

SIMULACIONES REALIZADAS POR UN MODELO DE TRANSPORTE DE AGUA Y SOLUTOS EN CUATRO SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO

Estrategias de fertilización nitrogenada a través del riego localizado

B. R. Hanson¹, J. W. Hopmans², A. Gardenas³ y J. Simunek⁴.

¹ Especialista en riegos del Departamento LAWR, UC Davis.

² Profesor del Departamento de LAWR de la UC Davis.

³ Departamento de Suelos de Swedish University of Agricultural Science.

⁴ Profesor del Departamento de Environmental Science de Riverside, California.

En este trabajo se estudian los efectos del tipo de suelo y de la estrategia de fertirrigación en cuatro sistemas de riego localizado, utilizando las simulaciones realizadas por el modelo de transporte de agua y solutos, Hydrus-2D (Simunek y col. 1999). En concreto, se estudia la distribución del nitrato, la urea y el ión amonio en el bulbo húmedo en función del momento en el que se inyecta a través de la red de riego.

El lavado de nitrógeno por debajo de la zona radicular de los cultivos contribuye al aumento de las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas de zonas con agricultura de regadío. Reducir este lavado requiere mejorar las prácticas de riego y fertilización. El riego localizado (goteros, mangueras emisoras o microaspersores) tiene el potencial de aplicar con precisión el agua y los agroquímicos necesarios en la cantidad y en el momento adecuado. Sin embargo, es necesario utilizar la estrategia correcta para aplicar los nutrientes cerca de las raíces de las plantas y reducir así las pérdidas de fertilizante por lavado.

Distribución de nitrato

El nitrato es un ión muy móvil, fácilmente transportado por el agua. Por lo tanto su distribución con los sistemas de riego localizado está fuertemente afecta-

da por la estrategia de fertirrigación.

En este artículo se muestran distribuciones de nitrato simuladas con el programa Hydrus con distintos sistemas de riego localizado y bajo diferentes estrategias de fertirrigación. Las concentraciones resultantes en la simulación y su localización en el perfil del suelo se representan gráficamente mediante líneas de igual concentración trazadas mediante un programa informático de gráficos (**figuras 1, 2, 3, 4 y 5**). Se asignaron colores a los intervalos entre las líneas de contorno para mostrar más claramente las distribuciones. Con las figuras se incluye una escala de color para correlacionar color y concentraciones relativas de nitrato. Por ejemplo, en la **figura 1**, los colores rojizos y amarillos indican alta concentración de nitrato mientras que los colores azulados indican baja concentración. El color blanco indica ausencia de nitrato.

Los efectos de las diferentes estrategias de fertirrigación se comparan en diferentes sistemas de riego localizado (Hanson y col., 2004). Los sistemas incluían riego por goteo subterráneo mediante tuberías emisoras (comúnmente usada en el cultivo de tomate para industria); sistema de goteo superficial (comúnmente usado en viñedos y otros frutales); microaspersores (comúnmente usado en cítricos) y sistemas superficiales con mangueras emisoras (comúnmente usados en el cultivo de la fresa).



Riego subterráneo mediante tubería emisora

En el caso de riego subterráneo se han estudiado tres supuestos en los que, manteniendo la misma cantidad de horas de riego, se ha aportado la misma cantidad de abono, pero en momentos diferentes. Los resultados se analizan a continuación:

- Inyectando el nitrato durante dos horas, comenzando esta inyección una hora después del inicio del riego, da lugar, en un suelo franco-arenoso y una vez terminado el riego, a una banda de nitrato alrededor de la línea de goteros sin prácticamente nitrato alrededor de la manguera (mostrado por el color blanco (**figura 1a**)). El tiempo de riego fué de 27 horas. Encima de la línea emisora se encuentran mayores concentraciones que debajo, como resultado del flujo ascendente de agua hacia el suelo seco situado por encima de la manguera. Una distribución similar ocurre en un suelo franco y en un suelo franco-limoso.

- Inyectando durante dos horas hacia el final del periodo de riego da lugar a una alta acumulación de nitrato justamente alrededor de la línea emisora (**figura 1b**). Con esta estrategia se consiguen mayores concentraciones de nitrato en el suelo comparado con la inyección al comienzo del riego. Similares resultados ocurren en suelos franco-limosos.

