



pág. 4

Compromiso  
con la Educación



pág. 34

Aprendizaje  
Colaborativo



pág. 30

Impacto de la  
Investigación

Sean estas líneas para dar la bienvenida a la Edición Séptima de la revista *Inglomayor*. El lector podrá apreciar que hemos introducido una fuerte componente en biología, área en la cual los modelos de la física-matemática son de gran aplicabilidad. De igual forma, estrategias basadas en autómatas celulares y otros similares, pueden ser la llave del éxito para interpretar desde un punto de vista no descriptivo estos complejos y variados fenómenos. De igual forma, se han incluido a lo menos dos trabajos en control automático, de modo de persuadir al lector de la necesidad de investigar con mayor ahínco, entusiasmo y energía tópicos, por definición fundamentales avanzados, los cuales precisan de una mirada acuciosa y de todo el talento del hombre de ciencias.

No hemos querido desmayar en nuestros esfuerzos por llevar desde la academia, adicionalmente una visión de los compromisos con la educación y, hemos creído ilustrativo y potente iluminar el camino con una mirada holística y con valor país. Las grandes re estructuraciones de modelos y paradigmas, requieren de ideas frescas y puras, las cuales sean capaces por sí mismas de pararse y dar examen público de ser necesario.

Nuestro país es relativamente joven, sí se le compara con naciones de la Comunidad Económica Europea, Asia, China, Estados Unidos de América y similares, sin embargo, no es válido seguir argumentando que estamos en "vías del desarrollo", el cual por razones diversas nunca "golpea nuestras puertas". Creo que este tipo de argumentos no es sano para nuestra sociedad y debemos transparentar nuestros puntos fuertes como también las debilidades que, debemos superar para salir de este "pozo de creación esquivo". Nosotros estamos convocados y llamados a llevar nuestro mensaje a tantos(as) personas como sea posible y, será el lector quién juzgue la pertinencia y oportunidad de todos y cada uno de los escritos a su disposición. Estamos convencido que es el contribuir al desarrollo de una sociedad ilustrada y comprometida con el avance en todas las áreas del saber.

El país debe hacer, en nuestra opinión, un esfuerzo importante por dotar e instruir a las Instituciones a disponer de acceso a bases de datos amplias y no restringidas al público, en particular a nivel de educación terciaria y superior. Esta demanda es relevante y, sí podemos ayudar en este sentido entonces estamos transitando por el camino correcto. De igual forma, hemos incluido una serie de apuntes en la sección de Ciencias Básicas, Textos y Apuntes Docentes, considerando la experiencia y el conocimiento acumulado de sus autores. Sabemos que la base de datos del Instituto para la Información Científica de los Estados Unidos de América es, muy probablemente la más completa y constatamos la necesidad que el acceso al conocimiento de frontera de nuestros (as) estudiantes sea oportuno y eficiente. Es de la máxima relevancia el estar en condiciones de disponer de estas bases de datos y de accesos a lugares doctos e ilustrados, en los cuales la conversación, el intercambio de ideas, las prácticas de laboratorio, los talleres temáticos y otros relacionados, sean el faro orientador de nuestro hacer y quehacer.

## INGLOMAYOR

Ingeniería Global Mayor

### COMITÉ EDITORIAL:

#### Director Ejecutivo:

Eduardo Ávila Arancibia

#### Columnistas permanentes:

Roberto Acevedo Uanos

Eduardo Ávila Arancibia

Oscar Inostroza Aliaga

Andrés Soto Bubert

Gustavo Ceballos Benavides

Mauricio Bustamante Escobedo

Miguel Jordan Zimmermann

#### Diseño y diagramación:

Germán Serrano Alarcón

## INDICE

Compromisos con la educación.....4

Algunas consideraciones en torno al fortalecimiento de actividades académicas en una Institución de Educación Superior.....24

Impacto de la Investigación. Medición Cualitativa y Cuantitativa.....30

Aprendizaje colaborativo.....34

Totipotencia Celular.....36

Fitorremediación e importancia de una Especie Vegetal (*Phragmites australis*).....42

Introducción a los modelos de redes artificiales. Parte 5. ....46

Control óptimo aplicado a problemas de regulación lineal. Parte I .....50



# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

La aparición de un sistema de educación, esencialmente privado (con capitales frescos y no del erario), surgido hace dos a tres décadas en el país, no puede ser considerado una decisión no pensada e inconsulta. Es más, debemos recordar que, por ejemplo, en el caso de Instituciones de Educación Superior, a nivel del sector privado estas nacen al amparo de las Leyes de la República y en sus primeros pasos no gozan de autonomía. Son académicamente auditadas por Instituciones Públicas de una larga y dilatada trayectoria en el sector educacional, en consecuencia, no existe una partida alejada de las buenas prácticas como tampoco al margen del ordenamiento jurídico. El tiempo transcurre rápidamente y, estas Instituciones Privadas adquieren su propia autonomía.

Luego, aparecen las llamadas Agencias de Acreditación al amparo del Gobierno, cuya misión era y es la de salvaguardar la excelencia y calidad del ofrecimiento programático de estas Instituciones a los nuevos estudiantes egresados de la Educación Media. Durante el proceso, surgen sin embargo una serie de problemas al interior de la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) y a contar de ese momento, un cuestionamiento formal, regular y sostenido de las autoridades del Gobierno Central y personalidades del mundo de la academia. El tema comienza a agudizarse y toca sensibilidades de todo tipo, cuando se decide indagar y analizar también la calidad de la educación alcanzada a nivel de los alumnos que egresan de la Educación Media. Se continúa con este proceso y se descubre que existen dificultades no fáciles de remontar, que aun anteceden, incluso falencias a nivel de la educación desde el nivel cero.

Se inicia así un proceso doloroso y complicado al cuestionar, por un lado, el trabajo de los profesores de Estado y autoridades superiores de dichos establecimientos educacionales, en todos los niveles. A modo de ejemplo, los docentes realizan una labor profesional de alta exigencia y, en condiciones de trabajo discutibles. Estos profesionales de la educación sienten una elevada vulnerabilidad e injusticia en una serie de planos de sus vidas. Se ha acuñado en nuestra sociedad, un eslogan propagandístico el cual para ellos no es meritorio y resulta ser desprolijo, irreverente e irresponsable.

Adicionalmente, todos los actores principales, padres y apoderados deseamos, sin excepción, dejar en calidad de herencia a nuestros descendientes, una educación de nivel y con las competencias relevantes desarrolladas de modo que nuestros hijos(as) sean capaces de generar una vivencia plena, lograr un desarrollo integral y equilibrado y una calidad de vida razonable. Para ello se realizan una serie de acciones de modo de sacar adelante proyectos, ideas, leyes y nos preguntamos, ¿son éstas en su conjunto suficientes e integradas de manera de que, una vez fijados los indicadores apropiados, puedan ser integradas y se estructuren en forma natural como evidencias sólidas?, ¿se consideran a manera de beneficio para la sociedad, las instancias esencialmente buenas e idóneas para tales logros y se dejan fuera las posiciones de grupos partidistas, en beneficio del real mejoramiento de nuestra sociedad? En este punto es donde aparecen una serie de dudas y presunciones, las cuales apuntan en el sentido opuesto.



Las actividades que el ser humano desarrolla en su vida, no son solo las básicas, las biológicas, distracción, otras; se requieren de la realización de un esfuerzo de envergadura que les permita obtener en su vida laboral una actividad de carácter estable, seductora, innovadora en lo posible y de futuro. El ser humano es una máquina biológica creativa, que goza de sensibilidades requiriendo señales claras y precisas las cuales deben permitirle organizar y planificar sus vidas. Volvemos al punto inicial, la educación y formación de excelencia y calidad se comienza a nivel del núcleo familiar, y éste, organizado de la mejor forma posible.

Para el logro de lo expuesto anteriormente es imperativo tomar un conjunto de medidas estructurales, de modo de producir y vivir en tiempo real, los cambios requeridos para que la sociedad progrese y logre grados crecientes de estabilidad y felicidad. Tenemos deberes y derechos, en consecuencia, es razonable que se nos dé la bienvenida a participar de estos procesos, en los cuales estamos todos involucrados incluidos nuestros descendientes que serán los que estarán viviendo dichos cambios.

El discrepar de las aseveraciones anteriores, es lícito y legítimo, sin embargo seamos cuidadosos con los adjetivos a ser empleados de modo de enviar una señal clara e inequívoca de responsabilidad social y solidaridad de las autoridades del sector a padres, apoderados y alumnos. No es posible vivir, en forma regular y sostenida de un conjunto de eslóganes los cuales no son evidencia en proceso serio alguno conocido. Esta es una "obra humana" de gran relevancia para el desarrollo del país y su base humana ilustrada. Debemos sumar, la necesidad de mayores esfuerzos de parte de entidades de los Gobiernos Locales y Central.

Se trata, en consecuencia de un proceso de optimización básico de una función del tipo genérico:

$$\text{Calidad y Excelencia} \\ (C/E) = (C/E)[X_1, X_2, \dots, X_N],$$

Donde, el conjunto de parámetros:  $X_1, X_2, \dots, X_N$  debe ser considerado en forma rigurosa y exhaustiva, tomando en cuenta sus diversas significaciones. Así valen los componentes:  $X_1$  cuerpo académico,  $X_2$  alumnos,  $X_3$  infraestructura,  $X_4$  biblioteca,  $X_5$  laboratorios,  $X_6$  lugares de estudio,  $X_6$  recreación,  $X_7$  cultivo equilibrado de habilidades duras y blandas,  $X_8$  presupuesto,  $X_9$  misión y visión (declaraciones),  $X_{10}$  planes estratégicos,  $X_{11}$  asociación con el sector privado, etcétera. La optimización de una función de este tipo, es una tarea a lo menos no trivial, la cual requiere una base de sustento sólida y de envergadura y del concurso y organización de la sociedad como un todo.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Más recientemente se han establecido una serie de normativas en una legislación, parte aprobada y su complemento en estudio, todo lo cual sugiere que el problema se ha ido definiendo como complejo en su solución, con una cantidad importante de declaraciones y debates en los cuales se descalifica la labor desarrollada por profesores y alumnos. El tema Educativo ha estado bajo "bombardeo periodístico", aunque poco ilustrado. Se observan, múltiples relatos y crónicas de lo que unos y otros consideran un mejor sistema educacional respecto al existente. Cuando se habla de esta forma, aparecen sospechas fundadas que no ha existido toda la reflexión cuantitativa y cualitativa adecuada que la situación amerita, la cual considere una estrategia que nos asegure obtener escenarios favorables para la optimización de la función (C/E). Así, en el relato, el tema de los sostenedores se ha hecho imposible dar el tiempo y la dedicación que merece por una serie de razones; eventualmente podría derivar en una falta de deseo de invertir a futuro en iniciativas de esta naturaleza. Cuando se habla de retirar "la sal y el agua de Instituciones que nacen de emprendimientos de personas del sector privado, se deja entrever un "dejo de soberbia" todo lo cual augura un desenlace no esperado para el país. Estas personas pueden tomar la estrategia de cambiar de rubro en sus inversiones y dejar en manos de personas – con más personalidad que talento – la tarea de erigir un sistema de educación de nivel inferior para nuestros estudiantes.

Hemos ido acumulando experiencia y años a lo largo de nuestras carreras, igualmente en calidad de docentes desde la Universidad, observando que los problemas del pasado se vuelven a repetir cíclicamente en el tiempo, no obstante en la época que vivimos. Hoy la situación es muchísimo más compleja. En algún momento de la historia de este país, el número de habitantes de Santiago era del orden de 2,2 millones; en la actualidad, sin embargo, debe ser un número dinámico en el rango 6,0 a 7,0 millones, es decir estamos insertos en otro problema y nuestra primera interrogante es: ¿Contamos con las habilidades, talentos, infraestructura, presupuesto, cuerpo académico, alumnos motivados, núcleos familiares estables, ingresos razonables y estabildades laborales, entre otros elementos para enfrentar este magno desafío. Tememos que la respuesta a esta interrogante compuesta es simplemente NO.



No es la idea, estancarse en una serie de problemas no resueltos a tiempo, tampoco hacer anuncios destemplados, menos invocar mayorías relativas circunstanciales entre otros elementos para dejar todo como está y no mirar el futuro con una sonrisa y optimismo. Hemos avanzado en la adquisición de bienes de consumo tecnológicos, sin embargo, ¿a nivel país, es lo señalado válido cuando se habla del cultivo incesante de habilidades duras y blandas? ¿Estamos en condiciones de innovar y de crear nuestros propios bienes y servicios, en forma inclusiva, evitando minimizar a nuestros semejantes solo por pensar distinto?

Hemos llegado al mes de diciembre y, estamos a pasos de comenzar los procesos de admisión a los diversos niveles de enseñanza en el país. Así, se constata cómo agrupaciones de personas – en movimientos organizados y otros distintos- se han ido tomando la agenda de la discusión con un conjunto de adjetivos quizás no tan ponderados y señalando con el "dedo acusador" a aquellos que han realizado un esfuerzo por mejorar y contribuir a una serie de procesos educacionales a nivel país. Hoy existen un número mayor de profesionales en todas las áreas del saber y, en parte el sector privado ha jugado un rol significativo en su formación y en sus expectativas de vida. Respecto de los profesores, es simplemente inaceptable que se viertan frases con poco fundamento y generalizaciones respecto de su quehacer.

La invitación es a conocernos y de esta forma, comenzar a "emparejar la cancha de la academia" con elementos de juicio apropiados y optimizando la función adecuada con el propósito de lograr el mayor y mejor beneficio.



La tarea es formidable y en consecuencia se precisa del concurso de los mejores dotados y con amplia experiencia en procesos educativos exitosos y, en labores pro-activas relevantes. No es un tema simple de "dibujar a nivel de boceto intelectual" en nuestros cerebros, considerando que la diversidad es aconsejable para lograr una sociedad equilibrada e integral en permanente y continua evolución.

Son diversos y variados, las interpretaciones y adjetivos empleados para modelar la realidad actual de la calidad, exigencia y oportunidad de la educación en nuestro país. Algunos piensan que es un problema sin solución, en un tiempo prudente, otros que una inyección de recursos frescos sea el fusible que permita gatillar los cambios señalados y declarados, otros intentan sorprendernos con declaraciones: –" todo lo realizado está malo" – lo cual es, por definición una contradicción vital.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Es preciso entender que la educación de nuestros jóvenes y adultos (incluidos los de la tercera edad) es esencial para el avance regular, sostenido y dinámico de la nación. Un país con un sistema débil en este ámbito, es por definición "sub desarrollado" y, está al margen del progreso. Nadie podrá sobrevivir vendiendo exclusivamente "materias primas e ítems relacionados", de igual forma constatamos como el sueldo de este país continúa en su origen y naturaleza saliendo de la explotación de los recursos metálicos, especialmente del Cobre. Se habla de las exportaciones no tradicionales, sin embargo la cuantía es relativamente baja y se requiere de un cambio cualitativo y cuantitativo de proporciones, siendo indispensable una re-ingeniería a gran escala de modo de allegar a nuestro erario, los recursos que precisamos para evolucionar.

En estas condiciones, una educación de calidad es indispensable, en consecuencia nos preguntamos – sin recibir, respuestas adecuadas- ¿Qué es lo que los Gobiernos, Poderes del Estado, Colegios Profesionales y Ciudadanía, no hemos realizado adecuadamente para que nuestro desarrollo no sea el deseado y anhelado? ¿Puede ser lo anterior aceptable?.

Nosotros, sin exclusión alguna, somos junto a la naturaleza, los elementos que dan vida a esta bella nación, pero se teme que lo realizado sea insuficiente sin haber acometido un seguimiento exhaustivo y acucioso de lo logrado y, que parte de lo realizado lo fue en forma desprolija. El proceso de seguimiento y de evaluación no se observan ausentes, sino tenues, lo cual impide disponer de los elementos necesarios para abordar procesos dinámicos de innovación con retroalimentaciones regulares y sostenidas en el tiempo.

Una situación similar, pero no idéntica ocurre con temas país, tales como salud, previsión, vivienda, impuestos entre otros factores a ser incluidos. Constatamos que la regla general que debe dominar a los acontecimientos, a través del dialogo, ha sido superada negativamente y no es capaz de encauzar los procesos correctamente, como lo es en toda sociedad organizada.

Nuestra mirada hacia el futuro es de muy corto alcance y todo indica que tendemos a ser reactivos y no pro-activos, como lo exige el mundo actual. Como ejemplo, podemos mencionar la eterna discusión relativa a fuentes energéticas (renovables y no renovables). No es posible vivir del pasado, debemos aprender de la historia pero con una mirada hacia el futuro. Al parecer, algunas personas se contentan con hacer relatos y darnos a conocer sus experiencias de lo que se hace en países desarrollados, sin embargo, Chile tiene su propia historia e idiosincrasia, todo lo cual debe ser considerado en nuestros diseños y mapas mentales.



Es urgente declarar que este no es un tema de debate como tampoco de imposición política simple, por cuanto se trata de nuestro futuro y el de nuestros descendientes lo que está en juego. Leámos rápidamente una declaración de principios, la cual nos aconsejaba que "no basta con dejar un mejor planeta para nuestros descendientes, sino que debemos dejar a mejores personas para que ellos cuiden y preserven el orden natural de las cosas", dando paso a la preservación y cuidado del planeta. No tiene sentido culpar y hacer una serie de diagnósticos, entregando diplomas de competencias en el área de la educación, por cuanto la Academia se Vive y, se Nace y, se Muere en este mundo de la creación y de la transferencia de este bien intangible, conocido como "conocimiento de frontera".

Realicemos un simple juego, el cual nos permitirá entender la complejidad del problema que deseamos desarrollar, supongamos en un tiempo dado,  $t_0$  que el conocimiento promedio de los alumnos en el aula de clases sea  $i_0$ , el del docente  $I_0$  y el conocimiento – en el mismo tema de la clase- en el orbe sea  $I_0^{(1)}$

Si se cumple la desigualdad:  $i_0 < I_0 \ll I_0^{(1)}$ , (lo cual es invariablemente así en un comienzo del proceso educativo) y no estrechamos los índices a lo más posible, al final del proceso, entonces nos enfrentamos a un problema de envergadura de solución no trivial y tal vez, no soluble en nuestras vidas.

Lo que estamos diciendo es que - en un tiempo dado- el conocimiento del profesor debe ser muy superior al promedio de sus alumnos, lo cual debe ser transferido en el aula en su máxima expresión. De igual forma, si el nivel del profesor en la disciplina es mucho menor que lo que se conoce en el mundo, en ese momento, entonces sus lecciones son en extremo básicas y poco realistas; por lo tanto ojalá -  $I_0$  pudiese acercarse lo máximo posible a  $I_0^{(1)}$ . Así, si bien la eficiencia en la formación de los alumnos es muy debatible, no cabe duda alguna que lo que están recibiendo, es de segundo orden y por lo tanto despreciable.

¿Es posible mejorar esta condición extrema? La respuesta es SI, se requiere que los profesores realicen investigación y en consecuencia den un uso digno y honorable a las aulas de clases.

Se requiere, de un aprendizaje en la frontera del conocimiento y, es esto precisamente lo que necesitan nuestros jóvenes para ser capaces de innovar y crear tecnologías, incursionar con éxito en el mundo de las humanidades, etcétera.

Precisamos de alumnos que alcancen un desarrollo integral y de la mejor calidad posible. El conocimiento debe, necesariamente ser de carácter transversal y cubrir áreas diversas del saber. Estos educandos deben ser doctos, probos y creativos, y sean capaces de contribuir a mejorar la calidad de vida de sus semejantes, creando entornos virtuosos, inyectando en los ciudadanos de la nación cuotas importantes de alegría y de sentir que el trabajo realizado es de calidad.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Esto no es un simple tema económico, como algunos –se supone con buenas intenciones– creen, por cuanto el conocimiento, el deseo de vivir, la necesidad de trabajar en equipos, lo esencial de la creación, el culto de las humanidades, de la música y de tantas otras manifestaciones del saber no se compra, sino se adquiere en primer medida en el seno del núcleo familiar.

Incomoda escuchar a personas que no gozan de la humildad necesaria para dar “paso” a los ilustrados de la cuna misma, para los cuales el servicio público comienza con una buena salud, educación y especialmente un buen hogar. Deseamos sumar las bibliotecas y el acceso a la sociedad del conocimiento, sin embargo es igualmente necesario entregar los elementos sustantivos que dan base a estos escritos; salir de los diagnósticos e ingresar directamente a las posibles soluciones de este gran problema.

