

## **“EDAFOLOGÍA: RELEVANCIA DE LAS CIENCIAS DEL SUELO EN LAS NUEVAS COMPETENCIAS DERIVADAS DEL DESARROLLO AGRÍCOLA”.**

Eriik Zagal

(Transcripción de exposición verbal sin modificaciones del autor)

Lo que trataré de plantear en esta exposición está dirigido a tratar de entender cual es nuestra posición como disciplina de la Ciencia del Suelo en la formación de los ingenieros agrónomos en nuestro país para conocer si ésta está hoy día obedeciendo a los nuevos escenarios de desarrollo de la agricultura en Chile.

Quisiera partir entregando algunas cifras para entender, que en nuestro país, hay mucha mayor aptitud forestal que la que encontramos para suelos cultivados, y esto lo coloco acá, con el sentido de que por lo menos en el desarrollo de la formación de agrónomos y su relación con la Ciencia del Suelo estamos relativamente mucho mejor de lo que ocurre con los ingenieros forestales y este país digamos básicamente no es un país agrícola, tiene mucho más bien un carácter de país de aptitud forestal. Por otro lado, también es necesario recordar al observar lo que ahí aparece; decir que tenemos una superficie importante de interés agropecuario que presenta una erosión moderada a muy severa. Como parte de una introducción de lo que quiero exponer después puedo decir también que hoy día como agricultura estamos, y bien lo decía nuestro huésped al inicio de la reunión, nuestra agricultura está enfrentada a desafíos y transformaciones; esto en el sentido de que Chile es una economía abierta, y por lo tanto, estamos insertos en escenarios globales de tipo socioeconómico y además, estamos sufriendo un cambio climático, el cual está generando cambios regionales en el uso de las tierras y está también generando cambios regionales en cuanto a especies y otros cambios que al final y consecuentemente generan cambios en los sistemas productivos. Por lo tanto en un escenario de transformaciones de la agricultura chilena, es necesario generar condiciones de mitigación, adaptación y de mejores condiciones en el sentido de sustentabilidad ambiental y competitividad de la producción agropecuaria ante los mercados internacionales, en la medida de que hay una estrategia de posicionar al país como una potencia agroalimentaria también. Por lo tanto, el desarrollo de estas nuevas estrategias y conceptos nos hace hablar hoy día de una agricultura de exportación sustentable y de conservación del medio ambiente, ahora esto agrega nuevas competencias a la formación de los profesionales que están egresando de nuestras universidades.

Tradicionalmente y en el caso de la ciencia del suelo igualmente se puede comprobar, la formación de nuestros agrónomos está orientada a la generación de productos. El motor que conduce y que ha conducido a la agricultura principalmente ha sido la producción y hoy día agregamos otros factores como es la protección ambiental y el hecho de estar insertos en otro tipo de cambio (climático); por lo tanto esto exige un manejo racional y de conservación de los recursos suelo y agua, cosas que parecen obvias pero que es necesario enfatizar en el sentido de que es necesario hacer algunos ajustes a lo que hoy día estamos haciendo. Por lo tanto, el objetivo de esta presentación es hacer un análisis preliminar y muy breve, en el sentido de que he utilizado una pequeña muestra para hacer el análisis respecto de la situación de la disciplina (Ciencia del Suelo) en Agronomía, y por otro lado, con una aproximación también simple, examinar la orientación actual y relacionarla a las nuevas competencias de los egresados, viendo un poco en que están ellos y en que está la actividad

científica que hoy día tenemos, para lo cual he examinado lo que está ocurriendo en alguna de nuestras universidades. Insisto es una muestra muy pequeña, pero por otro lado, he tratado de enunciar algunos ejemplos de las actividades a la que están enfrentados nuestros agrónomos en la actual agricultura o a las que se verán enfrentados.

