

Cómo hacer de las napas un aliado

Pautas y criterios para el monitoreo de niveles freáticos en sistemas de producción agrícola de la región pampeana

Las napas freáticas representan el techo de la zona saturada de agua del perfil de suelo y de sedimentos u otras rocas subyacentes, caracterizadas por poseer toda su porosidad ocupada por líquido. La profundidad de las napas freáticas en el perfil varía en el tiempo y el espacio, y cuando es relativamente escasa (menor de cuatro metros), como sucede en la mayor parte de la llanura pampeana, puede influir positiva (complementando las precipitaciones) o negativamente (como agente de anegamiento) en los sistemas agrícolas.

Si bien se han constatado los efectos positivos y negativos de las napas en diversos ambientes de la región pampeana y en otras grandes llanuras del mundo, la cuantificación y predicción de estos efectos es aún pobre. Una de las mayores limitaciones en este sentido es la falta de registros sistematizados de niveles freáticos en las distintas zonas agrícolas y su vinculación a los resultados de los cultivos. La creciente aplicación de mapeos de rendimientos en la región ha puesto de manifiesto fuertes heterogeneidades en lotes con influencia variable de napas y ha permitido, además, el desarrollo de reglas empíricas de decisión que consideran el posi-

ble aporte de agua freática a los cultivos a la hora de definir rotaciones, densidades de cultivo y aplicación de insumos.

En este sentido, el monitoreo de los niveles freáticos surge como una necesidad en el manejo y planificación de tierras agrícolas y requiere pautas claras y repetibles para su ejecución. En este artículo se presenta una serie de claves y criterios para el establecimiento de redes de medición freáticas destinadas a apoyar las decisiones de producción agropecuaria y evaluar la influencia de distintos usos de la tierra sobre la dinámica hidrológica de la región.

Compromiso

En cualquier plan de monitoreo ambiental se presenta un compromiso entre la cantidad y calidad de información que se busca generar y el esfuerzo que se debe destinar a esta tarea. En el caso de las mediciones freáticas, la densidad, distribución y frecuencia de las mediciones por realizar deben compatibilizarse con las posibilidades económicas y técnicas, apuntando a lograr planes de monitoreo que aporten la información mínima necesaria para



apoyar decisiones de manejo (pero sin requerir esfuerzos que no puedan sostenerse a largo plazo).

Debido a que las variaciones interanuales de nivel freático en interacción con contextos climáticos variables presentan un rango muy amplio de influencias sobre los cultivos –que debemos aprender a comprender y predecir– resulta preferible optar por esquemas de medición que privilegien el monitoreo sostenido en el largo plazo por sobre la alta densidad y frecuencia de medición. Por ejemplo: un número pequeño de freatómetros con mediciones de frecuencia bimensual que se sostienen por muchos años aportará información más valiosa que una ambiciosa red de decenas de freatómetros medidos semanalmente que se abandonan luego de un par de campañas.

Es indispensable delimitar claramente los objetivos de las mediciones que se encaren. En este sentido, las tres metas principales que identificamos son a) cuantificar cómo los cambios de nivel y salinidad de la napa freática se traducen en impactos negativos (anegamiento, estrés hídrico y toxicidad por sales) o positivos (aporte) sobre los cultivos en los distintos ambientes productivos; b) comprender en qué medida las decisiones de manejo de una campaña determinan los niveles y la salinidad de las próximas y, por lo tanto, los posibles efectos sobre los cultivos correspondientes; y c) buscar determinar al comienzo de una campaña qué efectos pueden esperarse a partir de los niveles freáticos observados y los cambios esperables en los meses subsiguientes.

Distribución de freatómetros

Sobre la base de los objetivos anteriores, se plantea la necesidad de monitorear las napas en ambientes representativos de las áreas de cultivo. Debe agregarse a esto, como requisito, que los freatómetros estén ubicados en lugares de fácil acceso y lejos de situaciones relativamente especiales que puedan afectar muy localmente los niveles; éstas incluyen forestaciones –donde el alto consumo de agua de los árboles causa descensos de nivel y salinización–, cascos y otros lugares de vegetación no cultivada; áreas de intenso bombeo de agua subterránea, inmediaciones de canales de drenaje, etcétera. Es aconsejable alejar el punto de medición en, al menos, 100 metros de esas situaciones, lo que evitará distorsiones y representará más fielmente el ambiente freático del cultivo. Otro aspecto por tener en cuenta es que si se quiere caracterizar la dinámica de napas bajo un cultivo particular, las ubicaciones cercanas a alambrados –si bien son prácticas para el acceso y cuidado de los freatómetros– no ayudan a separar la influencia del uso de la tierra si a ambos lados del alambrado existen distintos cultivos o situaciones de manejo.

