cualquier mineral que la forme.



**Figura 1.** Texturas blásticas en rocas metamórficas. A) Granoblástica. B) Lepidoblástica. C) Nematoblástica. D) Porfidoblástica.

En el desarrollo de este curso nos limitaremos a las que se presentan en el área de estudio planteado que son las foliadas. En estas rocas los minerales se disponen en capas paralelas, permitiendo una más acelerada alteración del sustrato, en comparación con las rocas ígneas presentes. Dentro de este tipo de rocas se distinguen, de mayor a menor grado de metamorfismo, pizarras, filitas, esquistos y gneis.

Las rocas sedimentarias muestran en general una disgregación marcada de sus materiales, permitiendo por lo mismo en rápido ataque meteórico de los constituyentes. La sedimentación y el depósito de los materiales erosionados constituyen un aspecto particular de la dinámica terrestre. A diferencia de otros fenómenos violentos y espectaculares, el proceso de formación de las rocas sedimentarias es una curiosa excepción, que muestra el lado calmo y paciente de la naturaleza. Los procesos de sedimenta-

ción tienen lugar en la superficie terrestre o en regiones próximas a la misma denominadas cuencas de sedimentación.

Dentro de las rocas sedimentarias, se caracteriza por una fracción principal, los fenoclastos, unidos por una fracción clástica de menor tamaño la matriz y/o por un precipitado químico de sustancia mineral, llamada cemento químico. Los componentes de esta textura forman lo que se denomina elementos texturales de la roca:

**Clasto:** es un fragmento de cualquier tamaño forma o composición. Es decir fragmentos de roca, de mineral, o de partes duras de organismos, son considerados clastos, los que al agruparse forman el *esqueleto* o *armazón* de una roca.

**Matriz:** es el material clástico mas fino que ocupa los intersticios entre los clastos principales de una roca y que en algunos casos oficia de ligante de aquellos.

**Cemento químico:** sustancia precipitada de soluciones que ocupan los intersticios o poros intergranulares de las rocas. Entre los más comunes podemos citar los cementos silíceos, carbonáticos, sulfatados y los óxidos e hidróxidos de hierro.

**Cristalina:** Se caracteriza por que los cristales individuales están mutuamente unidos (debido a enlaces químicos), sin dejar espacios o poros intergranulares. En función del tamaño de los cristales la textura puede ser:

*Microcristalina:* cristales menores de 1mm

*Mesocristalina:* cristales entre 1 y 5 mm

*Macrocrystalina:* cristales mayores de 5mm

En el caso de las llanuras chacoparanenses presentan una de muy extendida superficie, como es el loes. Lo forman depósitos de limo originados por la deposición de partículas con tamaños que van desde los 10 a los 50 micrómetros y que son transportadas por las tormentas de polvo a lo largo de miles de años. Es de color amarillento y carece de estratificación. Está formado principalmente por silicatos (cuarzo, feldespato, etc.), carbonato de calcio (procedente de roca caliza, dolomía, etc.), finísimos detritos orgánicos y minerales del grupo de las arcillas.

Constituyen un suelo de labor muy fértil y profunda. En regiones de clima árido se forman sus depósitos donde la vegetación es abundante y facilita su fijación. En las regiones de clima frío el polvo ha sido arrancado de los bancos de limo fluvioglaciares y luego abandonado sobre el manto de nieve de las regiones periglaciares. Este fenómeno, al proseguirse durante

los periodos glaciares del cuaternario, ha dado lugar a la formación de grandes depósitos de hasta 300 m de espesor en la gran llanura chacoparanaense y pampa húmeda, cuya zona más fértil lo es precisamente por estar formada por loess.

Esta roca es de alta alterabilidad generando procesos erosivos desencadenantes de la formación de surcos y cárcavas de gran dinámica de crecimiento.

## COBERTURA VEGETAL

Material requerido: **Mapa fisiográfico**

Necesidad de categorizar la Cobertura vegetal y usos del suelo en la Matriz

La vegetación natural de esta área corresponde al Bosque xerófilo y caduciforme. Variando su cobertura vegetal según las pendientes del terreno, ya que las pampas fueron desmontadas implantándose cultivos intensivos de leguminosas.