Para ello es necesario definir la Ciencia del Suelo. Hay muchas definiciones de suelo, yo estoy tratando primero de hacer una definición de concepto en términos de la ciencia. Por supuesto la Ciencia del Suelo es una ciencia de la tierra y que considera al suelo como un componente de sistemas naturales o intervenidos por el hombre. Por otro lado insistir en que es una ciencia factor clave en la producción de alimentos y que hoy día vemos con mucha mayor claridad la relación que tiene con los recursos naturales y medio ambiente; aspecto que se refleja en el cambio de uso del suelo, su degradación y contaminación, ésta última estrechamente relacionada con la contaminación de las aguas superficiales o profundas, algo que hoy día es cada día es más actual, y que dice relación con la disposición o el destino de desechos agrícolas, pecuarios, de la población humana, por un lado, y también de la revalorización de desechos agrícolas a partir de la Agronomía.

Ahora, dicho eso, es necesario visualizar para aquellos que no están en la disciplina, alguna de las áreas que tiene la Ciencia del Suelo en relación a la Agronomía y a otras disciplinas también, y aquí hay una pequeña numeración de lo que ocurre con nosotros. Al final he puesto dos de las áreas que están teniendo cada vez mayor relevancia y que se refiere a la relación del suelo y el medio ambiente. Lo último, especialmente vinculado con los ciclos biogeoquímicos en sistemas naturales o intervenidos por el hombre, y consecuentemente a disciplinas como la microbiología, bioquímica y ecología de los suelos. Las otras que ven más arriba son áreas de la ciencia del suelo relativamente clásicas como es la génesis, la morfología y la clasificación, el reconocimiento de suelos y cartografía. Respecto de esto último, lo interesante hoy día, es la disponibilidad que tenemos de herramientas de geomática, como es por ejemplo, los sistemas de información geográfico o el manejo de imágenes satelitales que podemos aplicar a la agricultura y a los recursos naturales y ahí aparece algo que el profesor Acevedo había nombrado y que a nosotros en nuestra universidad nos preocupa que es la denominada "agricultura de precisión". El resto de las áreas que ahí aparecen son relativamente conocidas por todos y yo diría que es lo que normalmente podemos ver en la formación de lo que es nuestros profesionales hoy en día en el país: fertilidad y manejo de suelo.

Química de suelos tiene mucha relación con fertilidad, pero también con el movimiento de contaminantes en el suelo, y la física del suelo la podemos relacionar con el ciclo hidrológico, obedeciendo a lo que dije al inicio. Yo hice una breve muestra de lo que se puede encontrar en red, respecto de por lo menos cinco facultades de reconocida y larga trayectoria en la formación de profesionales (agrónomos). Al hablar de reconocida y larga trayectoria, también estoy haciendo algún énfasis en que estas universidades alguna vez tuvieron o tienen alguna orgánica que contempla la unidad modular de profesores, digamos especialistas en su área, y lo que uno puede constatar en estas facultades, los cursos que aparecen son, los de edafología, fertilidad de suelos y de nutrición vegetal, y manejo y conservación de suelos. En algunas de ellas (universidades) hay una unión de fertilidad y nutrición, en otras o hay fertilidad o hay nutrición, no en todas están las tres, pero por lo menos aparecen una o dos de ellas o las tres dependiendo de la universidad a la cual investigamos. No es fácil leer en red todos los contenidos que ahí aparecen, sin embargo, esto reflejaría más o menos lo que yo creo que podría estar ocurriendo, por supuesto que no lo puedo afirmar por el tamaño de la muestra, y por lo que podría estar sucediendo en otras facultades o universidades del país que no he examinado.

Ahora, los cursos que menciono, son cursos básicos que se supone que son obligatorios, habiendo cursos electivos de mención que no se ofrecen en todas las facultades Y si aparecen, en algunas de ellas se observa un mayor énfasis que en otras; y normalmente describen las distintas áreas que yo enunciaba en la diapositiva anterior.

