

Sensors per a la mesura de la CEa

Els sensors existents per mesurar la conductivitat elèctrica aparent (CEa) en continu es diferencien segons el mètode utilitzat per introduir o induir un corrent elèctric a terra: contacte galvànic directe, o per inducció electromagnètica. La CEa es mesura en siemens per metre (S/m), encara que en el cas d'aquest tipus de mesuradors, ja causa de la magnitud del corrent injectat i mesurat, la unitat més habitual són els milisiemens per metre (mS/m).

Sensors de contacte galvànic (o de resistivitat)

Es basen en la introducció d'un corrent elèctric a terra a través d'elèctrodes (transmissors) en contacte amb la superfície del sòl (a molt poca profunditat) i en el mesurament de la diferència en el potencial de flux de corrent en elèctrodes de potencial (receptors). Un exemple d'aquest tipus d'instruments és el desenvolupat per Lund et al. (1999), anomenat Veris 3100 Soil EC Mapping System (Veris Technologies, Inc., Salina, KS, EUA). Certament, el principi de funcionament és força simple i la configuració es coneix com "Wenner array". La **Figura 1** mostra el principi de funcionament. El corrent elèctric és injectat a terra a través d'un parell de discos que penetren a terra uns 4-6 cm i que actuen com elèctrodes de corrent (elèctrodes de transmissió). Depenent de les propietats fisicoquímiques del sòl, aquest serà millor o pitjor conductor de l'electricitat, i el sensor captarà un senyal elèctric de més o menys magnitud. Això es fa mitjançant dues parelles addicionals de discos (elèctrodes de voltatge o receptors). Un d'aquests parells de discos de voltatge es troba situat entre els discos de corrent, i la CEa associada a aquests discos és la corresponent a una profunditat de sòl entre 0-30 cm. Els altres dos discos de voltatge estan situats als extrems de la barra suport o bastidor, per fora de les rodes de transport. Aquesta distància més gran entre discos permet tancar un circuit elèctric dins d'una profunditat aproximada de fins a 90 cm. Per tant, mitjançant aquesta configuració dual, el sensor Veris 3100 proporciona dues mesures de CEa (superficial i profunda). Aquesta funcionalitat és avantatjosa, ja que permet inferir si les propietats del sòl es mantenen uniformes amb la profunditat o, per contra, el sòl presenta capes o horitzons amb diferents propietats edàfiques contrastants. Cal tenir en compte que en parcel·les agrícoles l'horitzó superficial és el més alterat durant les operacions de conreu.



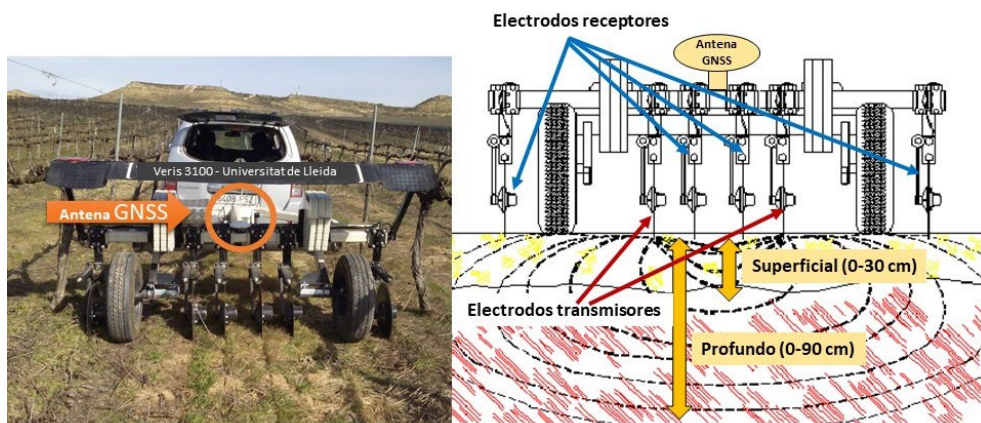


Figura 1. Esquerra: mesurador de CEa de contacte galvànica Veris 3100 (Veris Technologies, Inc., Salina, KS, EUA) de la Universitat de Lleida. Dreta: Il·lustració del principi de funcionament del sensor Veris 3100. El sensor registra la conductivitat elèctrica aparent de dues profunditats de sòl explorats: superficial (0-30 cm) i profund (0-90 cm). Mostra un punt cada segon i el georeferència mitjançant un receptor GNSS que realitza una correcció diferencial a partir del senyal EGNOS, cosa que garanteix una precisió submètrica de la localització de les lectures. Font: foto José A. Martínez, gràfic adaptat de <https://www.veristech.com/the-sensors/v3100>

Sensors d'inducció electromagnètica

Un altre tipus de sensors per mesurar la CEa són els d'inducció electromagnètica (IEM). L'aplicació de la IEM a la mesura de la CEa va aparèixer per primera vegada a finals de la dècada de 1970 i principis de 1980, per tal de mesurar la salinitat del sòl (Corwin i Lesch, 2005). Actualment, els dos mesuradors de CEa d'aquesta tipologia més estesos i utilitzats són l'EM38 (Geonics Ltd., Canadà) i el Dualem-2 (Dualem Inc., Milton, Canadà).