Los bosques son los ecosistemas que más agua producen. La lluvia es asimilada por la espesa vegetación y se evapora nuevamente para formar otra vez nubes. Al escurrirse por la superficie del suelo, forma ríos, arroyos, lagos y lagunas. Al filtrarse en el subsuelo con la ayuda de los árboles, arbustos, pastos, etc., y a través de las rocas, forma los mantos freáticos o acuíferos.

Los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo. La labranza en exceso lleva a la rotura de los agregados, favoreciendo la formación de costras, escurrimiento y el transporte de partículas. La reducción de la rugosidad provocada por la labranza induce a una elevación de la velocidad del escurrimiento y a la disminución de la tasa de infiltración, aumentando los efectos erosivos por la mayor energía cinética del agua en la superficie del suelo.

El ritmo actual de erosión del terreno ha aumentado hasta niveles nunca alcanzados en el pasado. La causa principal es la deforestación de extensas zonas de la superficie terrestre. Al desaparecer la cubierta vegetal protectora, los agentes erosivos realizan su trabajo con mayor intensidad, y sus efectos pueden ser devastadores. De hecho, amplios territorios de todo el mundo, antiguamente zonas fértiles, se enfrentan en la actualidad al riesgo de quedar convertidos en desiertos si no se toman medidas de urgencia.

### ***Tipos de vegetación presentes en el área considerada***

**Bosque Nativo:** es aquél que no ha sido plantado y que se encuentra en su lugar desde hace muchos años. Además, debe estar formado por especies autóctonas del país. También se le llama bosque espontáneo o bosque natural.

**Plantación o Bosque Artificial:** es aquél que ha sido creado por la intervención humana.

**Fachinal:** refiriéndonos a la clasificación de bosques utilizada en «A Global Overview of Forest Conservation», se corresponde al término usado como vegetación natural degradada. Bajo esta configuración de origen el fachinal asume la condición de barbecho forestal, igual que describe Poduje (1987) de los renacientes arbustales derivados del desmonte de los bosques en La Pampa, que en pocos años de sucesión florística conduce a repoblados del mismo árbol.

En las regiones secas el fachinal da como resultado vegetaciones graminosas discontinuas, dejando espacios territoriales abiertos ocupados por arbustos espinosos (efecto climático) que si se someten al exceso de pastoreo (o fuego) el primer componente se desmejora, retrotrae su espacio facilitando el avance de los arbustales que los mismos animales se encargan de dispersar sus semillas (efecto antropozoico). Falce (1977) coincide con este proceso, si bien adjudica sobre todo al fuego tales resultados.

## **CONFECCION DE MAPAS DE RIESGO**

Para la zona se establecieron 40 unidades de geopotencial, las que a la postre se transforman en 4 áreas de Calidad Ambiental, simplificando de esta manera la información ambiental y su representación gráfica en el mapa de geopotenciales de alteración.

Una vez definido el potencial de cada uno de los recursos suelo, agua y las restricciones de tipo geomorfológico, así como las unidades de integración, se procede a la evaluación del geopotencial en términos de la distribución de los aspectos evaluados en cada una de las unidades de geopotencial. Esta distribución se realiza analizando para cada aspecto los diferentes rangos de potencial y su respectiva valoración.

La visión de síntesis requiere del uso de escalas comunes. El establecimiento de escalas comunes puede realizarse a través de un procedimiento similar al propuesto por (Batelle, 1972), donde los valores de los indicadores independientemente de las magnitudes en las que se midan, se transforman en una escala a dimensional de 0 – 1; 0 – 10; 0 – 100 ó 0 - 1000,

en la cual el valor 0 corresponde al valor más bajo o a la peor condición ambiental del indicador y el 1; 10; 100 ó 1000 al más alto posible o a la mejor condición ambiental, (Cendrero, 1997); (Velásquez, 1998). Esto implica una transformación de las unidades de medida propias de cada indicador en una escala común.

A partir de este análisis, se obtiene una síntesis de los valores de geopotencial para los diferentes factores considerados. Luego y siguiendo la metodología propuesta el siguiente paso es transformar los valores de los indicadores de cada factor en una escala homogénea. En el siguiente caso podemos utilizar el rango de 0 – 100 para el análisis de cada indicador.