En secciones anteriores, elaborábamos algunas ideas con referencia al perfil de profesores y alumnos que precisamos como nación para alcanzar niveles de desarrollo importantes, en un período de tiempo razonable. En este punto de la discusión, es importante destinar algunas líneas ilustrativas de perfiles de profesores y alumnos, de modo de lograr niveles de desarrollo que nos permitan evolucionar a lo largo de la coordenada del tiempo.



El país no puede como tampoco debe contentarse con lograr metas intermedias entre el sub-desarrollo y el desarrollo, por la simple consideración que las necesidades de presente y del futuro serán cada día, mayores y, los recursos disponibles menores.

Recordemos que en estos momentos, la población de la nación es no inferior a 17 millones de habitantes. Esto plantea desafíos de envergadura, en una diversidad de áreas, y la necesidad de formar profesionales con altas exigencias, calificaciones y competencias apropiadas. Los profesionales a ser formados en los diversos niveles de la educación deben ser competitivos y ser capaces de lograr metas importantes, las cuales potencialmente, consoliden al sector productivo nacional y en el umbral de sus carreras, aporten a las tecnologías del conocimiento.

Se requiere de una mirada distinta y de un debate ilustrado con respecto del tipo de profesionales que el país precisa para enfrentar los desafíos del presente y del futuro inmediato. La exigencia global dice relación con elementos, tales como: calidad, excelencia, eficiencia y oportunidad para generar los bienes que serán necesarios para criterios de sustentabilidad y de proyección en el tiempo en las áreas que la sociedad y el Estado observen

A modo de ejemplo, el debate ha sido intenso en áreas, tales como: mitigación ambiental, recursos energéticos, tecnologías de la información, materiales y nano/bio-tecnologías, entre otras áreas del conocimiento. El diagnóstico en cuanto a disponer, de una educación de calidad y de excelencia a nivel país ha sido realizado en diversas oportunidades por diversos autores y grupos de opinión y es evidente que se deben inyectar cantidades significativas de recursos. De igual forma, precisamos de maestros y discípulos, comprometidos con las exigencias comentadas y dispuestos a aportar a la sociedad y sus constituyentes de un sistema más justo, competitivo y creativo (emprendimiento real y efectivo en la creación de nuevos bienes) y, cuya mirada aborde y se centre en las mejoras precisas a realizar en el presente y en el futuro cercano.

Los países tienen sus ordenamientos institucionales y funcionan liderados por sus Gobiernos, en consecuencia, al sector educacional, le corresponde hacer bien su trabajo y persuadir a los miembros de dichos poderes con respecto de las urgencias y necesidades que la Academia requiere para dar cuenta de resultados loables. En este punto, a nivel de la educación superior, tal vez sea necesario reflexionar con respecto de la necesaria relación Universidad-Empresa-Estado, por cuanto acciones mancomunadas de esta envergadura han demostrado ser exitosas en la medida que concurren recursos humanos e infraestructura de alta sofisticación. A la Academia le es imperativo ganar confianza del Sector Privado lo cual permite llevar a cabo, y en conjunto, proyectos de gran tamaño y complejidad, de mutuo interés. Así ha sido la experiencia histórica en muchos países. De lo señalado se deduce la urgencia y necesidad que se logre un nuevo trato, el cual posibilite el ingreso de recursos frescos al sistema educacional de la nación.



En todas las sociedades en el orbe, se constata la existencia de sensibilidades distintas, sin embargo, los países desarrollados exhiben una importante participación de capitales privados y de convenios internacionales de modo de llevar a cabo realizaciones y proyectos de la envergadura que se avizora en el futuro cercano. No es posible realizar solo “marketing”; en el mundo actual se precisa que, estas grandes campañas de posicionamiento de los productos, vengán acompañadas del aval de la calidad y excelencia.

Eficiencia y Responsabilidad por ambos lados, son dos conceptos claves y mínimos para encauzar el desarrollo. No es acertado y menos juicioso, pretender avanzar sin considerar exhaustivamente el quehacer y hacer de la competencia, por cuanto precisamos liderar procesos y no ser parte de la segunda o tercera división, la cual solo aporta bienes de servicio y recursos naturales en acelerada extinción. Se trata, por lo tanto de jugar con las reglas del mercado, pero al final del día ganar.

Debemos, en consecuencia, levantar y desarrollar proyectos con un alto valor agregado en los cuales seamos altamente competitivos y capaces de generar productos nuevos y eventualmente alcanzar posiciones de liderazgo en los ámbitos de nuestra competencia.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

De la lectura de los antecedentes de más arriba, pensamos que hemos hecho mención a algunos de los formidables eslabones, con el objetivo de enfrentar exitosamente el desafío de lograr en nuestro país, una educación de calidad y excelencia.

Los años desde el pre kínder hasta el octavo básico son fundamentales para ir creando mapas mentales, hábitos y costumbres que faciliten y motiven a los (as) alumnos (as) a comenzar con las asignaturas del nivel siguiente. Las esperanzas de la sociedad residen en que nuestros estudiantes logren, después de la educación media alcanzar los niveles adecuados para continuar a nivel superior en la escalera educacional, logrando ingresar a Institutos Profesionales o Universidades. En este punto, el sistema permite que un(a) alumno(a) realice estudios, de a lo menos 4 años en un Instituto Profesional y posteriormente en un Plan de Continuidad de Estudios (o equivalente) ingresando a la Universidad de modo de concentrar sus energías para obtener el título universitario. El período señalado desde los niveles de pre kínder hasta cuarto medio es, siendo un buen estudiante, entre 13 a 14 años.

Este es un período relativamente largo de tiempo, el cual debe ser aprovechado al máximo, incentivando al estudiante a tomar desafíos de mayor envergadura. Para estos efectos, debe realizar el máximo esfuerzo en el nivel educacional correspondiente junto al apoyo familiar

Diversos análisis de evaluación de esta plataforma de estudios, indican inequívocamente numerosos elementos distorsionadores, que se supone son de natural ocurrencia, pero que es conveniente y oportuno señalar. Entre estos, es posible referirse a: (a) el nivel de rendimiento logrado, en promedio por los alumnos, es más bajo que lo deseado con gran dispersión en sus resultados, (b) carencias e incumplimiento de planes y programas de estudios, práctica que anticipa exiguos resultados (evidenciables en pruebas nacionales o internacionales), (c) repetición y ausentismo, (d) número de estudiantes por sala elevado, (e) falta, en muchos casos, de entusiasmo por aprender, (f) profesores, con una motivación discutible, por la carencia de recursos de infraestructura y de bajas remuneraciones, sumado a una elevada carga docente, (g) profesores agotados por largas y extensas jornadas de trabajo; consecuentemente, carencia de una dedicación adecuada a su vida familiar y de recreación, (h) ausencia de incentivos para mantener un nivel de perfeccionamiento razonable, etcétera. A lo señalado se deben sumar, inequidades inherentes del sistema educacional, las cuales generan escenarios complicados de resolver. Es evidente que falta "pensar en grande" y lograr ajustarse a indicadores de desempeño, los cuales son naturales en toda labor y más aún cuando se trabaja con jóvenes en formación. ¡El maestro siempre debe ser líder y debe reflejar en sus estudiantes, el sello de la meta que se desea alcanzar!

Tal vez y, como toda obra humana que es perfectible, podemos comenzar a alejarnos de los diagnósticos y pasar directamente a explicitar el tipo de profesores que necesitamos y la calidad de los alumnos exigible para ser capaces de dimensionar el problema que enfrentamos como sociedad y comenzar a trabajar en soluciones claras, concretas y suficientemente experimentadas.

Esto se logra, en teoría estudiando y concluyendo a la luz de los resultados que deseamos, disponer de perfiles de profesores, alumnos y autoridades académico-administrativas, los cuales puedan ser definidos por su esfuerzo, compromiso e integridad. Uno de los criterios externos a considerar es que estamos inmersos en un mundo de oportunidades que no podemos "dejar pasar pero que a la vez, es un mundo de competencias". Es estar alineados – en una ventana de tiempo razonable – con los progresos obtenidos en el orbe y de esta forma, quedar en igualdad de condiciones, o aun de ser posible en mejores condiciones transversales con el propósito de ser altamente competitivos.

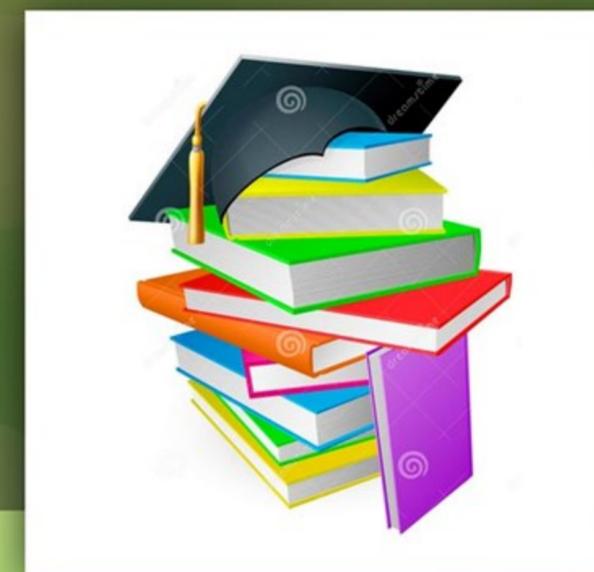
Es posible que se argumente que estudiamos, simplemente para obtener un mejor nivel de vida para nosotros y nuestras familias, sin embargo esta visión es más bien simple y poco realista en el mundo actual. Precisamos aprender las nuevas tecnologías y lograr liderazgos en áreas en las cuales somos competitivos, por lo tanto la educación debe ser definida en un sistema de coordenadas móviles, es decir dinámicas en el cual nunca sabremos lo suficiente y por lo tanto, el estudio y el perfeccionamiento permanente es la elección para avanzar por el camino correcto.

Cuando avanzamos hacia la educación técnico-profesional y/o superior en Centros de Investigación y Universidades, aparece con mayor claridad lo que debemos hacer para alcanzar estándares adecuados y exigibles en toda economía dinámica y de alta exigencia en calidad. A esta altura de la discusión, anticipemos la definición de los perfiles requeridos en cada etapa de la escala educacional:

(A) Perfil de los Estudiantes.

-El estudiante desde sus primeros pasos en el aula de clases y en los laboratorios, debe haber sido adiestrado para tomar conciencia/ darse cuenta, de las maravillas del saber y del pensar en temas y en el entorno privilegiado en que se encuentra, propios de su desarrollo.

-Se espera que, en forma regular y sostenida, que parte fundamental de su formación aprendida en su hogar y en las aulas de clases, junto a sus maestros, conduzca al objetivo maestro de obtener un recurso humano capaz, sincero, competente, hábil y consciente para comprender y mejorar su entorno. Lo anterior, a partir de este punto inicial, debe poder sostenerse en los distintos peldaños de la escala educacional (pirámide del saber).



# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

-Idealmente, el estudiante debe ser seducido por la "Creación" y la constante búsqueda de las preguntas adecuadas para incursionar en el mundo de las respuestas, en conformidad a las reglas del método científico, cuando resulte ser aplicable.

-Los factores de ponderación deben ir acompañados y en conformidad con su edad, madurez, ambiente familiar, entorno, bibliotecas, acceso a recursos audiovisuales y otros elementos que contribuyan a su progreso regular y sostenido.

-El estudiante debe ser introducido desde pequeño a la vida de libertad, la cual solo es posible obtenerla a partir de una base de conocimientos y vivencias, vasta y sustentable.

-El empleo adecuado de su idioma y la introducción a lo menos a otra lengua, en sugerencia inglés, permitirán que la barrera idiomática no sea un obstáculo en su formación, por lo contrario, debe constituir, desde un principio una herramienta deseable de contar por "todo y todos" los estudiante(s). El estudiante debe aprender desde sus primeros pasos, además de su idioma nativo, otro de validez universal, por ejemplo inglés, para lo cual es relevante que se produzcan cambios importantes en las mallas curriculares y planes de estudio.

-Dotado de lo señalado en los párrafos anteriores, resultará importante constatar que el alumno, una vez aprendido el camino virtuoso, sea capaz de comenzar aventuras intelectuales de envergadura. Y deberá asimismo, por tanto, saber comunicar lo que sabe, pensar lo que quiere y desea decir, ser comunicativo y usar para ello un lenguaje adecuado.

-El Estado y la Comunidad como un todo, juegan un rol sustantivo en estas áreas en las cuales la formación apropiada del recurso humano es vital para dibujar un perfil del estudiante que se requiere acorde al avance científico, tecnológico, humanista, artes y letras, etcétera..

## (B) Perfil de los Profesores

-Aparece importante señalar que un docente no comprometido con su rol con los alumnos y la sociedad como un todo, carece de las competencias para desarrollarse en este camino de la enseñanza de contenidos, valores y principios que los educando deben adoptar, lo cual no conduce a un aporte positivo.

-A nivel docente, es imprescindible saber y ser capaz de anticiparse a escenarios no necesariamente esperados en las distintas ramas del saber. Para estos efectos, la formación y preparación individual del docente debe ser rigurosa, analítica y fuertemente enraizada en investigación de frontera y en las relaciones "causa-efecto". El docente en ejercicio, podría aún más, eventualmente, proseguir un semestre adicional en una Institución donde fuese adiestrado en los métodos de enseñanza y de transferencia de los conocimientos de frontera a los alumnos.



Debe existir por parte de las Autoridades Gubernamentales una estrategia de auto evaluación relacionada con el mérito y política docente aportes adicionales a aquellos buenos maestros que demuestran su entrega durante una gran parte de sus vidas en el aula en beneficio de sus alumnos.

-Así, dado lo anterior, se espera contar con personas que cumplan plenamente el rol docente, que sean a su vez acogedores y motivadores para sus estudiantes. Por tanto es imprescindible imprimir y tomar conciencia de este rol y actitud a objeto de enseñar y lograr instalar en los alumnos el "saber y conocer" representados en los contenidos de las materias y en la conducción del líder, es decir sus maestros. Los docentes deben ser capaces de identificar falencias en planes y programas e interesados en subsanar dichas deficiencias y no considerarlas problemas sino desafíos de su quehacer. En estos términos de superación, deben existir actividades grupales regulares en el tiempo, en varias instancias, en las cuales sea posible el compartir experiencias, buscar soluciones; con sus pares intercambiar ideas y valorar proyectos en búsqueda de mejoras educacionales.

## (C) Perfil de las Autoridades Administrativas Superiores

Los administrativos superiores son líderes reconocidos por sus talentos y capacidades en forma transversal. Deben ser los íconos de personajes dotados de sabiduría, prudencia y acogedores de ideas frescas de sus profesores y alumnos. La Comunidad Académica, reconoce a estos perfiles, los cuales se han formado después de muchas décadas de esfuerzo, dedicación y trabajo en aulas y terreno con alumnos diversos. Estas personas han dirigido proyectos educacionales de envergadura, los cuales han sido exitosos y son reconocidos por su actividad. Son capaces de identificar nichos de mercado y de creación. Trabajan en terreno junto a profesores y alumnos, participando de nuevos proyectos y haciendo los esfuerzos por materializar estas ideas y proyectos. Lideran procesos complejos y son ampliamente reconocidos como tales por sus obras y experiencias en la sociedad.

En las secciones anteriores de este ensayo, hemos realizado un análisis, necesariamente incompleto de la situación referida a educación en nuestro país intentando, aproximarnos a perfiles de miembros de la comunidad académica. Este proceso por ser complejo, requiere de los ingredientes adecuados para dar vida a una plataforma viable, tanto en infraestructura como en recursos humanos. De igual forma, se presentan a diario una cantidad importante de diagnósticos de personas y agrupaciones profesionales, centros de pensamiento y de reflexión, nuevos paradigmas y una variedad de parámetros que es preciso optimizar en la función (C/E), es decir calidad y educación.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Debemos reiterar que nuestro análisis surge de nuestra experiencia en las aulas de clases, en laboratorios, centros avanzados de investigación, producción científica y humanística, es decir de un conjunto de actividades que han marcado la vida universitaria en un país como es Chile, donde siempre ha sido posible la toma de decisiones adecuadas.

A contar de este punto, nos focalizaremos en la educación de nivel superior y los grandes desafíos que se enfrentan y que, ciertamente dicen relación con la calidad de los profesionales formados y los que están en dicho proceso; los llamados a contribuir para elevar la calidad de vida de los habitantes de este país.

En este punto, el denominador común es la investigación pura, aplicada y en ciencias sociales, el arte y la cultura, base para desarrollos de importancia.

Al respecto, existe un diagnóstico a nivel de la sociedad, bastante razonable con referencia a la urgencia y necesidad de realizar investigación de alto nivel, medida por estándares universalmente aceptados. A la fecha, la base de datos más completa conocida, es la del Instituto de Investigación Científica (ISI), empleada como referencial para juzgar el valor de los trabajos realizados por científicos.

En función de estas bases de datos se ha llegado a clasificar y listar las Instituciones ("ranking") de Educación Superior, por la clasificación según relevancia de las revistas donde sus investigadores publican.

Es universalmente aceptado que dichos resultados publicados dan un reflejo tanto a nivel nacional, regional e internacional del modo y nivel de cómo estamos haciendo las cosas, como un aporte al "conocimiento" universal.

Con la misma fuerza de lo expresado, partimos de la base que las personas que trabajan en la educación superior deben compartir la misión y visión que, sin la labor de investigación no es posible saber si su aporte docente es coherente con el progreso y dinamismo intelectual exigible. Este es un elemento que es preciso abordar y donde se deben crear indicadores de medición de lo que es permisible y/o no permisible a enseñar, en el mundo de la educación superior.

Es importante señalar el hecho conocido que los intelectuales precisan de condiciones especiales para realizar sus trabajos. El pensar y hacerlo bien, es un "talento inherente" a determinadas personas, por lo tanto es preciso entregarles las herramientas necesarias para obtener el objetivo maestro, tema que no fue suficientemente abordado en el pasado. La preservación del recurso humano calificado y reconocido por sus pares ayuda a abrir paso a los grandes desafíos y a sus posibles soluciones. Las Instituciones deben ser audaces y captar el mejor material humano, de modo de lograr niveles razonables en calidad y excelencia.

Es esperable, reconocer que no todos, estos grandes pensadores, aún siendo buenos investigadores, sean capaces y competentes para realizar una transferencia efectiva de conocimiento de frontera a sus estudiantes. En este tipo de situaciones será preciso conformar o reforzar grupos docentes en beneficio de la impartición de la enseñanza, sin perjudicar la investigación

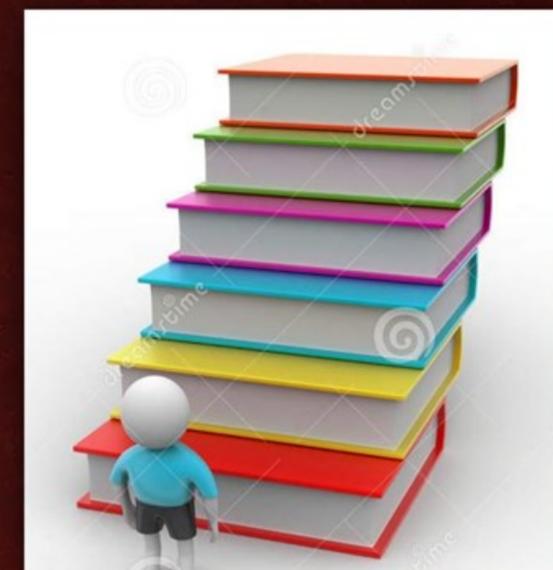
El éxito de una Institución se mide necesariamente por los profesionales del presente y del futuro, con el talento, competencias, capacidades de creación y que a través de su "expertise" puedan, una vez integrado en una Institución generar valor agregado para ésta.

Son diversos y complejos los elementos que deben ser considerados para producir estos profesionales pero es preciso realizar dicho esfuerzo formativo, exigiéndoles, pero también "seduciéndoles" al observar y examinar con sus profesores fenómenos de complejidad de su área de interés; adicionalmente invitándolos a una metodología de trabajo cuyos resultados sean de primer nivel y evidenciados.

Estamos convencidos que es preciso trabajar en la calidad de la educación, aunque paralelamente incorporando herramientas de investigación desde los inicios- primeros pasos- de nuestros estudiantes.