- Inyectando el fertilizante en medio del riego, durante el 50% del tiempo central de riego, es decir, dejando el 25% inicial y final del tiempo de riego sin fertilizar, el nitrato se extiende por casi prácticamente todo el bulbo húmedo (**figura 1c**). La zona lavada alrededor de la manguera (color blanco) fue más reducida que en el caso de la inyección al comienzo del riego. Bajo la tubería emisora aparecen mayores concentraciones que por encima, comportamiento que es opuesto a lo que ocurre inyectando al comienzo del riego. Este comportamiento es debido a que el suelo está más húmedo por encima de la manguera al comienzo de la inyección del fertilizante, lo cual reduce el flujo ascendente en este caso. Similares distribuciones ocurren en suelos francos y franco-limosos.

Riegos con líneas portagoteros superficiales

Para el supuesto de riego por goteo con líneas superficiales se presentan dos grupos de figuras; el primero para suelos francos y franco-arenosos y el segundo para arcillo-limosas. Los resultados obtenidos son:

- La inyección de nitrato durante dos horas al comienzo del riego en un suelo franco da lugar a una banda de nitrato situada de 38 a 45 cm de la línea de goteros (**figura 2a**). Cerca de la línea de goteros se aprecia lavado de nitrato (color blanco). El tiempo de riego fue de 1,5 días. Similar comportamiento ocurre en suelos franco-arenosos.

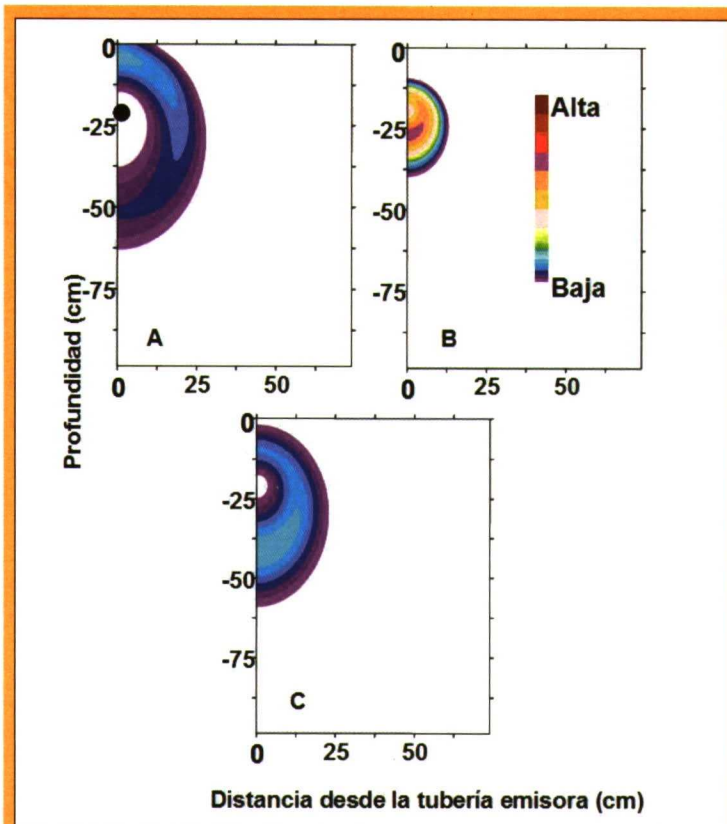
- Inyectando durante dos horas hacia el final del tiempo de riego el resultado es una zona de altas concentraciones relativas próxima a la línea de goteros (**figura 2b**). Un comportamiento similar ocurre en suelos franco-arenosos.

- La inyección en el periodo medio del riego durante el 50% del tiempo produce una distribución más uniforme de nitrato en el perfil comparado con las otras estrategias de inyección (**figura 2c**). El resultado fue similar en un suelo franco-arenoso.

- En un suelo arcillo-limoso se crea una banda de nitrato que se extiende aproximadamente hasta los 50 cm de profundidad al inyectar durante dos horas al comienzo del riego (**figura 3a**). La baja infiltración de este suelo da lugar al encharcamiento de la superficie del suelo durante el riego. Este agua al ir infiltrando produce la banda de nitrato.

Figura 1.