Una vez identificados los ambientes físicos que se busca caracterizar (unidades de suelo/ambiente previamente descritas), puede ser necesario monitorear distintas subunidades en alguno de ellos. Esto es particularmente provechoso en ambientes de topografía marcada, como los típicos relieves medanosos del sur

de Córdoba, noroeste de Buenos Aires y noreste de la Pampa; estos ambientes, de rendimientos muy heterogéneos resultantes de la profundidad variable de la napa ofrecen una posibilidad ideal para cumplir el objetivo a) propuesto más arriba, ya que despliegan amplios gradientes de nivel. En estas situaciones puede ser ventajoso ubicar freatómetros en una toposecuencia que incluya lomas (no las de máxima altura, sino las más representativas), zonas intermedias y bajos (no el centro de los bajos extremos, sino la periferia de bajos típicos) (ver gráfico 1a).

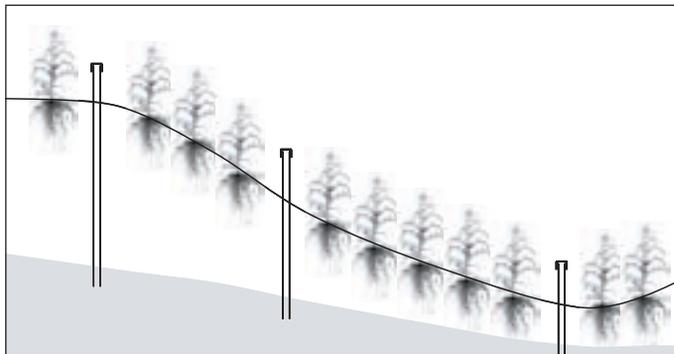


Gráfico 1a. Transecta de freatómetros en una toposecuencia. Las toposecuencias generan un gradiente de profundidades relativas de napa ideal para explorar la variación de los aportes freáticos y/o anegamiento sobre los cultivos en función de los cambios de profundidad.

Además de describir las variaciones freáticas en ambientes diversos, es útil conocer cómo cambia su comportamiento bajo distintos cultivos. En ese sentido, puede ser valioso medir variaciones de nivel y salinidad con distintos usos de la tierra.

El muestreo de ambientes iguales en distintas etapas de la rotación típica de un establecimiento permitirá comprender el efecto sobre las napas de los distintos cultivos, respondiendo al objetivo b) propuesto más arriba. Al mismo tiempo, este esquema de muestreo también permitirá observar los efectos en sentido opuesto; es decir, cómo diferentes cultivos y variedades responden ante distintas profundidades y salinidades freáticas.

Si los esfuerzos que pueden destinarse a medir niveles freáticos fueran ilimitados, buscaríamos cubrir los distintos ambientes, y en algunos de ellos sus subambientes, y cruzaríamos esto por varios usos posibles de la tierra. Además, buscaríamos repetir mediciones en distintos sectores del territorio que manejamos. Esto fácilmente puede llevarnos a decenas de freatómetros. Si el esfuerzo a dedicar es muy limitado, convendrá entonces apostar al ambiente más importante de nuestro territorio y, en lo posible, monitorear dos situaciones de la rotación. Sólo el esfuerzo sostenido durante varias campañas permitirá, a partir del empleo de pocos freatómetros, responder al último objetivo c) antes mencionado (que es el que busca pronosticar efectos de napa para anticipar riesgos y oportunidades).



Opera[®], con tecnología AgCelence[®],
excelencia que va mucho más allá
de la protección de su soja.

Opera[®]

www.agro.basf.com.ar

BASF

The Chemical Company

soja rentable
campo sustentable

AgCelence

Mediciones

Las mediciones que se realizan en los freáticos permiten conocer el nivel relativo de la napa; es decir, la profundidad desde la napa a la superficie, además del nivel absoluto (esto es la elevación sobre el nivel del mar, u otra referencia fija de la napa) (ver gráfico 1b).