Hay quienes hablan de la necesidad de realizar investigación bien definida y en sintonía con las necesidades actuales y futuras del país; otros de que cualquier tipo de investigación "básica o aplicada de alto nivel. Desde nuestra visión, este tipo de aseveraciones deben ser analizadas con cuidado; por mucho tiempo estas premisas están en discusión, pero el crecimiento de las Universidades en el mundo, incluidas las Chilenas se ha basado en el desarrollo de ambos enfoques.

Nuestro sistema de financiamiento está fundamentalmente basado en los fondos que, el Estado está en condiciones de otorgar para incentivar políticas agresivas y de creación de nuevos conocimientos. Hemos escuchado por décadas, la débil interacción entre el Sector Productivo y las Instituciones de Educación Superior, siendo éste un tema de la máxima relevancia. Lo anterior, por cuanto es precisamente el Sector Productivo quién capta a los titulados de las diversas Instituciones de Educación Superior, Instituciones Profesionales, Centros de Formación Técnicos y Escuelas Industriales.



En Chile es CONICYT, el organismo encargado de administrar los fondos del erario para financiar a investigadores, proyectos, becarios, compra de instrumental de alto costo, etcétera. Tiempo a la fecha, se planteó la necesidad de avanzar en la llamada carrera del investigador, con el propósito de premiar a los mejores investigadores activos a nivel del país.

Sin embargo, la primera prioridad es realizar más y mejor investigación, recibiendo los aportes suficientes para acometer una tarea de esta envergadura. Chile precisa de una visión holística, rigurosa y crítica si desea emerger como país efectivamente desarrollado.

Carecemos de industria pesada, como también del desarrollo de alta tecnología y sus productos. También, sabemos que pequeñas agrupaciones, denominadas "pymes" son en su defecto, organismos del aparato productivo que crean una gran cantidad de trabajo. La paz social debe ir acompañada por trabajo digno y creativo y, esto significa un cambio drástico de paradigma.

No es nuestro ánimo el polemizar con respecto de este tema, pero sí podemos decir que el diagnóstico común es claro y preciso, en consecuencia creemos convincente plantear soluciones coherentes a los requerimientos de una sociedad tan que desea progresar, como lo es nuestro país.

# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Cuando se afirma lo señalado en el párrafo anterior, debemos visualizar que existen necesidades y urgencias muy importantes a nivel de la sociedad. Nos encontramos en un mundo con recursos naturales escasos y otros en extinción, en consecuencia entre otros, los temas de energía e hídrico son monumentales. De igual forma, vemos cómo avanza inexorablemente el consumo de éstos, sin propuestas innovadoras para enfrentar estos desafíos.

Aparece evidente que respecto a dichas necesidades y otras, debiesen darse respuestas ahora y, generar el consenso, como función de todos que se debe educar, orientar y convencer a la sociedad de sus potenciales y limitaciones desde ahora y para mañana. No es posible imaginar una sociedad "sana", sin disponer de agua, energía y niveles razonables de indicadores de salud.

Las políticas públicas deben estar al servicio del bien común, sin embargo, deben ser discutidas con todo el rigor y la acuciosidad en los organismos que la misma Constitución de la Nación ha creado para estos efectos. Siempre será posible perfeccionar estos estudios y diagnósticos, pero existe el temor fundado que para estos efectos se debe contar con las credenciales académicas apropiadas.



El no hacerlo y basar nuestras opiniones en estudios incompletos es un error de envergadura. El Gobierno de la Nación debe orientar la discusión donde corresponde y los ciudadanos debemos ser en extremo cuidadosos en el estricto respeto por el ordenamiento que apunte en lo cualitativo y cuantitativo hacia la formación de una Sociedad Organizada. A pesar que nuestra población, en comparación a otros países, representando menos que 17 millones de personas, no es desbordante", sí no disponemos de los cuadros humanos calificados y faltos de soluciones, debemos esperar un mal resultado con las consecuencias que esto significa para el país y su desarrollo. Hoy en día, la evolución y la involución van de la mano, en consecuencia, es preciso avanzar pero pisando sobre suelo firme.

En nuestro país el asegurar la calidad, excelencia, eficiencia y pertinencia de las diversas carreras universitarias que se imparten es supervisada oficialmente por una entidad gubernamental, la Comisión Nacional de Acreditación (CNA). Tiene esta función como responsabilidad principal, además, su misión es la de establecer una estrategia de trabajo coherente y en evolución en el tiempo, la cual permita a estas Instituciones lograr sus objetivos fundacionales.

Esta Comisión ha estado trabajando en establecer criterios para la acreditación de carreras universitarias de pregrado con definiciones que se asume entren en vigencia a contar del segundo semestre de 2015.

Al ser formalmente aprobados, serán los constituyentes esenciales de todo proceso de acreditación de las Instituciones de Educación Superior, discontinuando más de 20 pautas anteriores.

En términos generales, los criterios en cuestión y debate son divididos en tres categorías:

- (A) Propósito e Institucionalidad de la carrera o programa
- (B) Condiciones de Operación
- (C) Capacidad de autorregulación.

En (A) es posible mencionar: propósitos, integridad, perfil de egreso, plan de estudios, vinculación con el medio. Con respecto de (B), podemos explicitar los siguientes ítems; organización y administración, personal docente, infraestructura y recursos para el aprendizaje, participación y bienestar estudiantil e investigación por el cuerpo docente. Finalmente en (C) efectividad y resultados del proceso educativo y autorregulación y mejoramiento regular y sostenido (continuidad en tiempo real). Así, algunos aspectos fundamentales de estos nuevos criterios implican considerar: (a) existencia de un núcleo docente estable y contratado por horas, (b) vinculación de la Institución con el entorno (sector público y privado) y (c) perfiles de egresos claramente definidos.

A partir del análisis de los parámetros, a ser eventualmente incluidos en los nuevos procesos de acreditación, se imprime el deseo de "levantar la línea base de exigencias" de modo de cerciorar la calidad del ofrecimiento educacional y la futura empleabilidad de los profesionales que se titulan de diversas Casas de Estudios Superiores.

A partir de esta base se deduce que la metodología de trabajo para las Instituciones que no reciben aportes estatales deberá ser revisada acuciosamente, de modo de satisfacer las exigencias y simultáneamente poder mantener la viabilidad de los proyectos en marcha así como de eventuales propuestas a carreras de pregrado y de postgrado, entre otras, ahora en mayor concordancia con los avances en ciencias, tecnologías, ciencias sociales, artes, letras y humanidades, etcétera. No es aconsejable olvidar que existen grupos importantes de profesionales a nivel de la sociedad que se han formado en las Instituciones no tradicionales. En este punto del desarrollo, se sugiere la necesidad de encontrar un "justo balance" de lo realizado, tanto a nivel del sector público como del sector privado, por cuanto el sistema privado ha abierto posibilidades interesantes, tanto a académicos, alumnos y personal de servicio el cual está siendo sometido a exigencias superiores.

Es importante, realizar un catastro de los académicos que trabajan en el sector privado, los cuales, por definición fueron formados en las Instituciones de Educación Superior Tradicionales, salvo situaciones excepcionales, en el ciclo previo a la obtención de grados académicos superiores (proceso que comenzó a ser realizado a nivel de grados de Doctor en el extranjero). Estos académicos trabajan en diversas modalidades, sea en el sector de educación o profesional, en consecuencia su aporte ha sido significativo, de manera que han incidido favorablemente, en forma regular y sostenida sobre los atributos que por hoy exhiben numerosas Instituciones.



# COMPROMISOS CON LA EDUCACIÓN

Estos esfuerzos, en un proceso de aseguramiento de la calidad, han entregado frutos en el hacer y quehacer de muchas Instituciones de Educación Superior. Es imperativo, en todo proceso de acreditación (aseguramiento de la calidad) disponer de los más talentosos y darle el “valor país” que estos procesos merecen.

Existe, otro elemento adicional que, a nuestro juicio debe ser considerado: “los procesos de aseguramiento de la calidad, deben ser continuos en el tiempo y auditados en períodos de tiempo de 3 a 5 años, de modo de cerciorarse del cumplimiento de todos y cada uno de los indicadores a ser empleados en cualquier sistema de acreditación serio a nivel país”. Parecería resultar no muy convincente que la Comisión de Acreditación se quede con una “instantánea” de la situación multivariable de una Institución de Educación Superior y vuelva a un proceso desgastador de acreditación después de 5 o más años. Esta reflexión es interesante y desafortunadamente no ha tenido la acogida que muchos esperábamos para implementar este tipo de procesos.

El ciclo completo, desde el inicio de los estudios siguiendo hacia etapas de la vida laboral, marca un parámetro que debe ser empleado para analizar con esmero, formalidad y cuidado lo realizado por el Sector de Educación Superior a nivel país.

Hemos asistido a un debate difícil, por cuanto no existe espacio para improvisaciones y tenemos la convicción que en una serie de áreas, se está actuando en forma relativamente desprolija al no considerar solemnemente, estudios serios con relación a la calidad y empleabilidad de los egresados. Se trata de un problema país, el cual merece una solución integral escalonada en el tiempo, de modo de salvaguardar lo más noble del acto de enseñar y educar, con la consecuente formación de profesionales.

Finalmente, el tema de la Universidad en nuestro país no ha recibido, en nuestra opinión, un trato digno y justo. Somos muchos los que trabajamos día a día con gran amor y pasión por sacar proyectos de envergadura con «valor país». No es simple como tampoco fácil, construir sobre terreno poco fértil, Chile como nación se ha dado determinados grados de libertad, en consideración a una aspiración de tantos jóvenes y otros de mayor experiencia y vida, los cuales desean con grandes esfuerzos y sacrificios progresar en la escala social, obteniendo una educación no secundaria pero a la vez, esperando una mejora en todo el nivel terciario.

La Universidad, los Institutos y Centros de Formación Técnica han sido los lugares elegidos para comenzar una vida de sueños, esperanzas y con un objetivo maestro, el cual consiste en obtener sus títulos y grados académicos que los validen en el mercado y sociedad, de modo de contribuir con conocimiento experto a sus familias y país. El camino no es fácil y todas las Instituciones deben hacer un esfuerzo en mejorar día a día su quehacer en beneficio de sus estudiantes, futuros profesionales.

Lo señalado en los párrafos anteriores, es válido en cualquier actividad que desarrollemos y nuestra palabra empeñada debe ser más importante que nuestras firmas y/o rúbricas.





**Miguel Jordan Zimmermann**  
Dirección Investigación e Innovación  
Universidad Mayor

## Algunas consideraciones en torno al Fortalecimiento de Actividades Académicas en una Institución de Educación Superior

Una mayor interacción con la Empresa, en aspectos específicos, ayudará al desarrollo de proyectos conjuntos apoyando el financiamiento de la actividad de investigación. Lo anterior favorece la posibilidad de explorar nuevos nichos productivos o de mercado, o creación de otros nuevos.

### Introducción:

El logro de alcanzar metas e hitos significativos en las diferentes Instituciones de la Educación Superior, es la resultante de acciones y decisiones específicas, no exentas de riesgo y evaluadas y puestas en marcha por las máximas Autoridades Universitarias. Lo anterior, basado en un estudio reflexivo, regular y sostenido y, de un riguroso y exhaustivo examen y evaluación de antecedentes/situaciones a la vista. En el conjunto de una multiplicidad de parámetros de análisis, es esencial el considerar factores de desempeño académico: docencia, productividad científica y/humanista, extensión y difusión, rendimiento estudiantil, calidad, oportunidad y eficiencia de los procesos administrativos, posicionamiento de la Institución, incrementos en valorización en un espacio de tiempo determinado y, finalmente, de una retroalimentación / re-ajuste derivada de la calidad de dichos resultados ("assessment").

Hacia el interior de la Universidad el análisis aplica en particular la mirada al quehacer, accionar desempeño y estructuración de los grupos humanos existentes en las diversas Unidades Académicas, los cuales son responsables de desarrollar las actividades de docencia de pregrado y postgrado, científicas, humanísticas y de extensión. Lo señalado anteriormente, sugiere el surgimiento de otras iniciativas académicas (que una vez plasmadas e instaladas) deben ser igualmente validadas, respondiendo a la visión y misión que la Institución ha declarado desde su etapa fundacional. Estas consideraciones deben ser ponderadas a la luz de los recursos existentes y la evidencia de contar con un entorno que implique disponer de todos los elementos y facilidades cardinales para su logro, previamente definidas. Varias reflexiones podrían ser imaginadas en cuanto al rendimiento referido al fortalecimiento de iniciativas académicas en una Institución Universitaria; en conformidad con su sello institucional.

El fortalecimiento y fortalecimiento académico es de carácter multifacético; de allí que a nivel del presente análisis, solo se hará referencia a consideraciones generales y otras más específicas que, muy probablemente sea razonable analizar con máximo celo y esmero a la luz de la información actualizada disponible.

### 1) Definición de la Política Académica de la Institución Universitaria-

#### Objetivos/Metas/Visión:

Las políticas definidas por una Institución de Educación Superior deben guardar estricta relación con sus declaraciones de misión y de visión. El sello institucional puede ser simple o complejo, siendo la restricción basal la de la calidad y de la excelencia académica. El carácter de la Institución de Educación Superior puede ser de corte humanista, científico-tecnológico y o técnico avanzado. En función de las definiciones basales anteriormente señaladas, las diversas Unidades Académicas (UAs), declaran estrategias y procedimientos con el objetivo maestro de proyectar acciones futuras, relacionadas con un plan maestro y uno de desarrollo estratégico. El auto estudio debe ser una práctica regular y sostenida a nivel de la Institución y de sus responsables.

Al respecto, planes, metas y programas son normalmente retroalimentados y ajustados en atención a una autoevaluación, que debe considerar comparaciones en resonancia con resultados de otras instituciones (estado del arte del mundo Universitario), con consideración a acciones y procedimientos específicos, necesarios y requeridos por la sociedad tanto a nivel nacional como regional.

La Institución es responsable de introducir nuevas estrategias de modo de alcanzar junto a su Comunidad Académica, los desafíos existentes. El análisis del quehacer académico observado, hace posible conocer en tiempo real el nivel de posicionamiento alcanzado y las medidas que es preciso introducir a los procesos de modo de avanzar en el plan maestro institucional. Lo señalado anteriormente, permite realizar los cambios necesarios en lo que dice relación con la oferta académica y la acción oportuna en todos los aspectos de infraestructura, laboratorios, personal técnico, académicos-investigadores y personal de servicio (funcionarios). No es posible

El fortalecimiento y fortalecimiento académico es de carácter multifacético

soslayar los cambios vertiginosos en las diversas áreas del saber, de modo que la plataforma de desarrollo debe ser, por definición dinámica.

Tampoco debe excluirse actividades de servicios a terceros, empleando el conocimiento y la infraestructura de la Institución de modo de generar soluciones prácticas a nivel país.

### 2) Definición de Áreas del Saber a ser impulsadas (Ciencia, Arte, Humanismo):

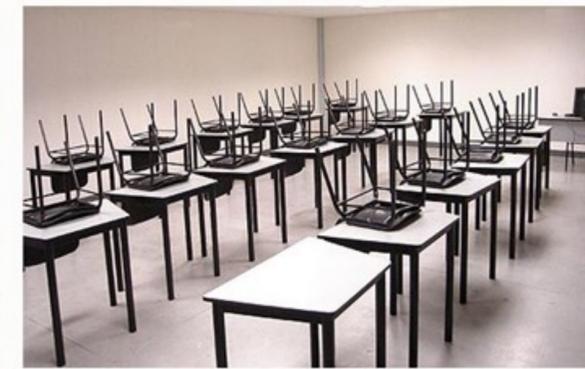
En la carta constitutiva de una Universidad se definen las áreas específicas del saber a promover. Concordantemente, cada unidad académica gobierna las áreas específicas del conocimiento (ciencia, arte y humanismo/cultura), y debe idealmente propender a desarrollarlas por encima del estado del arte contemporáneo. A un nivel secundario, las definiciones a qué áreas concurrir deberían haber considerado las variables referentes a "Nicho / Competitividad / Entorno"; es decir posicionamiento, competencia y exclusión y la situación a nivel extra-universitario. Lo anterior implica que, las actividades a impulsar, "docencia" e "investigación en áreas temáticas específicas" deben ser analizados en consideración a un conjunto de factores. Entre estos factores podrían ser mencionados: (1) la evidencia de la necesidad de impulsar una área o polo de interés para satisfacer el objetivo al cual concurre; (2) las fortalezas del capital humano disponible, (3) el potencial de ganancia a generar en cuanto al logro de nuevo conocimiento u objetivo (4) la autoevaluación global sobre recursos disponibles para alcanzar las metas propuestas.



Cada uno de los factores requiere por tanto ser examinado exhaustivamente. Una "matriz de análisis FODA", entre otras evaluaciones, puede dar luces sobre la instalación de un nuevo programa o proyecto a desarrollar. Ilustrará también sobre ventajas comparativas y limitantes de la propuesta; para alcanzar las realizaciones elegidas. La "elección de la ventana temática" a través de FODA debe permitir también, junto con una instalar áreas de investigación productiva, la consecución de otros logros, por Ej. la posibilidad de formación de post-grado (Doctorado), la conquista de proyectos, y en definitiva el posicionamiento de sus académicos y de la unidad académica a la cual pertenecen a nivel nacional e internacional. Los recursos humanos y las facilidades disponibles, sin duda, son los determinantes en cuanto a posibilidad de logros.

### 3) Innovación:

la innovación ha sido y es por hoy la componente infaltable en cualquier tipo de investigación y de proyectos, de ciencia básica, aplicada y/o de emprendimiento a iniciar. En forma implícita, ahora explícita, siempre ha estado presente en cualquier iniciativa. Por hoy, es más que nunca un requerimiento obvio para participar y aportar en ciencia; lo contrario, la repetición de lo conocido pasa a ser un servicio, el cual contribuye, pero no implica realización productiva en ciencia. Ciencia implicar crear o descubrir algo nuevo. Innovar implica, dar un paso adelante en la búsqueda de la causal de las cosas, de un problema científico o interrogante y de un resultado especialmente significativo.



La resultante de haber encontrado algo nuevo involucra su reconocimiento de publicación en revistas calificadas y reconocidas por la comunidad académica a nivel mundial. Según la magnitud del hallazgo, innovación o progreso, la academia otorga su reconocimiento al aceptar publicar dichos resultados en revistas prestigiosas junto al reconocimiento a la Unidad Académica y Universidad de procedencia, sin dejar de considerar méritos ante el patentamiento. Lo anterior, promueve se inicien nuevas líneas de investigación por parte de los autores, facilitándose la obtención de proyectos, de recursos, y el progreso del equipo de investigadores. En consecuencia, la calidad académica del grupo de investigadores es el primer requisito. En ciencia el grupo que innova, va un paso adelante ante la competencia.

#### 4) Definición de Áreas de Especialización:

Dichas áreas deben ser estratégicas y deben tributar a las líneas directrices de investigación propuesta por la Unidad Académica. La formación de postgrado debe estar asociada al lineamiento o centros de interés. Aun existiendo una sola área de desarrollo inicial, igualmente esta debe dar luz (y no limitar) el inicio de nuevas temáticas en su tiempo. Es sin embargo importante no generar "de inicio", demasiadas nuevas líneas de investigación sin contar antes, como se indicaba, con estudios recabados de su pertinencia y de la masa crítica de investigadores que la pudiese sustentar, junto a su recursos. Aun así, si se deseasen impulsar varias líneas incipientes de investigación deberían estar asociadas o conectadas y no desvinculadas en un comienzo, favoreciendo la integración del grupo de investigadores de un plantel. Igualmente, de existir distanciamiento temático, no debiese ser de tal orden que impidiese realizar algún nuevo proyecto de aborde conjunto. Idealmente, haber constatado que existen varios grupos bien conformados, trabajando simultáneamente en varias áreas dentro de una Unidad Académica, ya implicaría haber alcanzado un hito deseable y muy significativo en la Institución.



Excelencia académica se expresa cuando por los motivos anteriores los autores de trabajos son citados frecuentemente en la literatura y al momento de ser considerados sean referentes en un área de investigación. Excelencia implica reconocimiento a nivel nacional y/o internacional y un posicionamiento del grupo en la temática de investigación. Implica a su vez el otorgamiento continuo de grants, de proyectos y de recursos afin de profundizar la investigación en esa área. Adicionalmente recogen invitaciones a escribir capítulos en libros especializados vinculados al tema, dictación de conferencias a nivel nacional e internacional y, proyectan la atracción particular por parte del alumnado para actuar como tutores/directores de sus tesis o prácticas profesionales.