Ahora otra vez, constatamos esencialmente lo que examinamos en la definición de edafología en cualquier glosario de las ciencias del suelo. Vamos a ver que está definida (edafología) como la ciencia que trata la influencia del suelo en seres vivos, particularmente plantas e incluyendo al suelo en que interviene el hombre para el crecimiento de cultivo. Es la naturaleza y propiedades del suelo, orientado hacia la producción y se trata de incluir aquí todas aquellas áreas de la ciencia del suelo que yo describí anteriormente y que no están definidas como cursos particulares como es el caso de la fertilidad o del manejo y conservación del suelo. Ahora, en este escenario de agricultura chilena definida para exportación y de protección del medio ambiente, tenemos que agregar, otros conceptos, especialmente en la medida en que estamos interesados en colocar nuestros productos en el exterior. Así, tenemos que generar calidad, tenemos que generar inocuidad de los productos, y al mismo tiempo proteger el medio ambiente. Por lo tanto insisto, hay un énfasis hoy en el manejo de la conservación del recurso suelo y agua. Yo particularmente he examinado lo que dice relación al suelo y no estoy haciendo mención a aquella formación (de nuestros agrónomos) que pudiera estar relacionada al ciclo hidrológico. Como bien decía y usando una metodología simple, se trata de entender cuáles son los problemas, y dando algunos ejemplos de las actividades en la agricultura actual, a los que se enfrentan los profesionales hoy en día. Para ello fácilmente podemos relacionar la problemática en la que se encuentran, con algunos frentes de la actividad científica de los investigadores de la Ciencia del Suelo en este minuto en el país y que también no son distintas de lo que están haciendo otros investigadores en el mundo. Voy a hacer una enumeración de lo que ocurre en el país en este minuto. Previo a ello, hay algo importante necesario de repetir y que se refiere a un 60% de superficie de interés silvoagropecuario que presenta problemas de distinto tipo. A raíz de ello hace ya 10 años que el país ha desarrollado una estrategia de recuperación de estos suelos degradados, suelos que están degradados por la intensificación de la agricultura, en algunos casos, como es por ejemplo la generación de acidez y algunos de los problemas que presentaba el doctor Acevedo que derivan de la intensidad del uso del suelo y de la agricultura en general. Esta es una iniciativa que está disponible a los agricultores y que ha ocurrido por diez años. Terminó precisamente este año y hay una discusión para poder prolongarla (iniciativa denominada Programa de Recuperación de Suelos Degradados) por diez años más y entiendo que está prácticamente, con algunas modificaciones, aprobada. Aquí (el funcionamiento del programa), fácilmente se entiende que éste opera a través de profesionales (agrónomos, técnicos agrícolas) a los cuales se les exige en su plan de estudios algunas áreas de la ciencia del suelo que son necesarios. Ahí (programa) rápidamente se identifican áreas del conocimiento en la ciencia del suelo con algunos problemas que enfrentan nuestros suelos desde el punto de vista de la degradación; que tienen que ver por ejemplo con la deficiencia de nutrientes, como es el caso del fósforo; con la degradación que dice relación con la acidez del suelo, la conservación, la pérdida física de suelo y aquí abajo (diapositiva) un poco apuntando a lo que es agricultura de conservación, la generación/incorporación de rotación de cultivos. Otras actividades (investigación científica) que están ocurriendo y que son de interés, significan trabajo interdisciplinario que implica la participación de la disciplina con otras. Algo importante de destacar son algunas de las que aquí aparecen (diapositiva), por ejemplo la eficiencia del uso del nitrógeno. El nitrógeno es uno de los elementos que se pierde con más facilidad, hay distintas formas de perderlo, se pierde hacia la atmósfera y contamina, se pierde hacia la

profundidad del suelo y contamina y por lo tanto normalmente la eficiencia de uso del nutriente es del orden de un 50 %, y hay mucho trabajo que se puede hacer en el sentido de mejorar esta eficiencia. Es mucho más baja la eficiencia del fósforo, pero es mucho más alta la del potasio, sin embargo yo quisiera hacer hincapié en el nitrógeno y destacar algunas de las prácticas que hoy en día se emplean donde hay agua: la aplicación de fertirrigación en diseño y en la gestión, y que aumenta notablemente la eficiencia del uso del nitrógeno. De allí que sea necesario estar atento al monitoreo permanente de lo que significan las pérdidas por lixiviación, volatilización u otros gases que vamos a examinar y que dicen relación con gases del efecto invernadero, como es el caso de la producción de óxido nitroso.