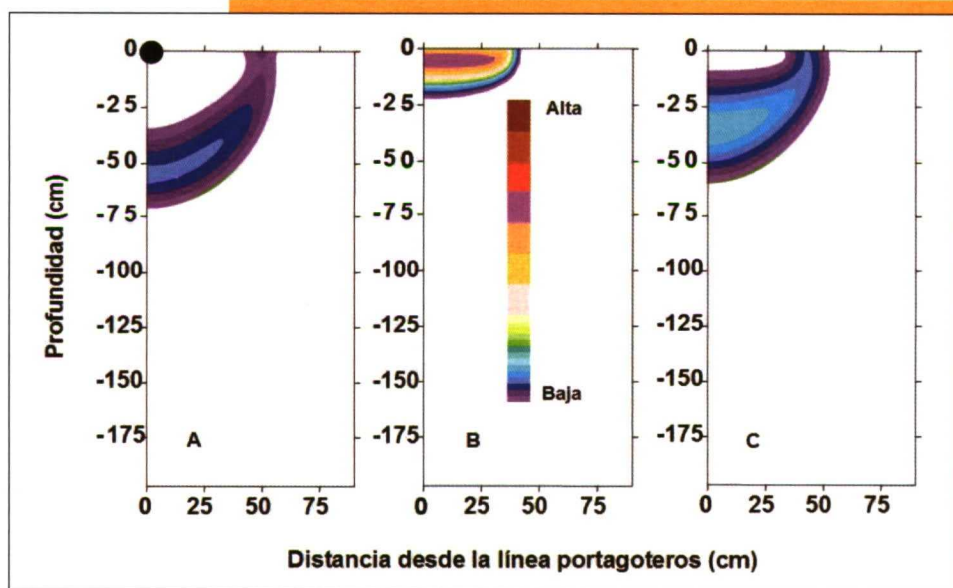
Distribuciones de nitrato alrededor de una tubería emisora subterránea en un suelo franco-arenoso.



A) Inyección de nitrato durante dos horas al principio del riego, comenzando una hora después de comenzar a regar. **B)** Inyección durante dos horas al final del riego, finalizando una hora antes de terminar de regar. **C)** Inyección durante el 50% central del tiempo de riego. La duración del riego fue de 27 h. El punto negro indica la situación de la tubería. La escala de colores muestra las concentraciones relativas.

Figura 2.

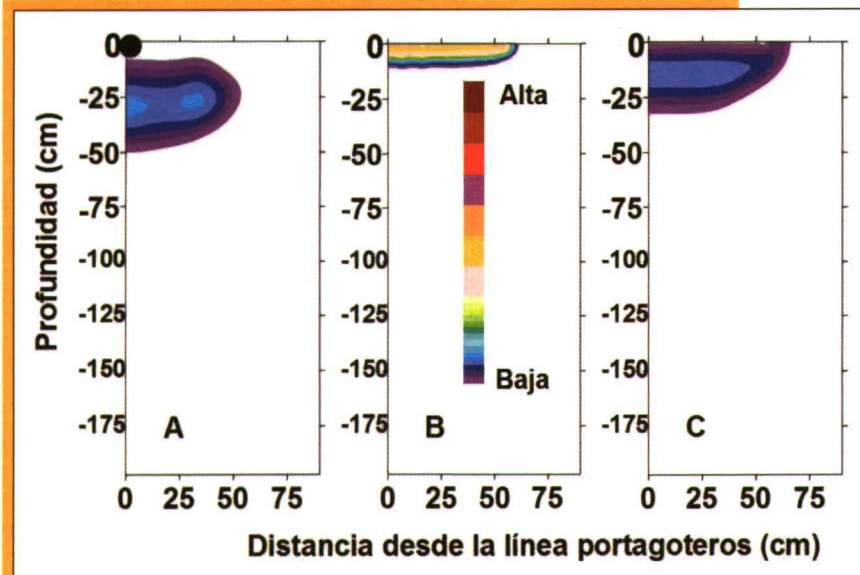
Distribuciones de nitrato alrededor de una línea superficial portagoteros en un suelo franco.