#### 6) Conformación del Grupo de Investigadores y Nivel formativo

La elección de cada nuevo integrante del grupo académico debe ser extremadamente acuciosa afin que, sobre la base del mejor currículo y evidencia de competencia en el área de investigación, este pueda garantizar entregar aportes científicos de valor. Cada nuevo integrante debe haber evidenciado alta eficiencia en cuanto a su quehacer y en cuanto a aporte científico en un lapso de tiempo, debe demostrar también actividades de perfeccionamiento, indicar estancias previas en Centros nacionales o extranjeros donde se realiza investigación científica afin a su línea de especialización. El "inbreeding" no es provechoso; la contratación de académicos formados en "diferentes escuelas", permite contar con enfoques diferentes en cuanto a la innovación en el quehacer científico.

En cuanto a este punto sería un antecedente adicional a considerar que, no por contar un académico con el grado de Dr. este está "per se" capacitado para realizar ciencia en forma independiente. La comprobación de tal capacidad, frente a la contratación, debe ser examinada por parte de la Institución Universitaria en un plazo adecuado de tiempo. Podría ser válido indicar que, "no por el hecho de estar en posesión del grado de "Doctor", dicho académico es garantía cierta de poseer la competencia de realizar investigación autónoma, y de poder verter los resultados de su trabajo en el marco y requerimiento que requiere una revista científica indexada. Muchas publicaciones son rechazadas por este motivo, o bien por la falta de evidencia suficiente u otros factores de falencia que no hubiesen sido previstos por los investigadores, principalmente los más jóvenes o menos experimentados.

A nivel académico de las Universidades tradicionales en Europa y Norteamérica, entre otras, la actividad de investigación sólo puede ser emprendida por académicos que posean amplio conocimiento de una disciplina, mérito que debe ser reconocido por sus pares. Normalmente se considera que dicha competencia es atribuible a académicos que hubiesen sostenido un entrenamiento de profundización en Ciencia, Arte, Humanismo, etc.; es decir, en programas que califican al grado de Doctor o Philosophy Dr. (Ph.D). Para efecto de la estructuración de nuevos equipos humanos tendientes al desarrollo de nuevas áreas, los académicos integrantes deben poder demostrar diversas cualidades y/o méritos; en particular haber alcanzado la condición de M. Sc. y/o de Doctor, salvo situaciones excepcionales.

Lo anterior incluye también estudios de especialización, postgrados o "expertise" específicos, etc. En forma de refuerzo de un plantel ya establecido se puede contemplar el perfeccionamiento de alguno (s) de sus miembro(s) asumiendo actividades de formación de post-grad, de pos-título, o de perfeccionamiento en las áreas de competencia, en coincidencia con el área de interés de la U.A. Similarmente, es conveniente propender, por parte del personal académico, la actualización continua con asistencia a cursos, talleres o programas específicos. Las historias exitosas como estrategias en el pasado, en la década de los años 70, fue aquella de enviar contingentes de académicos de mayor antigüedad contratados por las Universidades a una especialización en el extranjero para luego desarrollar dicha actividad de investigación a su retorno.

(Si bien, lo anterior aparece como la ecuación adecuada en Chile, vale indicar que en varios países en el mundo, este grado es solo el comienzo de una etapa para calificar finalmente a la categoría de "Profesor", posición que recién le permite enseñar y ser aceptado como investigador independiente. La condición de "Profesor habilitado", se otorga mucho después que un académico haya obtenido el grado de Doctor y después que este haya completado una segunda tesis, la de "habilitación", resultado de sus proyectos al continuar en la Universidad, lo cual no implica un periodo menor a 6-7 años. Sin embargo, llegar a ser Professor, implica haber antes demostrado dotes particulares de buen docente; no solo de buen investigador.ii. Consecuentemente en el caso de Universidades en varios países europeos, solo el "Profesor Habilitado" puede impartir docencia a estudiantes de pre y post-grad, dirigir la investigación de un centro de investigación o Instituto y conducir un doctorado).

#### 7) El Director de Unidad: un Académico Experto:

En la conformación de nuevos grupos científicos en áreas de investigación, "sin expertise previo", es conveniente la contratación de un experto en función de líder o director. Esa ha sido la experiencia en Chile en muchos casos y que implicó el poder lograr certeros avances en la actividad de investigación en épocas pasadas. En muchos casos, el perfil de este académico correspondió a un científico consagrado del país o del extranjero.



Este experto tenía la condición de poder de presentar y sentar atributos al grupo en cuanto a imprimir el "modus operandi" de hacer investigación o de cómo partir desde un comienzo, implicando poder imprimir el énfasis, dinámica y sello del grupo de científicos a su cargo, generalmente jóvenes, recién egresados y contratados. Favoreció la existencia del líder además, por su historial y reconocimiento, al establecimiento de contactos y de posibles interacciones que pudiesen para realizar investigación colaborativa, favorecer la especialización mediante intercambio académico y la gestión y obtención de becas de perfeccionamiento de su personal en formación. No debe olvidarse que por los años 70-80, y por falta de la comunicación, por hoy superada, Chile era un país científicamente aislado. Esto limitaba fuertemente el inicio de alguna actividad de investigación en los planteles a manera de retroalimentación y de guía. Así, a diferencia, en el día de hoy, para aquellos que están en una fase semejante en alguna Universidad, a los integrantes jóvenes se les abre la posibilidad de poder especializarse en el extranjero con múltiples oportunidades, con becas nacionales y/o internacionales, posibilitando la obtención de grados académicos en cualquier Centro Universitario en el mundo y en particular, a su vuelta, contando posteriormente con amplias facilidades para realizar investigación de alto nivel.

#### 8) Recursos de Equipamiento y de Infraestructura:

Las ideas tienen que ser vertidas en un accionar que derive en nuevo conocimiento, de métodos y/o productos. Estos últimos tienen que ser generados y reconocidos como tales. Los resultados en ciencia tienen que ser precisos y repetibles, comprobables por otros científicos, para ser definitivamente aceptados por la comunidad. Para la obtención de resultados se requiere de metodología y de instrumental, acorde al estado de arte de la ciencia. Podría ser que una metodología fuese muy nueva o fuese hace tiempo ya establecida; sin embargo, si el instrumento de medición no es exacto, supongamos muy antiguo en tecnología, prevalecerán fallas; o sea resultados menos exactos. Lo anterior fue una gran limitante en el pasado para que investigaciones chilenas fuesen aceptadas en revistas internacionales; por defecto de la metodología. Aún, si el instrumento es moderno el aplicar metodologías caducas, implicará lo mismo. En ambos casos, los esfuerzos por parte de los investigadores no será recompensado por un reconocimiento internacional. Esta situación ha sido la historia en Chile, con una u otra deficiencia pero se asume por hoy superada. Los recursos para equipamiento moderno son cada vez mayores, siendo esto reconocido a objeto de lograr mejor competitividad. Sin embargo el porcentaje del PIB otorgado a Ciencia, puede aún equivaler a la 1/10 parte de lo que invierten otros países, regularmente. La tercera deficiencia ocurre al manifestarse desconfianzas en cuanto a la validez de resultados obtenidos en países incipientes en su quehacer científico, efecto agravado por los factores indicados antes. Cabe añadir que en cuanto a la infraestructura y considerando fundamentalmente el área de ciencias y dado que gran parte de la investigación está referida al espectro celular, bioquímico, genético, molecular, incluyendo organismo biológicos inocuos y/o patogénicos, a aspectos de biología ADN-recombinante, esta debe contemplar características de seguridad y resguardo semejantes a las adoptadas internacionalmente afin de operar en las disciplinas correspondientes. La bioseguridad en todo su sentido; a nivel de organismos de experimentación, de investigadores y de protección/recuperación del medioambiente explotado a fin de obviar el daño al hombre y su entorno, deben estar consideradas en el trabajo experimental y estar siempre contempladas.

**Desafíos:**  
"La Universidad del Futuro".

#### 5) Masa Académica Crítica vs. Masa Académica Competitiva:

La masa académica crítica corresponde a la sumatoria de personas que vertiendo cada una su "expertise" pueden en conjunto desarrollar y concluir en un lapso adecuado, una investigación o problema científico afin a su común quehacer y culminar dichos resultados en forma de una publicación en una revista científica indexada. Una masa académica competitiva constituida es aquella capaz de desarrollar simultáneamente diferentes investigaciones en torno a una o más temáticas relacionadas, proyectando, profundizando y multiplicando sus hallazgos en el tiempo, dando lugar a un número de publicaciones equivalentes, tanto en forma frecuente y regular.

## 9) Desafíos: “La Universidad del Futuro”

No cabe duda que por hoy, sin excluir a Chile, la sociedad actual, de carácter cambiante (hábitos, costumbres, tendencias, demandas, comunicación), se enfrenta igualmente a las contingencias tradicionales de siempre, sociales, familiares, económicas, laborales, y asumiendo los avances técnicos que han sido incorporados en cada ámbito. Un desafío corresponde al incremento significativo de la población estudiantil universitaria en Chile, de una magnitud nunca antes alcanzada, y al mismo tiempo exigiendo beneficios en su formación implicando con ello provisión y ajustes presupuestarios por parte de las Instituciones de Educación Superior, acorde para satisfacer tal demanda. Un incremento de la población universitaria, por diferentes factores, requiere adición substancial de recursos a las Instituciones de Educación Superior cuyo volumen, por hoy, aparece o aparecerá siendo mayormente proporcionado por el Estado, según es asumido de acuerdo a las grandes líneas de la Ley de reforma educacional, en debate. Aparece que, en el encuadre de incremento de la “población estudiantil” –sin límite a futuro a determinar,- vs. recursos, las Instituciones de Educación Superior deberán asumir modificaciones en su política de accionar. Por de pronto los aspectos centrales implican la calidad y nivel de la enseñanza afectando con ello la modalidad de la docencia universitaria, el quehacer científico junto al desarrollo de proyectos de investigación científica, de innovación, de aplicación, servicios y extensión, estarían ahora sometidos a una nueva reingeniería tomando como base el concepto de la denominada “Universidad Compleja”.

Así aparecería imaginable que frente a los mayores recursos que demanda el incremento de la población estudiantil, asociada a calidad de la educación, los métodos de enseñanza deberían ser revisados a objeto de su optimización. Fruto de este estudio, no resultaría extraño asumir que las concepciones sobre forma de enseñanza cambien, y que no solo contemplen la postura presencial, sino involucramiento hacia una actitud más proactiva del estudiantado en la adquisición de conocimientos. Lo anterior parecería si no evidente con el advenimiento de la era de la computación. Sin embargo, la introducción del autoestudio, a la vez aparecería como una tarea de largo aliento sin poder hacer pronósticos sobre sus virtudes y funcionamiento.



También parecería que debiese ser impartida tutorialmente desde el inicio de la educación básica, en forma gradual, estructurada, coherente y articulada por los maestros responsables de las asignaturas.

(El planteamiento se basa en el hecho que la información es de carácter universal así como el acceso a las fuentes que los proporcionan (por Ej. Google). Parecería menos necesario acceder a escritos de los profesores, de apuntes textuales tomados en clase y/o esforzar un estudio fuertemente ligado la lectura de libros físicos. Paralelamente se evita la necesidad de lectura en idioma extranjero y o de traducciones de ediciones más antiguas. Asimismo, la cantidad de información obtenida electrónicamente no es comparable con la que se prepara y entrega tradicionalmente, se puede obtener desde cualquier lugar y momento siendo barata, rápida y de acceso simultáneo por parte de todos los estudiantes, en comparación con clases lectivas. Por hoy la adquisición de información electrónica es manejada por cualquier estudiante. Eventualmente, los criterios que faltarían de ser establecidos serían: a) instaurar en el estudiante la disciplina de acceder al conocimiento por esta vía en forma organizada y coherente, y b) fomentar el gusto en los estudiantes de encaminar sus búsquedas, tareas y trabajos a través de esta metodología.

Una modalidad adicional, la conversación personalizada mediante Skype podría ayudar en evitar la merma de contacto presencial con el profesor; aunque por contrario, serviría para una mejor interacción en cuanto a consultas, a distancia.

Un horario personalizado de consultas –vía Skype, por Ej. podría ser de utilidad a efecto de mantener el contacto personal y de consulta; aunque esta modalidad debe contemplarse en la definición de horas de docencia entregadas a la asignatura. Dicha modalidad podría partir a nivel de segundo o tercer año de Universidad, después de haber sido adoptada, y posterior verificación de su buen accionar).

Como resultante se esperaría poder estructurar un sistema de enseñanza funcional, en algunas asignaturas, que favorezca el aprendizaje autónomo accesible mediante medios electrónicos, aunque sin prescindir de la presencia regular y tutela de los maestros y sin descartar del todo las clases presenciales. Los profesores, actuarían tal vez como monitores guiando a sus estudiantes y evaluarán el grado de aprendizaje por ellos alcanzado, indicando personalmente las medidas de reforzamiento en casos necesarios.



Junto a la modalidad docente al interior de las Asignaturas, las Instituciones de Educación Superior deberán velar en cuanto a concentrar el contenido en conocimiento genuino integrado a los aspectos “vectores” incidentes en el desarrollo económico de una nación. Implicarán quizás redefinir mallas con mayor sello profesional y eventualmente, de menor duración.

Dicho enfoque implica un mayor acercamiento con las necesidades que demanda el sector productivo, favoreciendo su integración más temprana de los egresados al sector empresarial. Así si bien, se continua con una amplia oferta de carreras, se deberá considerar discontinuar otras de baja demanda, o bien derivar dichos contenidos a nivel de especializaciones dentro de la misma carrera.

Una mayor interacción con la Empresa, en aspectos específicos, ayudará al desarrollo de proyectos conjuntos apoyando el financiamiento de la actividad de investigación. Lo anterior favorece la posibilidad de explorar nuevos nichos productivos o de mercado, o creación de otros nuevos.

Sobre la base de los criterios estándares de largo plazo que enmarcan el quehacer universitario como se han intentado notar en los puntos anteriores, existen otras acciones complementarias igualmente importantes de tener presente y que son atingentes a todo el quehacer desplegado por las Instituciones Universitarias. Algunas reflexiones podrían sugerir:

a) Assessment permanente al interior de la Institución Universidad: reevaluando ámbitos docente, científico, de extensión y de servicios. Considerar la posición competitiva de cada una de las Carreras; la extensión de los programas, revisión de mallas y sus contenidos; su comparación con Carreras semejantes en otras Instituciones de Educación Superior. Revisión de la oferta de Carreras, nuevas Carreras, etc. Evaluar un mejor servicio de extensión (Cursos de post-grado, post-título, diplomados, patentes resultantes de la investigación, cursos específicos, conferencias de especialistas invitados, foros, conciertos, exposiciones de obras, estudios, análisis económicos, servicios de soluciones legales tempranas, etc.). Detección de áreas aparentemente deficitarias.

b) Velar por la calidad, fomentar talento y la excelencia académica.

c) Política de reclutamiento de docentes calificados, particularmente en áreas deficitarias.

d) Promover el accionar de la actividad de investigación e innovación; incentivar la generación de proyectos. Fomentar convenios o asociaciones de carácter educativo y de investigación con Instituciones del Estado o privadas, ONGs, etc.

e) Política de comunicación de la oferta programática a la población estudiantil. Impulsar políticas de fidelización temprana a postulantes.

f) Administración: Evaluar subcontratación de servicios externos, asociaciones en cuanto a acceso a mercados, industrias y/o clientes preferenciales.





**Roberto Acevedo**  
**Director**  
**Dirección de Investigación y Desarrollo**  
**Vicerrectoría de Desarrollo**  
**Universidad Mayor**

# Impacto de la Investigación. Medición cualitativa y cuantitativa.

## I.- Palabras de Introducción:

La Universidad entendida como una Comunidad de Maestros y Discípulos se alimenta de conocimiento de frontera, es decir de la investigación regular y sostenida de los constituyentes de las Instituciones de Educación Superior. Se realiza investigación por cuanto se desea saber y transferir ese conocimiento nuevo y racionalizado a los pares y aprendices. Todo proceso complejo de esta naturaleza considera una serie de indicadores de desempeño;

algunos de estos cualitativos y otros cuantitativos. Se han escrito miles de sentencias con respecto a la necesidad de investigar e ítems relacionados, sin embargo creo que la lectura realizada es necesariamente incompleta. El medir a Instituciones y Profesionales solo por el impacto cuantitativo que realiza el ISI (Institute for Scientific Information) es razonable, siempre y cuando incluyamos adicionalmente un conjunto de indicadores cualitativos.

El mundo de la Academia no es una obra teatral como tampoco una pieza musical, es de mayor envergadura y, por lo tanto requiere de una mirada no destemplada y rigurosa. Lo indiscutible es el objetivo maestro, el cual reza:  
 "La Academia y sus integrantes buscan alcanzar la excelencia y calidad, para lo cual realizan investigación en la frontera del conocimiento. Es deber de la Academia transferir esa información a generaciones de jóvenes en formación, de modo de disponer de cuadros académicos relevantes que sostengan el bagaje y acervo cultural de la nación".

Resulta indispensable, como ha sido insinuado en estas Palabras de Introducción, dar cuenta de los elementos que dan vida, continuidad y progreso a la Academia, oxigenando a generaciones diversas de jóvenes talentosos ávidos por incorporarse a estos núcleos de alta sensibilidad y creatividad.

## II.- Indicadores cuantitativos y cualitativos. Indicadores de calidad y excelencia.

### (2.1) Publicaciones ISI

#### (2.1.1) Indicadores Cuantitativos.

Consideraciones preliminares:

Con el paso del tiempo, el Instituto de Investigación Científica (ISI) de los Estados Unidos de América, ha ido consolidando una posición de gran prestigio a nivel del orbe. Surge con una base de datos que, sin dudas es probablemente la más vasta en volumen de revistas y con una serie de indicadores que es preciso analizar con cierto detalle. La primera tentación de personas, ha sido emplear datos incompletos, extraídos de estas bases con el propósito de resaltar el trabajo propio y de sus amigos, en desmedro del trabajo de otros, los cuales son de bajo perfil, pero gozan de mayor talento que personalidad. Tiempo a la fecha, el Doctor Igor Saavedra dictó una conferencia magistral en una Institución de Educación Superior en el norte de Chile. En esa época, ambos trabajábamos en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (FCFM), lugar donde personas de la capacidad y talento de este distinguido ser humano levantaron exitosamente una «apuesta intelectual» de envergadura, la cual demostró ser la mejor Facultad de Ingeniería del país.

Me enteré del cúmulo de críticas ácidas de sectores de personas que enarbolaban banderas de intelectualidad y de logros, esgrimiendo argumentos y disparando con todo tipo de artillería en contra de la imagen país de uno de los frutos más preciados que ha visto crecer la República de Chile.

Se acercó un gran amigo y me expresó su molestia y preocupación por estos ataques arteros en contra de nuestro querido Profesor Saavedra.

Este respetado amigo, ex Decano de la FCFM, ex Presidente de Conicyt y distinguido Ingeniero, Doctorado en el MIT «Massachusetts Institute of Technology» de los Estados Unidos de América, había leído las críticas destempladas de aquellos que han seguido un camino muy distinto al elegido por este eximio maestro. Este académico y colega de trabajo, me decía que, tal vez era el momento de redactar una declaración pública en favor de los planteamientos vertidos en dicha conferencia magistral dictada en el norte de Chile. Constaté en este amigo y colega, su «buena cuna», su respeto por el pensamiento diverso y tantos elementos que marcan la diferencia entre los seres humanos

No tuve la respuesta adecuada, en ese instante para Mauricio Sarrazín y, tal vez ha llegado el momento de dársela: Si es necesario educar a los más jóvenes a ser mejores que nosotros y el maestro, una vez más, dio la cara sin «necesariamente poner la otra mejilla», con el objetivo de señalar el camino a seguir.

No tengo el contenido de la citada conferencia en mis manos, sin embargo, el planteamiento no es posible olvidarlo: «más proyectos, más alumnos y más artículos», en un sistema en el cual no hemos dado pasos sustantivos para premiar a los mejores y existe más de una mirada con respecto de los procedimientos que se sigue en Conicyt para formar los grupos de estudio, quienes tienen un poder desequilibrado que es necesario eliminar.



