



Title: A computational approach to predict unsaturated soil phases

Authors: ARROYO, Hiram, GUTIÉRREZ-VILLALOBOS, José Marcelino and
CHAVEZ-CARDENAS, Xavier

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2023-03

BECORFAN Classification (2023): 111213-0301

Pages: 11

RNA: 03-2010-032610115700-14

MARVID - Mexico

Park Pedregal Business. 3580-
Adolfo Ruiz Cortines Boulevard –
CP.01900. San Jerónimo Aculco-
Álvaro Obregón, Mexico City
Skype: MARVID-México S.C.
Phone: +52 1 55 6159 2296
E-mail: contact@marvid.org
Facebook: MARVID-México S. C.
Twitter: @Marvid México

www.marvid.org

Holdings

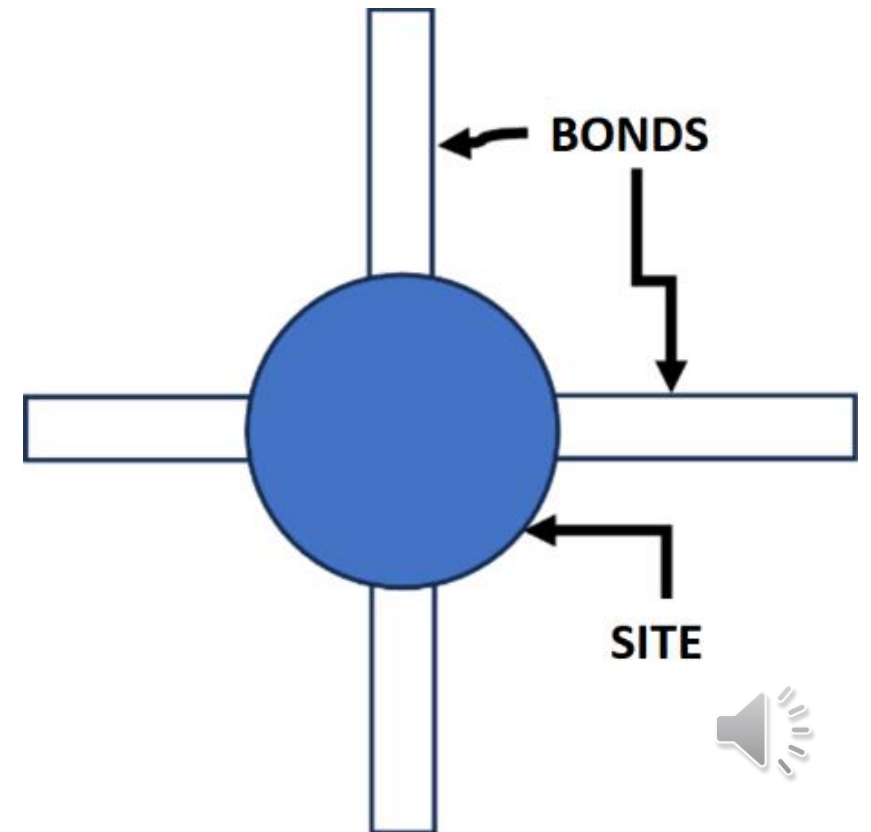
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

- Los suelos son el material de construcción más común en la práctica de la ingeniería civil y se le dedica mucha investigación. Su comportamiento mecánico e hidráulico, a diferencia de materiales convencionales como el acero o el hormigón, está lejos de entenderse. Esto se debe principalmente a la heterogeneidad que presentan incluso los suelos más “homogéneos”.
- Los efectos observados en la práctica civil para depósitos de suelo arenoso exhiben un comportamiento que depende del nivel de tensión aplicada, la compacidad del depósito de suelo, la humedad e incluso la temperatura del medio.
- Estas variables no se tienen en cuenta para materiales convencionales como el acero o el hormigón, porque su influencia es insignificante. (Fredlund y Rahardjo, 1993).

Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

- La distribución geométrica estructural de la estructura porosa, es decir, la distribución espacial de sitios, enlaces y sólidos, se realizará en una cuadrícula de M filas y M columnas.
- En la intersección de cada fila y columna, hay un sitio, los sitios están unidos por enlaces como se muestra en la figura.