A) Inyección de nitrato durante dos horas al principio del riego, comenzando una hora después de comenzar a regar. **B)** Inyección durante dos horas hacia el final del riego, finalizando una hora antes del fin de terminar de regar. **C)** Inyección durante el 50% central del tiempo de riego. La duración del riego fue de 36 horas. El punto negro indica la situación de la tubería. La escala de colores muestra las concentraciones relativas.

Figura 3.

Distribuciones de nitratos alrededor de una línea superficial portagoteros en un suelo limo-arcilloso.



A) Inyección de nitrato durante dos horas al principio del riego, comenzando una hora después de comenzar a regar. **B)** Inyección durante dos horas hacia el final del riego, finalizando una hora antes de terminar de regar. **C)** Inyección durante el 50% central del tiempo de riego. La duración del riego fue de 36 h. El punto negro indica la situación de la tubería. La escala de colores muestra las concentraciones relativas.

- Una acumulación de nitrato cerca de la superficie en forma de banda horizontal que se extiende aproximadamente unos 60 cm desde la línea de goteros, se produce al realizar la inyección en un suelo franco-limoso durante dos horas hacia el final del ciclo de riego (**figura 3b**). En este caso se produce poca penetración del nitrato en el perfil del suelo.

- Inyectando durante la mitad media del tiempo de riego en un suelo franco-limoso resulta una más uniforme y profunda acumulación de nitrato (**figura 3c**).

Riego con microaspersores

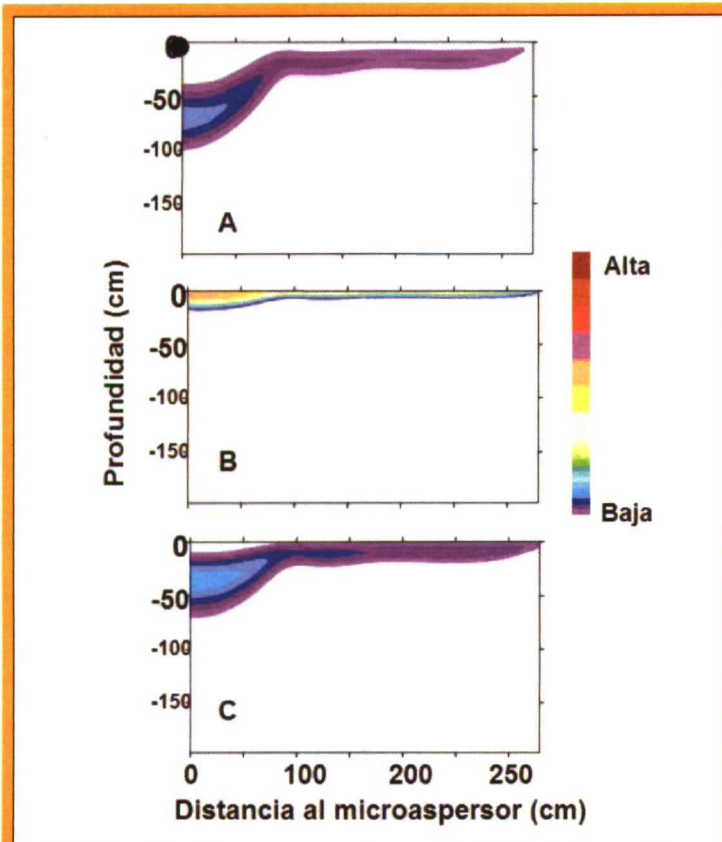
- La distribución de nitrato en un suelo regado con microaspersores refleja la distribución del agua con este sistema de riego (**figura 4**). El agua aplicada por el microaspersor se distribuye circularmente alrededor del mismo con un radio de 1,2 m. La inyección del fertilizante durante las dos primeras horas del riego da lugar a que, al final del riego, en las zonas situadas a menos de un metro del aspersor, se produzca un lavado del nitrato a más de 1,5 m de profundidad (**figura 4a**). En las zonas alejadas a más de 1 m del aspersor, el nitrato permanece cerca de la superficie a causa de la relativamente pequeña aplicación de agua en estas zonas.

- La inyección del fertilizante durante dos horas hacia el final del riego deja a la mayoría del nitrato cerca de la superficie (**figura 4b**).

- Inyectando en el periodo central del riego y durante el 50% del tiempo de riego, el nitrato se distribuye más uniformemente en las

Figura 4.