Además, los freáticos nos permiten conocer la calidad del agua y sus cambios en el tiempo, incluyendo salinidad y abundancia de nutrientes, tales como nitratos o sulfatos (estos últimos suelen ofrecer un aporte sustancial de los requerimientos de azufre a los cultivos que usan napas).

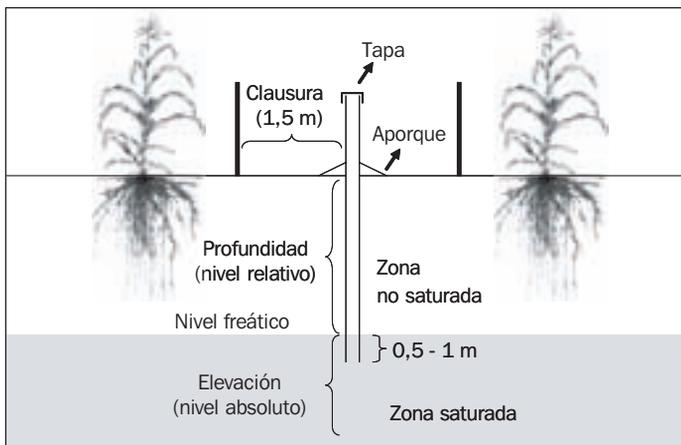


Gráfico 1b. Perfil de un freático indicando el nivel freático relativo y absoluto.

Por lo general, conviene establecer el fondo del freático entre 0,50 y 1,00 metro por debajo del nivel freático encontrado y, en caso de cambios muy grandes de nivel, reajustar su posición. Es importante destacar que el aprovechamiento de agua freática que hacen la mayoría de nuestros cultivos es sobre la zona capilar ubicada por encima del nivel freático.

Para obtener el valor de nivel relativo de napas basta con medir la profundidad desde la boca del caño del freático a la napa y restar el recorrido de caño desde la superficie del suelo a la boca. Es fundamental mantener la boca del caño en la misma posición evitando su hundimiento o rotura. En muchos casos en los que la permanencia de

un caño en el lote pelagra por el tránsito de máquinas o animales, es aconsejable añadir al freático una referencia fija adicional, tal como una estaca corta o una chapa enterrada, que permitirá reinstalar un caño roto y ajustar las mediciones de nivel del que lo reemplace.

La medición absoluta de nivel es de mucho valor a la hora de establecer los posibles flujos de agua en el paisaje. ¿Es la "topografía" de la napa similar a la topografía de la superficie? O acaso ¿es la napa una superficie perfectamente plana cuya distancia a la superficie está únicamente dada por la topografía del terreno? Si existen diferencias de nivel absoluto, ellas generan flujos. Por ejemplo: algo muy comúnmente observado es el flujo horizontal desde lomas hacia bajos; este flujo tiene lugar porque el nivel absoluto de la napa en las lomas es más elevado que el de los bajos. A veces, después de un fuerte evento de lluvias acompañado de escorrentía superficial, los bajos pueden recibir mucha agua y su nivel subirá más rápido que en las lomas, invirtiéndose en casos extremos el flujo subterráneo horizontal, que ahora va de bajos a altos. Todos estos análisis pueden realizarse si tenemos una caracterización del nivel absoluto de la napa, medición que sólo lograremos si añadimos, a lo propuesto anteriormente, la medición de nivel de la boca del caño o de la referencia del freático que usemos. Este trabajo de altimetría se realiza una única vez y permite, a partir de entonces, sacar un máximo provecho de lecturas de nivel en múltiples freáticos. Si las mediciones altimétricas se realizan en forma detallada para todo el lote, éstas permitirán, juntamente con algunas mediciones puntuales de profundidad freática y ciertas reglas empíricas básicas, efectuar extrapolaciones y mapear espacialmente los niveles freáticos.

Una cuestión clave es la de la frecuencia de medición. La misma no escapa del compromiso *detalle versus esfuerzo*. Una planteo básico puede apuntar a mediciones mensuales en el ciclo de los cultivos de verano y mediciones aisladas en períodos de barbecho (poscosecha de cultivos de verano; mediados de invierno; presiembra de cultivos de verano). Además, puede ser necesario agregar mediciones tras eventos extremos de lluvia, especialmente si ocurren entre nuestra medición planificada de presiembra y el



momento concreto de la siembra. En ese sentido, contar con datos pluviométricos en el propio establecimiento puede ser muy útil para decidir los momentos de medición y para predecir con mayor precisión los cambios esperables de niveles.