Otra actividad que estamos conociendo y con bastante intensidad, es el reciclaje orgánico, el reciclaje orgánico que es el uso de enmiendas orgánicas y aquí tenemos un espectro amplio del tipo de materiales que podemos reciclar, entre ellos estiércol, purines, compost biológicos,. En esta área todavía tenemos pendiente un reglamento por aprobar. Por otro lado, el desarrollo de biofertilizantes es un tema interesante y que involucra revalorizar los residuos agrícolas por un lado y/o la producción de lo que hoy día se denomina fertilizantes inteligentes. En este contexto, aparece por supuesto la alternativa de agricultura orgánica, que descansa mucho en el reciclaje orgánico. Sin embargo, aquí hay problemas que se relacionan con la aplicación de lodos biológicos y posibles nuevos contaminantes que podrían estar apareciendo en el tratamiento de aguas servidas; es el caso de los metales pesados (trazas), aunque aparentemente nuestros lodos no son relativamente altos en metales pesados pero es necesario estar monitoreándolos todo el tiempo. En la aplicación actual de estiércoles y purines, hay una tecnología muy deficiente en el país que es necesario mejorar, no hay una separación de los líquidos de los sólidos de forma eficiente de tal manera que la actual aplicación que ocurre es altamente contaminante, pero que se puede mejorar.

Calidad del suelo es un concepto que hay que relacionarlo a la calidad de los productos; actualmente hay muy poca investigación en el sentido de relacionar ambos conceptos, aún cuando para evaluar la calidad de un suelo nos vemos enfrentados a la necesidad de hacer un monitoreo permanente de indicadores biológicos, químicos y físicos. En general siempre hubo mucho hincapié en indicadores químicos, un poco menos en físicos, pero hoy en día estamos enfatizando mucho los indicadores biológicos, los que permiten estudiar/identificar factores que controlan la conservación la dinámica de la materia orgánica del suelo , por cuanto hay indicadores que son tempranos y que pueden estar indicando si estamos haciendo una práctica correcta o no, desde el punto de vista de la mantención de la materia orgánica, y lo que significa eso en el termino de otras propiedades del suelo como son las químicas y las físicas.

Buenas prácticas agrícolas y acuerdos nacionales de producción limpia implican en su proceso de generación distintos aspectos; está incluido el medio ambiente, pero también el bienestar de las personas involucradas en el sistema, así como es el caso de la producción pecuaria y del bienestar animal, incluso. Pero lo que yo aquí destaco más y que se relaciona con la ciencia del suelo es el manejo del suelo, el uso de fertilizantes y el manejo de residuos sólidos y líquidos. Todo esto son frentes en los cuales nuestros profesionales están trabajando y donde es necesario también investigación.

Cambio climático y gases de efecto invernadero desde la agricultura. El Doctor Edmundo Acevedo hacía mención a lo que es secuestro de carbono en el caso del CO<sub>2</sub>. Hoy día nuestros inventarios en Chile asumen que existe un equilibrio en la producción de CO<sub>2</sub> y la captura de CO<sub>2</sub>, que yo diría es

discutible, en el sentido de que tenemos grandes partes del territorio erosionadas. Pero nuestros inventarios parten de la base de que existe un balance entre lo que emitimos y lo que capturamos por lo tanto estos están concentrados en óxido de nitrógeno y metano. En general los inventarios nacionales están hechos en función de factores que desarrollados/recomendados por paneles intergubernamentales y no tenemos factores de emisión que son propios y que son necesarios desarrollar para poder mejorar los niveles de incertidumbre que hoy día existen en cuanto a estos inventarios. Por lo tanto existe la necesidad de un monitoreo de cuantificación de gases invernadero y de estrategias para desarrollar la mitigación de estos desde la agricultura y se nombraban algunas, como por ejemplo, el secuestro de carbono en el caso de sistemas de manejo de conservacionista y de la importancia que tiene el suelo como reservorio.