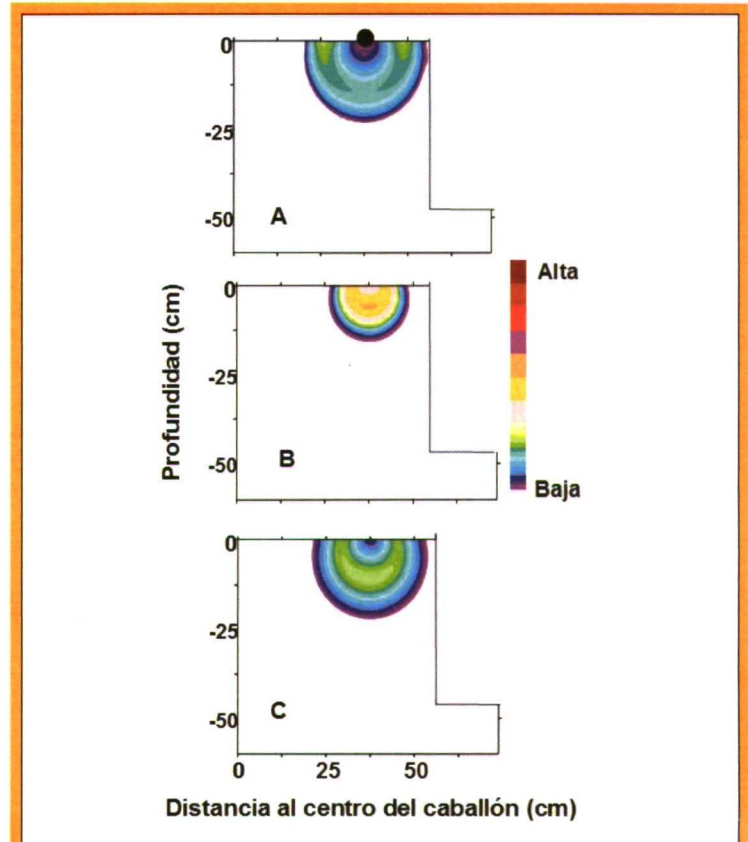
Distribución de nitrato alrededor del microaspersor.



A) Inyección de nitrato durante dos horas empezando una hora después del comienzo del riego. **B)** Inyección de nitrato durante dos horas hacia el final del riego, finalizando una hora antes de terminar de regar. **C)** Inyección durante el 50% central del tiempo de riego. El tiempo de riego fue de 1,85 días. El punto negro indica la situación del microaspersor. La escala de color muestra las concentraciones relativas.

Figura 5.

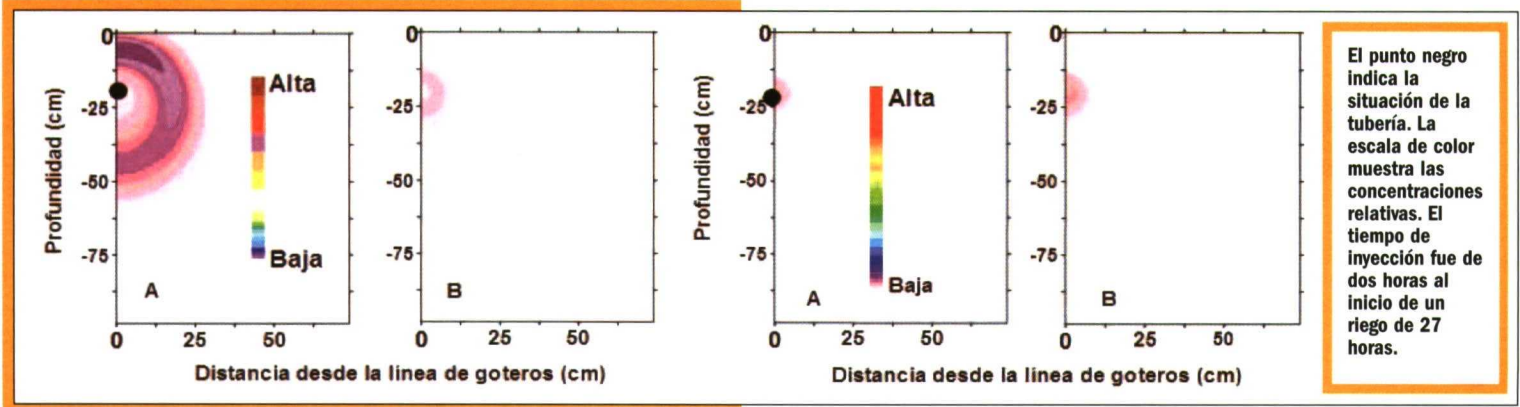
Distribución de nitrato alrededor de una manguera emisora sobre caballón.