Para la obtención del valor de cada unidad de integración o unidad de geopotencial se establece la relación de uniformidad de criterios en las unidades de medida para cada factor evaluado. A partir de esta homogeneidad y para cada unidad y por indicador, se valora la calidad ambiental de cada unidad, a través de la suma de cada uno ellos. En este caso obtenemos cuatro rangos de valores de geopotencial, los cuales podríamos variar de acuerdo a nuevas condiciones:

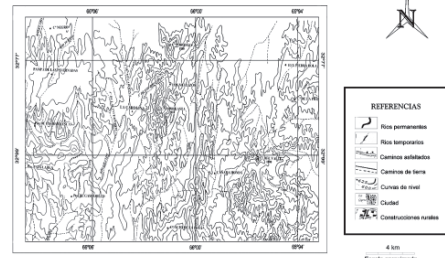
1.- Baja (rango 0.0 – 7). Son todas aquellas unidades que tienen un bajo valor para la degradación.

2.- Media (rango 7.1 – 14). Corresponde con las unidades de integración que presentan un valor medio para la degradación.

3.- Alta (rango 14.1 – 21). Determina unidades con alto valor para la degradación.

4.- Muy alta (rango > 21.1). Corresponde con aquellas unidades que presentan un muy alto valor para la degradación.

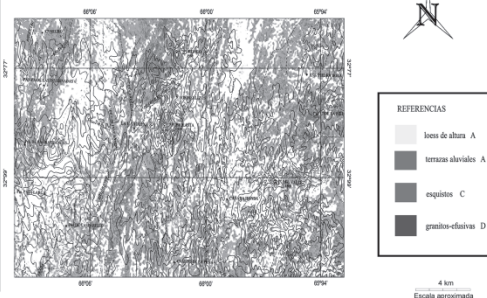
---

[illegible]

Topographic map of the area around San Juan de los Rios, showing contour lines, rivers, and settlements. The map includes a north arrow, a scale bar (0 to 4 km), and a legend. The legend defines symbols for:

- PENDIENTE ALTA (> 40°)
- PENDIENTE MEDIA (20-40°)
- PENDIENTE BAJA (0-20°)
- SIMBOLOS GEOLOGICOS
- CERRO
- CURSO DE AGUA
- PUNTOS ACOTADOS

The map is bounded by coordinates 107°00' to 107°30' longitude and 3°00' to 3°30' latitude.



Mapa de la zona de estudio en la Sierra de Guadalupe, mostrando la distribución de la cobertura vegetal. El mapa incluye coordenadas geográficas (latitud y longitud) y una leyenda que indica dos tipos de cobertura: "Sin cobertura vegetal" (área blanca) y "Con cobertura vegetal" (área sombreada). Se observan varios puntos de muestreo y nombres de localidades como San Felipe y San Juan. La escala es de 1 km.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| C |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| E |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| G |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| H |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| I |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

## BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL TEXTO

- Gómez, Orea** 1993. «Impacto ambiental por vertido de basuras y escombros. Restauración del paisaje degradado». En Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y escombros en el Ambito Rural. Ed. Agrícola Española, pp. 383 a 403. Madrid. ISBN: 84-85441-25-7.
- Cabed,a M.S.V.** 1984. Degradação física e erosão do solo. Simposio de Manejo do solo e Plantio Direto no Sul Brasil. Simposio de Conservação do solo de Planalto
- Suárez, O.** 1986. Efectos del hierro inyectable en lechones utilizando dos productos comerciales a tres dosis. Trabajo de grado UCV, Facultad de Agronomía, Maracay. 29 p.
- Suárez, M.L., Vidal-Abarca, M. R., Gómez, R. y Ramírez-Díaz, L.** 1995. Las avenidas de agua en la configuración de los paisajes de regiones áridas y semiáridas: Consideraciones sobre las obras de control. VI Jornadas sobre el Paisaje: Agua y Paisaje. Asociación para el Estudio del Paisaje. Segovia (España).
- Vidal-Abarca Gutiérrez M. R. y Suárez Alonso, M.L..** 1992. Un modelo conceptual sobre el funcionamiento de los ríos mediterráneos sometidos a perturbaciones naturales (riadas y sequías Limnetica, 26 (2): 277-292 Asociación Ibérica de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. y Ramírez-Díaz, L.** 1996. Tipo: Ramblas/Wadis. En *Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET* (eds. Morillo, C. y González, J.L.), pp 17-38, Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, España.
- Gómez, J. L., Alan, P. Marscher, A. A. , Svetlana, Jorstad, G. and Agudo, I.** 2001. The Astrophysical Journal, 561:L161-L164, 2001. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.
- Moreno, A., Targarona, J., Henderiks, J., Canals, M., Freudenthal, T. and Meggers, H.** 2001. Orbital forcing of dust supply to the North Canary Basin over the last 250 kysr. *Quaternary Science Reviews* 20, 1327-1339.
- Moreno García R.** 2006. Desarrollo de una metodología para la medición de la rugosidad superficial del suelo. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid pp 132.
- Poduje, L.** 1987. Bosques xerófilos de la región central argentina, Actas I: 179, IV Jorn.. Bosques Degradados, Eldorado, Misiones.
- Falce, M.** 1977. El fuego como moderador de sistemas pasturales en la Provincia de Salta, Publicación del. Consejo de Investigaciones., Universidad Nac. de Salta, Argentina.
- Batelle Columbus, Lab.** 1972. *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. Springfield.
- Cendrero Uceda Antonio.** 1997. Riesgos naturales e impacto ambiental. La interpretación de la problemática ambiental: enfoques básicos Vol. 2, 1997, ISBN 84-7842-152-1, pages. 23-90.