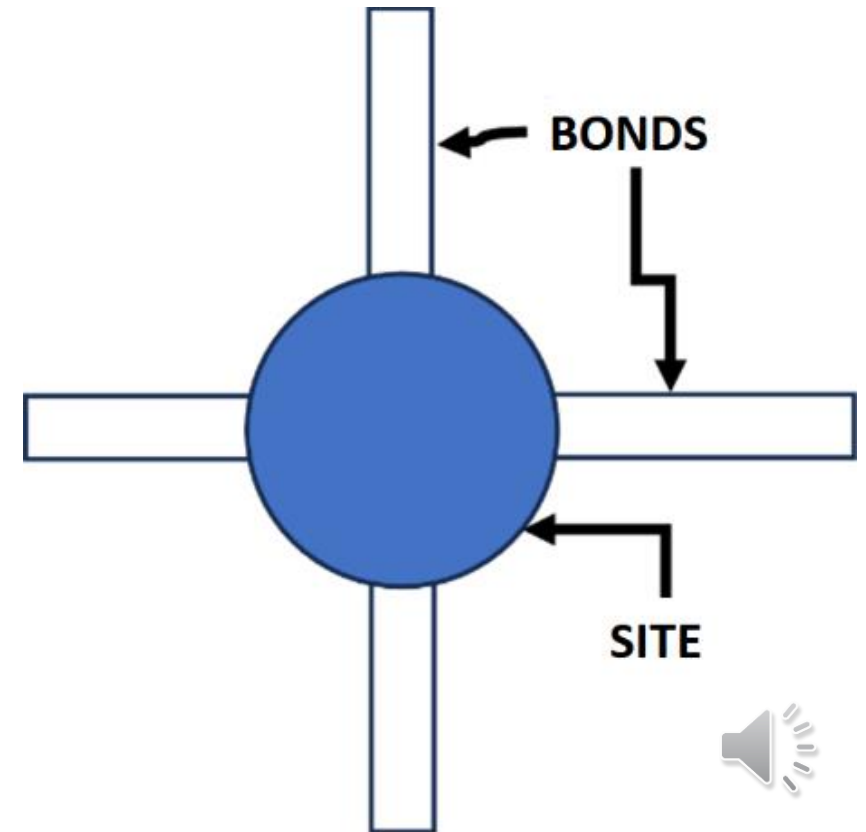
Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

La distribución de frecuencias se puede expresar considerando que

$$f = \frac{n}{n} \quad (1)$$

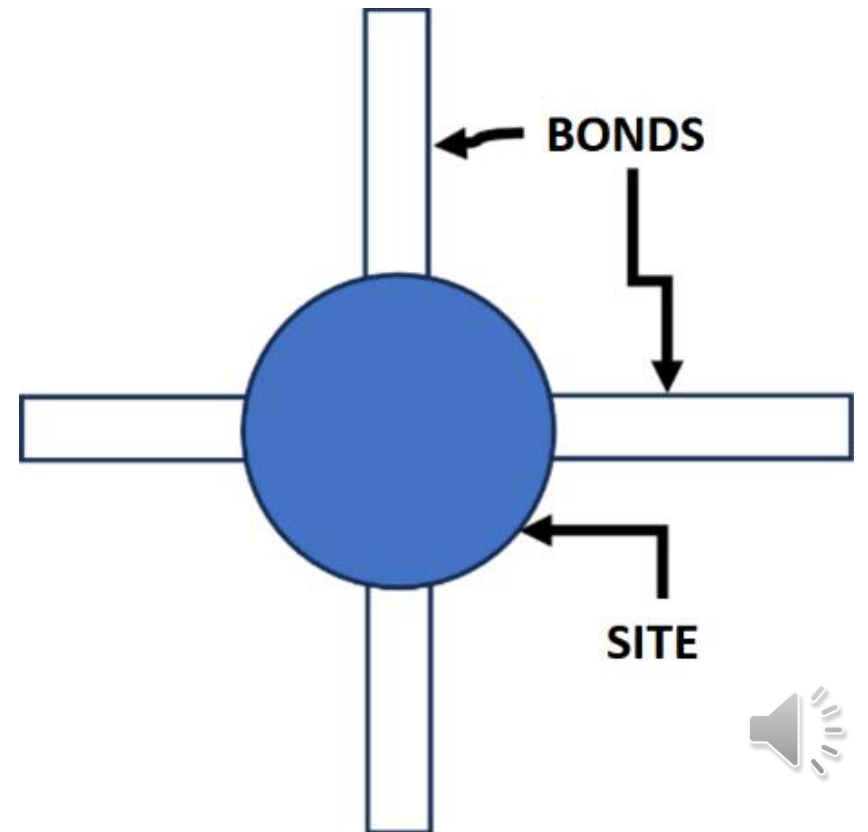
Por tanto, el número de sitios necesarios para un determinado tamaño será:

$$n_s = \overline{n_s} f_s \quad (2)$$



Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

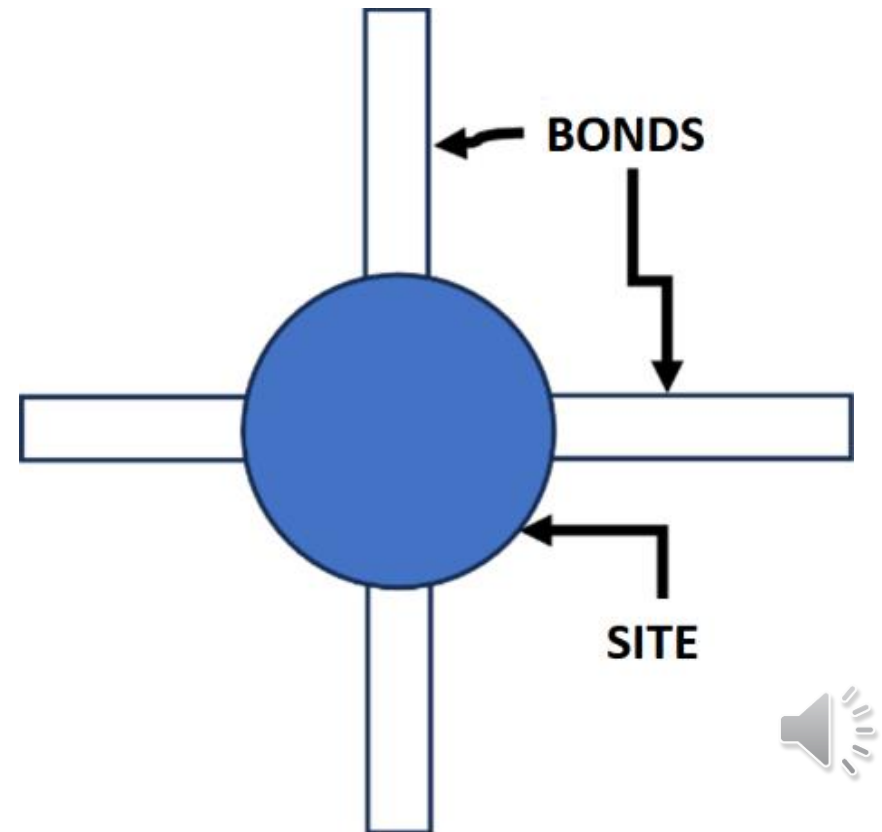
- Antes de colocar el sitio, se escanea un punto aleatorio (es decir,) para ver si ya existe algún vínculo que lo conecte.
- El primer escenario es encontrar el lugar sin interconexiones de bonos. Luego, de forma completamente aleatoria, se elige un sitio de la distribución y se coloca en el lugar vacío.
- Para ello, se colocará sólo si es mayor que la condición dada a evitar para la intersección de B1 y B2:



Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

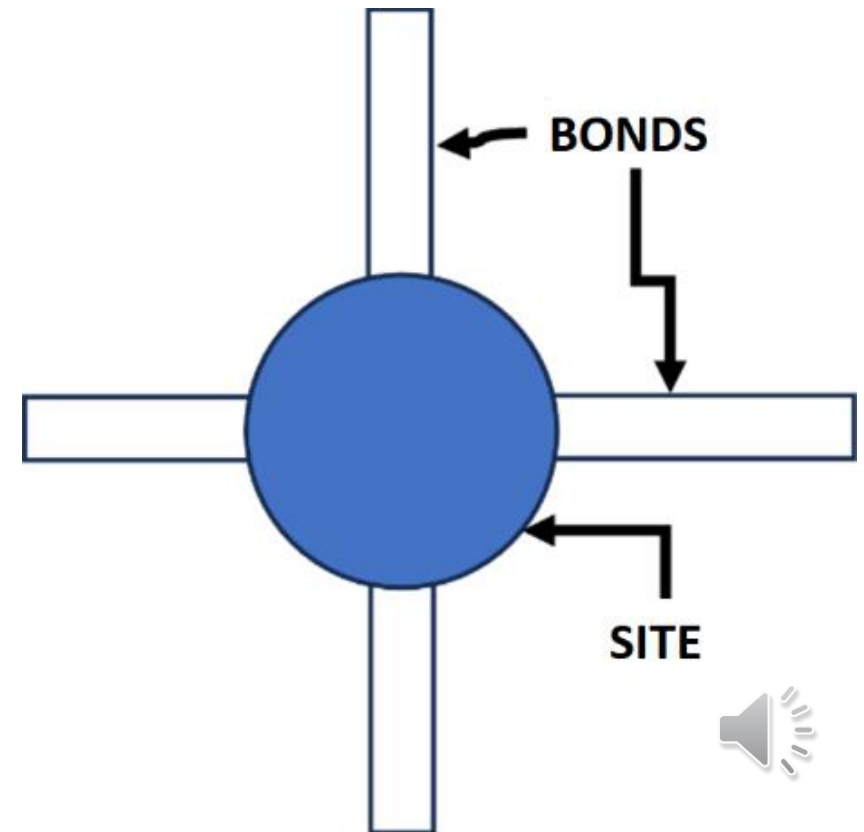
- Antes de colocar el sitio, se escanea un punto aleatorio (es decir,) para ver si ya existe algún vínculo que lo conecte.
- El primer escenario es encontrar el lugar sin interconexiones de bonos. Luego, de forma completamente aleatoria, se elige un sitio de la distribución y se coloca en el lugar vacío.
- Para ello, se colocará sólo si es mayor que la condición dada a evitar para la intersección de B1 y B2:

$$R_{S \min} = \sqrt{R_{B1}^2 + R_{B2}^2}$$



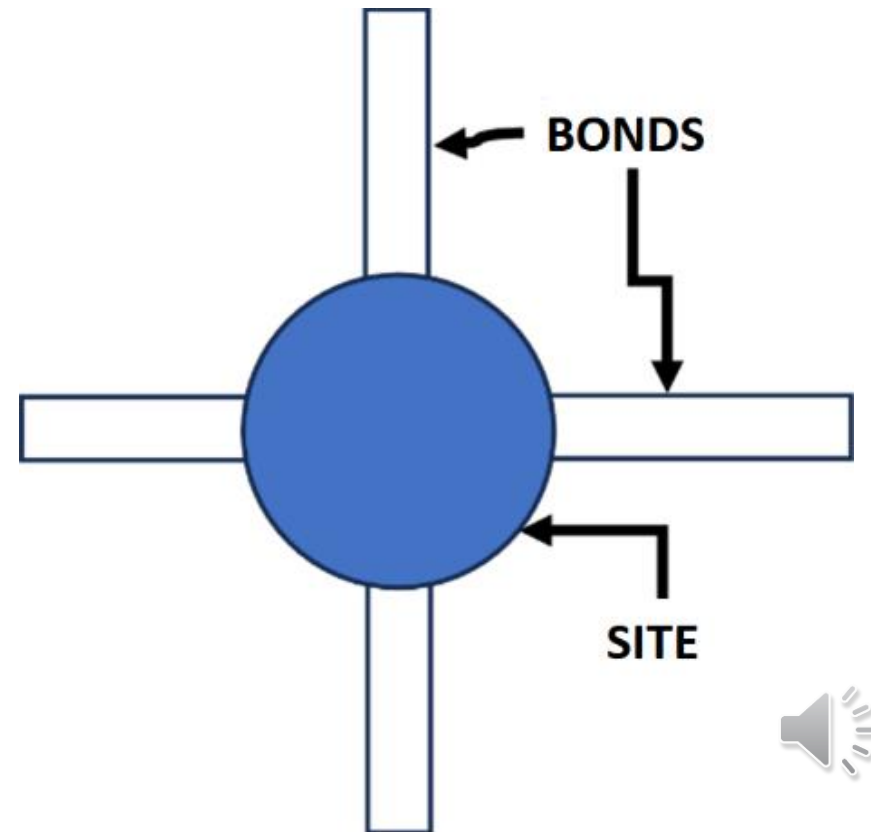
Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