A) Inyección de nitrato durante media hora empezando 15 minutos después del comienzo del riego. **B)** Inyección durante media hora hacia el final del riego, finalizando 15 minutos antes de terminar de regar. **C)** Inyección durante el 50% central del tiempo de riego. El tiempo total de riego fue de 3,2 horas. El punto negro indica la situación de la manguera. La escala de color muestra las concentraciones relativas.

Figura 6.

Distribución de (A) urea y (B) amonio al final de un riego subterráneo mediante tubería emisora en un suelo franco.



zonas situadas a menos de 1 m del aspersor que con las otras estrategias de fertirrigación (figura 4c).

Riego superficial con mangueras

Las figuras anteriores mostraban distribuciones de nitrato para riegos de larga duración. Sin embargo, para riegos cortos de unas 3,2 horas, se encontraron pequeñas diferencias en las distribuciones de nitrato para los diferentes escenarios de fertirrigación (figura 5). En este caso el lavado de nitrato inyectado al comienzo del riego produce poco drenaje debido al corto tiempo de riego.

Distribución de urea

La urea es una molécula altamente móvil con el agua del riego. Por lo tanto, el movimiento de la urea después de un evento de riego/fertirrigación resulta similar al del nitrato (figura 6a). Esta distribución ocurre al inyectar urea durante las primeras dos horas de un riego que se prolongó durante 27 h. La urea con el tiempo se transforma a amonio, que es adsorbido a las partículas del suelo. La mayor parte de esta transformación probablemente tiene lugar una vez que el riego ha finalizado.

Acumulación de amonio

El amonio es adsorbido a las partículas del suelo y no se mueve tan fácilmente con el agua a través del suelo. Por tanto el amonio se acumulará en las proximidades de los emisores, especialmente en los suelos de textura media y fina (figura 6b). Esta distribución ocurre para una inyección de 2 horas el comienzo de un riego de 27 horas.

Conclusiones

En los sistemas de riego localizado con líneas portagoteros situadas sobre la superficie del suelo, la fertirrigación al comienzo del riego seguida de un riego largo produce una acumulación de nitrato en la periferia del bulbo húmedo, sobrepasando las zonas de máxima densidad radicular. También se produce un mayor lavado de nitrato comparado con inyecciones de fertilizantes cortas realizadas al final del riego. Las inyecciones del fertilizante prolongadas que ocupan el 50% central del tiempo de riego producen distribuciones más uniformes comparadas las inyecciones cortas.

En los sistemas subterráneos se produce un flujo ascendente de agua sobre la línea de riego. Este flujo produce más acumulación de nitrato sobre la línea de riego cuando los eventos de fertirrigación son cortos y al comienzo del riego en comparación con otras estrategias. La acumulación sobre la línea emisora es más pequeña con eventos cortos de fertirrigación al final del ciclo, ya que en este caso se produce poco flujo ascendente debido al mojado previo de la zona superficial.

Similares distribuciones ocurren cuando los tiempos de riego fueron cortos, independientemente de la estrategia de fertirrigación. ■

Bibliografía

- Hanson, B.R., J.W. Hopmans, A. Gardenas, and J. Simunek. 2004. Crop Nitrate Availability and Nitrate Leaching under Micro-irrigation for Different Fertigation Strategies. Progress Report, May 20, 2004, submitted to the California Department of Food and Agriculture Fertilizer Research and Education Program.
- Simunek, J., Sejna, M., Van Genuchten, M.Th., 1999. The HYDRUS-2D software package for simulating two dimensional movement of water, heat, and multiples solutes in variable saturated media. Version 2.0. IGWMC-TPS-53. International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado.

COSECHADORAS DE OCASIÓN



Enrique Segura

www.enriquesegura.com

Polígono industrial Sector 4, nº 9
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España

Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 • E-mail: enrique@enriquesegura.com