**Velásquez, E.** 1998. Geoindicadores aplicados a la planificación ambiental en zona de montaña. Curso internacional O.E.A.-ICETEX: Cali, Colombia. 1-46.

## BIBLIOGRAFÍA AMPLIATORIA

**Ayala R.** 2006. Formulación de un Modelo de los Potenciales Procesos de Degradación de Paisaje en la Cuenca Superior del A° Teguá. Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.

**Ayala R., Karlsson A., Paredes R., Dogliani J., y Mansilla, L.** 2009. Caracterización Geológica-Ambiental de un Paisaje de Llanura, Córdoba, Argentina. XII Congreso Geológico Chileno, Santiago de Chile.

**Ayala R., Karlsson A., Paredes, R.** 2010. Elaboración, Usos y Valoración de Mapas de Riesgo Ambiental. I Jornada de Difusión de Investigación y Extensión en Ingeniería Química, «Ideas y perspectivas para construir futuros distintos». FCEfyN-Universidad Nacional de Córdoba. 5 de mayo del 2010

**Ayala R., Karlsson A., Paredes R. y Dogliani, J.** 2010. Evaluación a Futuro de la Destrucción Medioambiental. Congreso del Bicentenario desde una Mirada Interdisciplinaria- Legados, Conflictos y Desafíos. Universidad Nacional de Córdoba. 27, 28, 29 de mayo del 2010, Córdoba Argentina.

**Ayala R., Dogliani J. y Karlsson, A.** 2010. Metodología aplicada a los riesgos potenciales de alteración de paisaje, en la cuenca del río San Antonio, Córdoba, Argentina. XV Congreso Peruano de Geología.

**Ayala R., Daziano C., Dogliani J. y Paredes R.** 2011. Confección y valoración de mapas de riesgos de alteración del paisaje, La Carolina San Luis, Argentina XIV Congreso Latinoamericano de Geología, XIII Congreso Colombiano de Geología Medellín, Colombia.

**Brady, N.C.** 1974. Nature and Properties of Soils, 8th ed. p. 118, 133-4, 413-417. Mcmillan Publ. Co. NY.

**Chaplot, V., Coadou le Brozec, E., Silvera, N., Valentin, C.** 2005a. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. Catena 63:167–184.

**Chaplot, V., Giboire, G., Marchand, P., Valentin, C.** 2005b. Dynamic modelling for linear erosion initiation and development under climate and land-use changes in northern Laos. Catena 63:318– 328.

**De Vente, J., Poesen, J., Verstraeten, G.** 2005. The application of semi-quantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain. Journal of Hydrology, 305: 63–86.

**Desmet, P.J.J., Govers, G.** 1997. Two-dimensional modelling of the within-field variation in rill and gully geometry and location related to topography. Catena 29, 283–306.

**Dregne, H.E. y Chou, N.T.** 1994. Global desertification dimensions and costs. en: H.E. Dregne (ed.). Degradation and Restoration of Arid Lands. Texas Technical University, Lubbock , EE.UU.EC.