Estos grupos reciben el conjunto de proyectos a ser evaluados, deciden los árbitros a los cuales se les solicitará su opinión y posteriormente, ellos mismos realizan una evaluación «la cual es decisiva» para el éxito y/o fracaso de un proyecto. Una de las grandes debilidades reside en el hecho que ellos compiten por los mismos fondos asignados por el Gobierno Central, de modo que es posible elaborar teorías y modelos de variada naturaleza. Estos se mueven en todo el espectro, desde juicios negativos hasta opiniones muy favorables al sistema actual. Existe una sensación de gran desilusión en el autor de estas líneas, por cuanto fue el Profesor Saavedra quién sacó adelante junto a otros maestros estos proyectos Fondecyt, para dar un fuerte incentivo a la creación de conocimiento nuevo, válido universalmente. Puedo decirles a todos ustedes que, el maestro nunca postuló a estos proyectos por cuanto siempre consideró que era impropio «sacar partido» de una obra en la cual él participó como fundador y creador.



Su opinión es, en consecuencia autorizada y legítima, y merece mi total reconocimiento. No es fácil llegar al maestro, por cuanto está cumpliendo una nueva tarea en su vida, la cual consiste en «dejar que otros continúen el camino que señaló en su oportunidad». Es el camino de la creación y el «dar hasta que duela».

Lo esbozado en los párrafos anteriores, es una aproximación muy simple a nuestra realidad. En lo personal, esperaba cambios con la nueva administración de Conicyt, sin embargo, prefiero seguir trabajando con mis alumnos y no perder energía en discusiones estériles con personas que «manejan el sistema» sin contrapeso. Es lamentable que en Chile, los «papers sean considerados como balas en el cinturón» y no necesariamente como frutos preciados para formar a nuevos y mejores profesionales en el estado del arte, junto a una sólida y robusta relación del tipo Universidad-Sector Productivo.

### **(2.1.2) Análisis, Presente y Futuro de las Ciencias en Chile.**

Es indiscutible la necesidad de realizar investigación del más alto nivel, sin que esto signifique «sacar del camino» a personas talentosas que pueden realizar un aporte sustantivo a la creación de riqueza.

En este sentido el Instituto para la Investigación Científica (ISI), ha realizado una gran contribución, al entregar una ordenación y jerarquización de las publicaciones en el orbe. «Recordemos que no se publica donde se quiera, se publica donde se puede», en consecuencia resulta de la máxima relevancia la honestidad y la elección del momento adecuado para abordar otras tareas, en la esperanza que nuestros «discípulos» sean mejores que nosotros, este es la norte que nos debe animar a continuar. El momento final de nuestras vidas, nos debe encontrar en el desarrollo integral de esta obligación moral, es decir, la de transparentar y socializar nuestro hacer y nuestras verdaderas obras. Escribir y transmitir nuestras experiencias, es sin lugar a dudas de relevancia y «las vivencias de los doctos y probos, serán siempre nuestra mejor arma para avanzar en la vida, con la frente en alto, mirando a los ojos y con nuestras manos abiertas». Cuando se analizan las bases de datos del ISI, se indican en forma muy clara y precisa, los indicadores que se usan para la jerarquización de trabajos en revistas de disciplinas y



sub-disciplinas (tanto puras como mixtas), en consideración a la necesaria yuxtaposición de contenidos y metodologías de trabajo.

De esta forma, las revistas en una disciplina dada, son clasificados en las categorías A, AB, B, C y D. De esta forma, las revistas de categoría A, pertenecen al 10 % superior y así en orden decreciente. No es discutible que publicar en revistas de categoría A, es un claro indicador de la calidad del trabajo realizado. No obstante, los seres humanos evolucionan y han encontrado la necesidad de introducir nuevos indicadores, de modo de minimizar la posibilidad de error.

A modo de ejemplo, en el Instituto de Bajas Temperaturas e Investigación de Estructuras de Wrocław, Polonia, se considera la jerarquización del ISI como un buen punto de partida, sin embargo se han introducido nuevos indicadores, tales como los que menciono a continuación: (a) Números de citas, (b) Número de auto citas, (c) Número de autores, (d) número de Instituciones participantes, (e) Regularidad de Publicaciones, (f) Índice de Impacto de la Revista en la disciplina y sub-disciplina.

A todo lo señalado anteriormente, se le debe sumar el número de alumnos a los cuales se les han guiados tesis de grado y profesionales. A modo de ejemplo, si un artículo, con independencia de su categoría del ISI tiene más de dos autores, se examina de inmediato si se trata de una Institución o de más de una.

De igual forma, examinan con mayor detalle situaciones en las cuales el número de autores es igual o superior a tres y si el número de Instituciones distintas a las cuales pertenecen estos científicos es superior a dos. El consenso ha sido considerar «en honor a la verdad y a la transparencia institucional» contar con publicaciones del Instituto aquellas en las cuales exista a lo menos igualdad o predominio de autores del Instituto. Si la situación es inversa, entonces no se considera como una publicación propia generada en el Instituto.

Ciertamente, la publicación engrosa el currículum vitae (CV) del investigador, pero no tiene el valor que el Instituto espera de sus investigadores.

### **(2.2) Impacto Cualitativo:**

He participado a lo largo de mi vida académica, en extensos y fuertes debates con respecto del tema que dice relación con la evaluación docente. El resultado ha sido prácticamente invariante y, se acepta que esta actividad solo puede medirse en forma cualitativa.

Muchos hablan de las bondades de encuestas docentes y, las alertas tempranas de modo de minimizar el riesgo que los(as) alumnos(as) no rindan lo necesario y en consecuencia, no aprendan bien sus lecciones. Este razonamiento no es lineal, por cuanto y como es ampliamente conocido los pre requisitos existen en todo ordenamiento curricular, de modo de ir entregando a los (as) alumnos (as) los conocimientos y la madurez necesaria para enfrentar en curva ascendente las asignaturas que deberá tomar al semestre siguiente y así sucesivamente. Los contenidos de las asignaturas deben aprobar todo lo relacionado con la calidad, excelencia y oportunidad de lo que estamos entregando a nuestros alumnos.

Es tremendamente dañino para los (as) alumnos (as) el no lograr los conocimientos y la lucidez que se espera de ellos (as) después de ir completando los diversos ciclos semestrales de asignaturas, semestre a semestre. Si este es el caso, nos encontramos frente a una situación que amerita una acción urgente y ciertamente un reforzamiento inmediato de contenidos, actitudes y propuestas iluminadoras para sorprender a los (as) alumnos (as) e incentivarlos a comenzar el ciclo por la senda correcta.



La Universidad entendida como una Comunidad de Maestros y Discípulos es el lugar apropiado para encender el espíritu de creación de los alumnos y sus deseos de realizar investigación. Se requiere trabajar con la calidad de los alumnos que ingresan a nuestras aulas, por lo tanto es imprescindible recibirlos con maestros del más alto nivel, cuya calidad y eficiencia tenga un amplio reconocimiento. Estos maestros son personas que practican en calidad de rutina de vida, la investigación de modo de mostrar a los (as) alumnos (as) el camino del desarrollo y de la proyección hacia un futuro laboral cada día más exigente.

Algunos indicadores cualitativos que es menester considerar de modo de afianzar, desde el ingreso a nuestras aulas a los alumnos en temas, tales como investigación real y eficiente.

### **(2.2.1) Disponer de cuadros académicos de alto nivel de suficiencia académica.**

### **(2.2.2) Alumnos de ingreso, susceptibles de ser seducidos y motivados por estos(as) maestros (as)**

### **(2.2.3) Revisar los contenidos de las clases en forma regular y sostenida, de modo de llevar un catastro actualizado de las materias que se están abordando.**

En este punto, es importante contar con la disposición de los profesores y alumnos de modo de resolver situaciones no previstas.

### **(2.2.4) Control con respecto de pruebas y exámenes, lo cual debe apuntar hacia una estrategia razonable de homogeneización de contenidos y grados crecientes de madurez y convergencia.**

Los alumnos deben estar dispuestos a avanzar en grupos de estudios con la guía de profesores aptos.

### **(2.2.5) Los profesores de las diversas asignaturas deben realizar investigación educacional-técnica, de modo de ser capaces de innovar en sus clases y pasar de un esquema modular a uno holístico.**

### **(2.2.6) Se deben formar talleres de debate de contenidos y de grados de aprendizajes en las asignaturas de los diversos ciclos (semestres) de modo de minimizar el retraso y las faltas de contenidos para hacer que las asignaturas tengan el peso específico adecuado y tributen a las de los ciclos superiores.**

### **(2.2.7) Talleres de investigación para todos los cursos como parte de las planificaciones. Los (as) alumnos (as) deben tener claridad que las materias que se les enseñan tienen propósitos bien definidos. Esto es relevante y no puede seguir esperando. Se trata de evitar la desmotivación de los alumnos desde el inicio.**

### **(2.2.8) Solo profesores-investigadores son capaces de llevar a cabo esta tarea, en consecuencia se deben observar y normar las buenas prácticas para las contrataciones.**

Con este tipo de acciones es posible, avanzar en la construcción de una serie de indicadores de desempeño, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, todo lo cual debe fortalecer a la Institución en la formación de profesionales-investigadores y, capaces de crear redes de respetabilidad en el Sector Productivo. De igual forma, la Institución puede adoptar una política de contrataciones de sus mejores profesionales con el sello Institucional de la Universidad Mayor.



# Aprendizaje

## Colaborativo

Mg. Eduardo Ávila Arancibia  
Ingeniero Comercial



Proceso

La esencia educativa es el desarrollo de la capacidad mental de los seres humanos para interpretar el contenido de la mente de los demás, manifestada de diferentes formas tales como palabras, acciones y producciones. Esta capacidad se adquiere mediante el aprendizaje colaborativo y nos permite aprender de otros y comprender nuestra propia mente.

En las actividades de aprendizaje colaborativo, el profesor debe moverse en la sala de clase, de equipo a equipo, observando las interacciones, escuchando conversaciones e interviniendo cuando sea apropiado. El profesor está continuamente guiando los equipos y haciendo sugerencias acerca de cómo proceder o dónde encontrar información. Las principales estrategias didácticas basadas en aprendizaje colaborativo son el estudio de casos, el aprendizaje basado en problemas y el método de proyectos.

El Estudio de Casos corresponde a la representación de una situación de la realidad como base para la reflexión y el aprendizaje. El planteamiento de un caso es siempre una oportunidad de aprendizaje significativo y trascendente en la medida en que quienes participan logren involucrarse y comprometerse tanto en la discusión del caso como en el proceso grupal para su reflexión. La utilización de este método, permite evaluar la forma en que un alumno es probable que se desempeñe frente a una situación específica, sus valores, la utilización de habilidades de pensamiento, su habilidad para comunicarse, para argumentar, la forma de utilizar los conceptos y la forma de utilizar lo aprendido en una situación real.

Por su parte, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una estrategia didáctica que ha adquirido gran importancia en las instituciones de educación superior. En el proceso de aprendizaje tradicional primero se expone la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de un problema, en el caso del ABP primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se aborda el problema.

Desde el planteamiento original del problema hasta su solución, los alumnos trabajan de manera colaborativa en pequeños grupos, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades, de observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente podrían lograrse. La experiencia de trabajo en el pequeño grupo orientado a la solución del problema es una de las características distintivas del ABP. En estas actividades grupales los alumnos toman responsabilidades y acciones que son básicas en su proceso formativo. El ABP en la actualidad es utilizado en la educación superior en muy diversas áreas del conocimiento y puede ser usado como una estrategia general a lo largo del plan de estudios de una carrera profesional o bien ser implementado como una estrategia de trabajo a lo largo de un curso específico, e incluso como una técnica didáctica aplicada para la revisión de ciertos objetivos de aprendizaje de un curso.

El desarrollo de proyectos, considera que los conceptos son aprendidos a través de las consecuencias observables y que el aprendizaje implica el contacto directo con las cosas.

**EL PROFESOR ESTÁ CONTINUAMENTE GUIANDO LOS EQUIPOS Y HACIENDO SUGERENCIAS ACERCA DE COMO PROCEDER O DONDE ENCONTRAR INFORMACION.**



En este método, los estudiantes deben analizar el problema, proponer y aplicar una solución, evaluar esta proposición, formular un plan de intervención y elaborar un informe escrito o preparar una presentación oral. Cuando el profesor va a emplear esta metodología, antes de iniciar el proyecto, debe identificar las habilidades o conceptos específicos que el estudiante va a aprender, formular objetivos académicos claros y planear de qué manera estos objetivos contribuyen al desarrollo de competencias previstas en el perfil de egreso.

Se debe tener presente que no todos los estudiantes saben trabajar efectivamente en equipo, por lo que se recomienda comenzar con actividades de aprendizaje colaborativo desde el primer día, como lo demuestran las experiencias de los instructores exitosos. Dichas experiencias sugieren que el profesor actúa como un facilitador que pondera correctamente las características y afinidades de los alumnos al momento de organizar los equipos. Por ello, se debe trabajar con determinación para que el perfil del estudiante se corresponda con el de un aprendiz activo, autónomo, reflexivo, integrador, responsable y cooperativo. Obviamente, esto exige un cambio de mentalidad en los alumnos de la educación superior y una "profesionalización del profesor universitario" a través de una adecuada formación pedagógica.

El Aprendizaje es Individual

# Totipotencia Celular

Totipotencia celular, en su expresión máxima, se refiere al potencial inherente de una célula en cuanto a poder conducir al desarrollo de un individuo completo a partir de ella; o en su caso de establecer ciertos estadios de desarrollo intermedios como lo son tejidos y órganos, de carácter funcional.

## Introducción:

La acepción está más bien referida en el contexto experimental bajo condiciones de cultivo, en que se manifiesta dicho potencial a partir de células embriónicas o de otras ya diferenciadas, las que han podido ser re-embriionalizadas. En ambos casos, para manifestar una respuesta morfológica deberán ser sometidas a ciertas condiciones específicas de inducción, fenómeno que bajo condiciones naturales no ocurriría naturalmente. En el presente trabajo no se considera el término en lo que implica el alcance de células unicelulares reproductivas en especies que filogenéticamente manifiestan este fenómeno en la naturaleza; por Ej. en aquellas donde existe la alternancia de generaciones heterofásica ocurrente en musgos, helechos, algas y otros grupos de vegetales y que cuentan con fases reproductivas haploides y diploides alternantes, conducentes a individuos completos.

El concepto, "totipotencia" está por tanto referido al potencial que pueden representar tanto células vegetales como animales y humanas, fundamentalmente somáticas, pertenecientes a cualquier tejido y/o órgano de un individuo. Corresponde a aquellas células que, después de desarrollar un programa conducente a un proceso de multiplicación y desarrollo celular determinado programado a la formación de una estructura específica, pueden de pronto responder con la iniciación de otros procesos "no contemplados" o nuevos en su programa ontogénico, cuando estas son "gatilladas" por factores específicos. Condiciones de cultivo, reguladores de crecimiento específicos y otros factores puedan gatillar procesos que inician la expresión celular "alternativa". En animales y en el hombre, tal como es común en plantas, es frecuente encontrar en diversos tejidos y/o órganos, células con potencial morfológico

Por Ej., células madres, las cuales, aunque también con función diferente, poseen la capacidad de formar nuevos tejidos y órganos específicos; respuestas morfológicas nunca antes sospechadas bajo otro entorno. Día a día se reportan más evidencias sobre el potencial de células, que derivadas de diferentes órganos de animales y/o humanos, pueden iniciar procesos morfológicos nuevos (por Ej. en la reposición de células, tejidos y órganos) que el hombre empieza poco a poco en conocer de cómo pueden ser inducidos. Lo anterior es sorprendente y sobre esta base es fácil imaginar que los avances a futuro serán cada vez más impactantes. Respecto a lo anterior, en ratones ya es posible regenerar un corazón funcional mediante "siembra de células" y colonización de estas en solo un retículo, malla o "red de suspensión" de otro corazón o de aquel "vacío", que para el experimento fueron despojados totalmente de sus células originales. Como es de suponer no siempre la reversión de células diferenciadas totipotentes embrionarias es total; muchas veces el proceso o resultado es incompleto dando lugar a una variación celular compleja. Junto con estas limitantes, la componente bioética y las regulaciones legales de país en país obviamente restringen el accionar y avance en el tema; particularmente en trabajos con células y tejidos humanos, pero su progreso experimental y potencial futuro a beneficio del hombre se visualiza hoy más auspicioso como nunca antes.

## LA CONSTANTE IMPRESCINDIBLE: LA INVARIABILIDAD DE LA INFORMACION CONTENIDA EN EL NUCLEO Y SU POTENCIAL DE EXPRESIÓN.

Si bien el presente artículo se refiere solamente a las respuestas en plantas, lo expuesto más abajo también es extensivo para células de origen animal y humano, con sus limitaciones. Sin embargo son las plantas las que han sido estudiadas con mucha mayor anterioridad en cuanto a su potencial morfológico respecto a los estudios conducidos en células animales y/o humanas. Los antecedentes obtenidos en plantas han servido para establecer ciertas analogías para células animales y/o humanas aun considerando las enormes diferencias existentes propias a su "sistema" y las que deben ser dadas en cuanto a las condiciones y requerimientos de cultivos experimentales, absolutamente distintos.

¿En qué puede haber una semejanza? En la información contenida en el núcleo. El núcleo de una célula embrionaria o célula madura o diferenciada; mientras esta sea funcional, retiene toda la información genética de la especie. Así, mientras la célula se mantenga viva y esté formando parte de un tejido u órgano especializado, mantiene toda la información que también poseen sus semejantes. Asimismo, la información genética contenida en el cigoto la tendrán todas las células que conformarán el cuerpo de la planta durante su ontogenia. Sin embargo las células diferenciadas en los diversos tejidos y órganos, no expresan necesariamente, bajo la función y posición que cumplen, toda la información contenida en el núcleo, sino aquella que les corresponde expresar durante su ontogenia. De manera que, una célula de la rizodermis de la raíz, comparada con la del mesófilo de la hoja y la de las células de guarda del complejo estomático, aun teniendo la misma información, codifican o expresan todas distintas. A su vez, su función, su metabolismo, productos metabólicos, y su misma estructura celular, será también diferente. Aquí aunque toda la información del núcleo permanece inalterada, el potencial totipotencial en ellas, sin embargo, no se expresa; lo anterior a causa de su posicionamiento en el "sistema".



Sólo con la liberación o aislamiento de las células de su entorno (extracción desde un tejido u de un órgano), la adición de reguladores de crecimiento y otros factores, hacen posible lograr inducir el cambio de la programación y de lectura del código genético en ellas, en forma diferente a lo estructurado en el proceso ontogénico normal de diferenciación. Inducir dicha re-activación en cualquiera de estas células, o de cualquier célula viva de la planta, implica que puede tornarse totipotente. En el proceso se recapitula toda la información que contiene el genoma pudiendo retomarse de novo procesos de diferenciación y desarrollo distintos como por Ej. en la generación de una planta completa, genéticamente y morfológicamente idéntica a la planta original de la cual deriva, si bien reproducida asexualmente. El proceso que deriva en esta resultante se denomina embriogénesis somática u organogénesis. Alternativamente, pueden cultivarse células en forma indefinida conduciendo solo a una proliferación celular, favoreciendo así la síntesis de metabolitos de importancia, característicos a la especie de origen. En resumen, a través de la totipotencia celular se han podido regenerar un sinnúmero de plantas en forma masiva con características idénticas "true to type". Con lo anterior se logra evitar el problema de variación entre individuos de la especie causada por la recombinación cromosomal en los gametos de los padres, trasferidos al cigoto; es decir, la heterocigosis. Las técnicas biotecnológicas también permiten acceder al uso de protoplastos (células vegetales desprovistas de pared celular). Los protoplastos solo están recubiertos por una delicada membrana plasmática que puede ser traspasada sin daño lo cual permite la realización directa de hibridaciones o fusiones somáticas interespecíficas, incluyendo maniobras de inserción material nuclear foráneo / delección y recombinación de organelos celulares, como mitocondrias y/o cloroplastidios, entre otras permutas.