- En la primera etapa se colocan sitios y bonos. Se elabora una lista completamente aleatoria de lugares vacíos donde se ubicarán los sitios sin repetir ninguno.
- Antes de colocar el sitio, se escanea un punto aleatorio para comprobar si ya existen enlaces conectados que concurran a él. El primer escenario es encontrar el lugar sin interconexiones de bonos. Luego, de forma completamente aleatoria, se elige un sitio del diseño y se coloca en el lugar vacío.



Metodología (Desarrollo de un algoritmo computacional)

- El proceso descrito permite la construcción de una estructura porosa con las características de las observaciones microestructurales observadas en pruebas de porosimetría de intrusión de mercurio, así como en microscopía electrónica de barrido y técnica de adsorción de nitrógeno. (Seiphoori, Ferrari y Laloui, 2014; Simms y Yanful, 2005).



Resultados

$$R_C = 2 \frac{T_s \cos \phi}{s}$$

Esta Ecuación establece la relación entre el nivel de succión alcanzado durante el secado y el tamaño de poro que se debe secar. Por lo tanto, permite “imponer” succión a la disposición de matriz porosa construida, correlacionándola con el tamaño de poro que se debe secar. Sólo se secarán los poros que estén conectados a enlaces secos, que tengan el radio definido por la Ecuación (4). Los demás no lo harán. Con estas características se construyó una matriz porosa sobre una cuadrícula de 250 elementos.

Resultados

Table 1. Model parameters					
μ_S^m	σ_S^m	μ_B^m	σ_B^m	μ_{SOL}^m	σ_{SOL}^m
-6.50	0.40	-6.85	0.40	-5.00	0.82

El grado de saturación se evalúa restando el volumen relativo de los poros que ya se han secado en el paso anterior de aumento de succión. Gracias a esto permite generar una relación entre el grado de saturación y succión, llamada “curva de retención de agua”.