Estación de muestreo

Una vez definida la localización del freático, conviene perforar con barrenos hasta unos 50 centímetros a 1 metro por debajo del nivel estático de la napa (gráfico 1b). Ese nivel se alcanza cuando el suelo que se retira con el barreno está saturado de agua. Es común, especialmente en suelos finos, que tarde en equilibrarse el nivel estático del pozo. Por lo tanto, es necesario esperar entre 10 minutos y unas 3-4 horas (más en suelos finos) para que, después de perforar, el agua suba al nivel de equilibrio.

Si al llegar a la zona saturada el suelo colapsa y no se puede profundizar, se recomienda encamisar con caños de PVC (que permitan el ingreso del barreno por dentro). En esta situación, la metodología consiste en perforar con barreno e hincar el caño en iteraciones sucesivas. En algunos suelos esta operación se debe hacer con mucha suavidad, extrayendo el barreno con suelo, ya que se puede llevar el suelo húmedo al límite líquido, con la energía del movimiento y generar el ascenso de material, echando a perder el trabajo previo. Una alternativa ante el problema del ascenso de material sólido consiste en hincar el caño con una malla fina adherida al extremo una vez alcanzada la zona problemática, de manera tal de permitir el ascenso de agua pero no de sedimentos (cada suelo tiene características propias y pueden surgir sorpresas o dificultades no contempladas aquí).

El caño de PVC que encamisar al freático deberá tener ranuras transversales de 4 centímetros, cada 3 centímetros en 2 caras (intercaladas para que el caño no se vuelva muy frágil) en los 50 centímetros finales. Esto no es necesario si se monitorea sólo el nivel, pero es importante para un monitoreo continuo de la química del agua (ya que permite un mejor intercambio de agua entre el interior del pozo y el área circundante). En caso de realizarse estos monitoreos de química del agua, tras medir nivel se recomienda “purgar” el pozo para que el agua –que posiblemente ha estado estancada en el mismo por mucho tiempo– sea reemplazada por agua freática vecina. Esto se logra retirando al menos dos o tres veces el volumen de agua alojado en la cavidad del pozo previo a la toma de la muestra.

Al terminar de hincar el caño y una vez establecida su posición definitiva, debe asegurarse un muy buen relleno con suelo en la zona exterior del caño (si es que hubiese entrado con holgura por el primer orificio que se barrenó). Se recomienda construir un “volcán” o aporque alrededor de la boca del tubo, para así evitar la entrada preferencial de agua a lo largo de las paredes del tubo; luego hay que tapar ese aporque con plástico (por ejemplo: silobolsa) para volverlo impermeable y cubrir nuevamente con suelo. Algunos cubren esto con cemento; se trata de una buena opción para pozos que se usarán por muchos años. Pero, en cualquier caso, es importante tapar el caño, especialmente si se busca monitorear la química del agua, para evitar el ingreso de insectos.

Resulta conveniente establecer una miniclausura de 1,5 x 1,5 metros en la vecindad del freático, protegiéndolo de maquinaria y animales (gráfico 1b). No se debe generar un espacio sin cultivar muy grande alrededor del freático porque entonces estaremos percibiendo, en el corto plazo, los efectos de la comunidad que se establece allí en vez de registrar los del cultivo.

Interpretación

Las mediciones freáticas en distintos ambientes y bajo distintas rotaciones nos proveen de información muy útil para comprender el funcionamiento de nuestros agroecosistemas y manejarlos en forma más eficiente. Al mismo tiempo, una buena red freática a nivel regional podría actuar como un sistema de alarma permitiéndonos anticipar riesgo de inundaciones.

En primer lugar, nos interesa saber si en nuestro sistema se manifiesta un efecto napa, tanto positivo (suplementando precipitaciones), como negativo (a través del anegamiento y/o salinidad). Idealmente, se buscará establecer una relación entre los niveles freáticos y el rendimiento de los cultivos (ver gráfico 2a). Para esto se recomienda lograr una muy buena medición de rendimiento en las inmediaciones del freático, ya sea por monitoreo con cosechadora y GPS o bien por muestreos manuales o pesadas parciales del material obtenido por la cosechadora. A partir de una gráfica que vincule nivel desde la superficie y rendimiento, se pueden identificar distintas “zonas” o bandas de nivel en las que la influencia freática tiene características distintas.