El principi del funcionament es mostra a la **Figura 2**. El sensor consta d'una barra on hi ha tres bobines, una a un extrem i les altres a l'altre. Una d'aquestes bobines està alimentada per un corrent altern i genera un camp magnètic primari que s'introdueix a terra. El desplaçament del sensor, sense necessitat de contacte físic amb el terra, indueix un corrent elèctric, ja que el terra es comporta com un conductor. La major o menor capacitat del sòl per conduir el corrent elèctric fa que els corrents induïts generin, en una segona etapa, un camp magnètic secundari de magnitud proporcional que, afegit al camp magnètic primari, acaben travessant el camp magnètic que formen les altres bobines situades a l'altre extrem de la barra. Aquestes bobines tenen debanats diferents, un en sentit vertical i l'altre en sentit horitzontal, cosa que fa que puguin captar el senyal a diferents profunditats. Així, el voltatge mesurat en aquestes bobines estarà doncs relacionat amb la CEa del sòl corresponent a diferents profunditats i, per tant, a diferents volums del mateix.

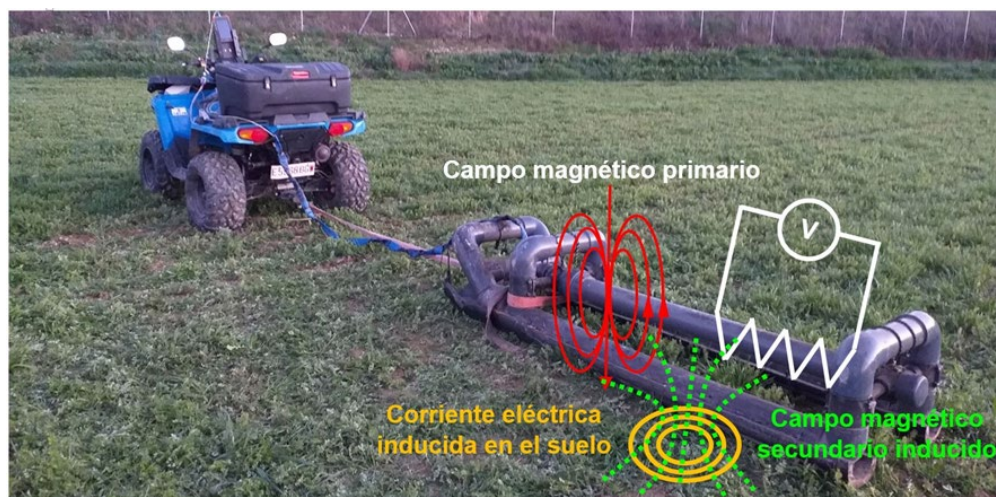


Figura 2. Exemple de mesurador de la CEa mitjançant inducció electromagnètica, en què es mostra el principi de funcionament. A la foto el sensor Dualem-2 (Dualem Inc., Milton, Canadà) muntat en un trineu de tubs de PVC i arrossegat per un quad (empresa Agrarium, Monzón, Huesca). Font: foto Jaume Arnó. Gràfic, elaboració pròpia.

A diferència dels sensors de contacte galvànic, els sensors de IEM tenen l'avantatge que no cal garantir un bon contacte entre el terra i el sensor. No obstant això, els sensors IEM requereixen un calibratge més complex. A més, la presència propera d'elements metàl·lics (com, per exemple, els pals metàl·lics per al guiatge dels arbres o ceps d'una plantació), pot ocasionar interferències en les mides. Pel que fa a la mesura de la CEa, totes dues tipologies de sensors presenten valors similars.

Més informació en:

Martínez-Casasnovas, J.A., Arnó, J., Escolà, A., 2022. Sensores de conductividad eléctrica aparente parra el análisis de la variabilidad del suelo ne Agricultura de Precisión. En: A. Namesny, C. Conesa, L. Martín, P. Papasseit (Eds.), Tecnología Hortícola Mediterránea. Evolución y futuro: viveros, frutales, hortalizas y ornamentales. Biblioteca de Horticultura, SPE3 S.L., Valencia, España. 1077 pp. ISBN: 978-84-16909-46-9. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/tecnologia_horticola_mediterranea , pag 775-796.

Referències

Lund, E.D., Colin, P.E., Christy, D., Drummond, P.E. (1999). Applying soil electrical conductivity to precision agriculture. En: Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture (pp. 1089–1100), St. Paul, MN, July 19–22, 1998. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.

L'autoria d'aquest document és del [Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió](#) i ha estat elaborat per José Antonio Martínez Casasnovas amb la coordinació d'Àlex Escolà i el suport de Carla Román.



Aquesta obra està sota una llicència de Creative Commons Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022



Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:
Europa inverteix en les zones rurals