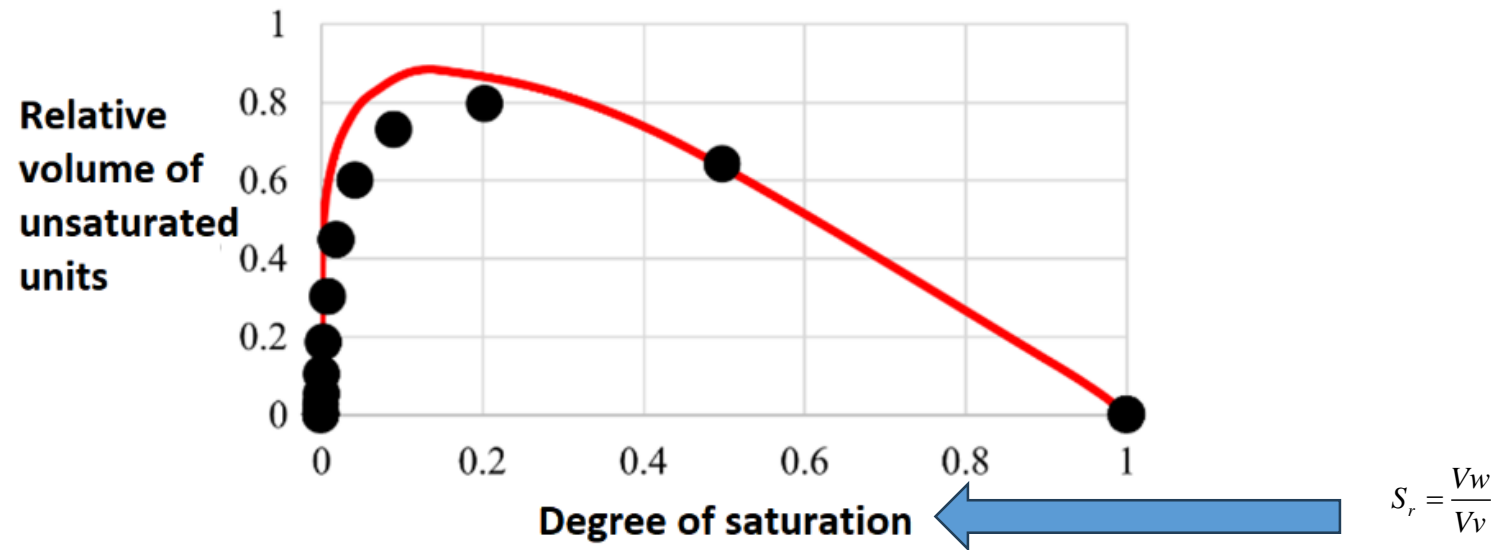


Figura 2. Contraste entre modelo computacional y modelo probabilístico. Línea continua: modelo probabilístico. Línea cuadrículada: modelo computacional.

Conclusiones

- Este trabajo de investigación reporta un modelo computacional generado a través de un algoritmo simple que permite simular características importantes del proceso de secado en un medio poroso.
- El modelo considera la interconexión entre elementos de tipo enlace lineal y elementos que almacenan agua dentro del suelo, hasta que se cumplan las dos condiciones necesarias para que se sequen.
- Estas condiciones, establecidas para un medio, son función del tamaño de los poros que lo rodean, así como del nivel de succión alcanzado.



Referencias

- Alonso, E. E., Gens, A., & Josa, A. (1990). A constitutive model for partially saturated soils. *Géotechnique*, 40(3), 405-430. doi:<https://doi.org/10.1680/geot.1990.40.3.405>
- Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. New York: Wiley.
- Hunt, A. G. (2004). Comparing van Genuchten and percolation theoretical formulations. *Vadose Zone Journal*, 3(4), 1483-1488. doi:<https://doi.org/10.2136/vzj2004.1483>
- Kang, M.-S., Watabe, Y., & Tsuchida, T. (2003). *Effect of Drying Process on the Evaluation of Microstructure of Clays using Scanning Electron Microscope (SEM) and Mercury Intrusion Porosimetry (MIP)*. Paper presented at the Thirteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii.
- Laloui, L., & Nuth, M. (2009). On the use of the generalised effective stress in the constitutive modelling of unsaturated soils. *Computers and Geotechnics*, 36, 20-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2008.03.002>
- Monroy, R., Zdravkovic, L., & Ridley, A. (2010). Evolution of microstructure in compacted London Clay during wetting and loading. *Géotechnique*, 60(2), 105-119. doi:<https://doi.org/10.1680/geot.8.P.125>
- Nuth, M. (2009). *Constitutive Modelling of Unsaturated Soils with Hydro-Geomechanical Couplings*. (Docteur Ès Sciences), École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Rojas, E., Zepeda, A. G., Pérez-Rea, M. L., Leal, J., & Gallegos, G. (2009). A four elements porous model to estimate the strength of unsaturated soils. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(2), 193-202. doi:<https://doi.org/10.1007/s10706-009-9278-8>
- Seiphoori, A., Ferrari, A., & Laloui, L. (2014). Water retention behaviour and microstructural evolution of MX-80 bentonite during wetting and drying cycles. *Géotechnique*, 64(9), 721-734. doi:<https://doi.org/10.1680/geot.14.P.017>
- Simms, P. H., & Yanful, E. K. (2005). A pore-network model for hydro-mechanical coupling in unsaturated compacted clayey soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 42(2), 499-514. doi: <https://doi.org/10.1139/t05-002>





© MARVID-Mexico

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)