Existe una “zona 1”, en la que se manifiestan los efectos negativos de la napa relacionados con el anegamiento, y otra “zona 2”, en la que el efecto es positivo, existiendo un buen abastecimiento de agua freática al cultivo. En la denominada “zona 3”, los aportes de agua subterránea disminuyen con la profundidad, mientras que en la “zona 4” ya no se manifiestan efectos freáticos. La descripción precisa de esta función, estableciendo los límites de nivel que separan cada zona resulta de máxima utilidad al combinarla con el mapa de profundidades freáticas de un lote, ya que permite

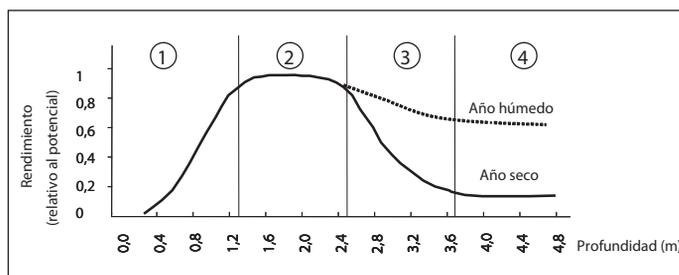


Gráfico 2a. Relación napa-cultivo en gradientes de profundidad. Esquema conceptual de cambios en los rendimientos esperables de un cultivo (1=máximo potencial sin limitación hídrica). Existen bajos rendimientos con napas elevadas (anegamiento, zona 1) y profundas (falta de aporte; zona 4). En regiones intermedias se obtiene el máximo beneficio, especialmente cuando el límite de uso de agua freática lo impone solamente la demanda del cultivo (zona 2) y no el transporte capilar (zona 3). Los límites entre zonas de esta figura se ajustan a lo observado en suelos arenosos del Oeste de la Pampa Húmeda bajo cultivo de maíz. Estos límites cambian con el cultivo y suelo y pueden conocerse a partir del monitoreo de niveles y rendimientos en toposecuencias.

establecer un mapa de rendimientos potenciales (ante escenarios de pluviometría típica o no), a partir del cual se pueden tomar decisiones de manejo más precisas.

Al margen de los efectos de la napa freática sobre el comportamiento de los cultivos, resulta interesante también reconocer los efectos en sentido opuesto; es decir: de la vegetación sobre los niveles y salinidad del agua subterránea. En ese sentido, el hecho de evaluar los efectos de la posición topográfica y/o profundidad freática (un indicador de accesibilidad) y el tipo de cultivo sobre los cambios de nivel y salinidad, puede resultar de gran utilidad. Por ejemplo: descensos de nivel más intensos en áreas con napas superficiales que en zonas con napas más profundas son un indicador indirecto de descarga freática (consumo) por la vegetación en dichas posiciones (gráfico 2b). La vegetación también influye en el proceso de recarga freática, interfiriendo en el pasaje de agua de precipitación hacia la napa. En este caso, los eventos de recarga deberían observarse como ascensos de nivel más notorios en zonas con napas más superficiales (menor recorrido superficie-napa) y perfiles edáficos más húmedos (menos volumen de suelo no saturado para rellenar; gráfico 2b).

Por otra parte, dado que la vegetación –al hacer uso del agua freática– excluye selectivamente los solutos, sería esperable que tras períodos de consumo neto de agua subterránea (descarga o consumo mayor que la recarga o drenaje profundo) comiencen a acumularse sales en la misma y en la zona capilar inmediatamente superior (gráfico 2c). Este proceso de acumulación de sales será más intenso cuanto más elevados sean el consumo y la salinidad inicial del agua freática, pudiendo llegar a afectar negativamente al cultivo.