## LA ANDROGENESIS

En el presente trabajo se desea hacer referencia especial a un caso donde la expresión de la totipotencia se expresa en un caso de connotación extrema. Este se refiere a la obtención de plantas haploides a partir del polen. Así, el polen cuya función determinada es la de fecundación con formación del embrión a nivel de la flor a objeto de asegurar la descendencia de la especie, igualmente puede iniciar un proceso con función diferente a su ontogenia normal, evolutivamente fijada, y bajo ciertas condiciones inductivas iniciar un proceso embriogénico conducente a la regeneración de plantas en forma directa. El polen corresponde a la estructura o célula reproductiva que contiene el gameto masculino cuya función involucra la polinización conducente a la formación del embrión al interior de plantas con semillas. Esta función ha sido fijada filogenéticamente. En plantas superiores (así como en animales y humanos) células haploides sólo ocurren en los "gametos" que corresponden a células sexuales originadas por meiosis. Así estas solo contienen la mitad del set de cromosomas; es decir (n). En las plantas están referidas, al polen (microspora) y a la oosfera (megaspora), estructuras masculina y femenina, respectivamente. Más específicamente, al interior de los granos de polen (que más bien corresponde a la estructura que los contiene), se encuentran dos células, la generativa y la vegetativa, ambas haploides. Una de ellas, la primera, corresponde a la que efectuará la polinización o fecundación conducente a la formación del cigoto; la segunda, vinculada al tubo polínico regulando su desarrollo. Un gran descubrimiento por los años 70 fue evidenciar que "microsporas" (polen), de algunas especies vegetales, aun siendo haploides, eran totipotentes bajo condiciones in vitro. Vale considerar que simultáneamente el polen per se, es una estructura altamente especializada, cuya función es igualmente única y muy específica

Así, bajo condiciones inductivas, en vez de actuar como lo estableció la filogenia, es decir la polinización; es posible alterar el programa morfogenético establecido el cual es llevado a la expresión de un fenómeno alterno; en este caso, la formación de plantas en forma directa, lo cual es obviamente, un proceso ajeno a su función y diferente a la polinización. Diversos resultados han demostrado que las células al interior del polen pueden iniciar el desarrollo de una nueva planta asumiendo idénticas etapas que acontecen en el desarrollo típico a la especie, aunque ahora, con células de carácter haploide. Lo anterior se manifiesta con la emergencia de plantas desde el interior de las anteras transcurridas aprox. 30-35 días desde la inducción. Posterior regeneración in vitro, los "embrioides gaméticos" continúan su desarrollo a plantas en condiciones asépticas in vitro, para luego pasar a condiciones de terreno, y continuar su desarrollo a plantas completas, manteniendo su condición haploide (n). A estas se las denominó "plantas hijas del polen". Este proceso regenerativo de plantas haploides a partir de microsporas se denomina "Androgénesis". Por hoy, también las megasporas pueden ser inducidas en igual forma, lo que se denomina "Ginogénesis".

En conclusión, aunque por millones de años la función del polen correspondía a la de fecundación, fijada filogénicamente a lo largo del proceso evolutivo, no implicó sin embargo pérdida de información del material nuclear, ni tampoco de las funciones posteriores impartidas por el código genético para actuar alternativamente como esporofito; efecto que además es inducible experimentalmente y generalizado. Se constató además que, a pesar que las células totipotentes contaban con la mitad del set cromosomal (n), los regenerantes haploides aún mantenían suficiente información para completar el desarrollo a plantas completas. Para la década de los años 90, ya una gran cantidad de reportes informaban sobre la posibilidad de obtener plantas haploides en cereales, en especies ornamentales, leñosas y muchas de cultivo, con sus ventajas en cuanto a aplicaciones biotecnológicas y de uso en programas de mejoramiento genético.



#### VENTAJAS QUE PROVEEN PLANTAS HAPLOIDES

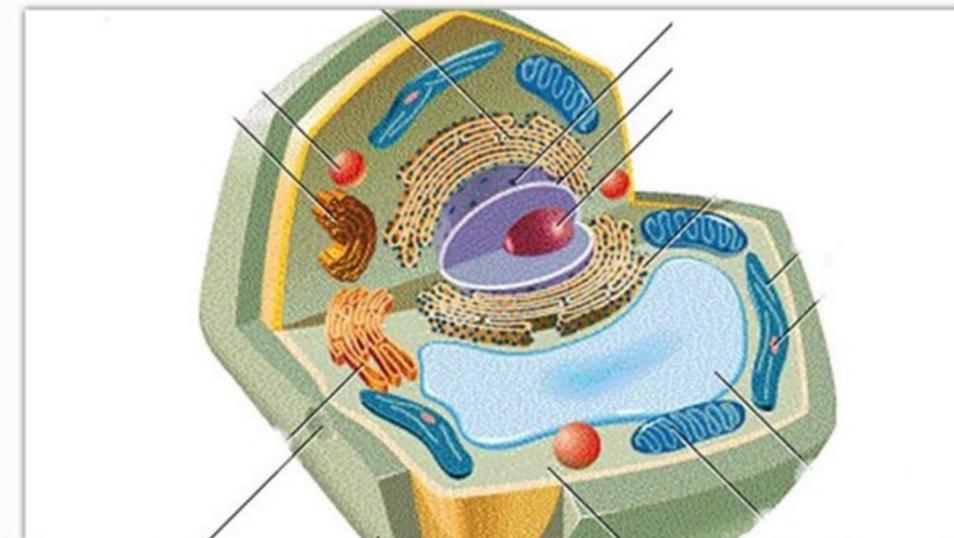
La mayoría de las células de una planta son diploides, con número normal de c/cromosoma duplicado igual a 2n. (También hay plantas con mayor grado ploidía; Ej. triploides, tetraploides; todas tienen su uso y ventaja en particular). Sin embargo a través de la posibilidad de obtención de plantas haploides se han encontrado se disponen de otros diferentes beneficios, en particular relevantes para su empleo en el mejoramiento genético de plantas. Al respecto, las siguientes ventajas pueden ser destacadas:

**a)** A través de la variación gametoclonal, inherente al polen, es posible visualizar en las plantas derivadas por "androgénesis" el carácter fenotípico deseado, o expresión, dada la particular constitución o estructuración de genes en cada individuo. Lo anterior permite hacer uso inmediato de dichas plantas. Todo grano de polen lleva una información genética diferente, y en consecuencia todas las plantas derivadas a partir de un solo grano de polen pueden ser genéticamente diferentes. Dado que las plantas generadas por androgénesis son "hijas del polen" y el polen pasa por la fase de "crossing-over"; la variabilidad genética, siendo natural, implica que las plantas sean diferentes entre sí.

Bajo la condición haploide todos los genes de la especie pueden ser "desplegables", variando en cuanto a su frecuencia de aparición, distribución y consecuentemente en la expresión fenotípica. A veces un solo gene presente o ausente puede expresar un carácter significativo; así, bajo la condición haploide, pueden darse combinaciones que no sustenten el metabolismo normal y en consecuencia la vida; por Ejemplo "albinismo", condición de genes recesivos con incapacidad para constituir en una o más partes el sistema pigmentario y/o clorofila en las plantas. Con lo anterior, estas no serán viables al carecer de la capacidad de realizar fotosíntesis y por tanto "no autotróficas". En la práctica otro signo general de la "pérdida" de genes en plantas haploides se evidencia en que estas son más pequeñas que las semejantes diploides. Así en especies cultivables, en que se busca un patrón de injerto de carácter enanizante, el uso de haploides ahorra años de breeding; particularmente cuando se trata de especies de cruzamiento interespecífico.

**b)** Una segunda ventaja que presentan haploides es que mediante ellas es posible "revelar" o hallar caracteres genéticos que solían estar enmascarados bajo la condición diploide heterocigótica. El gen dominante, "tapa" la expresión del recesivo si se está en la condición diploide. Por lo anterior, en especies de polinización cruzada, genes recesivos aparecen en baja frecuencia. En haploides estos se reconocen de inmediato pudiendo manifestarse a todo nivel a lo largo de la secuencia de genes a nivel cromosomal.

**c)** Una tercera ventaja consiste en poder diploidizar tejidos o partes de la planta haploide, obteniendo plantas doble haploides o "dihaploides" (homocigotos diploides). Con el método anterior es posible seleccionar directamente pares de genes dominantes o genes recesivos en una sola generación. Lo anterior posibilita emplear este material en cruzamientos posteriores donde son requeridos, evitando largos periodos de retrocruza en búsqueda de la homocigosis. También la diploidización en búsqueda del genotipo deseado se logra generalmente en una sola generación. Para lo anterior, si bien se da frecuentemente una autoduplicación natural en algunos tejidos, la aplicación de colchicina es la técnica más usada para este fin.



Este compuesto provoca la duplicación cromosomal como consecuencia de evitar la citoquinesis o división celular una vez amplificado el set cromosomal en la etapa de "interfase" del ciclo de división celular. Cabe señalar que plantas haploides son infértiles y que para que puedan completar su desarrollo a nivel reproductivo requieren previamente de ser diploidizadas. Aunque se alcance la condición "dihaploide", existiendo un número importante de genes recesivos igualmente puede afectar la viabilidad.

**d)** Una siguiente ventaja del uso de haploides consiste en la posibilidad de facilitar la inducción de mutaciones. Normalmente, una mutación en el caso de la condición diploide heterocigota tiene que afectar a uno de los genes, lo cual es al azar. Si la condición fuese homocigota la probabilidad de mutación sería muchísimo menos frecuente. Pero, cuando el efecto mutacional ocurre en una planta haploide; el efecto se visualiza inmediatamente.

**e)** Selección de plantas resistentes: De acuerdo al punto anterior, dado la posibilidad de inducir con facilidad mutaciones en plantas haploides es posible testear respuestas del germoplasma haploide ante diferentes agentes deletéreos (por ejemplo resistencia o tolerancia frente a toxinas, pesticidas, herbicidas, metales pesados, etc.). Las células aisladas de plantas haploides, que resisten dichos estrés y que bajo condiciones in vitro sobreviven pudiendo ser regeneradas a plantas completas, llevarán consigo dichas características de tolerancia.

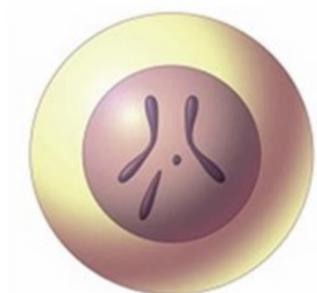
El fenómeno de recuperación de plantas completas a partir de cualquier célula somática se denomina "embriogénesis somática" ocurriendo igualmente in vitro. Determinada la resistencia, esta es "fijada" mediante la diploidización que conlleva a genotipos dobles haploides derivando en plantas fértiles.

#### FACTORES GATILLANTES DEL PROCESO INDUCTIVO DE LA ANDROGENESIS:

Para la inducción del proceso androgénico se han mencionado varios factores que deben ser considerados y que aquí solo se indican someramente. Dado que la androgénesis ocurre solo in vitro y dado que comúnmente las microsporas se mantienen intactas al interior de las anteras, se da una condición propicia por encontrarse en un entorno nutritivo natural y ambiental adecuado que imponen las condiciones de cultivo, incluyendo efector por reguladores exógenos y otras adendas también incorporadas. Las siguientes consideraciones son las que en el tiempo se ha reportado como aquellas más relevantes en la inducción del proceso androgénico:

##### **a) El estado de desarrollo de la microspora:**

Bajo condiciones normales, después de la reducción cromosomal (meiosis), hay varios estadios de desarrollo del polen a medida que avanza la floración en la planta.



Célula haploide



Célula diploide



Estas corresponden más tempranamente al estado de "tétrada", luego el de "microspora" unicelular o uninucleada; derivando al siguiente estadio con la "primera división del polen" (que conforma la célula vegetativa y la célula generativa=estado bicelular) y concluyendo con una nueva división o la "duplicación de la célula generativa", con la presencia de tres células, al interior del grano de polen. En general es el estado de microspora el más inductivo y más frecuentemente reportado como exitoso para iniciar la androgénesis en muchas especies; aunque también se indican resultados partiendo de la condición tétrada o de polen bicelular, sin embargo la fase con tres células no aparece ser inductiva.

**b) La adición de reguladores de crecimiento u hormonas vegetales:**

El ácido indolacético (AIA) es una de las pocas hormonas endógenas de las plantas. A semejanza, el ácido naftalenacético (ANA), es un regulador exógeno, que aunque no forma parte del metabolismo de síntesis natural, es por otro lado más activo (a nivel de molaridad) que el AIA. La adición del ANA al medio de cultivo estimula la inducción androgénica pero en general, uno u otro, requieren de la adición de otro tipo de regulador, la benciladenina (BA) o bencilaminopurina (BAP). Ambas, en concentraciones relativamente altas, entre otras, han sido reportadas como inductoras en muchas especies.

**c) El medio de cultivo:**

La composición del medio de cultivo (cualitativamente y cuantitativamente) en cuanto a componentes es importante, existiendo diversas formulaciones. En general medios más diluidos responden mejor que otros más concentrados. En lo anterior afecta también la fuente de carbono y su concentración, como por Ej. el nivel de sacarosa o de otros azúcares; vitaminas, antioxidantes y otros aspectos que están fuera del marco informativo del presente trabajo. Los agentes gelificantes del medio, si se opta por un medio sólido, también son determinantes. Agar, agarosa, Gelrite® Agar-Bacto-Difco® y diferentes marcas de productos afines, son citados en pro o contra según c/cultivo.

El potencial hídrico del medio nutritivo, vinculado con la difusión de agua e ingreso de nutrientes a la célula, implicando también la consistencia del gel es igualmente importante. Finalmente, es considerado también el "condicionamiento" del medio, asumiendo qué componentes orgánicos naturales de origen celular más allá de los que cuenta el medio podrían implicar beneficios. Así, a veces se incorporan masas celulares a modo de complemento "nurse culture en activo crecimiento junto a las anteras", a manera de un "co-cultivo".

**d) Las condiciones ambientales:**

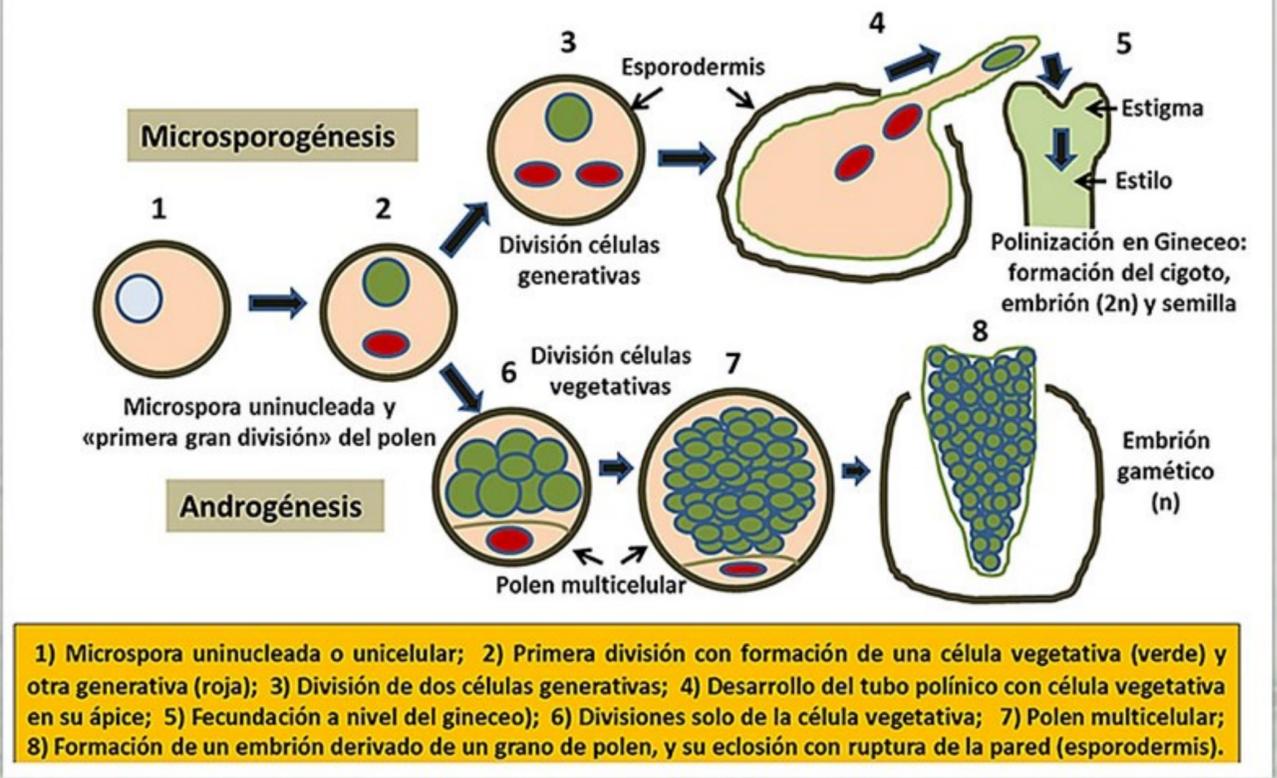
Condiciones de frío, o pre-tratamientos de frío a las flores, o anteras, por un periodo determinado, antes de iniciar el cultivo in vitro, pueden ser determinantes. Condiciones de luz o de oscuridad durante el cultivo pueden ser igualmente determinantes, así como la intensidad de luz a ser expuestos como la calidad del espectro de emisión en términos de longitudes de onda. Fuentes de emisión de luz que entregan luz infrarroja (730 nm) son generalmente inhibitorias. La producción de compuestos fenólicos por parte del metabolismo celular y, mayormente, su oxidación bajo condiciones in-vitro, provocan empardecimiento tisular con muerte celular en diferentes tipos de explantes y por tanto, limitan sus respuestas regenerativas.



**CONCLUSIONES FINALES:**

De los resultados experimentales conducentes a la obtención de respuestas morfo-genéticas y regenerativas en plantas se ha podido evidenciar ya temprano la autonomía de la célula vegetal. Si bien el concepto de totipotencia celular era conocido por los biólogos desde hace tiempo, particularmente bajo condiciones in vitro, las respuestas que expresan estructuras reproductivas, en este caso la particular al polen, la denominada "androgénesis", también y solo in vitro, fue en su momento, en la década de los 70 un fenómeno revolucionario en biología experimental. Revolucionario pues implicaba poder "re-programar" el esquema ontogénico y filogenético emprendido por el gameto en su función reproductiva y lo anterior, aconteciendo en un sinnúmero de especies. Lo anterior indicaba que era posible conducir el quehacer celular en diferentes estadios; desde, mantener células somáticas en simple condición de división celular, en forma de "masas celulares no diferenciadas", como masas celulares de carácter embriogénico, o bien en fase de organogénesis, aparte de la androgénesis de la estructura gamética. Más allá, y a diferencia de células animales, la expresión en plantas parece ser solo determinada por algunos componentes del medio de cultivo; principalmente algunos reguladores de crecimiento, entre otros. La posibilidad de la expresión de la totipotencia celular en plantas fue usada también como base para patrocinar trabajos con células animales y humanas que, aunque evidencian mayores limitaciones y requieren experimentalmente de mayor sofisticación, han podido igualmente alcanzar hitos antes poco sospechados.