En el caso del nitrógeno es posible enunciar otras (estrategias de mitigación) como son inhibidores químicos y metabolitos naturales, para lo que es la inhibición de la nitrificación o desnitrificación, fertilizantes de liberación controlada. En el sector pecuario, el manejo de empastadas y dieta puede mejorar la eficiencia del uso del nutriente y por lo tanto la emisión de metano especialmente de los rumiantes. Está, por otro lado, el manejo de los residuos agrícolas también, que son fuentes de emisión de metano y de óxido nitrógeno, gases que han estado apareciendo en los últimos inventarios en zonas (en general hacia el sur estaba la mayor producción), como la quinta y la sexta, que tal vez tiene relación con toda la producción de cerdos que existe en el área. Tenemos también que mencionar la importancia que ha adquirido en el marco de estas actividades (estrategias de mitigación) el concepto de la huella de carbono. Esto es tremendamente esencial, vital o como lo quieran llamar, desde el punto de vista de lo que es nuestra producción y la colocación de nuestro productos en el exterior: Hoy en día la evaluación de la huella de carbono se concentra en la etapa final de producción y el transporte y se hace mucho menos énfasis en la etapa productiva, que yo creo que nosotros podemos utilizar para poder mediatizar el problema que hoy día se nos puede presentar por el efecto de tener que recorrer un largo camino en término de transporte hacia los mercados externos.

Por otro lado, tenemos la remediación de suelos contaminados. La bioremediación es una técnica que tiene que ver con nosotros, con la disciplina (ciencia del suelo). En el manejo de suelos áridos y semiáridos, tenemos agricultura biosalina, horticultura de sustratos. Igualmente la ley de fomento al riego y lo que regula la actividad forestal son iniciativas nacionales estrechamente vinculadas con aspectos de las ciencias del suelo.

Quisiera decir además, que la Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo, la cual yo presido, fue creada hace más de 30 años por un grupo de aproximadamente 100 académicos, investigadores y profesionales, donde se organizan simposios anuales y congresos nacionales. El último congreso ocurrió en nuestra ciudad hace un par de semanas atrás y de las sobre 100 contribuciones recibidas, un porcentaje muy relevante, está relacionado a la interacción, suelo medio ambiente, lo que está indicando de que nuestros investigadores y académicos están entendiendo parte de todo lo que yo dije anteriormente.

Por lo tanto, si queremos generar algún tipo de conclusiones preliminares, por supuesto que el perfil del egresado en agronomía no es único, está influenciado por la región donde se inserta, sin embargo creemos, y es la experiencia que tenemos nosotros (universidad de Concepción), que tiene que haber una oferta básica que genere conocimiento mínimo y que podamos aplicar a todos los problemas que yo expliqué anteriormente y que pasa por esas tres asignaturas que yo presenté.

Existe también la necesidad de revisar los contenidos en términos de lo que es la relación suelo-producción-medioambiente y hacer un mayor énfasis en esto, y el estudio de mecanismos y procesos de la interacción suelo-planta-agua-atmósfera.

Por último, es posible una mejor oferta a través de asignaturas electivas o de mención o programas de postgrados. Estos pueden ser diplomados, magíster o doctorado. Resumiendo, una reflexión final a todo lo expuesto anteriormente para sugerir que necesitamos de una condición mínima o básica del conocimiento (en la ciencia del suelo) para poder aplicarlo a todos los problemas o actividades que aquí se presentaron y que tienen relación con las actividades de nuestros profesionales, pero también con el frente de la actividad en investigación científica que hoy día están desarrollando los profesionales, académicos e investigadores de la Ciencia del Suelo.