El agua subterránea en nuestras llanuras muestra dos caras diferentes a la agricultura: a profundidades intermedias es un recurso, mientras que a profundidades mínimas es un serio obstáculo. El aprovechamiento más eficiente del agua freática como recurso puede ayudarnos a prevenir o minimizar su ascenso y transforma-

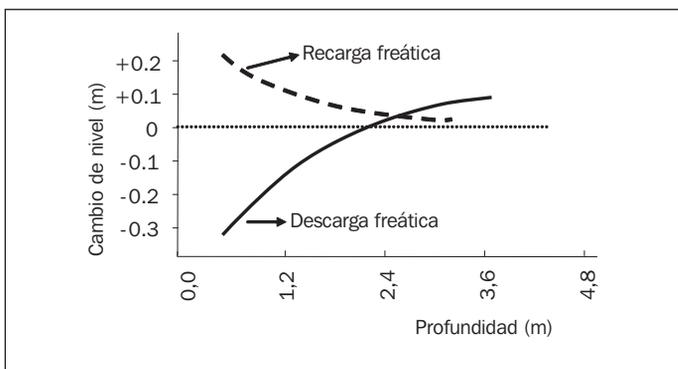


Gráfico 2b. Magnitud de los cambios de nivel observados en distintas posiciones topográficas. (Manifiestas en la profundidad de napa del eje X).

Los bajos suelen tener una dinámica más extrema con fuertes ascensos por recarga ayudada por el escurrimiento desde zonas altas y fuertes descensos por consumo. En los altos esta dinámica se amortigua. La elevación absoluta de la napa en altos y bajos nos permite conocer en qué dirección se desplaza el agua subterránea.

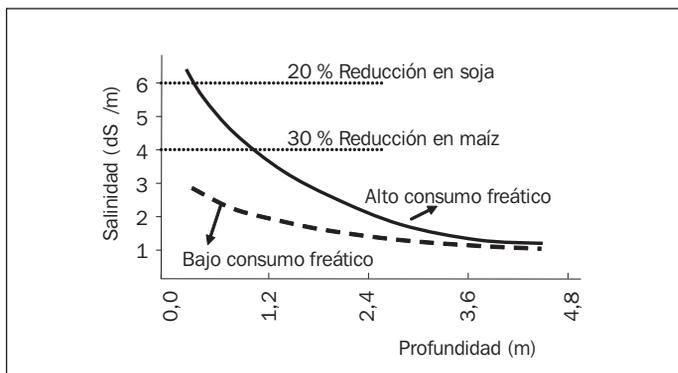


Gráfico 2c. Variación de la salinidad de aguas freáticas en gradientes de nivel.

Estos patrones se observan con frecuencia cuando hay consumo freático ya que a diferencia del consumo por bombeo mecánico, los cultivos toman el agua pero excluyen las sales, que se tienden a acumular en la napa y la zona capilar. Por ello los bajos, con mayor consumo, muestran aumentos mayores de salinidad. Eventos fuertes de recarga, típicos con lluvias grandes de otoño que cubren lotes en barbecho, suelen borrar, al menos parcialmente, estos gradientes de salinidad, que vuelven a desarrollarse a medida que el cultivo crece. Tanto el descenso de nivel o el aumento de salinidad por consumo pueden generar mermas en el aporte freático a los cultivos, limitando los alcances de este recurso.



ción en un obstáculo. Un mejor conocimiento básico sobre su dinámica y sus efectos sobre la vegetación permiten lograr eso a través de mejores esquemas de manejo de los cultivos y de las rotaciones. Un primer paso en ese sentido –insistimos– consiste en el monitoreo constante y prolongado de los niveles freáticos y de la composición química del agua subterránea. ❌

Esteban G. Jobbagy y Marcelo D. Noretto
Grupo de Estudios Ambientales. IMASL (Universidad Nacional de San Luis y Conicet). Sitio: <http://gea.unsl.edu.ar>



¿Quiere más para su campo?

Suscríbase a la revista **CREA** por un año.

Recíbala en su casa y le enviaremos un cuaderno de actualización técnica de regalo

114 páginas a todo color con información 100% confiable gracias a los trabajos de campo de más de 1800 productores asociados:

- Tecnología para alta producción
- Mercados y estrategias de comercialización
- Entrevistas a productores líderes
- Nuevos negocios agropecuarios
 - Suplemento Fierros
 - Suplemento económico
 - Pronósticos climáticos
- Computación agropecuaria



114 páginas
12 números
\$115



Llámenos: (011) 4382-3517/2076 o envíenos un e-mail: suscripciones@aacrea.org.ar