**Fig.1 Esquema de los procesos morfo-genéticos que desarrolla la microspora en su desarrollo normal, en la flor, (Microesporogénesis) o ante condiciones inductivas bajo cultivo in vitro (Aandrogénesis). Todas la células y tejidos formados son haploides (n).**



# Fitorremediación e Importancia de una Especie Vegetal (*Phragmites australis*), un Actor Relevante en el Proceso.

Por  
Dr. Miguel Jordan Zimmermann  
Dirección de Investigación e Innovación  
Universidad Mayor

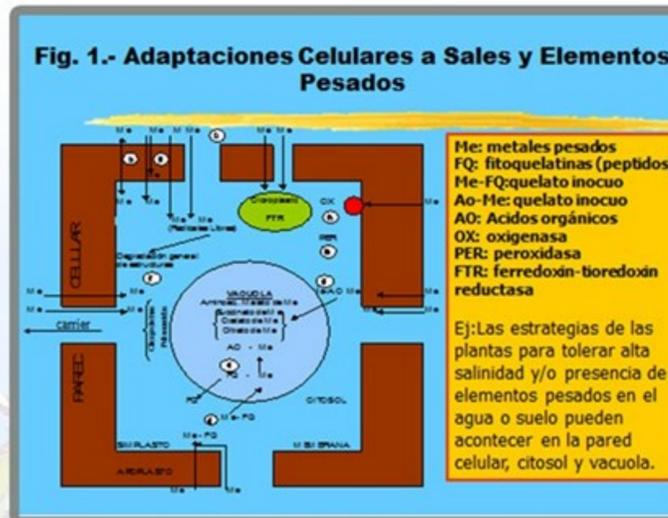
El término "Fitorremediación" implica la utilización de plantas para depurar sustratos o ambientes contaminados. Se refiere a especies vegetales con características particulares, las cuales, asociadas a su microbiota en su sistema radical, tienen a través de su metabolismo el potencial de sanear y consecuentemente recuperar áreas terrestres y/o acuáticas que se encuentran contaminadas por diversos compuestos orgánicos y/o inorgánicos. Asociado a este concepto se define también la "Biorremediación" que consiste más bien en una acción semejante pero ejercida exclusivamente por cualquier clase de microorganismos, sin mediar las plantas. Los términos son para distinción de los actores en el proceso; por lo general las plantas, particularmente en su sistema radicular a nivel del sustrato, están permanentemente en forma de simbiosis o solo de contacto interactuando con diversos microorganismos, con lo que en la práctica el proceso de remediación implica una actividad compartida. La eliminación de residuos se basa en transformaciones químicas a nivel externo e interno del ambiente celular, incluyendo reacciones degradativas, de formación de sales inocuas, de inmovilización a nivel de estructuras inertes tales como son las paredes celulares, el ingreso al ambiente celular, la inmovilización de iones mediante quelación por fitoquelatinas, asociación a moléculas estables como son diversos ácidos orgánicos o aminoácidos, la acumulación a nivel de vacuolas, precipitación, evaporación (HCN),



procesos de oxidación y reducción y otras tantas reacciones químicas conducentes a la formación de compuestos y condiciones inocuas de los contaminantes, según las particularidades de cada especie y que se ilustran en la Fig. 1. Sobre esta base, un paso más allá. Se han descrito especies vegetales particularmente afines a la captación de algunos compuestos, entre ellos elementos minerales pesados y/o tóxicos, que ante su presencia, evidencian tolerancia; aún más, pueden incorporar tales elementos sin causar síntomas de autotoxificación. Esta propiedad se debe a que la planta puede regular el mecanismo de su ingreso y "tratarlos"

fisiológicamente. En referencia a especies vegetales que incorporan relativamente altas concentraciones de uno o más elementos, a estas se les denomina "Especies Acumuladoras". En contraposición, también existen especies vegetales que toleran diversos ambientes contaminados pero que cuentan con mecanismos para evitar el ingreso de estos; por tanto, no acumulan. A estas se les denomina "Especies Excluidoras". El proceso de tolerancia a sales es normalmente evolutivo y tiene que ver con aspectos de colonización de las especies en diferentes áreas y condiciones particulares. Así es el caso de una especie de *Astragalus* que denota

altas concentraciones de un solo elemento el selenio (Se), el cual es un elemento tóxico para los herbívoros del ecosistema donde se encuentra. De manera que la especie, a través de esta estrategia puede lograr reproducirse, formar poblaciones reduciendo la acción de sus herbívoros que ante su consumo mueren por intoxicación. Cabe destacar que existen numerosas especies que cuentan con mecanismos eficientes que las hace "acumuladoras" sin embargo no todas pueden ser usadas para dicho fin.



Así, algunas especies si bien eficientes, evidencian escaso y/o lento crecimiento y con ello baja biomasa haciendo que la acumulación y/o retiro de contaminantes sea en la práctica muy poco efectiva, si bien escasa. Así la fitorremediación poco significativa. La ventaja del uso de plantas fitorremediadoras implica la posibilidad de que, junto con reducir los contaminantes del sustrato, se puedan acumular dichos elementos en los tejidos vegetales. De manera que las plantas son normalmente cosechadas para ser luego incineradas, pudiéndose así concentrar y retener dichos elementos los cuales pueden ser inmovilizados posteriormente. Las cenizas contienen todos los elementos minerales acumulados por las plantas así como los propios. La inmovilización se hace incorporando agentes cementantes entre ellos, hongos y bacterias. En Alemania, zonas con suelos muy contaminadas con antiguos depósitos de munición, fueron saneados mediante retiro con palas retroexcavadoras y llevados a hornos de altísima temperatura donde el sustrato conteniendo metales pesados fueron cristalizados provocando su inmovilidad en el tiempo. A las cenizas a altas o bajas temperaturas y que además pueden contar con propiedades impermeabilizantes, con lo cual es posible generar materiales de construcción absolutamente inocuos;

de hecho otorgar a estos propiedades contra el desarrollo de microorganismos; entre ellos, hongos y bacterias. En Brasil, muchos residuos, por Ej. los de la industria de la celulosa, que contienen muchos elementos pesados (y que normalmente son depuestos en sitios específicos con evidente peligro de contaminación por viento y percolación a fuentes de agua), son usados en la fabricación de estructuras sólidas impermeables; entre ellos ladrillos. Se "reutilizan" entonces parte de los residuos contaminantes y se le da un valor agregado.

En el mundo existen muchos ejemplos de especies decontaminadoras ya sea de sustratos sólidos y otras creciendo en ambientes acuáticos. A veces algunas de ellas, sin ser acumuladoras muestran sintomatología que denota la presencia de algún elemento particular en el sustrato. Ahí es donde pueden plantarse o instalarse aquellas especies más eficientes actuando como fitorremediadoras a objeto fin de iniciar el proceso de decontaminante.

Algunas generan gran biomasa, se multiplican rápidamente vía asexual o vegetativa, muestran tolerancia a la anoxia, no evidencian especificidad por elementos minerales y acumulan grandes cantidades de contaminantes, en especial de elementos pesados. Del conjunto, en el presente trabajo se desea referir a una sola especie insignia, correspondiente a una gramínea de la Familia Poaceae que se distribuye universalmente. Esta gramínea corresponde al nombre de *Phragmites australis* que asume el nombre corriente de "carrizo" y que, bajo condiciones de crecimiento in vitro, se visualiza en la Figura 2b. In vivo e in vitro, la especie denota una gran biomasa, tanto área como radicular. En algunos ambientes se ha reportado que la especie puede comportarse como una planta invasora; es decir colonizar nuevos sustratos. Esto se asume puesto que su sistema de reproducción en su fase vegetativa (sin mencionar la multiplicación sexual por semillas) ocurre mayormente por rápido desarrollo de nuevos rizomas y estolones. Así, su crecimiento acaece con desplazamiento horizontal multidireccional durante su desarrollo, instalándose cada vez más en nuevos sitios, siguiendo con el proceso de remoción de contaminantes. Esto acontece mayormente en ambientes acuáticos, lagunas, humedales, áreas industriales inundadas con desechos, etc. en que dada la provisión de agua el crecimiento es más rápido. Dado que la planta al crecer transpira, evaporando agua, el resultado de la colonización por *Phragmites* en dichos ambientes junto a la remoción de contaminantes, implica la desecación gradual del sustrato.

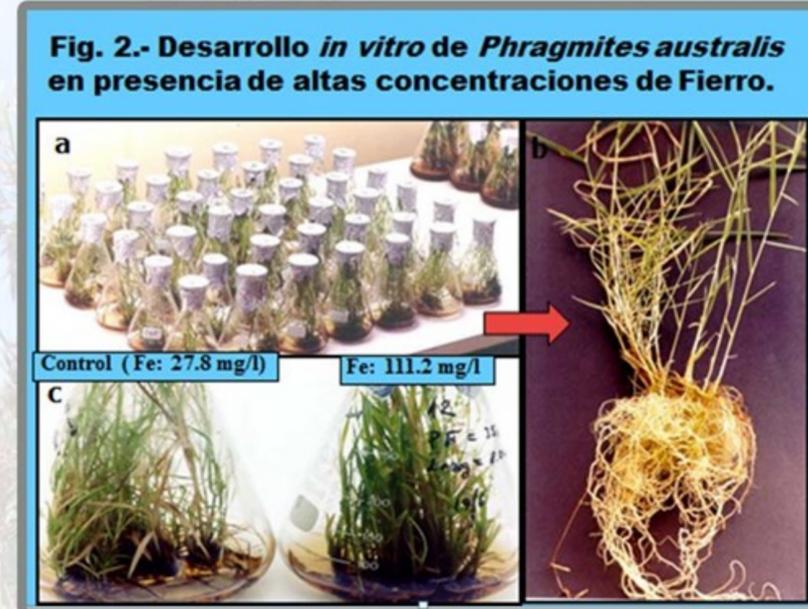




Como resultante del proceso de fitorremediación se forja la reintegración completa del área para la comunidad, ya sea para su uso como esparcimiento (parques, bosques), vivienda, u otros nuevos usos. Así el empleo de esta especie y de otras, no indicadas acá, en forma individual o combinada ha sido muy significativa en la recuperación de ambientes “perdidos” antes afectados por contaminación en diversos países particularmente por diversos tóxicos derivados de la producción industrial. Phragmites se encuentra a lo largo de Chile, en diferentes ecosistemas; desde zonas de aguas dulces, como por ej. el “ambiente Valdiviano”, a extremos salinos de relaves mineros. Así se ha visualizado en zonas reciclaje de agua en Chuquicamata con altísima concentración de sales y metales pesados que solo permite el crecimiento a un conjunto muy limitado de especies particulares, donde obviamente no se observa la exuberancia clásica que la dan áreas dulces y climas más templados.

Como se indicaba Phragmites corresponde a la clase de plantas con gran capacidad de remoción y acumulación de metales.

Sobre la base de experimentos bajo condiciones in vitro realizadas se visualizó su capacidad de tolerar y sobrevivir ante concentraciones crecientes de diferentes elementos minerales todos dispuestos en solución; es decir provenientes de sus sales todas solubles. Las condiciones in vitro hacen también posible cultivar pequeñas porciones de plantas (rizomas en crecimiento) y poder conocer sus respuestas, más evidenciables que usando plantas enteras. Además in vitro es posible definir exactamente un nivel de nutrición conocido adicionando todos los elementos esenciales que los vegetales superiores requieren; y fundamentalmente, sobre este nivel, adicionar en concentraciones crecientes uno u otro, evaluando el crecimiento de la planta, formación de biomasa, tenor de clorofila, grado de empardecimiento y/o, síntomas de toxicidad. Así, de acuerdo a la Fig. 2a, considerando que una solución nutritiva universal estándar basal (según Murashige & Skoog, 1962) que contiene en solución 27.8 mg/l, la planta crece óptimamente a una concentración 4 veces mayor, es decir de 111.2 mg/l, lo cual es perfectamente tolerable por la planta (Fig. 2c). Sin embargo, las plantas toleran hasta niveles de 222.4 mg/l, manteniéndose verdes y en continuo crecimiento. Resultados previos publicados (Jordan et al. 2008. Intl. J. Phytoremediation) muestran la gran tolerancia de Phragmites a otros elementos menores esenciales en altas concentraciones, algunos de los cuales solo se encuentran en niveles traza y que la planta puede soportar, entre las más destacables el cobalto, el molibdeno y el níquel.





# INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS DE REDES ARTIFICIALES

## Parte 5: Primeros Modelos Representativos de Redes Neuronales Artificiales

**Oscar Inostroza Aliaga**  
 Ingeniero Electricista y Diploma  
 en Administración de Empresas.  
 Universidad de Chile  
 Diploma en Applied Engineering,  
 UMIST, UK  
**Introducción:**

Para poder comprender en toda su extensión como las Redes Neuronales Artificiales han desarrollado su mayor potencial, es muy necesario el conocer su historia y quienes impulsaron ciertos modelos matemáticos, que posteriormente fueron ampliamente usados por la comunidad científica. Entre los pioneros se destacan los premios Nobel Warren McCulloch y Walter Pitts, los matemáticos Frank Rosenblatt & Erki Oja, y los ingenieros Sun-ichi Amari, Kaoru Fukushima y Teuvo Kohonen. La lista es mucho más numerosa, sin embargo, como punto de partida son los más representativos. En esta parte veremos los primeros más significativos paradigmas, esto son: El modelo de McCulloch-Pitts, El Perceptrón y la ADALINA. En la siguiente parte se proseguirá con los siguientes modelos matemáticos más significativos.

### El famoso Modelo de McCulloch-Pitts:

Este fue el primer modelo que consideró una red de neuronas artificiales, y que fue propuesto por el Psiquiatra y Neuroanatomista Warren McCulloch y el matemático Walter Pitts en los años 1943 donde se unían los estudios neurofisiológicos y la lógica matemática. La Figura siguiente muestra el esquema utilizado por estos científicos.

En este esquema, se mostró como la excitación, la inhibición y el umbral podrían ser usados para construir una amplia variedad de neuronas. Fue el primer modelo en vincular el estudio de las redes neuronales de lleno a la idea de la computación en su sentido moderno como lo expresó otro talentoso científico, el matemático inglés Michael Arbib, PhD.

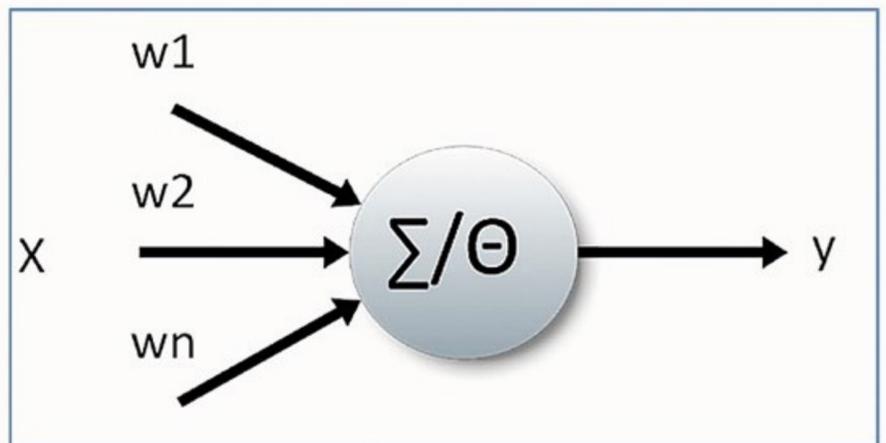


Figura A: Neurona de McCulloch-Pitts.

El modelo mostraba “una estructura y un funcionamiento simplificado de las neuronas del cerebro, considerándolas como dispositivos con sólo dos estados posibles: apagado (0) y encendido (1)”. La neurona de McCulloch-Pitts recibe como entrada un conjunto de  $n$  valores binarios,  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  procedentes de las salidas de otras células, o de la entrada a la red; y produce una única salida también binaria, que en este caso se denomina salida binaria  $y$ . La idea básica era dividir el tiempo en unidades comparables a un periodo refractario para que en cada periodo de tiempo, a lo sumo, un pico pueda ser generado en el montículo axónico de una neurona dada (Esta neurona opera en escala de tiempos discretos,  $t = 0, 1, 2, 3, \dots$  donde la unidad de tiempo es (en biología) en el orden de un milisegundo). Se escribe  $y(t) = 1$  si un pico aparece en el tiempo  $t$ , e  $y(t) = 0$  si no. Cada conexión o sinapsis, de la salida de una neurona a la entrada de otra tiene un peso adjunto que se denota  $w_i$  al peso en la  $i$ -ésima conexión en una neurona determinada. Así, una sinapsis es excitatoria si  $w_i > 0$  y es inhibida si  $w_i < 0$ . También podemos asociar un umbral  $\theta$  con cada neurona, que supone exactamente una unidad de retraso en el efecto de todas las entradas pre-sinápticas en la salida de la célula. Formalmente, si en tiempo  $t$  el valor de la  $i$ -ésima entrada es  $x_i(t)$  y la salida un paso más adelante es  $y(t+1)$  entonces:

$$y(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{si y solo si } \sum w_i x_i(t) \geq \theta \\ 0, & \text{si } \sum w_i x_i(t) < \theta \end{cases}$$

Este simple modelo define a una red neuronal, como una colección de neuronas de McCulloch-Pitts, todas con las mismas escalas de tiempo, donde sus salidas están conectadas a las entradas de otras neuronas. De este modo, una salida puede actuar sobre varias entradas, pero una entrada viene a lo sumo de una salida. La red tiene contacto con el exterior a través de líneas de entrada y de salida. Las líneas de entrada de la red forman parte de la entrada de alguna o de todas las neuronas de la red. Asimismo, las líneas de salida proceden de algunas o de todas las neuronas de la red. Este modelo matemático no busca modelar el cerebro, pero se considera como el punto de inicio para el estudio del mismo, ya que se puede utilizar para representar funciones lógicas.

### El Perceptrón:

Este modelo de red neuronal fue introducido por Frank Rosenblatt, PhD, en 1958, y fue el primer modelo de aprendizaje supervisado. Este fue la forma más simple de red neuronal usada para la clasificación de patrones linealmente separables. La estructura del perceptrón se inspira en las primeras etapas de procesamiento de los sistemas sensoriales de los animales, en los cuales la información va atravesando sucesivas capas de neuronas, que realizan un procesamiento progresivamente de más alto nivel. El modelo consiste básicamente de una sola neurona con pesos sinápticos ajustables y de una polarización. El algoritmo que se usó para ajustar los parámetros libres de esta primera red neuronal apareció en un procedimiento de aprendizaje desarrollado por F. Rosenblatt en los años 1958 - 1962 para su modelo del cerebro perceptrón. El perceptrón simple es un modelo unidireccional compuesto de dos capas de neuronas, una sensorial o de entrada y otra de salida. La cantidad de neuronas de entrada o de salida depende del problema que se quiere resolver. Cada una de las neuronas de entrada tiene conexiones con todas las células de salidas, y son estas conexiones las que determinan las superficies de discriminación.

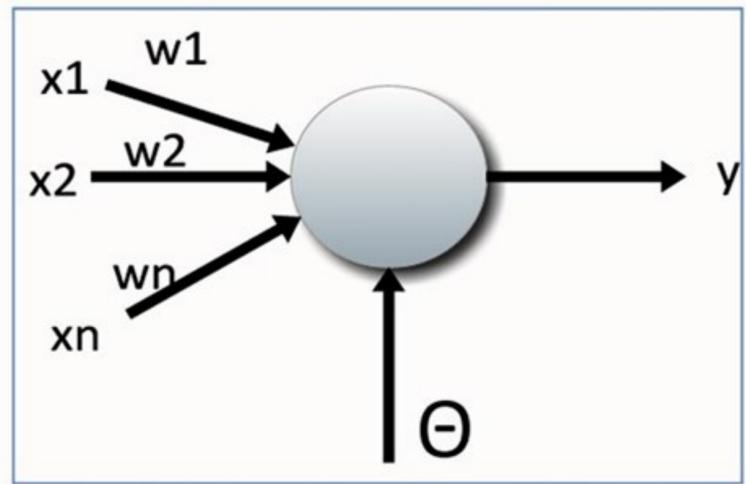


Figura 1 Perceptrón.

Como se ve en la figura anterior los pesos sinápticos están denotados por  $w_1, w_2, \dots, w_n$ . Correspondientemente para las entradas del perceptrón son denotadas por  $x_1, x_2, \dots, x_n$  y su salida denotada por  $y$ . Se debe mencionar que además de todo esto, existe un parámetro adicional llamado umbral y denotado por  $\theta$ . “El umbral se utiliza como factor de comparación para producir la salida, y habrá tantos como neuronas de salidas existan en la red, uno por cada una. La salida de la red se produce al aplicarle una función de salida al nivel de activación de la neurona, así tenemos:

$$y = \mathcal{F}(\sum_{i=1}^n w_i x_i + \theta)$$

La función de activación  $\mathcal{F}$  puede ser lineal para que tengamos una red lineal o no lineal.

La función umbral se define como:

$$\mathcal{F}(s) = \begin{cases} 1 & \text{si } s > 0 \\ -1 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Esta ecuación equivale a introducir artificialmente en la salida un nuevo peso  $\theta$  que no está conectado a ninguna entrada, sino a una ficticia con un valor constante de -1. Por tanto, la salida de la red puede ser  $+1$  o  $-1$  dependiendo de la entrada. La red puede ser usada para una tarea de clasificación: esta puede decidir si un patrón de entrada pertenece a una de dos clases.

En el caso de dos dimensiones la ecuación anterior se transforma en

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + \theta = 0.$$

La red de una sola capa representa una función discriminante lineal, siendo una representación geométrica del umbral lineal de la red neuronal dada por la figura siguiente y la ecuación queda como:

$$x_2 = -\frac{w_1}{w_2}x_1 - \frac{\theta}{w_2}$$

Se observa que los pesos determinan la pendiente de la línea y el umbral determina la compensación, por ejemplo cuán lejos está la línea del origen. Se debe considerar que también el peso puede ser trazado en la entrada del espacio; el vector peso es siempre perpendicular a la función discriminante.

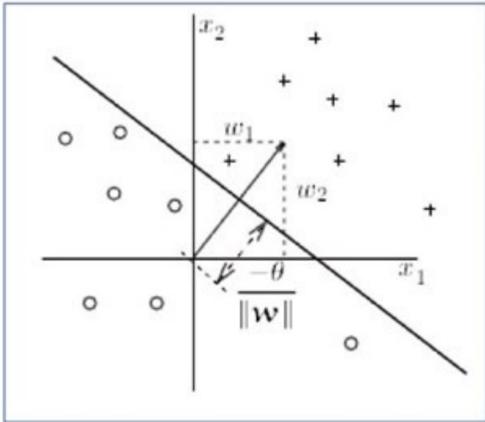


Figura C: Función Discriminante.