- Farshad, A. y Zinck, J.A.** 1993. Seeking agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 47: 1-12.
- Gupta V.** 2005.- The relationship between tectonic stresses, joint patterns and landslides in the higher Indian Himalaya. *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 31: 51-58.
- Huon, S., Bellanger, B., Bonte, Podwojewski, P., Valentin, C., Velasquez, F., Bricquet, J-P., de Rouw, A., Girardin, C.** 2005. Monitoring soil organic carbon erosion with isotopic tracers, two case studies on cultivated tropical catchments with steep slopes (Laos, Venezuela). *Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Imbellone, P. O.** 2006. Paleosuelos cuaternarios; una visión pedológica. *Actas III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología I*: 329-341.
- Karlsson A. y Rolfi, G.** 1991. Estudios estadísticos de las variaciones edáficas en el S.E. de Córdoba Argentina. *Actas de XV Reunión Argentina de Ecología*, Rosario Argentina.
- Karlsson A., Mansilla L. y Ayala R.** 1998. Mineralogía estadística basada en la fracción pesada de arenas de suelo. *Actas II Cong. Uruguayo de Geol. Punta del Este*. (I):125-129.
- Karlsson A., J. Sayago, R. Ayala y Mansilla, L.** 1999. Comparación de materiales originales loesicos. *CD 14º Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo*, Comisión IV:7-11.
- Karlsson A., Ayala, R. y Mansilla, L.** 1999. Método mineralógico determinativo de quimismo potencial aplicado a sedimentos Loesicos. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y Ambiente*. (ISSN 0326-1921), 12: 67-73
- Krause, A.K., Franks, S.W., Kalma, J.D., Loughran, R.J. y Rowan, J.S.** 2003. Multi parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena* 53 (4), 327- 348.
- Mansilla L., Karlsson, A. y Kamerman, L.** 1997. Relación de las unidades geomorfológicas y las variaciones pedológicas-mineralógicas-geoquímicas en Pozo del Molle Córdoba, Argentina. *Actas VIII Congreso Geológico Chileno*, II: 1364-1368.
- Moreno Garcia R.** 2006. Desarrollo de una metodología para la medición de la rugosidad superficial del suelo. *Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid* pp 132.
- Montgomery, D.R. y Dietrich, W.E.** 1992. Channels initiation and the problem of landscape scale. *Science* 255: 826-830.
- Movillon, M., Richards, B. y Tumawist, H.** 2001. What happens on earth in one minute? En: E.M. Bridges , I.D. Hannam, L.R. Oldeman., F.W.T Penning de Vries, S.J. Scherr, y S. Sombatpanit (eds.). *Response to Land Degradation*. Science Publishers Inc., Enfield, NH, EE.UU., p. 40.
- Oldeman.** 1994. The global extent of land degradation. En: D.J. Greenland e I. Szabolcs (eds.). *Land Resilience and Sustainable Land Use* . CABI, Wallingford , pp. 99-118.
- RECURSOS NATURALES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA.2006 LOS SUELOS** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA-MANFREDI, pp. 556.

- Poesen, J., Vandaele, K., and van Wesemael, B.** 1996. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In: Walling, D., Webb, B. (Eds.), *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ., 236: 251– 266.
- Sidorchuk, A.** 1999. Dynamic and static models of gully erosion. *Catena* 37: 401– 414.
- Vandaele, K., Poesen, J., Govers, G., and Van Wesemael, B.** 1996a. Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology* 16:161–173.
- Wasson, R.J., Olive, L.J. and Rosewell, C.J.** 1996. Rates of erosion and sediment transport in Australia. In: Walling, D., Webb, B. (Eds.), *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ., 236:139–148.
- Wasson, R.J., Caitcheon, G., Murray, A.S., McCulloch, M. and Quade, J.** 2002. Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, northwestern Australia. *Environmental Management* 29 (5), 634– 646.
- Xie, J., Chang, S.R. and Jin, G.C.** 1992. The research of cause of information of low production in the Songnen plain. *Information of Soil and Water Conservation (Supplement)*, pp. 9– 14.
- Xu, X.H. y Dai, Q.H.** 1998. Analysis of cause of information and control of gully erosion in hill in the middle east region, Jie lin Province. *Water Conservancy in Ji Lin Province* 1: 34– 35.
- Zhang, J.F., Li, X.K. y Liu, X.J.** 1999. The harm and control of donga erosion in black soil, Hei longjiang Province. *Information of Soil and Water Conservation*, 3: 52–53.
- Zinck, J.A., and Farshad, A.** 1995. Issues of sustainability and sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science* 75: 407-412.