La Regla de aprendizaje del perceptrón asume que se tiene un conjunto de muestras de aprendizaje consistente de un vector de entrada  $x$  y una salida deseada  $d(x)$ . Para una tarea de clasificación la salida es usualmente  $\pm 1$ . La regla de aprendizaje del perceptrón es muy simple y se puede describir de la siguiente forma:

1. Empezar con valores aleatorios para los pesos y el umbral.
2. Seleccionar un vector de entrada  $x$  del conjunto de muestra de entrenamiento.
3. Si  $y \neq d(x)$ , la red da una salida incorrecta. Modificar  $w_i$  de acuerdo con:  $\Delta w_i = d(x)x_i$
4. Si no se ha cumplido el criterio de finalización, volver a 2.

En el paso tres se aprecia que si la salida de la red para un patrón es  $y(x) = 1$ , pero su clase es  $d(x) = -1$ , entonces el incremento es negativo,  $\Delta w_i = d(x)x_i = -x_i$ , mientras que si ocurre lo contrario, es positivo, como se describió anteriormente. Puesto que el umbral ( $\theta$ ) es equivalente a un peso adicional, al que se denota por  $w_0$ , cuya entrada es siempre  $1 (x_0 = 1)$ ,

la ecuación anterior se puede extender para el umbral de la siguiente forma:

$$\Delta w_i = d(x)x_i, i = 0, \dots, n.$$

$$\Delta \theta = \begin{cases} 0 & \text{si la respuesta del perceptron es correcta;} \\ d(x), & \text{otra forma} \end{cases}$$

### El Modelo ADALINE

Este modelo fue propuesto por Bernard Widrow y Marcian Hoff en el año 1960, en el cual aplicaron una regla de aprendizaje que ellos habían desarrollado, la Regla Delta, la cual es una generalización del algoritmo de entrenamiento del Perceptrón. El ADALINE es una estructura casi idéntica a la del Perceptrón, pero es un mecanismo físico, capaz de realizar aprendizaje. Es un elemento combinador adaptativo, que recibe un conjunto de entradas y las combina para producir una salida. Esta salida puede transformarse en binaria mediante un conmutador bipolar que produce un  $\pm 1$  si la salida es positiva y un  $-1$  si es negativa. Esto es:

$$y = \sum_{i=1}^n w_i x_i + \theta$$

Donde  $\theta \equiv w_0$ .

El propósito de este dispositivo es el de obtener un valor determinado  $y = d^p$  en sus salidas cuando el conjunto de valores  $X_i^p, i = 1, \dots, n$  es aplicado en las entradas. El problema es determinar los coeficientes  $w_i, i = 0, 1, \dots, n$ , de tal forma que la respuesta de la entrada-salida es correcta para un gran número de conjuntos de señales elegidos arbitrariamente. Si una asignación exacta no es posible, el error promedio debe ser minimizado. Una operación adaptativa significa que existe un mecanismo por el cual el  $w_i$  puede ser ajustado, usualmente iterativamente, para conseguir el valor correcto. El Figura siguiente muestra la estructura.

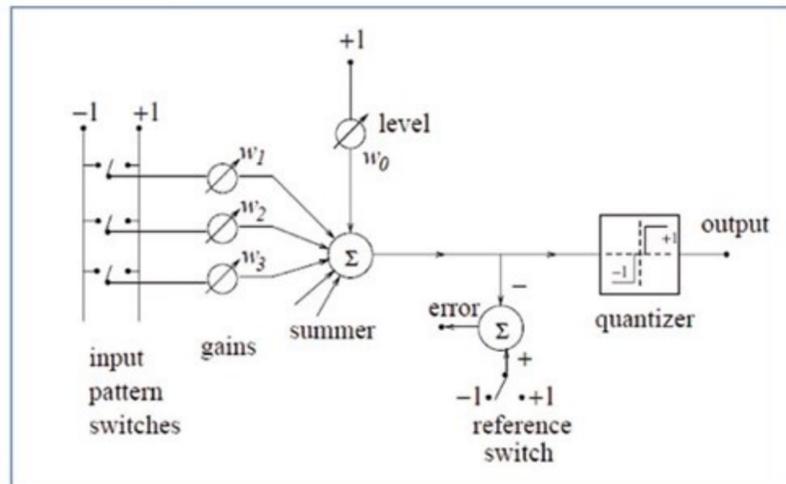


Figura 2: ADALINE.

La diferencia de esta regla de aprendizaje denominada Delta con respecto a la del Perceptrón, es la manera de utilizar la salida. El Perceptrón utiliza la salida de la función umbral para el aprendizaje; sin embargo, la regla Delta, utiliza directamente la salida de la red, sin pasarla por ninguna función umbral.

Si suponemos que se desea entrenar una red tal que un hiperplano es ajustado tanto como se puede a un conjunto de muestras de entrenamiento consistente de valores de entrada  $x^p$  y valores de salidas deseados (u objetivo)  $d^p$ .

Para toda muestra de entrada dada, la salida de la red difiere de la del valor objetivo  $d^p$  por  $(d^p - y^p)$ , donde  $y^p$  es la real salida para este patrón. La regla delta ahora utiliza una función costo o función error basado en estas diferencias para ajustar los pesos. Esta función error, como indicado por el nombre de mínimos cuadrados, es la suma de los errores al cuadrado. Eso es, el error total  $E$  definido como:

$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d^p - y^p)^2$$

Donde el índice de rango  $p$  el conjunto de patrones de entrada y  $E^p$  representan el error en el patrón  $p$ . "La regla intenta minimizar este valor para todo los elementos del conjunto de patrones de aprendizaje. La manera de minimizar este error es recurrir a un proceso iterativo en el que se van presentando los patrones uno a uno, y modificando los parámetros de la red, pesos de las conexiones, mediante la regla del descenso del gradiente. La idea es hacer un cambio en cada peso proporcional a la derivada del error, medida en el patrón actual, respecto a cada peso, esto es:

$$\Delta_p w_j = -\gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_j}$$

Donde  $\gamma$  es una constante de proporcionalidad. Para calcular la derivada anterior se utiliza la bien conocida regla de la cadena:

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{\partial A}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial x}$$

Aplicando la regla de la cadena a la expresión anterior queda como sigue:

$$\frac{\partial E^p}{\partial w_j} = \frac{\partial E^p}{\partial y^p} \frac{\partial y^p}{\partial w_j}$$

Como son unidades lineales, sin función de activación en la capa de salida, se plasma lo siguiente:

$$\frac{\partial y^p}{\partial w_j} = x_j, \frac{\partial E^p}{\partial y^p} = -(d^p - y^p)$$

Que al sustituir queda como continúa, es decir:

$$\Delta_p w_j = \gamma (d^p - y^p) x_j.$$

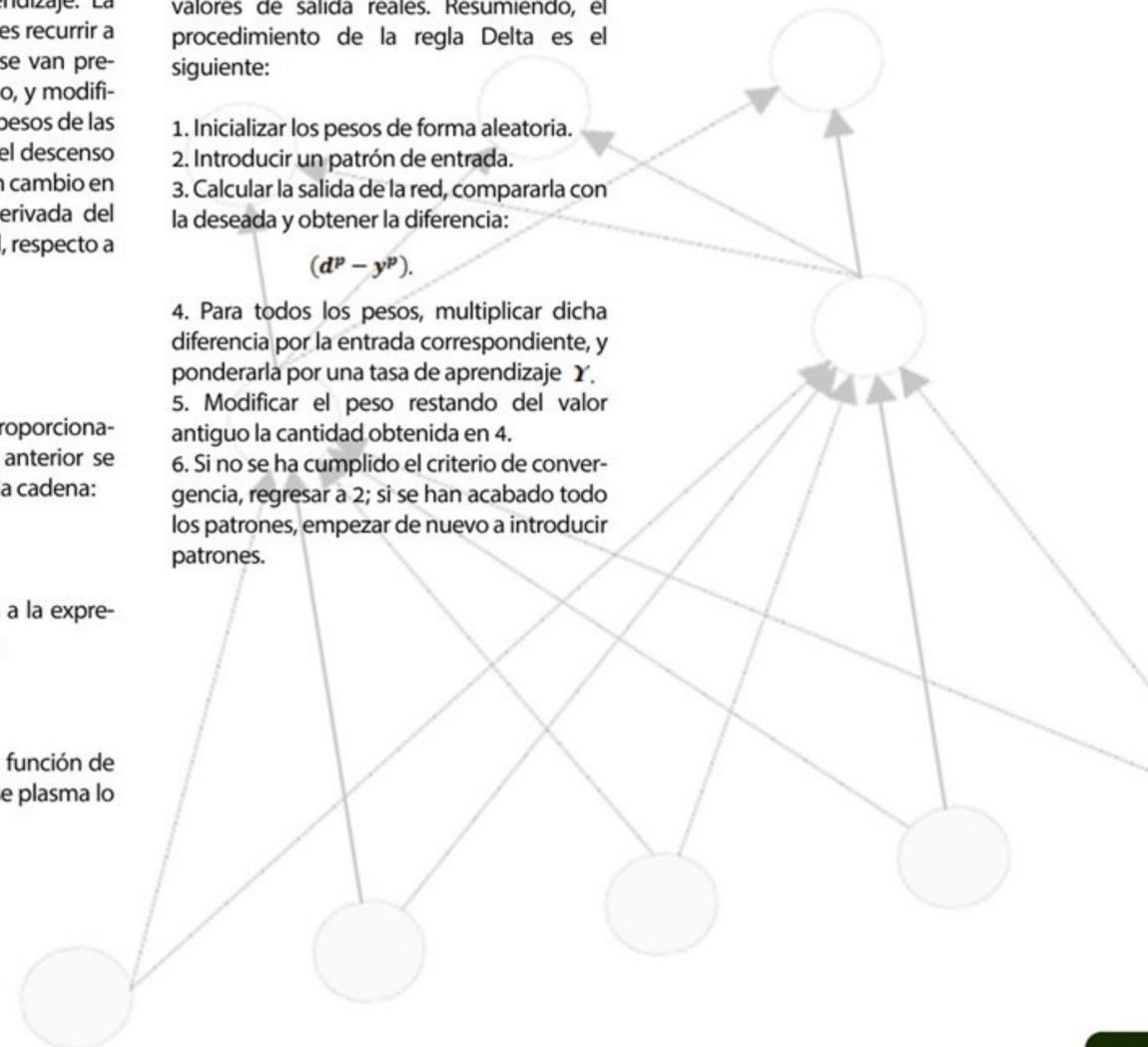
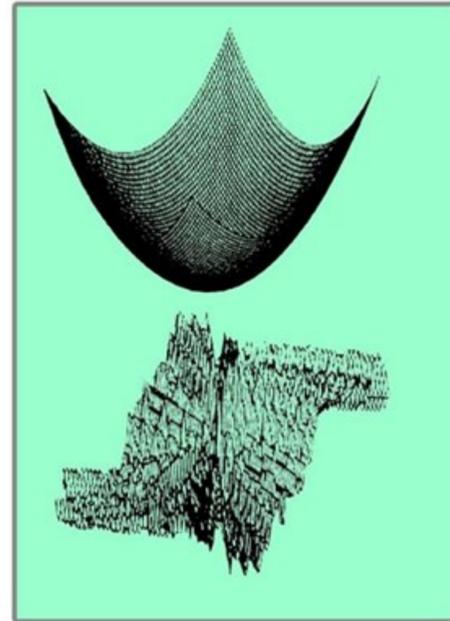
Con esta expresión se ve la diferencia que tiene la regla Delta con la regla de aprendizaje del Perceptrón ( $\Delta w_i = d(x)x_i$ ), en el cual se ve que la diferencia es precisamente la introducción de la diferencia entre la salida deseada y la obtenida en la regla de aprendizaje.

Si la salida del ADALINE fuese binaria, conjunto de patrones estaría constituido por  $P = \{(x_1, 0 \text{ o } 1), \dots, (x_m, 0 \text{ o } 1)\}$ , es decir  $d^p \in \{0, 1\}, \forall p$ . Si se incluye la salida del ADALINE el acoplador bipolar comentado con anterioridad para "binarizar" la salida, la regla Delta queda:

$$\Delta_p w_j = \begin{cases} \gamma x_j & \text{si } d^p > y^p \\ -\gamma x_j & \text{si } d^p < y^p \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Lo que para un  $\gamma = 1$  se convierte en la regla del Perceptrón. Así pues, la regla Delta es una extensión de la regla del Perceptrón a valores de salida reales. Resumiendo, el procedimiento de la regla Delta es el siguiente:

1. Inicializar los pesos de forma aleatoria.
2. Introducir un patrón de entrada.
3. Calcular la salida de la red, compararla con la deseada y obtener la diferencia:  $(d^p - y^p)$ .
4. Para todos los pesos, multiplicar dicha diferencia por la entrada correspondiente, y ponderarla por una tasa de aprendizaje  $\gamma$ .
5. Modificar el peso restando del valor antiguo la cantidad obtenida en 4.
6. Si no se ha cumplido el criterio de convergencia, regresar a 2; si se han acabado todos los patrones, empezar de nuevo a introducir patrones.



# Control Óptimo aplicado a problemas de regulación lineal (parte I)

Gustavo E. Ceballos  
Ingeniero Civil Electricista, M.Sc. Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.  
Diploma en Evaluación de Proyectos de Empresas en Marcha,  
Facultad de Economía, Universidad de Chile.

A continuación, veremos un ejemplo de una clase importante de problemas de Control Óptimo denominado Regulación Lineal. En este tipo de problemas, la referencia es el vector nulo, es decir,  $\bar{r} = \bar{0}$ .

Esto significa que la dinámica del sistema no debe seguir referencia alguna, más bien se trata de un sistema de control corrector ante perturbaciones, por lo tanto, la idea es que todos los estados del sistema tiendan a cero conforme el tiempo avanza.

Para contextualizar esta clase de problemas de control óptimo, la dinámica de la planta o sistema a controlar se caracteriza en variables de estado como:

$$\dot{\bar{x}}(t) = A\bar{x}(t) + B\bar{u}(t) \quad (1)$$

Las matrices A y B pueden ser dependientes del tiempo, pero en general, A y B se pueden suponer constantes si es que la variación no es excesiva o bien, si dichas matrices son producto de una linealización en torno de un punto de operación, lo cual es bastante común en este tipo de problemas.

El índice de desempeño (o funcional de costo) a minimizar es:

$$J = \frac{1}{2} \bar{x}^T(t_f) H \bar{x}(t_f) + \frac{1}{2} \int_{t=0}^{t_f} [\bar{x}^T(t) Q \bar{x}(t) + \bar{u}^T(t) R(t) \bar{u}(t)] dt \quad (2)$$

Supongamos que el tiempo  $t_f$  es fijo, es decir, una condición o restricción impuesta al controlador, es que el tiempo en que se debe controlar el sistema, debe ser finito.

Además, H y Q son matrices reales y simétricas definidas semi-positivas y R es una matriz simétrica definida positiva.

Por otro lado, supondremos que los estados  $\bar{x}(t)$  y el control  $\bar{u}(t)$  pueden no ser acotados y el estado final  $\bar{x}(t_f)$  es libre.

El índice de desempeño propuesto en (2) indica que es deseable mantener el vector de estado lo más cercano a cero (u origen) sin un gasto excesivo de esfuerzo de control.

Aplicando las condiciones necesarias de optimalidad combinadas con el Hamiltoniano de artículos anteriores, se llega a que la señal de control óptima viene dada por:

$$\bar{u}^*(t) = -R^{-1} B^T K(t) \bar{x}(t) \quad (3)$$

en que la matriz,  $K(t)$  satisface la ecuación diferencial de Riccati, es decir,

$$\dot{K}(t) = -K(t)A - A^T K(t) - Q + K(t)BR^{-1}B^T K(t)$$

con la condición de borde  $K(t_f) = H$ .



Ilustremos los conceptos anteriores con el siguiente ejemplo,

**Ejemplo:** Para el siguiente sistema, el cual está representado en variables de estado,

$$\dot{x}(t) = ax(t) + u(t),$$

se desea encontrar la ley de control óptima que minimiza el índice de desempeño,

$$J(u) = \frac{1}{2} Hx^2(T) + \frac{1}{2} \int_{t=0}^T [\frac{1}{2} u^2(t)] dt$$

Es evidente que reconociendo términos con la ecuación (2), se tiene que:

$$t_f = T, \quad Q = 0, \quad R = \frac{1}{2}, \quad A = a, \quad B = 1$$

Luego, la ecuación diferencial de Riccati se reduce a:

$$\dot{K}(t) = -K(t)a - aK(t) - 0 + K(t) \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot K(t)$$

con la condición de borde  $K(T) = H$ .

$$\text{O bien } \dot{K}(t) = -2aK(t) + K(t)^2.$$

La solución de la ecuación diferencial anterior será:

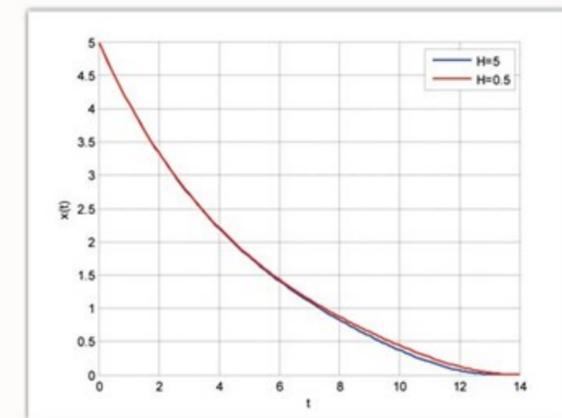
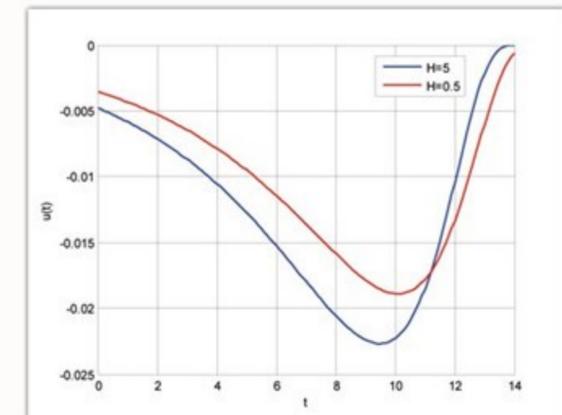
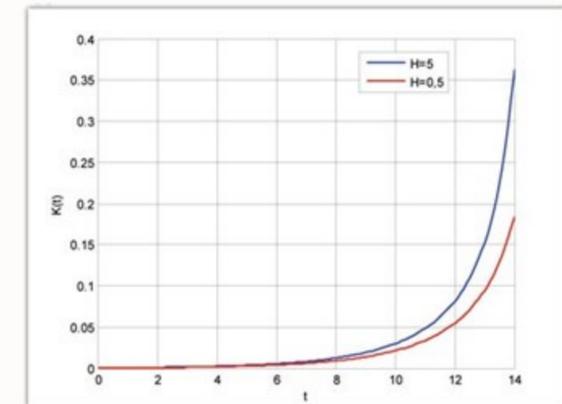
$$K(t) = \frac{a}{1 + \frac{(a-H)}{H} e^{2a(t-T)}}$$

Finalmente, la ley de control óptima viene dada por la ecuación (3), es decir,

$$u^*(t) = -2K(t)x(t).$$

Veamos algunas simulaciones para diferentes valores de los parámetros.

a) Supongamos que  $a = -0,2$ ,  $T = 15$  [s] y  $H = 5$  y  $H = 0,5$  con la condición inicial del estado  $x(0) = 5$ .



De los gráficos se puede notar que las trayectorias de la variable de estado  $x(t)$  son casi idénticas y las señales de control son relativamente pequeñas. Esto se debe a que la planta o sistema es estable ( $a < 0$ ) y por tanto  $x(t)$  tenderá a cero a pesar de que no se aplique control. Además, se observa que mientras mayor sea el valor de H, mayor será la señal de control. Esto ocurre debido a que un mayor valor de H indica que se desea estar más cerca de  $x(T=15)=0$  a pesar de que se requiera un mayor esfuerzo de control.

En próximos artículos, veremos el caso en que la planta es inestable, para luego ver algunas aplicaciones a sistemas electromecánicos de posicionamiento como es el caso de los motores ampliamente usado en la industria de procesos.



Revista  
**INGLOMAYOR**  
Ingeniería Global Mayor